

PENYEKHATAN AIR:

PANDUAN PRAKTIS UNTUK MAHASISWA DAN SANITARIAN



EVINO SUGRIARTA

PENYEHTAN AIR: PANDUAN PRAKTIS UNTUK MAHASISWA DAN SANITARIAN

Evino Sugriarta



GETPRESS INDONESIA

**PENYEHAATAN AIR: PANDUAN PRAKTIS UNTUK MAHASISWA
DAN SANITARIAN**

Penulis : Evino Sugriarta

ISBN : 978-623-125-476-4

Editor : Mila Sari, M.Si.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penerbit GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, November 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku yang berjudul “Penyehatan Air : Panduan Praktis untuk mahasiswa dan sanitarian” ini dapat terselesaikan dengan baik. Buku ini disusun dengan tujuan untuk memberikan wawasan yang komprehensif mengenai pentingnya air dalam kehidupan serta berbagai teknik dan upaya untuk menjaga kualitas air, khususnya air minum, demi kesehatan dan kesejahteraan manusia. Air merupakan elemen vital yang tak hanya mendukung kehidupan, namun juga mempengaruhi kesehatan melalui perannya dalam sanitasi dan kebersihan. Dengan menyadari pentingnya pengelolaan air yang baik, kami berharap buku ini dapat menjadi sumber informasi yang bermanfaat bagi para pembaca.

Buku ini mencakup berbagai topik penting terkait siklus air, sumber-sumber air di alam, pencemaran air, serta sarana air bersih yang perlu diperhatikan untuk mendukung kualitas hidup manusia. Tidak hanya itu, pembahasan tentang hubungan air dengan kesehatan, upaya penyehatan air, teknik peningkatan kualitas air, hingga prosedur pengambilan sampel air dan uji standar baku mutu air minum juga disajikan secara mendalam. Dengan adanya buku ini, diharapkan masyarakat dapat lebih memahami dan berperan aktif dalam menjaga kebersihan serta kesehatan air, sehingga tercipta lingkungan yang sehat dan terbebas dari penyakit yang disebabkan oleh air yang tercemar.

Padang, Oktober 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
BAB I SIKLUS AIR (<i>HIDROLOGY CYCLE</i>)	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Siklus Air (<i>Hydrologi Cycle</i>).....	2
1.2.1 Pengertian	3
1.2.2 Proses Siklus Air	4
1.2.3 Jenis Siklus Air	8
1.2.4 Manfaat Siklus Air	11
BAB II SUMBER-SUMBER AIR DI ALAM	15
2.1 Air Angkasa (<i>Atmospheric Water</i>)	15
2.2 Air Permukaan (<i>Surface Water</i>).....	17
2.2.1 Sungai.....	19
2.2.2 Rawa	21
2.2.3 Laut	22
2.3 Air Tanah (<i>Ground Water</i>).....	24
2.3.1 Pengertian	24
2.3.2 Proses Terbentuknya Air Tanah.....	25
2.3.3 Zona Air Tanah	27
2.3.4 Sumber Air Tanah.....	29
2.3.5 Kandungan Air tanah	29
2.3.6 Sifat Pembentuk Air Tanah.....	30
2.3.7 Tipe Akuifer	32
2.3.8 Kualitas Air Tanah.....	35

2.3.9 Karakteristik Air Tanah.....	36
2.3.10 Pemafaatan Air Tanah.....	37
BAB III PENCEMARAN AIR (<i>WATER POLLUTION</i>)	39
3.1 Pengertian Pencemaran Air.....	39
3.2 Jenis dan Sumber Pencemar Air.....	42
3.3 Dampak Pencemaran Air	52
3.4 Indikator Pencemaran Air	55
3.5 Pencegahan Pencemaran Air.....	57
3.6 Penutup.....	59
BAB IV SARANA AIR BERSIH	61
4.1 Sumur Gali.....	63
4.1.1 Persyaratan Sumur Gali	64
4.1.2 Tipe Sumur Gali.....	66
4.1.3 Syarat Lokasi Sumur Gali.....	67
4.1.4 Keuntungan Sumur Gali	68
4.2 Sumur Pompa Tangan	70
4.2.1 Sumur Pompa Tangan Dangkal.....	71
4.2.2 Sumur Pompa Tangan Dalam	74
4.3 Penampungan Air Hujan	75
4.4 Perlindungan Mata Air.....	78
4.5 Perpipaan	83
4.6 Penutup.....	84
BAB V HUBUNGAN AIR DENGAN KESEHATAN	87
5.1 Pendahuluan	87
5.2 Mekanisme Penularan Penyakit Melalui Air	90
5.2.1 Mekanisme penularan penyakit karena mikroorganisme dan parasit.....	91

Penyehatan Air:

Panduan Praktis untuk mahasiswa dan sanitarian

5.2.2 Kejadian penyakit karena keracunan bahan kimia dalam air	96
5.3 Penutup.....	102
BAB VI UPAYA PENYEHATAN AIR.....	103
6.1 Pengawasan Kualitas Air Minum	103
6.1.1 Surveilans	103
6.1.2 Pengujian Kualitas Air Minum.....	106
6.1.3 Analisis Risiko.....	108
6.1.4 Rekomendasi untuk pelaksanaan tindak lanjut	109
6.1.5 Rencana Pengamanan Air Minum.....	110
6.2 Perlindungan Kualitas Air	113
6.3 Penutup.....	116
BAB VII PENINGKATAN KUALITAS AIR.....	117
7.1 Pendahuluan	117
7.2 Teknik Peningkatan Kualitas Air	119
7.2.1 Aerasi.....	119
7.2.2 Filtrasi	126
7.2.3 Chlorinasi.....	134
7.2.4 Sedimentasi.....	143
7.2.5 Pengolahan Air Gambut	149
7.3 Depot Air Minum	156
BAB VIII TEKNIK PENGAMBILAN SAMPEL AIR	171
8.1 Pendahuluan	171
8.2 Pengambilan Sampel Uji Air	172
8.3 Prosedur Pengambilan Sampel Air	173
BAB IX UJI STANDAR BAKU MUTU AIR MINUM	201
9.1 Pemeriksaan Fisik Air Minum.....	206

9.2 Pemeriksaan kimia Air Minum	209
9.3 Pemeriksaan bakteriologis pada air minum	221
DAFTAR PUSTAKA	229
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Persentase keberadaan air di bumi	3
Gambar 1. 2. Siklus air di bumi.....	8
Gambar 1. 3. Siklus air pendek	9
Gambar 1. 4. Siklus air sedang.....	10
Gambar 1. 5. Siklus air panjang	11
Gambar 2. 1. Sungai sebagai air permukaan	21
Gambar 2. 2. Rawa sebagai air permukaan	22
Gambar 2. 3. Laut sebagai air permukaan	23
Gambar 2. 4. Proses terbentuknya air tanah	27
Gambar 2. 5. <i>Distribution of subsurface water</i>	28
Gambar 2. 6. Lapisan tanah.....	31
Gambar 2. 7. Akuifer bebas	33
Gambar 2. 8. Air tanah tertekan.....	34
Gambar 2. 9. Lapisan Lulus Air	34
Gambar 2. 10. Akuifer semi tertekan	35
Gambar 3. 1. Bahan buangan padat yang mencemari air	44
Gambar 3. 2. Bahan buangan organik.....	45
Gambar 3. 3. Contoh pencemaran air oleh buangan anorganik.....	46
Gambar 3. 4. Contoh pencemaran air oleh buangan olahan bahan makanan	46
Gambar 3. 5. Contoh pencemaran air oleh buangan cairan berminyak	47
Gambar 3. 6. Mekanisme pencemaran air oleh penggunaan pestisida	48
Gambar 3. 7. Contoh pencemaran air oleh buangan zat warna kimia	49
Gambar 4. 1. Alternatif sarana air bersih untuk memanfaatkan sumber air.....	62
Gambar 4. 2. Penampang Vertikal Sumur Gal.....	66
Gambar 4. 3. Pembuatan sumur bor.....	73

Gambar 4. 4. Sumur pompa tangan dangkal	74
Gambar 4. 5. Sumur pompa tangan dalam	75
Gambar 4. 6. Penampungan air hujan	78
Gambar 4. 7. Bak perlindungan mata air	82
Gambar 4. 8. Pemanfaatan PMA langsung pada sumber mata air	83
Gambar 4. 9. Pemanfaatan PMA dengan kran umum dan hidran umum	83
Gambar 4. 10. Sarana air bersih perpipaan	84
Gambar 5. 1. Penularan penyakit melalui air	91
Gambar 5. 2. Jarak sumur gali dengan septik tank	92
Gambar 5. 3. Pedagang bakso keliling dengan ketersediaan air yang sedikit untuk mencuci alat makan	94
Gambar 5. 4. Mekanisme penularan penyakit skistosomiasis	95
Gambar 5. 5. Siklus hidup nyamuk, air sebagai tempat perindukannya	96
Gambar 5. 6. Proses kejadian keracunan oleh merkuri pada manusia	99
Gambar 7. 1. Tray Aerator	122
Gambar 7. 2. Cascade Aerator	123
Gambar 7. 3. Submerged Cascade Aerator	124
Gambar 7. 4. Spray aerator	125
Gambar 7. 5. Bubble Aerator	126
Gambar 7. 6. Saringan pasir dengan mekanisme gravitasi (<i>Down Flow</i>)	132
Gambar 7. 7. Saringan pasir dengan mekanisme tekanan (<i>up low</i>)	133
Gambar 7. 8. Kolom pengendapan dan kurva pengendapan partikel flok	146
Gambar 7. 9. Pengendapan final clarifier pada proses lumpur aktif	147
Gambar 7. 10. Proses empat tipe pengendapan	148

Penyehatan Air:

Panduan Praktis untuk mahasiswa dan sanitarian

Gambar 7. 11. Bagian dari bak sedimetasi.....	148
Gambar 7. 12. Proses pengolahan air gambut.....	156
Gambar 7. 13. Reservoar air baku depot.....	160
Gambar 7. 14. Mobil tanki air.....	160
Gambar 7. 15. Proses penyaringan pada depot.....	161
Gambar 7. 16. Alur pengolahan air pada depot.....	163
Gambar 8. 1. Contoh alat pengambil contoh uji sederhana gayung.....	175
Gambar 8. 2. Contoh alat pengambil contoh uji berupa botol dengan pemberat.....	176
Gambar 8. 3. Contoh alat pengambil air botol biasa secara langsung.....	177
Gambar 9. 1. Digital incubator PIM-30.....	228

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Gambaran Kandungan Bahan Kimia Dalam Air Hujan.....	16
Tabel 3. 1. Jenis Pencemar dan Sumbernya	43
Tabel 4. 1. Kelebihan dan Kekurangan PAH	78
Tabel 4. 2. Komponen dan Fungsi PMA.....	81
Tabel 7. 1. Pengaruh pH Air Terhadap Proses Oksidasi	120
Tabel 7. 2. Harga Ct Untuk Inaktivasi Mikroba Dengan Desinfektan Klor (suhu 5°C, pH = 6)	137
Tabel 9. 1. Parameter Wajib Air Minum.....	203
Tabel 9. 2. Parameter Air Untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi.....	204

Penyehatan Air:

Panduan Praktis untuk mahasiswa dan sanitarian

BAB I

SIKLUS AIR (*HIDROLOGY CYCLE*)

1.1 Pendahuluan

Air merupakan unsur alam yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup, dan tanaman di bumi ini. Tanpa adanya air, maka kehidupan di bumi ini tidak akan berlangsung dengan baik, terjadi musim kemarau saja, dimana kuantitas air pada suatu daerah menjadi berkurang, maka keberlangsungan kehidupan makhluk dan tumbuhan menjadi terganggu, seperti kelangkaan air maka terjadi wabah penyakit, dan tanaman menjadi mati sehingga panen menjadi gagal.

Kebutuhan air bagi manusia adalah untuk hidup dan kehidupan. Kebutuhan akan air untuk hidup adalah untuk memenuhi kebutuhan air minum dan untuk keperluan hygiene sanitasi. Tubuh manusia sekitar 73 % terdiri dari air (cairan), sehingga setiap hari tubuh kita butuh sekitar 4 – 6 liter air agar metabolisme pada tubuh kita dapat berjalan dengan baik. Apabila tubuh kita mengalami kekurangan air mencapai 15 %, maka akan dapat mengalami dihidrasi, begitulah pentingnya air ini untuk kebutuhan hidup. Menurut Richard Feachem bahwa manusia dapat bertahan hidup sampai dua bulan tanpa makan, tapi tanpa minum manusia hanya bisa bertahan hidup hanya 2 – 3 hari saja.

1.2 Siklus Air (*Hydrologi Cycle*)

Keberadaan air di permukaan bumi ini secara kuantitas tetap, tidak bertambah dan tidak berkurang. Karena proses siklus air (*hydrologi cycle*), maka keberadaan air itu tidak selalu menetap pada suatu daerah tertentu. Bisa saja pada suatu daerah itu sedang mengalami kekeringan karena sedang musim kemarau, tapi pada daerah lain malah terjadi banjir karena sedang mengalami musim hujan. Jadi bisa saja di bumi ini, pada saat yang bersamaan ada banjir, sedangkan daerah lain mengalami kekurangan air.

Keberadaan air di bumi ada dalam bentuk es/salju, air laut, air tawar (air hujan, permukaan, dan air tanah). Sedangkan yang terbanyak adalah dalam bentuk air asin (laut), dan salju di kutub Utara dan Selatan.

Secara global air yang ada di bumi ini sebanyak 1.386 juta km³. Keberadaannya 97 % merupakan air laut yang bersifat asin (*saline water*), sebanyak 3 % sebagai air tawar (*fresh water*). Dari 3 % sebagai air tawar tersebut sebagian besar berada dalam bentuk es dan gletser di kutub utara dan selatan yaitu 68,7 %, dalam bentuk air tanah (*ground water*) yang tersimpan dalam lapisan batuan sebanyak 30,1 %, dalam bentuk lain 0,9 %, dan air permukaan (*surface water*) sebanyak 0,3 %. Air permukaan ini meliputi air danau (*lakes*) 87 %, *swamps* (rawa) 11 %, dan sungai (*rivers*) 2 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. 1. Persentase keberadaan air di bumi

1.2.1 Pengertian

Siklus hidrologi atau daur air yang dikenal juga dengan istilah siklus air adalah sirkulasi air yang menggambarkan pergerakan molekul air (H_2O) dari atmosfer ke bumi dan sebaliknya, yang tidak pernah berhenti sehingga membentuk rangkaian melingkar perjalanan molekul air di bumi yang disebut siklus.

Pergerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Air di bumi secara terus-menerus mengalami sirkulasi berupa proses penguapan, presipitasi dan pengaliran keluar (*outflow*).

1.2.2 Proses Siklus Air

Siklus hidrologi atau siklus air adalah salah satu konsep dasar dalam biogeokimia. Siklus hidrologi atau perputaran air di bumi mengalami beberapa tahapan yaitu :

a. Evaporasi

Siklus hidrologi diawali oleh terjadinya penguapan air yang ada di permukaan bumi. Air-air yang tertampung di badan air seperti danau, sungai, laut, sawah, bendungan atau waduk berubah menjadi uap air karena adanya panas matahari. Penguapan serupa juga terjadi pada air yang terdapat di permukaan tanah. Penguapan semacam ini disebut dengan istilah evaporasi. Evaporasi mengubah air berwujud cair menjadi air yang berwujud gas sehingga memungkinkan ia untuk naik ke atas atmosfer bumi. Semakin tinggi panas matahari (misalnya saat musim kemarau), jumlah air yang menjadi uap air dan naik ke atmosfer bumi juga akan semakin besar. Disamping itu kecepatan angin juga berpengaruh terjadi penguapan pada air permukaan, seperti air laut, danau, rawa, sungai.

b. Transpirasi

Penguapan air di permukaan bumi bukan hanya terjadi di badan air dan tanah. Penguapan air juga dapat berlangsung di jaringan makhluk hidup, seperti hewan dan tumbuhan. Penguapan semacam ini dikenal dengan istilah transpirasi. Sama seperti evaporasi, transpirasi juga mengubah air yang berwujud cair dalam jaringan makhluk hidup menjadi uap air dan membawanya naik ke atas menuju atmosfer. Akan

tetapi, jumlah air yang menjadi uap melalui proses transpirasi umumnya jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah uap air yang dihasilkan melalui proses evaporasi.

c. **Evapotranspirasi**

Adalah penguapan air keseluruhan yang terjadi di seluruh permukaan bumi, baik yang terjadi pada badan air dan tanah, maupun pada jaringan makhluk hidup. Evapotranspirasi merupakan gabungan antara evaporasi dan transpirasi. Dalam siklus hidrologi, laju evapotranspirasi ini sangat mempengaruhi jumlah uap air yang terangkut ke atas permukaan atmosfer.

d. **Sublimasi**

Selain lewat penguapan, baik itu melalui proses evaporasi, transpirasi, maupun evapotranspirasi, naiknya uap air dari permukaan bumi ke atas atmosfer bumi juga dipengaruhi oleh proses sublimasi. Sublimasi adalah proses perubahan es di kutub atau di puncak gunung menjadi uap air tanpa melalui fase cair terlebih dahulu. Meski sedikit, sublimasi juga tetap berkontribusi terhadap jumlah uap air yang terangkut ke atas atmosfer bumi melalui siklus hidrologi panjang. Akan tetapi, dibanding melalui proses penguapan, proses sublimasi dikatakan berjalan sangat lambat.

e. **Kondensasi**

Ketika uap air yang dihasilkan melalui proses evaporasi, transpirasi, evapotranspirasi, dan proses sublimasi naik hingga mencapai suatu titik ketinggian tertentu, uap air tersebut akan berubah menjadi partikel-partikel es berukuran sangat kecil melalui

proses kondensasi. Perubahan wujud uap air menjadi es tersebut terjadi karena pengaruh suhu udara yang sangat rendah di titik ketinggian tersebut. Partikel-partikel es yang terbentuk akan saling mendekati dan bersatu satu sama lain sehingga membentuk awan. Semakin banyak partikel es yang bergabung, awan yang terbentuk juga akan semakin tebal dan hitam.

f. Adveksi

Awan yang terbentuk dari proses kondensasi selanjutnya akan mengalami adveksi. Adveksi adalah proses perpindahan awan dari satu titik ke titik lain dalam satu horizontal akibat arus angin atau perbedaan tekanan udara. Adveksi memungkinkan awan akan menyebar dan berpindah dari atmosfer lautan menuju atmosfer daratan. Perlu diketahui bahwa, tahapan adveksi tidak terjadi pada siklus hidrologi pendek.

g. Presipitasi

Awan yang mengalami adveksi selanjutnya akan mengalami proses presipitasi. Proses presipitasi adalah proses mencairnya awan akibat pengaruh suhu udara yang tinggi. Pada proses inilah hujan terjadi. Butiran-butiran air jatuh dan membasahi permukaan bumi. Apabila suhu udara di sekitar awan terlalu rendah hingga berkisar < 0 derajat Celcius, presipitasi memungkinkan terjadinya hujan salju. Awan yang mengandung banyak air akan turun ke litosfer dalam bentuk butiran salju tipis seperti yang dapat kita temui di daerah beriklim sub tropis.

h. Run off

Setelah presipitasi terjadi sehingga air hujan jatuh ke permukaan bumi, proses run off pun terjadi. Run off atau limpasan adalah suatu proses pergerakan air dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah di permukaan bumi. Pergerakan air tersebut misalnya terjadi melalui saluran-saluran seperti saluran got, sungai, danau, muara, laut, hingga samudra. Dalam proses ini, air yang telah melalui siklus hidrologi akan kembali menuju lapisan hidrosfer.

i. Infiltrasi

Tidak semua air hujan yang terbentuk setelah proses presipitasi akan mengalir di permukaan bumi melalui proses run off. Sebagian kecil di antaranya akan bergerak ke dalam pori-pori tanah, merembes, dan terakumulasi menjadi air tanah. Proses pergerakan air ke dalam pori tanah ini disebut proses infiltrasi. Proses infiltrasi akan secara lambat membawa air tanah kembali ke laut.

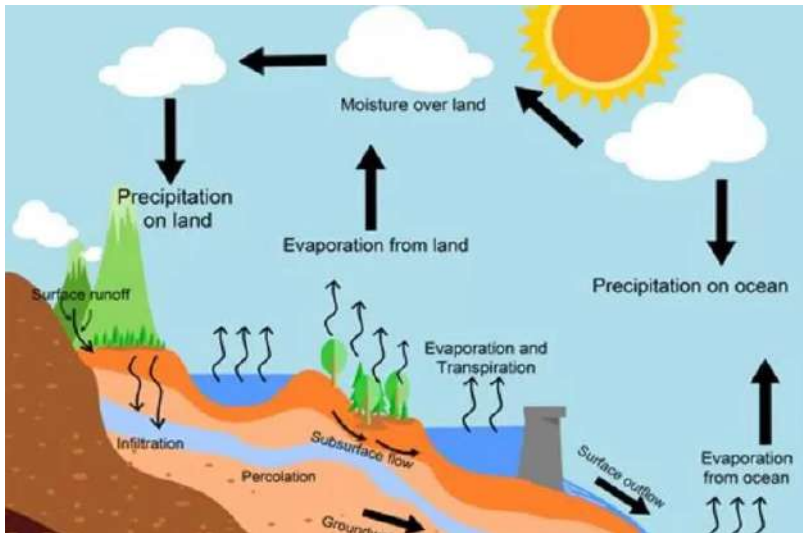
Setelah melalui proses run off dan infiltrasi, air yang telah mengalami siklus hidrologi tersebut akan kembali berkumpul di lautan. Air tersebut secara berangsur-angsur akan kembali mengalami siklus hidrologi selanjutnya dengan diawali oleh proses evaporasi.

j. Perkolasi

Setelah melalui proses infiltrasi, ada sebagian air tersebut meresap dalam tanah yang lebih dalam. Sehingga tersimpan sebagai air tanah. Air yang mengalami perkolasi dapat keluar lagi apabila

dimanfaatkan sebagai sumber air bersih seperti mata air (*spring*), sumur bor, dan *artesian spring*.

Untuk lebih jelasnya perjalanan (siklus) air tersebut di bumi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. 2. Siklus air di bumi

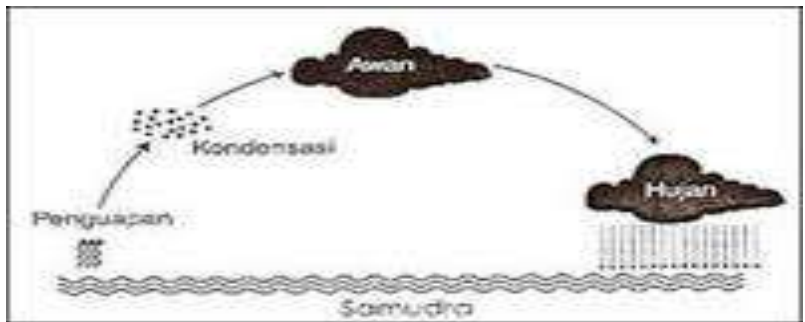
1.2.3 Jenis Siklus Air

Berdasarkan perjalanan (siklus air) di bumi dimulai dari evaporasi, sampai kembali ke laut, maka jenis siklus air ini dapat dibagi menjadi tiga sirkulasi, yaitu pendek, menengah, dan panjang.

a. Siklus Air Pendek

Siklus hidrologi pendek terjadi tanpa adanya tahap adveksi atau perpindahan awan. Siklus ini diawali dari evaporasi air laut yang menuju ke atmosfer bumi. Lalu di ketinggian tertentu, pada uap

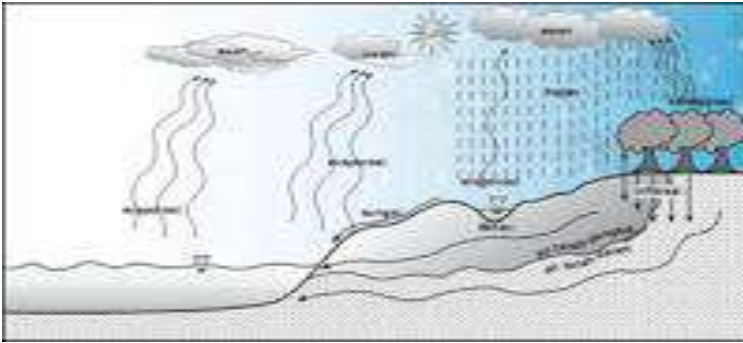
air akan terjadi kondensasi dan membentuk awan. Awan yang tak mampu menahan beban air akan mengalami presipitasi lalu terjadinya yang namanya air hujan. Air hujan yang turun akan jatuh lagi kembali ke laut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. 3. Siklus air pendek

b. Siklus Air Sedang

Siklus sedang terjadi ketika air laut menguap. Uap air akan terbawa oleh angin menuju daratan. Pada ketinggian tertentu, uap air akan melewati fase kondensasi dan berubah menjadi awan. Lalu, awan akan berubah menjadi hujan yang jatuh pada daratan, akan terjadi resapan ke dalam tanah dan sebagian akan terserap oleh akar tumbuhan, kemudian sebagian lagi akan dibawa aliran air seperti selokan, dan sungai. Air akan melewati beragam saluran air yang akan membawa kembali dan berakhir ke laut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

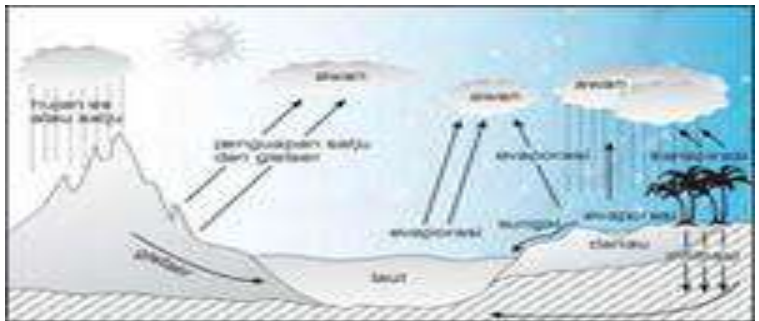


Gambar 1. 4. Siklus air sedang

c. Siklus Panjang

Siklus hidrologi panjang biasanya terjadi di wilayah pegunungan atau wilayah dengan iklim sub tropis. Ciri pada siklus panjang yaitu peristiwa air pada awan yang tidak akan langsung menjadi hujan. Siklus ini diawali dengan fase evaporasi (penguapan) yang terjadi di lautan, air berubah menjadi molekul-molekul gas. Setelah itu akan melewati tahap sublimasi. Pembentukan awan yang di dalamnya terkandung kristal es, selanjutnya dengan tahap adveksi saat awan akan berpindah. Dalam tahap adveksi, awan yang di dalamnya terkandung kristal es akan ke daratan dan melewati fase presipitasi. Setelah itu, awan akan berubah menjadi hujan. Namun hujan yang turun berbentuk salju dan terakumulasi membentuk gletser. Gletser yang berada di daratan tersebut akan mencair karena pengaruh peningkatan suhu dan tekanan. Gletser yang mencair akan menuju aliran sungai dan mengarah ke lautan. Kemudian siklus hidrologi panjang akan terulang kembali. Kalau di Indonesia atau daerah tropis, siklus panjang ini

ditunjukkan dengan adanya infiltrasi dan perkolasi pada saat presipitasi terjadi, atau run off di permukaan bumi. Air yang mengalami infiltrasi dan perkolasi akan tersimpang sebagai air tanah, akan dapat kembali kelaut apabila air tanah itu dimanfaatkan dengan sumur bor, artesian spring, dan mata air. Mengalir lagi di permukaan dan sampai kelaut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. 5. Siklus air panjang

1.2.4 Manfaat Siklus Air

Dengan adanya siklus air ini di bumi, maka keberadaan air di bumi dapat terjaga keseimbangannya, adapun manfaat dari siklus air ini adalah (Utami, 2023) :

- a. Menjaga ketersediaan air

Dilansir dari NASA *Global Precipitation Measurement*, siklus air adalah proses yang sangat penting karena menjaga ketersediaan air untuk semua organisme hidup. Siklus air bermanfaat untuk menjaga ketersediaan air bersih yang jumlahnya terbatas di bumi (kebanyakan air di bumi adalah air garam yang tidak bisa diminum). Siklus air mendaur ulang air

secara alami, sehingga air bersih tetap tersedia di bumi. Tanpa adanya siklus air, bumi kita mungkin sudah lama tidak memiliki pasokan air bersih dan menjadi tempat yang sulit untuk ditinggali makhluk hidup.

b. Mendistribusikan air ke seluruh permukaan bumi

Dilansir dari *Conserve Energy Future*, manfaat siklus air adalah mendistribusikan air ke seluruh permukaan bumi (meskipun tidak merata). Dengan adanya siklus air, hampir semua tempat di permukaan bumi mendapatkan air melalui hujan, limpasa, aliran sungai, dan juga mata air yang diisi melalui hujan. Tanpa adanya siklus air, hanya makhluk hidup di permukaan rendah (dekat laut) yang memiliki pasokan air. Sedangkan, permukaan bumi yang tinggi akan sulit untuk mendapatkan air.

c. Memindahkan berbagai mineral dan nutrisi

Manfaat siklus air selanjutnya adalah memindahkan berbagai mineral dan nutrisi antara litosfer, hidrosfer, dan juga atmosfer. Tanpa adanya siklus air, siklus biogeokimia yang menggerakkan aliran mineral dan nutrisi tidak akan bekerja.

d. Mengatur pola cuaca dan iklim

Manfaat siklus air selanjutnya adalah mengatur pola cuaca dan iklim. Iklim bergantung pada penguapan dalam siklus air begitu juga dengan pola cuaca.

e. Membersihkan permukaan bumi

Manfaat siklus air adalah membersihkan permukaan bumi. Hujan yang turun akibat adanya siklus air, membersihkan permukaan bumi yang dilewatinya dari berbagai debu, kotoran, dan partikulat lainnya.

f. Mendinginkan bumi

Air memiliki sifat pendinginan karena dapat menyerap panas. Siklus air memberikan efek pendinginan bumi dengan cara memerangkap panas sinar matahari. Tanpa adanya siklus air, bumi akan menjadi jauh lebih panas dan pemanasan global dapat terjadi.

Penyehatan Air:

Panduan Praktis untuk mahasiswa dan sanitarian

BAB II

SUMBER-SUMBER AIR DI ALAM

Berdasarkan siklus air (*hydrologi cycle*) maka sumber air yang ada di bumi ini terdiri dari tiga yaitu *atmospheric water* (air hujan), *surface water* (air permukaan), dan *ground water* (air tanah).

2.1 Air Angkasa (*Atmospheric Water*)

Air yang merupakan hasil dari proses penyubliman awan atau uap air. Air hujan dapat ditampung kemudian dijadikan air minum. Tetapi air hujan ini tidak mengandung kalsium. Oleh karena itu agar dapat dijadikan air minum yang sehat perlu ditambahkan Kalsium di dalamnya.

Pada umumnya kualitas air hujan cukup baik, namun untuk daerah tertentu seperti perkotaan air hujan bisa dicemari oleh debu, untuk daerah industry dicemari oleh polutan seperti SO_2 , CO_2 dan bahan pencemar lainnya. Berdasarkan keberadaan tersebut, maka karakteristik dari air hujan tersebut adalah :

- a. Bersifat *soft water* (kesadahan rendah)
- b. Bakteriologisnya lebih bagus tergantung pada tempat penampungan.
- c. Melarutkan Unsur yang terlarut di udara antara lain : O_2 , CO_2 , N_2 , debu dan mineral lainnya

- d. Kontak dgn CO_2 H_2CO_3 (Hujan Asam), kontak dengan SO_2 H_2SO_4 (Korosif, kontak dengan NO_2 HNO_2 (korosif)
- e. Besarnya curah hujan merupakan patokan utama dalam perencanaan penyediaan air bersih

Sebagai gambaran tentang sifat dan kandungan air hujan, berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1. Gambaran Kandungan Bahan Kimia Dalam Air Hujan

No	Parameter Kimia	Kadar dalam Air Hujan
1	Kesadahan	19 mg/l sebagai CaCO_3
2	Calsium	16 mg/l sebagai CaCO_3
3	Magnesium	3 mg/l sebagai Mg CO_3
4	Sodium	6 mg/l sebagai Na
5	Ammonium	0,8 mg/l sebagai N
6	Bicarbonat	12 mg/l sebagai CaCO_3
7	Keasaman	4 mg/l sebagai CaCO_3
8	Chlorida	9 mg/l sebagai Cl
9	Sulfat	10 mg/l sebagai SO_4
10	Nitrat	0,1 mg/l sebagai N
11	Ph	6,8

Adanya bahan kimia tersebut dalam air hujan, karena pada saat presipitasi, lokasi dimana hujan itu turun udaranya ada yang mengandung bahan kimia tersebut, sehingga larut dalam air hujan.

Air hujan ini dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber air minum dan keperluan hygiene sanitasi adalah alternative terakhir, apabila sumber air permukaan tidak memadai/memungkinkan untuk digunakan seperti sudah tercemar, bersifat payau, dan sulit mendapatkan air tanah karena ketinggian, tandus. Sedangkan curah hujan cukup tinggi di daerah tersebut. Karena keterbatasan ukuran dan daya tamping sarana PMA ini, maka kebutuhan air perorangan rata-rata dibawah 20 liter.

Pemanfaatan air hujan ini untuk keperluan air minum dan hygiene sanitasi oleh masyarakat yaitu dengan sarana penampungan air hujan (PAH), yang bisa dibuat dari tangki beton, tangki fiber, dan aluminium.

2.2 Air Permukaan (*Surface Water*)

Air permukaan merupakan sumber penting pasokan air bagi masyarakat. Air permukaan merupakan air yang berada di atas permukaan tanah, dalam kondisi mengalir atau diam. Air permukaan tidak mampu terserap, karena lapisan tanah sangat keras. Nantinya aliran yang terkumpul akan mengalir menuju suatu titik, seperti sungai, danau maupun laut. Air permukaan dibagi dalam dua jenis, yakni perairan darat dan perairan laut.

Berikut Ini pengertian air permukaan, yaitu Soegianto (2005), air permukaan adalah air yang berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan tanah, sebagian menguap dan sebagian lainnya mengalir ke sungai, saluran air lalu disimpan di dalam danau, waduk dan rawa. Sedangkan Limbong (2008) menyatakan bahwa air permukaan adalah

air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Jadi, Air permukaan adalah air yang terkumpul di atas tanah yang dapat dengan mudah dilihat oleh mata. Pada umumnya sumber air yang berasal dari permukaan, merupakan air yang kurang baik untuk langsung dikonsumsi manusia. Oleh karena itu sumber air yang berasal dari air permukaan perlu adanya pengolahan terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan.

Karena air permukaan ini sifatnya terbuka, dan mudah sekali mengalami pencemaran, maka kualitas airnya secara umum sangat bervariasi. Pada umumnya air permukaan akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota, dan sebagainya.

Misalnya air sungai, pada bagian hulu umumnya kualitas airnya masih memenuhi syarat fisik, kimia seperti tidak berbau, tidak berasa, jernih, karena belum tercemar oleh aktifitas manusia. Kemudian dalam perjalanannya menuju laut, sudah mulai ada pencemaran seperti dari lahan pertanian (pestisida, pupuk), kemudian dari lingkungan pemukiman (limbah dan sampah rumah tangga/domestic) seperti sampah organik dan an organik, melewati perkotaan dapat dicemari oleh limbah industri, rumah sakit, pasar dan aktifitas manusia lainnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa air sungai, makin ke hilir kualitasnya makin jelek. Sehingga tidak mendukung lagi untuk air memenuhi keperluan masyarakat seperti air minum, dan untuk hygiene sanitasi. Kalau mau memanfaatkan air sungai harus diolah terlebih dahulu, sesuai dengan tingkat pencemarannya.

Berdasarkan terjadinya, keberadaan dari air permukaan, maka karakteristiknya adalah :

- a. Hard water (kesadahan tinggi) tergantung lokasi
- b. Cukup mengandung mineral
- c. Air keruh dan kotor (bagian pertengahan dan muara)
- d. Tempat perkembangbiakan MH
- e. Dipengaruhi daerah yang dilewatinya
- f. Mudah terkontaminasi oleh aktifitas makhluk hidup

Berdasarkan karakteristik dari air permukaan tersebut, maka air permukaan dapat digolongkan pada :

- a. Air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang tinggi
- b. Air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang rendah
- c. Air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang sifatnya temporer
- d. Air permukaan dengan kandungan warna yang sedang sampai tinggi
- e. Air permukaan dengan kesadahan yang tinggi.
- f. Air permukaan dengan tingkat kekeruhan sangat rendah

Ada beberapa bentuk air permukaan yang ada di bumi ini diantaranya ialah sungai, danau, rawa dan laut.

2.2.1 Sungai

Sungai merupakan air tawar yang memiliki aliran dimana sumbernya ada di daratan yang bermuara ke laut, danau maupun sungai yang lebih besar. Air hujan, mata air maupun cairan gletser akan mengalir melalui sebuah saluran menuju tempat yang lebih rendah. Air hujan yang melimpah ini juga bisa dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari.

Mula-mula saluran yang dilalui ini relative sempit dan pendek. Tetapi secara proses alamiah aliran ini mengikis daerah-daerah yang di lalunya. Akibatnya saluran ini semakin lama semakin lebar serta panjang dan terbentuklah sungai. Proses terbentuknya sungai bisa melalaui tiga cara yaitu :

- 1) Berasal dari aliran permukaan bumi, misalnya dari air hujan
Akibat adanya aliran permukaan, maka air sungai akan bertambah debitnya pada musim penghujan dan kualitasnya menjadi lebih jelek karena adanya runoff, sedangkan pada musim kemarau debitnya relative berkurang, tapi kualitas fisiknya lebih baik.
- 2) Berasal dari aliran air tanah (mata air)
- 3) Campuran keduanya

Beberapa keadaan yang dapat mempengaruhi aliran air sungai yaitu

- 1) Keadaan daerah
Apabila disekitar daerah sungai masih banyak terdapat hutan/tanaman maka akan mempengaruhi debit air yang ada.
- 2) Temperatur
Daerah dengan iklim tropis mengakibatkan bertambah besarnya penguapan sehingga air akan berkurang
- 3) Keadaan topografi
Kelandaian dari sungai akan mempengaruhi besarnya pengaliran dan besar kecilnya pengikisan tanah.
- 4) Sifat permukaan tanah

Daerah dengan daya resap yang tinggi akan mengurangi debit air yang ada di atasnya

5) Corak daerah pengalirannya

Daerah pengaliran yang berbentuk bulu burung biasanya mempunyai debit air yang kecil, kalau terjadi banjir memakan waktu yang lama. Daerah pengaliran radial/kipas anak sungai mengarah kesatu titik, maka banjir akan sering terjadi. Daerah pengaliran parallel, disini dua jalur pengaliran sungai bersatu dibagian hilir.

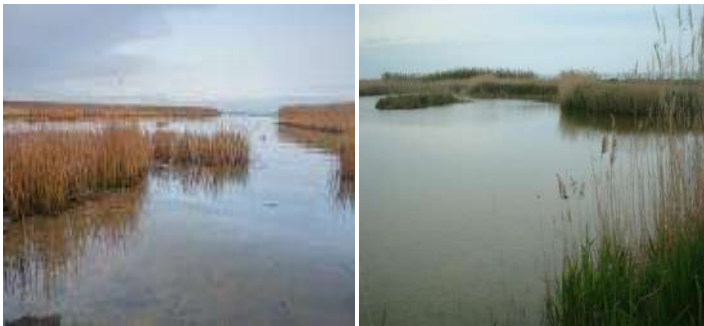


Gambar 2. 1. Sungai sebagai air permukaan

2.2.2 Rawa

Rawa ialah daerah yang selalu tergenang air dan memiliki kadar air yang relative tinggi. Air di rawa terlihat kotor karena tempat itu mengandung bahan organik yang berasal dari tumbuhan dan hewan yang mati. Akibatnya air yang menggenang menyebabkan tanah menjadi asam. Sebuah rawa merupakan daerah lahan secara permanen jenuh atau diisi dengan air.

Banyak rawa bahkan tertutup oleh air ada dua jenis utama dari rawa yaitu Rawa air tawar Dan Rawa-rawa air asin. Rawa yang didominasi oleh pohon-pohon, mereka sering disebut untuk jenis pohon yang tumbuh di dalamnya seperti rawa cemara atau rawa kayu. Rawa air tawar biasanya ditemukan didaratn sedangkan rawa air asin biasanya ditemukan di sepanjang daerah pesisir. Rawa merupakan daerah transisi mereka tidak benar-benar tanah atau benar-benar air.



Gambar 2. 2. Rawa sebagai air permukaan

2.2.3 Laut

Perairan laut adalah air permukaan yang berada di lautan luas. Contohnya seperti air laut yang berada di laut. Berdasarkan luas dan bentuknya, klasifikasi laut terdiri dari Teluk adalah bagian laut yang menjorok ke darat, Selat adalah laut yang relative sempit dan terletak antara dua pulau, Laut adalah perairan yang terletak di antara pulau-pulau yang relative lebih luas dibandingkan dengan selat dan Samudera adalah laut yang sangat luas dan terletak diantara benua.

Air laut memang jarang digunakan sebagai sumber air minum dan untuk hygiene sanitasi. Karena pada air laut ini mengandung kadar garam yang tinggi (asin), sehingga kalau mau dijadikan sebagai sumber air minum harus diolah dengan teknologi yang tinggi dan membutuhkan biaya yang sangat besar. Negara yang menjadikan air laut sebagai sumber air minum adalah Negara Timur Tengah seperti Arab Saudi, Uni Emirat Arab.



Gambar 2. 3. Laut sebagai air permukaan

Pemanfaatan air permukaan, seperti sungai untuk keperluan akan kebutuhan air minum dan untuk hygiene sanitasi tidak dapat digunakan secara langsung. Karena pada umumnya air sungai tersebut sudah tercemar, sehingga tidak aman untuk dikonsumsi atau digunakan. Untuk itu perlu dilakukan pengolahan secara lengkap (sedimentasi, aerasi, filtrasi, chlorinasi) seperti yang dilakukan oleh Perusahaan Air Minum (PAM) dan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

2.3 Air Tanah (*Ground Water*)

2.3.1 Pengertian

Air tanah adalah semua air yang berada di dalam ruang batuan dasar yang mengalir secara alami ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan. Sumber utama dari air tanah yaitu air hujan yang meresap ke dalam tanah. Peresapan air hujan ini terjadi selama pengaliran air hujan ke laut atau ke aliran sungai. Air bawah tanah memiliki peran yang penting dalam menjaga keseimbangan dan ketersediaan bahan baku air, baik untuk makhluk hidup, rumah tangga dan industri.

Menurut Rachmat F. Lubis, (2006), secara umum, air dalam tanah akan mengalir sangat perlahan melalui celah yang sangat kecil dan atau melalui butiran antar batuan. Batuan yang memiliki kemampuan menyimpan dan mengalirkan air tanah disebut akuifer.

Beberapa pengertian air tanah oleh para ahli, yaitu Bouwer, 1978; Freeze dan Cherry, 1979; Kodoatie, 1996, air tanah adalah sejumlah air dibawah permukaan bumi yang dapat dikumpulkan dengan sumur-sumur, terowongan atau sistem drainase atau dengan pemompaan. Dapat pula disebut aliran alami yang mengalir ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan. Menurut Soemarto, 1989, air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi. Lapisan tanah yang berada dibawah permukaan tanah dinamakan lajur jenuh (*saturated zone*) dan lajur yang tidak jenuh terletak diatas lajur sampai ke permukaan tanah yang rongga-rongganya berisi air dan udara. Fetter, 1994, air tanah adalah air yang tersimpan

pada lajur jenuh kemudian bergerak sebagai aliran melalui batuan dan lapisan-lapisan tanah yang ada di bumi hingga air tersebut keluar sebagai mata air, terkumpul ke kolam, danau, sungai, dan laut. Batas atas lajur jenuh air disebut dengan muka air tanah (*water table*). Asdak, 2002 air tanah adalah segala bentuk aliran air hujan yang mengalir dibawah permukaan tanah sebagai akibat struktur perlapisan geologi, perbedaan potensi kelembapan tanah, dan gaya gravitasi bumi.

Jadi air tanah itu adalah air yang terperangkap pada lapisan batuan melalui pengisian secara infiltrasi dan perkolasi secara terus menerus, dan bisa dimanfaatkan dengan sarana sumur gali, sumur bor, atau keluar sendiri dalam bentuk mata air (*spring*).

2.3.2 Proses Terbentuknya Air Tanah

Air tanah terbentuk berkaitan dengan adanya siklus hidrologi. [Siklus hidrologi](#) adalah suatu siklus yang terjadi di lingkungan perairan. Siklus ini akan terus berjalan dan tidak akan berhenti, dimana proses air dari atmosfer yang turun ke bumi dalam bentuk hujan atau salju akan kembali lagi ke atmosfer secara berulang terus menerus.

Air yang turun ke bumi sebagai air hujan sebagian besar akan mengalir dipermukaan tanah sebagai air permukaan, seperti sungai, danau, atau rawa. Sebagian kecil air hujan tersebut juga meresap ke dalam tanah dan masuk ke dalam zona jenuh, sehingga menjadi air tanah.

Air tanah yang berada dekat dengan permukaan tanah akan diserap oleh tanaman melalui *evapotranspiration* dan

kembali menguap ke atmosfer. Selain itu, penguapan atau evaporasi secara langsung juga dapat terjadi pada tubuh air yang terbuka.

Air memiliki manfaat penting bagi seluruh aspek kehidupan, baik untuk air minum, kegiatan rumah tangga, serta kepentingan industri. Ketergantungan manusia akan air bersih saat ini telah mencapai 70 % dan kemungkinan akan meningkat jika [musim kemarau](#) melanda. Apabila pasokan atau cadangan air menipis, maka akan terjadi ancaman bencana kekeringan.

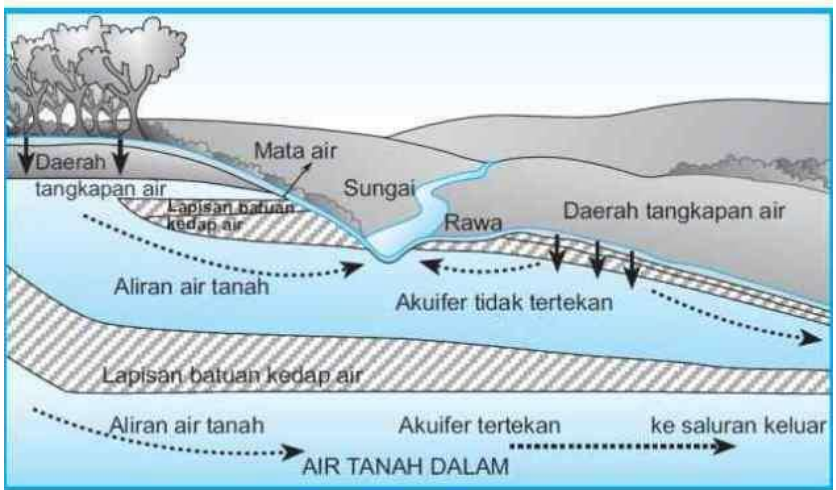
Air tanah dapat berada dibawah permukaan tanah dalam bentuk kumpulan air, seperti pada gua bawah tanah atau sungai bawah tanah. Keberadaan air bawah tanah dapat mencapai kedalaman puluhan bahkan ratusan meter dibawah permukaan bumi.

Semakin kedalam akan ditemukan lapisan-lapisan batuan yang lolos air dan tidak lolos air. Lapisan *permeable* atau lapisan lolos air adalah lapisan batuan yang terdiri dari kerikil, pasir, batu apung, dan batuan yang retak.

Sedangkan, lapisan *impermeable* atau lapisan tidak lolos air adalah lapisan batuan yang kedap air dan terdiri dari napal, tanah liat, dan tanah lempung. Meski tanah lempung dapat menyerap air, akan tetapi memiliki sifat jenuh air sehingga daya serapnya terbatas.

Air hujan yang turun ke bumi akan meresap secara *infiltrate* ke zona tak jenuh (*zone of aeration*). Setelah itu akan masuk lebih dalam secara *percolate* hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah.

Terbentuknya air tanah adalah bagian dari tahap siklus air atau daur hidrologi. Air tanah dapat berinteraksi dengan air permukaan dipengaruhi oleh berbagai komponenlain, seperti topografi, jenis batuan penutup, tumbuhan penutup, penggunaan lahan, dan kegiatan manusia di permukaan. Kualitas air tanah dan air permukaan saling berkaitan satu sama lain. Lebih lengkap tentang proses terbentuknya air tanah, dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 4. Proses terbentuknya air tanah

2.3.3 Zona Air Tanah

Air tanah yang tersimpan/terperangkap dalam lapisan batuan, telah membuat dua zona pembagian air tanah, yaitu :

1) *Zone of Aeration*

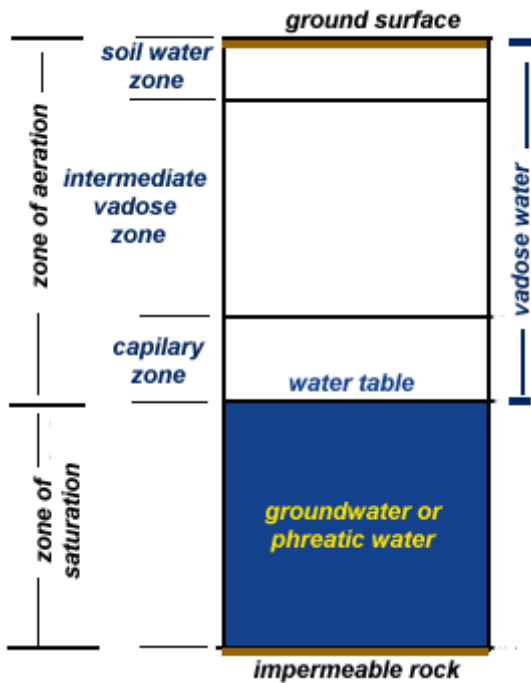
Zona ini adalah suatu lapisan tanah yang mengandung air yang masih dapat kontak dengan udara. Pada zona

ini terdapat tiga lapis tanah/batuan yaitu lapisan air tanah permukaan, lapisan intermediate yang berisi air gravitasi, lapisan kapiler yang berisi air kapiler.

2) Zone of Saturation

Adalah suatu lapisan tanah/batuan yang mengandung air tanah yang relative tidak berhubungan dengan udara luar, dan lapisan tanahnya disebut aquifer bebas (*free aquifer*).

Untuk lebih jelasnya keberadaan dari kedua zona tersebut pada lapisan tanah dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 5. *Distribution of subsurface water*

2.3.4 Sumber Air Tanah

Air tanah memiliki jumlah yang jauh lebih besar dibanding air permukaan. Menurut data UNESCO, 1978 dalam Chow et al, (1998) menyatakan bahwa 98 % dari seluruh air di daratan tersimpan dibawah permukaan tanah, pori-pori batuan, dan material butiran. Oleh karena itu, sumber air tanah dapat dibagi menjadi dua jenis sumber, yaitu:

- 1) Air hujan yang meresap ke dalam tanah melalui pori-pori atau retakan dalam formasi batuan.
- 2) Air permukaan yang dapat berasal dari sungai, danau, dan reservoir yang meresap melalui tanah dan batuan ke dalam tanah

Cadangan air terbesar adalah air tanah. Air dalam tanah dan air permukaan adalah sumber air yang memiliki hubungan erat. Pada musim kemarau panjang, umumnya aliran sungai akan surut, danau dan tempat penampungan air alami cenderung mengering. Sebagian besar air yang mengisi sungai, danau dan penampungan air alami merupakan air tanah yang muncul kembali ke permukaan.

2.3.5 Kandungan Air tanah

Air tanah memiliki kandungan yang dikelompokkan menjadi 4 kelompok. Kandungan tersebut berasal dari unsur air hujan yang ketika meresap ke dalam tanah akan membawa unsur-unsur lainnya, antara lain:

- 1) Unsur utama air tanah (*major constituents*) memiliki kandungan 1,0 – 1000 mg/l, yaitu kalsium, natrium, magnesium, sulfat, klorida, silika, dan bikarbonat.

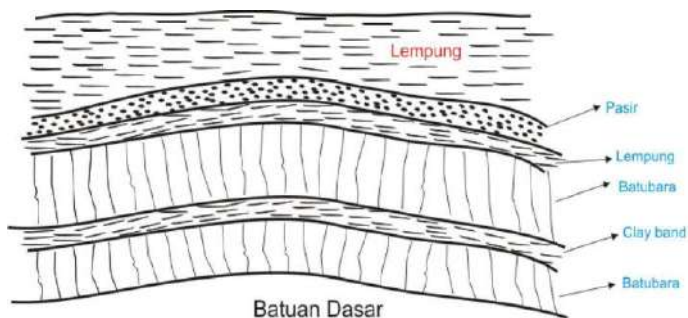
- 2) Unsur sekunder air tanah (*secondary constituents*) memiliki kandungan 0,01-10 mg/l, yaitu besi, strontium, kalium, karbonat, nitrat, boron, dan florida.
- 3) Unsur minor air tanah (*minor constituents*) memiliki kandungan 0,0001-0,1 mg/l, yaitu aluminium, antimon, arsen, barium, kadmium, krom, brom, kobalt, tembaga, germanium, jodium, timbal, litium, molibdenum, nikel, mangan, fosfat, rubidium, selenium, uranium, titanium, vanadium, dan seng.
- 4) Unsur langka air tanah (*trace constituents*) memiliki kandungan kurang dari 0,001 mg/l, yaitu berilium, bismut, cerium, cesium, galium, emas, indium, lanthanum, niobium, platina, radium, ruthenium, scandium, perak, thallium, thorium, timah, tungsten, zircon.

Menurut Kodatie (2012), air mengandung unsur kimia sesuai dengan sistem aliran air tanahnya. Sistem aliran air tanah ini dibagi menjadi tiga, yakni sistem lokal, sistem antara dan sistem regional. Unsur kimia yang mendominasi sistem lokal adalah HCO_3 , Ca, dan Mg. Kemudian pada sistem antara sebagian besar terdiri dari HCO_3 , Ca, dan Mg. Sedangkan air tanah sistem regional mengandung Na, Cl, serta hilangnya unsur CO_2 dan O_2 .

2.3.6 Sifat Pembentuk Air Tanah

Menurut Danaryanto, dkk, (2005), terbentuknya air tanah merupakan proses yang melewati beberapa lapisan batuan dibawah permukaan tanah yang memiliki keterdapatan, penyebaran dan pergerakan air tanah dengan

penekanan pada hubungan terhadap kondisi geologi suatu daerah.



Gambar 2. 6. Lapisan tanah

Berdasarkan sifat batuan terhadap air, maka terdapat beberapa karakteristik batuan yang dibagi menjadi Akuifer (*aquifer*), Akuiklud (*aquiclude*), Akuitar (*aquitard*), Akuifug (*aquifuge*). Akuifer adalah lapisan batuan/tanah yang mengandung air.

- 1) Akuifer (*aquifer*) adalah lapisan pembawa air. Berupa lapisan batuan yang memiliki susunan tertentu yang mampu menyimpan air dan mengalirkan air dalam jumlah cukup pada kondisi lapang. Sifat dari batuan akuifer adalah permeabel, terdiri dari pasir, kerikil, batuan retak dan batu gamping yang berlubang
- 2) Akuiklud (*aquiclude*) adalah lapisan batuan yang mampu menyimpan air, tapi tidak dapat mengalirkan air dalam jumlah yang cukup. Batuan ini terdiri dari lempung, shale, tuf halus dan silt
- 3) Akuitar (*aquitard*) adalah lapisan batuan yang memiliki formasi tertentu dan mampu menyimpan air

serta hanya dapat mengalirkan air dalam jumlah tertentu

- 4) Akuifug (*aquifuge*) adalah lapisan batuan yang memiliki formasi tertentu. Pada lapisan ini air tidak dapat disimpan dan dialirkan. Batuan ini terdiri dari granit dan batuan padat

Dari karakteristik dari berbagai akuifer tadi, maka susunan geologi yang dapat berfungsi sebagai akuifer adalah :

- a) Kerikil dan pasir
- b) Batu kapur
- c) Batuan gunung berapi
- d) Batu pasir
- e) Tanah liat yang bercampur dengan bahan yang lebih kasar
- f) Konglomerasi
- g) Batu kristalin

2.3.7 Tipe Akuifer

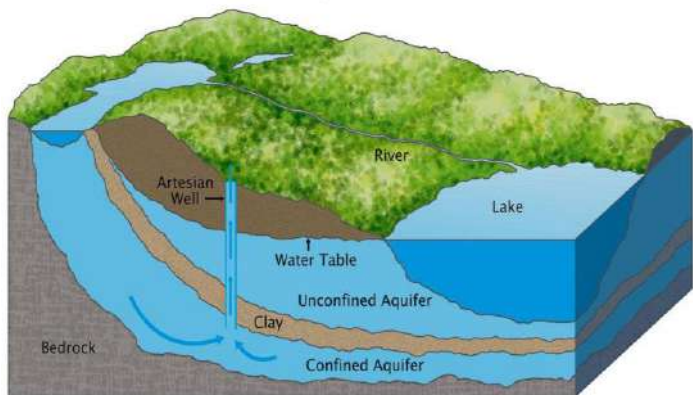
Tipe akuifer dibagi menjadi tiga, yaitu akuifer bebas (*unconfined aquifer*), akuifer tertekan (*confined aquifer*), dan akuifer semi tertekan (*leaky aquifer/semi confined aquifer*), akuifer menggantung (*perched aquifer*).

- 1) Akuifer bebas (*unconfined aquifer*) adalah akuifer jenuh air dengan lapisan pembatas pada bagian bawah dan tidak ada pembatas di lapisan atas atau langsung berbatasan dengan permukaan tanah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



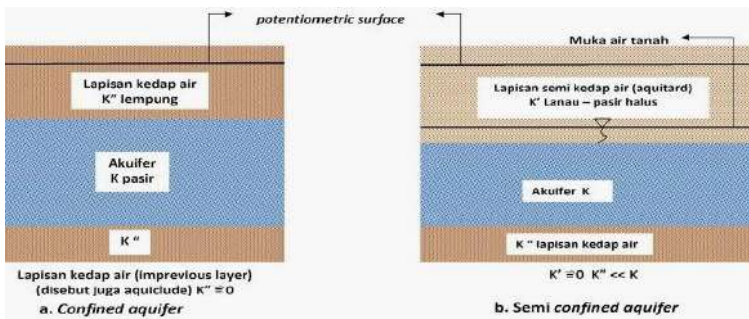
Gambar 2. 7. Akuifer bebas

- 2) Akuifer tertekan (*confined aquifer*) adalah akuifer dengan batas lapisan atas dan lapisan bawah berupa formasi tidak tembus air, muka air akan muncul diatas formasi tertekan bawah. Akuifer ini terisi penuh oleh air tanah, sehingga jika dilakukan pengeboran akan menyebabkan naiknya muka air tanah pada sumur bor yang melebihi kondisi semula. Akuifer tertekan ini mempunyai daerah pengisian (recharge area), yaitu pada daerah pegunungan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



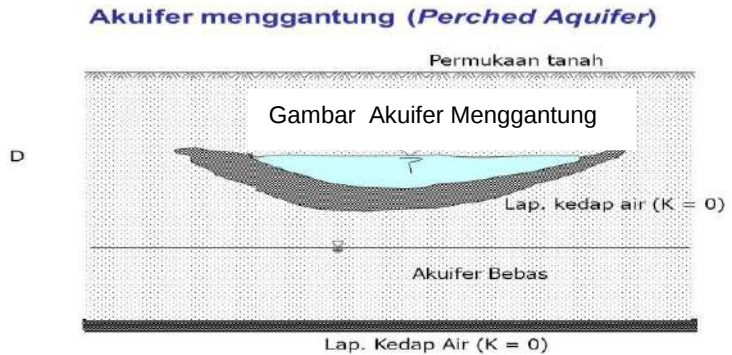
Gambar 2. 8. Air tanah tertekan

- 3) Akuifer semi tertekan (*leaky aquifer/semi confined aquifer*) adalah akuifer jenuh air dengan batasan lapisan atas berupa akuitard dan lapisan bawah berupa akuiklud. Akuifer semi-tertekan atau akuifer bocor adalah akuifer jenuh yang sempurna, pada bagian atas dibatasi lapisan semi-lulus air dan bagian bawah adalah lapisan lulus air ataupun semi-lulus air. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 9. Lapisan Lulus Air

- 4) Akuifer menggantung (*perched aquifer*), suatu akuifer dimana massa air tanahnya terpisah dari air tanah induk oleh lapisan yang relatif kedap air yang begitu luas dan terletak di atas daerah jenuh air. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 10. Akuifer semi tertekan

2.3.8 Kualitas Air Tanah

Pada umumnya air tanah tertekan kualitas fisik, kimia, dan bakteriologisnya sudah memenuhi syarat. Penyebab utama air tanah tertekan menjadi tidak memenuhi syarat adalah karena kandungan mineral yang berlebihan seperti Fe, Mn, Calsium, dan zat padat terlarut yang banyak larut dalam tanah. Akibat tingginya bahan kimia tersebut dalam air tanah menyebabkan air tanah berbau, bewarna, berasa, bersifat sadah.

Untuk air tanah bebas atau air tanah dangkal, kualitasnya hampir sama dengan kualitas air permukaan, karena dekat dengan permukaan tanah. Air tanah bebas ini juga mudah tercemar oleh tinja manusia karena septic tank yang tidak memenuhi syarat, jarak septic tank dengan sumur kurang dari 11 meter, tercemar oleh air limbah, dan timbulan sampah.

2.3.9 Karakteristik Air Tanah

Kalau kita lihat dari proses terjadinya air tanah, dan kualitas dari air tanah tersebut, maka ciri khas atau karakteristiknya adalah :

1. *Hard water*

Air tanah sering mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi. Berbeda dengan air hujan yang bersifat *soft water* (memiliki kesadahan yang rendah). Air sadah terutama disebabkan adanya $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ yang terlarut dalam air. Ion kalsium dan bikarbonat, antara lain berasal dari proses pelarutan batu kapur CaCO_3 . Dalam lapisan tanah oleh air hujan yang mengandung sedikit asam.

2. Mengandung banyak mineral

Air tanah banyak mengandung mineral, karena secara alami lapisan batuan/tanah banyak mengandung mineral seperti Fe, Mn, Ca, Mg. Mineral ini pada umumnya larut dalam air, sehingga apabila lapisan batuan mengandung mineral tersebut, dipastikan air tanah tersebut banyak mengandung mineral.

3. Kualitas fisik dan biologis lebih baik karena sudah mengalami penyaringan alamiah

Proses terjadinya air tanah ini adalah karena infiltrasi, dan perkolasi pada *recharge area*, maupun pada saat *run off*. Sehingga pada saat proses tersebut telah terjadi infiltrasi, sehingga menjadi bebas dari bakteri. Kemudian dari segi keberadaannya yang berada dibawah lapisan kedap air (*impermeabel*),

sehingga tidak memungkinkan bakteri bisa hidup seperti *E. Coli*.

4. Dipengaruhi kondisi geologis

Faktor geologis yang dapat mempengaruhi karakteristi air tanah adalah tekstur tanah dan batuan, pola pengaliran sungai, tektonik maupun gunung api.

2.3.10 Pemafaatan Air Tanah

Dalam kehidupan sehar-hari, air tanah merupakan salah satu sumber air minum dan untuk keperluan higiene sanitasi oleh masyarakat, terutama bagi masyarakat yang belum terjangkau oleh jaringan Perusahaan Air Minum (PAM).

Pemanfaatan air tanah ini untuk keperluan sehari-hari oleh masyarakat dapat menggunakan sarana seperti sumur gali, sumur bor, perlindungan mata air dengan perpipaan. Karena kualitasnya secara fisik dan kimia sudah relatif baik. Kalau kualitas fisiknya belum memenuhi syarat seperti berbau, berasa, bewarna, keruh dapat diolah secara sederhana dengan filtrasi (saringan pasir). Dengan catatan kalau untuk air minum, harus direbus terlebih dahulu sampai mendidih.

Penyehatan Air:

Panduan Praktis untuk mahasiswa dan sanitarian

BAB III

PENCEMARAN AIR (*WATER POLLUTION*)

3.1 Pengertian Pencemaran Air

Air menutupi lebih dari dua per tiga permukaan bumi. Kira-kira hanya 3 % berupa air tawar, dan banyak yang beku sebagai es di kutub. Air tawar dari danau, sungai, dan air tanah kira-kira hanya 0,1 % dari semua air di bumi. Air tawar ini merupakan sumber air bagi tanaman, hewan, manusia, dan organisme lainnya. Air tawar ini juga merupakan tempat pembuangan limbah kita. Tanpa perlakuan yang hati-hati, limbah tersebut membuat air tidak sesuai untuk kebutuhan hidup lainnya, misalnya untuk bahan baku air minum.

Air yang ada di bumi ini tidak pernah terdapat dalam keadaan murni bersih, tetapi selalu ada senyawa atau mineral (unsur) lain yang terlarut di dalamnya. Hal ini tidak berarti bahwa semua air di bumi ini telah tercemar. Misalnya, air yang di ambil dari sumber air pegunungan dan air hujan. Keduanya dapat dianggap sebagai air yang bersih, namun senyawa atau mineral yang terdapat di dalamnya berlainan.

Selain itu air sering kali juga mengandung bakteri atau mikroorganisme lainnya. Air yang mengandung bakteri atau mikroorganisme ini tidak dapat langsung dikonsumsi

manusia tetapi harus diolah atau dimasak dulu agar bakteri dan mikroorganismenya mati. Pada batas-batas tertentu air minum justru diharapkan mengandung mineral agar air terasa segar. Air murni tanpa mineral justru tidak enak untuk diminum.

Berdasarkan siklus hidrologi ada tiga sumber air yang sering digunakan masyarakat sebagai sumber air bersih. Ketiga sumber tersebut sudah tidak aman lagi digunakan langsung untuk kebutuhan sehari-hari, karena sudah mengalami pencemaran akibat aktifitas manusia. Pencemaran air di Indonesia saat ini semakin memprihatinkan. Pencemaran air dapat diartikan sebagai suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas manusia. Perubahan ini mengakibatkan menurunnya kualitas air hingga ke tingkat yang membahayakan sehingga air tidak bisa digunakan sesuai peruntukannya. Berdasarkan peruntukannya, air (tidak termasuk air laut) dibagi empat golongan yaitu :

1. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa ada pengolahan terlebih dahulu.
2. Golongan B, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk 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 perkotaan, industri, dan pembangkit tenaga listrik.

Berdasarkan penggolongan tersebut, terlihat bahwa kualitas air untuk berbagai peruntukkan berbeda-beda sehingga perlu ditetapkan syarat baku mutu air yang menjadi acuan untuk tingkat pencemaran air. Untuk itu pemerintah sudah mengeluarkan persyaratan baku mutu air lewat peraturan pemerintah Republik Indonesia nomor 20 tahun 1990 tentang pengendalian pencemaran air untuk golongan A dan B.

Fenomena alam seperti gunung berapi, badai, gempa bumi dan lainnya juga mengakibatkan perubahan terhadap kualitas air, tapi dalam pengertian ini tidak dianggap sebagai pencemaran. Asian Development Bank (2008) pernah menyebutkan pencemaran air di Indonesia menimbulkan kerugian Rp 45 triliun per tahun. Biaya akibat pencemaran air ini mencakup biaya kesehatan, biaya penyediaan air bersih, hilangnya waktu produktif, citra buruk pariwisata, dan tingginya angka kematian bayi.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021, pengertian pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut Odum (1996), pencemaran adalah perubahan-perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi yang tidak dikehendaki pada udara, tanah, dan air. Perubahan tersebut dapat menimbulkan bahaya bagi kehidupan manusia atau spesies-spesies yang berguna, proses-proses

industri, tempat tinggal dan peninggalan-peninggalan kebudayaan atau dapat merusak sumber bahan mentah.

3.2 Jenis dan Sumber Pencemar Air

Sumber pencemar air di alam yang berasal dari aktivitas manusia dapat diidentifikasi kedalam suatu lokasi tertentu (*point source*) atau tak tentu/tersebar (*non point/diffuse source*). Kedua jenis sumber pencemar itu harus diperhitungkan dan dianalisis dalam menentukan beban pencemaran yang masuk ke suatu media lingkungan. Sumber tertentu lebih mudah diidentifikasi karena kejelasan hubungan antara suatu aktivitas sebagai sumber pencemar, sementara sumber tidak tentu meliputi sebaran berbagai aktivitas yang luas serta menyangkut dampak yang tidak langsung. Sumber pencemar *point source* misalnya knalpot mobil, cerobong asap pabrik dan saluran limbah industri. Pencemar yang berasal dari *point source* bersifat lokal. Efek yang ditimbulkan dapat ditentukan berdasarkan karakteristik limbah yang dihasilkan. Sumber pencemar *non point source* dapat berupa campuran sumber tertentu dalam jumlah yang banyak, misalnya limpasan dari daerah pertanian yang mengandung pupuk dan pestisida, limpasan dari daerah pemukiman (domestik) dan limpasan dari daerah perkotaan.

Sumber pencemar dari berbagai aktivitas manusia baik berasal dari lokasi tertentu maupun tidak tertentu dapat menghasilkan bahan pencemar berupa padatan, cairan maupun gas. Bahan pencemar yang masuk ke media air dapat terlarut, tersuspensi, tersedimentasi dan lepas sebagai

gas. Pengelompokan bahan pencemar berkaitan dengan jenis aktivitas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 1. Jenis Pencemar dan Sumbernya

No	Jenis Pencemar	Sumber Tertentu (point source)		Sumber Tak Tentu (non point source)	
		Limbah Domestik	Limbah Industri	Limpasan Daerah Pertanian	Limpasan Daerah Perkotaan
1	Limbah yang dapat menurunkan kadar Oksigen	X	X	X	X
2	Nutrien	X	X	X	X
3	Patogen	X	X	X	X
4	Sedimen	X	X	X	X
5	Garam-garam	-	X	-	X
6	Logam yang toksik	-	X	X	-
7	Pencemaran panas	-	X	-	-

Sumber : Davis dan Cornwell,1991

Sumber pencemar juga dapat dikelompokkan menjadi sumber pencemar langsung dan sumber pencemar tidak langsung. Sumber pencemar langsung adalah sumber pencemar yang langsung keluar dari sumbernya masuk ke media sebagai sumber dampak. Sumber pencemar langsung antara lain dari kegiatan industri, rumah tangga, pertanian, peternakan dan sebagainya. Sumber tidak langsung adalah kontaminan yang memasuki lingkungan melalui media perantara, misalnya tanah, air tanah dan hujan sebelum ke target penerima dampak. Jenis bahan buangan dari sumber pencemar langsung maupun tidak langsung dapat berbagai bentuk sebagai berikut :

1. Bahan Buangan Padat

Bahan buangan padat adalah bahan buangan yang berbentuk padat, baik yang kasar maupun yang halus. Bentuk bahan buangan ini di perairan dapat tersuspensi, terlarut atau bahkan mengendap. Hal ini akan mempengaruhi kekeruhan dan berat jenis perairan. Bahan buangan ini kadangkala menimbulkan warna dan bau spesifik di perairan. Jika warna perairan gelap, akan mempengaruhi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Sinar matahari sangat berguna untuk fotosintesis. Berikut ini air yang tercemar oleh bahan buangan padat.



Gambar 3. 1. Bahan buangan padat yang mencemari air

2. Bahan Buangan Organik

Mencakup bahan buangan yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme. Hal yang penting adalah sebaiknya tidak membuang bahan buangan organik ini ke dalam perairan karena akan menyuburkan perairan, sehingga timbul bakteri pathogen. Bahan buangan organik sebaiknya dibuat kompos atau untuk diproses menghasilkan gas metan.

Berikut ini contoh bahan pencemar air dari buangan organik.



Gambar 3. 2. Bahan buangan organik

3. Bahan Buangan Anorganik

Bahan buangan anorganik berupa bahan buangan/ limbah yang sulit terurai/didegradasi oleh mikroorganisme. Apabila masuk ke dalam perairan, maka akan terjadi peningkatan ion logam di perairan. yang berasal dari industri misalnya timbal (Pb), Cadmium (Cd), Air Raksa (Hg), Kroom (Cr), Nikel (Ni). Berikut ini gambar air yang tercemar bahan anorganik Mercury.



Gambar 3. 3. Contoh pencemaran air oleh buangan anorganik

4. Bahan Buangan Olahan Bahan Makanan

Merupakan bahan buangan organik yang memiliki kekhasan, yaitu bau yang sangat menyengat hidung. Apabila bahan makanan mengandung protein dan gugus Amin, maka akan menjadi senyawa amonia yang mudah menguap dan berbau busuk. Mikroorganisme yang terdapat di dalamnya, juga terdapat bakteri pahtogen yang membahayakan kesehatan manusia. Ini contoh air tercemar oleh buangan olahan bahan makanan dari pabrik tahu.



Gambar 3. 4. Contoh pencemaran air oleh buangan olahan bahan makanan

5. Bahan Buangan Cairan Berminyak

Bahan buangan yang tidak dapat larut dalam air, sehingga akan mengapung di permukaan perairan. Lapisan minyak akan menghalangi cahaya matahari masuk sehingga menghambat proses fotosintesis. Peristiwa ini akan menurunkan kadar DO (*Dissolved*

Oxygen) di perairan. Berikut ini gambar badan air yang tercemar oleh bahan buangan cairan berminyak.

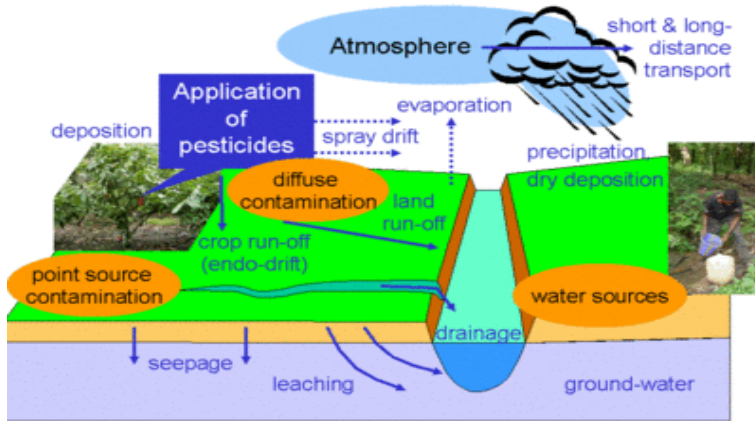


Gambar 3. 5. Contoh pencemaran air oleh buangan cairan berminyak

6. Bahan Buangan Zat Kimia

Bahan buangan zat kimia terdiri dari bahan sabun/detergent, bahan pemberantas kimia (insektisida), Zat warna kimia. Bahan buangan sabun di perairan ditandai dengan adanya buih-buih sabun di permukaan perairan. Sabun berasal dari asam lemak (Stearat, Palmitat atau Oleat) yang direaksikan dengan NaOH atau KOH . Beberapa sifat sabun adalah larutan sabun akan menaikkan pH dan mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Bahan antiseptik yang ditambahkan dalam sabun akan mengganggu organisme di dalam air dan terdapat sebagian bahan sabun yang tidak dapat dipecah oleh mikroorganisme. Pemakaian basa natrium (Na) atau Kalium (K) dapat meningkatkan kesadahan air. Pemakaian bahan pemberantas hama (insektisida) pada lahan pertanian menimbulkan sisa bahan insektisida yang cukup banyak. Insektisida sulit dipecah atau diurai oleh mikroorganisme dan membutuhkan waktu yang lama.

Akibat yang ditimbulkan oleh insektisida akan menurunkan kadar oksigen terlarut di dalam air. Berikut gambar proses terjadinya pencemaran oleh penggunaan pestisida.



Gambar 3. 6. Mekanisme pencemaran air oleh penggunaan pestisida

7. Zat Warna Kimia

Banyak digunakan dalam industri, untuk membuat produk menjadi menarik. Zat warna merupakan racun dan bersifat *carcinogenic* bagi tubuh karena tersusun dari zat kimia yaitu *chromogen* dan *Auxochrome*. Jenis polutan antropogenik adalah polutan yang masuk ke badan air akibat aktivitas manusia, misalnya kegiatan domestic (rumah tangga), kegiatan urban (perkotaan), maupun kegiatan industri. Berdasarkan sifat toksiknya, polutan/pencemar dibedakan menjadi dua, yaitu polutan tak toksik (*non toxic pollutants*) dan polutan toksik (*toxic pollutants*). Polutan tak toksik biasanya berada pada ekosistem

secara alami, bersifat mencemari jika terdapat dalam jumlah yang berlebihan, sehingga dapat mengganggu kesetimbangan ekosistem melalui proses fisika dan kimia perairan. Polutan tak toksik terdiri dari bahan-bahan tersuspensi dan nutrient. Bahan-bahan tersuspensi mempengaruhi sifat fisika perairan, misalnya meningkatkan kekeruhan dan menghambat penetrasi sinar matahari. Keberadaan nutrient dan unsur hara yang berlebihan dapat menimbulkan pengayaan perairan, yang mengganggu kesetimbangan ekosistem akuatik secara keseluruhan. Sementara polutan toksik dapat menyebabkan kematian (*lethal*) dan tidak menyebabkan kematian (*sub lethal*), misalnya terganggunya pertumbuhan, tingkah laku, dan morfologi organisme akuatik. Polutan toksik biasanya berupa bahan-bahan yang bukan alami, misalnya pestisida dan detergent. Contoh air tercemar oleh zat warna kimia yang digunakan oleh industri.



Gambar 3. 7. Contoh pencemaran air oleh buangan zat warna kimia

Berdasarkan jenis pencemar air, maka secara garis besar, ada lima kelompok sumber penyebab pencemaran air yaitu :

1. Industri

Air limbah dari hasil pengolahan industri jenisnya adalah :

- a. Bahan buangan padat
- b. Bahan buangan organik
- c. Bahan buangan anorganik
- d. Bahan buangan olahan bahan makanan
- e. Bahan buangan cairan berminyak
- f. Bahan buangan kimia
- g. Zat warna kimia

Limbah ini cenderung mengandung zat berbahaya. Biasanya industri dari pabrik tekstil atau pabrik kertas yang paling banyak menjadi polutan. Jenis limbah dari kedua pabrik tersebut itu memiliki bau yang tidak sedap. Limbah ini disebut dengan limbah organik. Lain halnya dengan limbah pabrik baja, pabrik cat, dan pabrik farmasi. Limbah dari jenis pabrik ini berupa cairan panas, berbusa, mengandung asam belerang, dengan bau yang menyengat. Limbah ini disebut dengan limbah anorganik.

2. Rumah Tangga

Limbah rumah tangga berasal dari hasil kegiatan perumahan seperti rumah tangga, pasar, perkantoran, rumah makan. Limbah rumah tangga pada umumnya jenis pencemarnya adalah :

- a. Bahan buangan organik
- b. Bahan buangan olahan bahan makanan
- c. Bahan buangan cairan berminyak
- d. Bahan buangan kimia

Limbah organik misalnya kulit buah, sayuran, sisa makanan, daun, dan sebagainya. Kalau limbah berbahaya lainnya itu bisa berwujud minyak bekas makanan, detergen/sabun.

3. Pertanian

Penyebab pencemaran air sektor pertanian berasal dari penggunaan pupuk dan bahan kimia. Bahan kimia tersebut memang berfungsi sebagai pembasmi hama, tetapi bahan dasar obat-obatan yang ada tersebut bisa berefek samping untuk kesehatan. Efek dari terpapar insektisida yang berlebihan, bisa menyebabkan pertumbuhan kelenjar tiroid meningkat. Limbah pertaniannya jenis pencemarnya adalah :

- a. Bahan buangan padat
- b. Bahan buangan anorganik
- c. Bahan buangan kimia

4. Perkotaan

Limbah perkotaan muncul akibat aktifitas manusia dalam kehidupan sehari-hari seperti berasal dari pasar, mall, restoran/rumah makan. Jenis bahan pencemarnya adalah :

- a. Bahan buangan padat
- b. Bahan buangan organik
- c. Bahan buangan anorganik
- d. Bahan buangan olahan bahan makanan
- e. Bahan buangan cairan berminyak
- f. Bahan buangan kimia
- g. Zat warna kimia

5. Rumah Sakit

Rumah sakit dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat, buangnya juga dapat mencemari air. Buangan rumah sakit berasal dari pelayanan medis (ruang tindakan, labor), non klinis yang berasal dari kegiatan non medis seperti dapur, perkantoran, laundry.

Sekitar 10 % - 15 % buangan rumah sakit merupakan limbah infeksius yang mengandung logam berat, antara lain merkuri (Hg), 40 % adalah buangan organik yang berasal dari makanan dan sisa makanan, baik dari pasien dan keluarga pasien serta dapur gizi, dan sisanya merupakan limbah anorganik dalam bentuk botol bekas infus dan plastik.

Buangan rumah sakit yang dapat mencemari sumber air berasal dari septic waste water, nanah, kitchen, domestic waste water, obat terbasuh dan darah. Jenis pencemar buangan rumah sakit adalah :

- a. Bahan buangan padat
- b. Bahan buangan organik
- c. Bahan buangan anorganik
- d. Bahan buangan olahan bahan makanan
- e. Bahan buangan kimia

3.3 Dampak Pencemaran Air

Jenis dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran air banyak sekali ragamnya. dampak ini dapat terbagi dan dikategorikan ke dalam empat kelas antara lain dampak terhadap kehidupan biota air, kualitas air tanah, kesehatan dan estetika lingkungan.

1. Dampak terhadap kehidupan biota air

Jika terlalu banyak zat pencemaran pada air limbah akan menurunkan kadar oksigen yang terlarut dalam air. Akibatnya kehidupan dalam air yang membutuhkan oksigen menjadi terganggu dan mengurangi perkembangannya. Akibat matinya bakteri-bakteri, maka proses penjernihan air secara alamiah yang seharusnya terjadi pada air limbah juga terhambat.

2. Dampak terhadap kualitas air tanah

Polutan akan meresap ke dalam tanah melalui pori-pori tanah. Pada proses peresapan ini, tanah akan menjadi jenuh. Hal ini akan menimbulkan gangguan terhadap air tanah, sebagai salah satu sumber air minum yang paling banyak digunakan.

Pencemaran air pada tanah dapat diukur melalui faecal coliform telah terjadi dalam skala yang luas, hal ini dibuktikan oleh suatu survey sumur dangkal di Jakarta. Banyak penelitian yang mengindikasikan terjadinya pencemaran tersebut.

3. Dampak terhadap kesehatan

Dampak pencemaran air terhadap kesehatan akan menularkan bermacam-macam penyakit antara lain:

- Air sebagai media untuk hidup mikroba pathogen
- Air menjadi sarang serang dan menyebarkan penyakit

- Jumlah air yang tersedia tidak cukup, sehingga manusia yang bersangkutan tak dapat membersihkan diri
- Air sebagai media hidup vektor penyakit

Di Indonesia terdapat beberapa penyakit yang dikategorikan sebagai waterborn diseases atau penyakit yang dibawa oleh air. Penyakit ini dapat menyebar apabila mikroba penyebabnya dapat masuk ke dalam sumber air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Jenis mikroba yang penyebarannya melalui air cukup banyak, antara lain bakteri, protozoa dan virus. di bawah ini akan diuraikan beberapa penyakit yang termasuk dalam kategori waterborn diseases beserta agen pembawanya.

5. Dampak terhadap estetika lingkungan

Banyaknya zat organik yang dibuang ke lingkungan perairan maka perairan tersebut semakin tercemar yang ditandai dengan bau yang menyengat. Juga diikuti dengan tumpukan yang dapat mengurangi estetika lingkungan. Pada tempat pembuangan dan pengolahan limbah, masalah bau umumnya timbul dari beberapa kegiatan antara lain tangki pembuang limbah industri, tangki pembusuk limbah yang mengandung Hidrogen Sulfida (H_2S) dan proses pengolahan bahan organik.

3.4 Indikator Pencemaran Air

Air yang tercemar, memiliki karakteristik khusus yang **dapat** dibedakan dari air bersih, baik secara fisik, kimia maupun biologi. Semakin banyaknya jumlah manusia/penduduk maka makin banyak bahan buangan di alam. Kondisi ini akan menyebabkan kualitas air mengalami penurunan. Perubahan fisik, kimia dan biologi lingkungan perairan dapat ditunjukkan dengan berbagai indikator/tanda bahwa air dalam keadaan tercemar, indikator tersebut adalah :

- a. Suhu sangat penting dalam suatu perairan, karena menentukan jenis organisme yang dapat hidup. Kegiatan industri seringkali menggunakan mesin reaktor dalam proses produksi. Apabila hal ini dibuang ke perairan maka akan mengakibatkan perubahan suhu perairan. Perubahan suhu perairan juga dapat terjadi karena peristiwa alam, yang mengakibatkan peningkatan kesuburan perairan sehingga akan timbul jenis tanaman air yang menimbulkan pencemaran (Red Tide).
- b. Derajat Keasaman (pH) bagi kehidupan normal berkisar antara 6,5 - 7,5. Air dapat bersifat asam atau basa tergantung dari jumlah ion Hidrogen yang didonorkan. Limbah yang dibuang ke perairan dapat mengurangi pH menjadi <7 (asam) maupun >7 (basa).
- c. Indikator fisik yang mudah terdeteksi oleh panca indera manusia adalah warna, rasa dan bau. Perubahan itu disebabkan oleh jenis dan jumlah bahan buangan/limbah di perairan. Warna, rasa dan bau

dapat mengurangi estetika bagi penggunaan air untuk keperluan air minum.

d. Timbulnya endapan, koloidal dan bahan terlarut.

Endapan, koloidal dan bahan terlarut berasal dari bahan buangan industri yang berbentuk padat. Bentuk menjadi endapan maupun koloidal tergantung pada daya larut bahan buangan tersebut. Endapan yang tidak dapat larut sempurna akan berada di dasar perairan, sedangkan yang sebagian larut akan membentuk koloidal di perairan. Koloidal ini akan menghalangi masuknya cahaya matahari ke perairan. Jika cahaya matahari kurang di perairan, maka mikroorganisme tidak dapat melakukan fotosintesa dengan sempurna. Fotosintesa dibutuhkan untuk menghasilkan oksigen yang cukup bagi organisme perairan. Semakin banyak endapan, koloidal maupun Bahan terlarut akan meningkatkan *BOD (Biological Oxygen Demand)* di perairan.

e. Mikroorganisme berperan dalam mendegradasi bahan buangan. Semakin banyak bahan buangan di perairan maka akan semakin banyak mikroorganisme yang akan mendegradasinya. Seiring perkembangan mikroorganisme, kemungkinan akan timbul juga mikroba patogen. Mikroba Pathogen akan menimbulkan berbagai macam penyakit.

f. Radioaktif telah banyak dipergunakan di segala bidang, antara lain pertanian, kedokteran, industri dan lain sebagainya. Sejak awal terbentuknya bumi, radioaktivitas telah ada dalam pembentukan bumi melalui Reaksi Fusi yang memerlukan energi yang

sangat tinggi. Namun manusia dilarang untuk membuang secara sengaja bahan-bahan radioaktif ke perairan.

3.5 Pencegahan Pencemaran Air

Pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin agar sesuai dengan baku mutu air. Pengendalian pencemaran air dapat dilakukan dengan tiga cara:

1. Cara Administratif

- a. Penerapan standard kualitas air sungai, mengacu pada :
 - 1) PP No. 21 tahun 2021 tentang tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
 - 2) Baku Mutu Kualitas Air Limbah Industri
 - a) Permen LH No. 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah
 - b) PermenLHK No. 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik
 - 3) Pelaporan dan pemantauan lingkungan

2. Cara Teknologis

- a. Penerapan produksi bersih

Produksi bersih adalah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, proaktif, terpadu dan diterapkan secara kontinyu pada setiap kegiatan mulai dari hulu sampai ke hilir

yang terkait dengan proses produksi terhadap suatu produk barang atau jasa.

Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan mengurangi terbentuknya limbah mulai dari sumbernya sehingga dapat memperkecil resiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta kerusakan lingkungan.

Keuntungan dalam penerapan/pelaksanaan produksi bersih yaitu :

- 1) Penggunaan sumberdaya alam lebih efisien
 - 2) Mengurangi/mencegah terbentuknya bahan pencemar
 - 3) Mencegah berpindahnya pencemar dari satu media ke media lainnya.
 - 4) Terhindar dari biaya pemulihan lingkungan
 - 5) Produk yang dihasilkan dapat bersaing di pasar internasional
 - 6) Mengurangi resiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan
 - 7) Mendorong dikembangkannya teknologi pengurangan limbah pada sumbernya dan produk ramah lingkungan
- b. Penyediaan dan Pengoperasian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)
- 1) Sistem Penanganan Limbah Domestik
 - 2) Sistem Penanganan Limbah Industri Sistem Setempat

3. Cara Edukasi

- a. Penyuluhan terhadap masyarakat akan pentingnya lingkungan dan bahaya pencemaran lingkungan
- b. Penyuluhan melalui jalur pendidikan-pendidikan formal atau sekolah
- c. Sosialisasi peraturan mengenai pengendalian pencemaran lingkungan

3.6 Penutup

Air merupakan pelarut yang sangat baik karena dapat melarutkan berbagai macam senyawa ionik dan polar. dengan demikian, air bertindak sebagai media untuk transportasi senyawa-senyawa nutrisi bagi tanaman dan hewan dan juga senyawa-senyawa yang berasal dari limbah yang bersifat toksik ataupun polutan.

Keterlibatan manusia menjadi bagian dari ekosistem memiliki dampak yang signifikan terhadap perubahan ekosistem. Untuk pertumbuhan dan memenuhi keperluan hidupnya manusia menjadikan lingkungan sebagai sumberdaya dalam memenuhi berbagai aktivitas produksinya. dalam melakukan aktivitas, manusia maupun makhluk hidup lain menghasilkan bahan buangan yang biasa disebut limbah. Sumber penghasil limbah dikelompokkan dalam sumber tertentu (*point source*) dan sumber tak tentu (*nonpoint source*). Sumber tertentu meliputi limbah domestik dan limbah industri, sedangkan sumber tak tentu berupa limpasan daerah pertanian dan limpasan daerah perkotaan. dari kedua sumber pencemar tersebut dapat dihasilkan jenis pencemar berupa limbah yang dapat menurunkan kadar oksigen, nutrien, patogen,

sedimen(padatan terendapkan), garam-garam, logam berat, bahan organik toksik dan pencemar panas. Indikator pencemaran air berupa indikator fisik, yaitu suhu, kecerahan dan kekeruhan, warna, padatan tersuspensi dan padatan terlarut. Parameter kimia meliputi pH (derajat keasaman), oksigen terlarut, BOD, COD, nitrit, nitrat, kandungan logam berat dalam air, fosfat, sulfida dan kandungan garam dalam air. Pencemar di dalam air akan menurunkan kadar oksigen yang terlarut di dalam air. Kehidupan air membutuhkan jumlah oksigen yang cukup. Jika kadar oksigennya menurun sampai pada tingkat tertentu, maka kehidupan biota perairan akan terganggu. Kematian biota perairan antara lain ikan-ikan dan tumbuhan air juga disebabkan oleh adanya polutan organik dan anorganik toksik. Polusi termal dari limbah juga akan mengganggu kehidupan biota perairan.

Polutan akan meresap ke dalam tanah melalui pori-pori tanah. Pada proses peresapan ini, tanah akan menjadi jenuh. Hal ini akan menimbulkan gangguan terhadap air tanah, sebagai salah satu sumber air minum yang paling banyak digunakan. dampak terhadap kesehatan tergantung dari kualitas air, karena air merupakan media bagi penyebaran penyakit. Air sebagai media hidup bagi makhluk hidup termasuk mikroba, air sebagai sarang penyebar penyakit dan jumlah air yang berkurang menyebabkan tidak tercukupinya kebutuhan manusia untuk membersihkan dirinya.

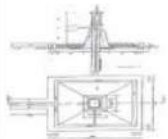
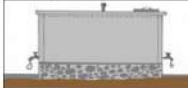
BAB IV

SARANA AIR BERSIH

Air yang ada di alam, seperti air hujan, air permukaan dan air tanah, agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih dan air minum dibutuhkan sarana yang memenuhi syarat. Ketiga sumber air tersebut memiliki karakteristik dan kualitas yang berbeda. Kalau mau dijadikan sebagai sumber air bersih/minum perlu dilakukan pengolahan dan penggunaan sarana air bersih, agar air yang digunakan selalu dalam keadaan terlindung, dan aman untuk dikonsumsi.

Sarana air bersih/minum adalah fasilitas berupa bangunan atau tempat yang dirancang sedemikian rupa sesuai dengan persyaratan kesehatan, untuk memanfaatkan air dari berbagai sumber seperti air hujan, air permukaan, dan air tanah sehingga air tersebut tersedia setiap saat, terlindung dari berbagai pencemar, sehingga aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Ada berbagai jenis sarana air bersih yang digunakan oleh masyarakat untuk memanfaatkan sumber air yang ada, seperti untuk air hujan digunakan penampungan air hujan (PAH), air permukaan sebagai bahan baku pengolahan air oleh PDAM, air tanah dengan sumur gali, sumur pompa tangan, perlindungan mata air, sistim perpipaan. Bagaimana alternatif pemanfaatan sumber air yang ada di alam, dapat dilihat pada gambar berikut :

Penyehatan Air:
Panduan Praktis untuk mahasiswa dan sanitarian

No	Sumber Air Baku	Sistem transmisi dan distribusi	Sarana Sistem PAM	Sistem Pelayanan
1	Mata Air 	- Gravitasi - Pemompaan 	- Penangkap mata air - Intake - Hidran Umum/Kran Umum 	- Sambungan Langsung - Hidran Umum - Kran Umum - Terminal Air 
2	Air Tanah - Air tanah dangkal  - Air tanah dalam 	pemompaan  Pemompaan	- SGL pasangan bata - Sumur Gali () cincin beton - SPT Dangkal - Pompa - Bak Penampung/Reservoir - Hidran Umum/Kran Umum	- Hidran Umum - Sambungan Langsung - Hidran Umum - Kran Umum - Terminal Air
3	Air permukaan - Sungai - Danau/waduk - Embung - dll	- Gravitasi - Pemompaan	- Intake   - Sistem Instalasi Pengolahan - Air Sederhana (SIPAS) - Saringan Pasir Lambat	- Sambungan Langsung - Hidran Umum - Kran Umum - Terminal Air
4	Air hujan 	gravitasi	Penampungan Air Hujan - Cetakan fiber Pasangan bata 	Kran umum

Gambar 4. 1. Alternatif sarana air bersih untuk memanfaatkan sumber air

Berikut ini akan disampaikan gambaran tentang berbagai sarana air bersih/minum yang sering digunakan oleh masyarakat dalam memenuhi kebutuhan akan air dalam kehidupan sehari-hari, seperti untuk minum, mandi, mencuci alat makan, mencuci makanan, dan keperluan higiene lainnya.

4.1 Sumur Gali

Sarana ini paling banyak digunakan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih/minum. Banyak masyarakat yang sudah memanfaatkan air PDAM untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, tetap masih punya sumur gali untuk memenuhi kebutuhan akan air sehari-hari.

Sumur gali adalah satu konstruksi sumur yang paling umum dan meluas dipergunakan untuk mengambil air tanah bagi masyarakat kecil dan rumah-rumah perorangan sebagai air minum dengan kedalaman 7-10 meter dari permukaan tanah. Sumur gali adalah sarana air bersih yang mengambil/memanfaatkan air tanah dengan cara menggali lubang di tanah dengan menggunakan tangan sampai mendapatkan air, lubang kemudian diberi dinding, bibir tutup dan lantai serta saluran pembuangan limbah. Sumur gali merupakan suatu cara pengambilan air tanah yang banyak diterapkan, khususnya di daerah pedesaan karena mudah pembuatannya dan dapat dilakukan oleh masyarakat itu sendiri dengan peralatan yang sederhana dan biaya yang murah. Sumur gali menyediakan air yang berasal dari lapisan tanah yang relatif dekat dari permukaan tanah, oleh karena itu dengan mudah terkena kontaminasi melalui rembesan.

Umumnya rembesan berasal dari tempat buangan kotoran manusia kakus/jamban dan hewan, juga dari limbah sumur itu sendiri, baik karena lantainya maupun saluran air limbahnya yang tidak kedap air. Keadaan konstruksi dan cara pengambilan air sumur pun dapat merupakan sumber kontaminasi, misalnya sumur dengan konstruksi terbuka dan pengambilan air dengan timba. Sumur dianggap mempunyai tingkat perlindungan sanitasi yang baik, bila tidak terdapat kontak langsung antara manusia dengan air di dalam sumur. Keberadaan sumber air ini harus dilindungi dari aktivitas manusia ataupun hal lain yang dapat mencemari air. Sumber air ini harus memiliki tempat (lokasi) dan konstruksi yang terlindungi dari drainase permukaan dan banjir. Bila sarana air bersih ini dibuat dengan memenuhi persyaratan kesehatan, maka diharapkan pencemar dapat dikurangi, sehingga kualitas air yang diperoleh menjadi lebih baik.

4.1.1 Persyaratan Sumur Gali

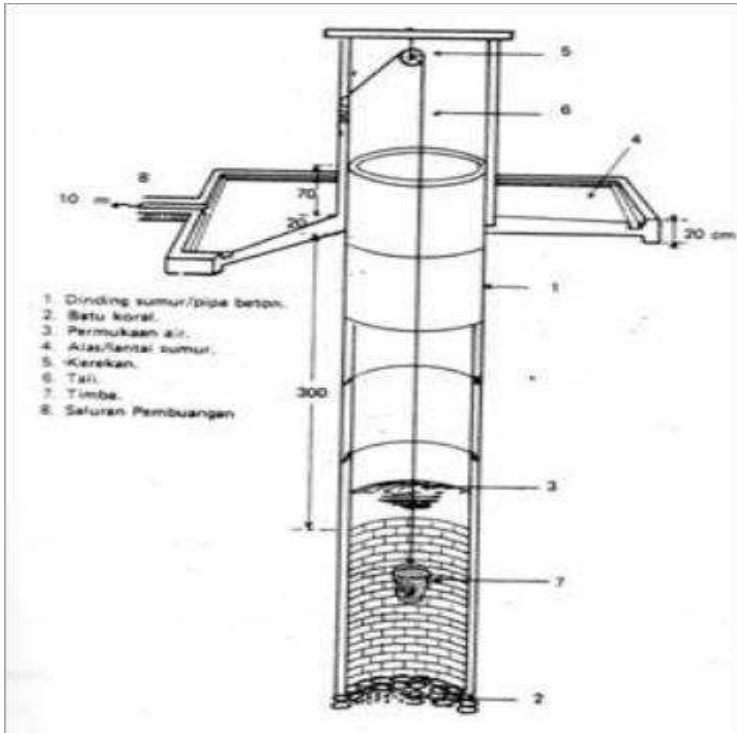
Dalam membangun sarana sumur gali, agar air tanah yang digunakan terhindar dari pencemaran dan aman dikonsumsi, sehingga tidak mengalami gangguan kesehatan/sakit, maka perlu diperhatikan persyaratan berikut ini :

- a. Dinding sumur minimal sedalam 3 meter dari permukaan lantai atau tanah, dibuat dari tembok tidak tembus air atau bahan kedap air dan kuat (tidak mudah retak atau longsor) untuk mencegah perembesan air yang tercemar ke dalam sumur.

Kedalaman yang diambil sekitar 3 meter agar bakteri yang ada akan mati dan tidak dapat hidup lagi.

- b. Sekitar 1,5 meter berikut ke bawah dinding di buat dari tembok yang tidak di semen, bertujuan untuk mencegah runtuhnya tanah sebagai penyangga di atasnya.
- c. Diberi dinding tembok (bibir sumur), tinggi bibir sumur sekitar kurang lebih 0,8 meter dari lantai, terbuat dari bahan yang kuat dan kedap air untuk mencegah agar airsekitililingnya tidak dapat masuk ke dalam sumur, dan juga untuk keselamatan pemakai.
- d. Lantai sumur diberi semen atau harus kedap air, mempunyai lebar disekeliling sumur kurang lebih 1,5 meter dari tepi bibir sumur dengan kemiringan sekitar 1-5 %, agar air tidak tergenang di permukaan lantai. Lantai sumur tidak retak atau bocor mudah dibersihkan.
- e. Sebaiknyas umur diberi penutup atau atap agar air hujan dan kotoran lainnya tidak dapt masuk ke dalam sumur dan jangan menaruh ember yang dipakai di bawah atau lantai tetapi digantung.
- f. Adanya sarana pembuangan air limbah, sarana pembuangan air limbah harus kedap air, minimal 2 % kearah pengolahan air buangan atau peresapan.
- g. Sebaiknya air sumur diambil dengan pompa, kalau menggunakan timba harus digantung setelah digunakan, jangan diletakkan dilantai sumur.

Berikut ini gambar penampang secara vertikal dari sumur gali :



Gambar 4. 2. Penampang Vertikal Sumur Gal

4.1.2 Tipe Sumur Gali

Berdasarkan keadaan atau kondisi tanah, dimana sumur gali akan dibangun, maka ada dua tipe sumur gali, yaitu :

a. Tipe I

Dipilih apabila keadaan tanah tidak menunjukkan gejala retak atau runtuh. Dinding atas terbuat dari pasangan batu atau batako atau batu belah dengan tinggi 80 cm dari permukaan lantai. Dinding bawah dari bahan yang

sama atau pipa beton ke dalam minimal 300 cm dari permukaan lantai.

b. Tipe II

Dipilih apabila keadaan tanah menunjukkan gejala mudah retak atau runtuh. Dinding atas terbuat dari pasangan batu atau batako atau batu belah dengan tinggi 80 cm dari permukaan lantai. Dinding bawah sampai ke dalam sumur dari pipa beton, minimal sedalam 300 cm dari permukaan lantai pipa beton kedap air dan sisa dari pipa beton berlubang.

4.1.3 Syarat Lokasi Sumur Gali

Penentuan lokasi dalam pembuatan sumur gali perlu diperhatikan, kalau penentuan lokasi tidak sesuai maka sarana sumur gali yang dibuat bisa tidak bisa dimanfaatkan. Sering masyarakat tidak memperhatikan syarat lokasi ini, sehingga setelah sumur dibangun airnya tidak permanen sering kering, airnya tercemar oleh septik tank, air limbah, dan tercemar oleh timbunan sampah yang dekat dengan lokasi sumur gali. Untuk itu syarat lokasi sumur gali tersebut adalah :

- a. Ditempatkan pada lapisan tanah yang mengandung air yang berkesinambungan.
- b. Lokasi sumur gali berjarak horizontal minimal 11 meter ke arah hulu dari aliran air tanah dari sumber pencemar, seperti bidang resapan dari tangki septik tank, kakus, empang, lubang galian sampah dan lain sebagainya.
- c. Lokasi sumur gali terhadap perumahan bila dilayani secara komunal maksimal berjarak 50 meter.

- d. Air yang ditampung dalam sumur adalah berasal dari akuifer.
- e. Sumur tidak boleh kemasukan air banjir

4.1.4 Keuntungan Sumur Gali

Dibandingkan dengan sarana air bersih lainnya, maka ada beberapa keuntungan kalau masyarakat memanfaatkan air tanah dengan sarana sumur gali ini. Keuntungannya tersebut adalah :

- a. Diameter lubang lebih luas Hal pertama yang akan diperoleh ketika menggunakan sumur gali ini adalah ukuran diameternya yang luas. Ada beberapa keuntungan yang akan diperoleh dari ukurannya yang luas ini, salah satunya adalah debit air yang lebih besar dibandingkan dengan sumur bor. Karena ukurannya yang besar ini yang membuat orang enggan menggunakannya, karena ditakutkan akan memakan banyak tempat. Namun sebenarnya hal ini dapat diatasi dengan menutup sujur tersebut, dan digunakan untuk hal yang lebih bermanfaat.
- b. Mudah untuk memperdalam sumur Keuntungan lainnya adalah mudah memperdalam sumur. Apabila debit air mulai surut, pengguna tidak perlu khawatir, yang dapat dilakukan adalah melakukan pandalaman sumur. Cukup mencari jasa penggali sumur, untuk kemudian melakukan penggalian. Proses untuk memperdalam sumur ini sendiri juga tidak terlalu sulit. Caranya hampir sama dengan proses pembuatan awal. Hal ini tentu berbanding terbalik, ketika menggunakan

sumur bor. Diperlukan tambahan beberapa alat, untuk memperdalam sumur tersebut.

- c. Alat yang digunakan jauh lebih sakit Alat yang digunakan untuk membuat sumur gali ini jauh lebih sedikit dibandingkan dengan sumur bor. Adapun alat yang digunakan untuk membuat sumur gali ini biasanya hanya sekop dan pacul. Sedangkan alat yang digunakan untuk membuat sumur bor cukup banyak, seperti mesin untuk menggali tanah, alat untuk memasukkan pipa, dll. Hal ini belum termasuk resiko jika di bawah tanah terdapat batu. Maka akan ada alat khusus yang digunakan untuk menghancurkan batu.
- d. Biaya pembuatan jauh lebih murah Biaya yang harus dikeluarkan untuk pembuatan sumur gali ini jauh lebih murah ketimbang menggunakan sumur bor. Ketika menggunakan sumur bor, biaya yang harus dikeluarkan bukan hanya jasa penyewaan pembuatan sumur saja, melainkan berbagai macam pipa paralon untuk mengambil air, dan listrik. Mesin penggerak atau alat yang digunakan untuk membuat sumur bor ini, membutuhkan daya yang tidak sedikit. Itu juga yang menjadi salah satu alasan, mengapa tungkakan listrik jadi sedikit membengkak.
- e. Tepat untuk daerah dengan debit air besar Proses pembuatan sumur gali ini paling pas untuk pengguna yang tinggal di kawasan dengan debit air baik. Hanya dengan menggali beberapa meter saja, air sudah mulai muncul. Dengan diameter sumur yang besar, maka daya tampung airnya jadi lebih baik. Bandingkan jika pengguna menggunakan sumur bor, maka diameter

yang ditampung kecil dan debit air akan meluap, hingga menyebabkan pipa paralon mudah sekali pecah.

- f. Sumur gali dari aspek kesehatan. Dari segi kesehatan penggunaan sumur gali ini kurang baik bila cara pembuatannya tidak benar-benar diperhatikan, tetapi untuk memperkecil kemungkinan terjadinya pencemaran dapat diupayakan pencegahannya. Pencegahan-pencegahan ini dapat dipenuhi dengan memperhatikan syarat-syarat fisik dari sumur tersebut yang didasarkan atas kesimpulan dari pendapat beberapa pakar di bidang ini, diantaranya lokasi sumur tidak kurang dari 11 meter dari sumber pencemar, lantai sumur sekurang-kurang berdiameter 1-1,5 meter jaraknya dari dinding sumur dan kedap air, saluran pembuangan air limbah minimal 10 meter dan permanen, tinggi bibir sumur 0,8 meter, memiliki cincin (dinding) sumur minimal 3 meter dan memiliki tutup sumur yang kuat dan rapat.

4.2 Sumur Pompa Tangan

Sumur pompa tangan/sumur bor adalah sarana air bersih yang mengambil atau memanfaatkan air tanah dengan membuat lubang di tanah dengan menggunakan alat bor baik secara manual maupun dengan mesin. Pemboran lapisan batuan tujuannya adalah untuk membuat lubang/sumur dimana nantinya akan dipasang pipa sebagai sumuran, dan pipa untuk menghisap air yang ada dalam lapisan batuan. Kalau pemboran dilakukan sampai pada lapisan batuan kedap air, maka air yang didapatkan relatif

baik, dan bebas bakteri. Air tanah ini dapat diambil dengan pompa tangan maupun pompa mesin.

Teknik pemboran sumur sudah dikenal jauh sebelum tahun Masehi. Pada peradaban Cina dan Mesir kuno sumur artesis buatan telah dikenal. Orang Cina menggunakan bambu sebagai pipa selongsong. Dalam zaman modern, bergantung pada kerasnya tanah dan batuan, ada beberapa macam teknik pengeboran. Untuk tanah yang keras dapat digunakan teknik perkusi, alat berkabel, teknik rotari, dan pengeboran penebuk. Dalam alat terakhir ini ujung bor mirip palu, dan remukan batuan ditiup keluar dari lubang oleh udara hingga terjadi penekanan yang disebarkan dari atas. Untuk tanah yang lunak, pipa kecil yang dilengkapi dengan tapisan atau pipa berlubang-lubang ditekan masuk ke dalam tanah, baik dengan tangan atau dengan mesin.

Berdasarkan kedalaman sumur bor yang dibuat, maka sumur bor ini dibedakan menjadi dua, yaitu sumur pompa tangan dangkal (SPT-DK), dan sumur pompa tangan dalam (SPT-DL).

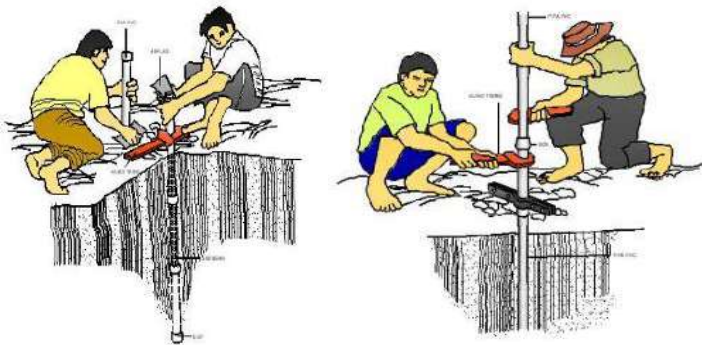
4.2.1 Sumur Pompa Tangan Dangkal

Sumur pompa tangan dangkal adalah sumur bor yang pengambilan airnya dengan menggunakan pompa dangkal. Pompa tangan merupakan sarana penyedia air berupa sumur dangkal yang pembuatannya dengan melubangi tanah pada kedalaman tertentu, tetapi cara menaikkan air dengan cara menghisap air di dalam tanah. Kekuatan atau daya hisap pompa tangan sesuai dengan tekanan udara normal yang ada. Bagian silinder pompa tangan sumur dangkal berada di bagian atas permukaan tanah, naiknya air

ke permukaan karena adanya hisapan yang dilakukan oleh klep di dalam silinder. Kemampuan untuk menghisap air sekitar 7- 9 m (suction head). Pompa air ini mampu mendorong air ke rumah dan reservoir sampai ketinggian 4 – 6 meter. Jenis pompa ini banyak digunakan pada rumah tangga karena mudah pemeliharaan dan operasionalnya. Persyaratan dalam membangun sarana air bersih sumur pompa tangan ini sama dengan sumur gali, karena sama-sama memanfaatkan air tanah terutama syarat syarat lokasi.

a. Cara pembuatan sumur bor pompa tangan dangkal

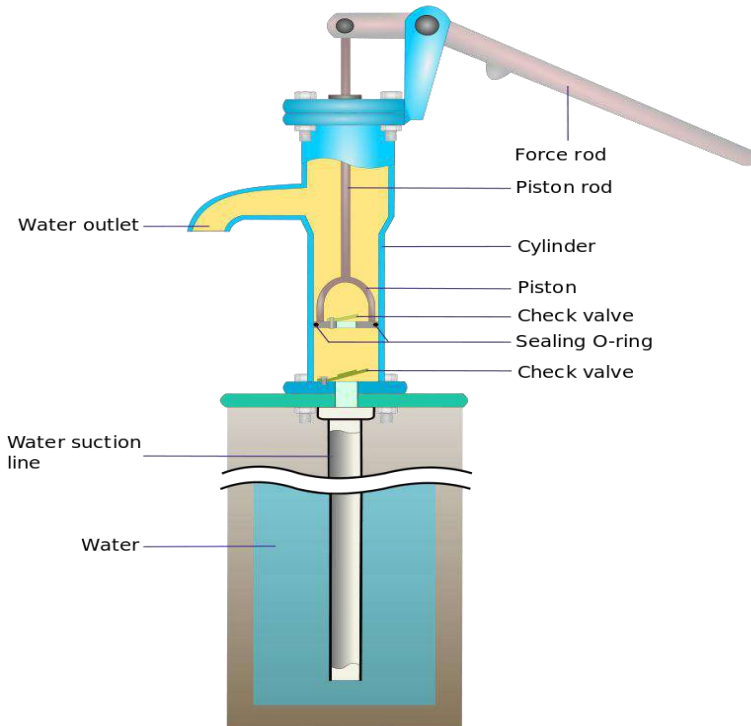
- 1) Tentukan titik pengeboran
- 2) Jarak minimal dengan septic tank, cubluk, lubang galian untuk sampah yaitu 10 meter
- 3) Pasang mata bor pada salah satu pipa dan pasang klem pemutar pada pipa
- 4) Lubangi titik lokasi dengan linggis sedalam 30 - 50 cm
- 5) Tancapkan pipa yang sudah dipasangi mata bor pada lubang yang sudah dibuat
- 6) Putar pipa searah jarum jam
- 7) Siram dengan air untuk memperlancar
- 8) Angkat pipa, tancapkan sekuat-kuatnya



Gambar 4. 3. Pembuatan sumur bor

b. Cara kerja pompa tangan

- 1) Ketika tuas pompa di tarik ke atas, piston bergerak ke bawah ke dasar ruangan pompa (*bucket piston*).
- 2) Air yang ada dalam pompa akan memasuki ruangan di atas piston melalui klep (*check valve*) pada piston.
- 3) Ketika tuas pompa didorong ke bawah maka piston bergerak naik bersamaan dengan tertutupnya klep piston (*check valve*), sehingga air yang ada di atas piston ikut terdorong ke atas dan keluar melalui corong pompa.
- 4) Di saat bersamaan piston akan menyedot air dari dalam sumur dan air memasuki ruangan di bawah piston melalui klep di dasar pompa (*inlet check valve*) yang terbuka di saat piston bergerak ke atas.



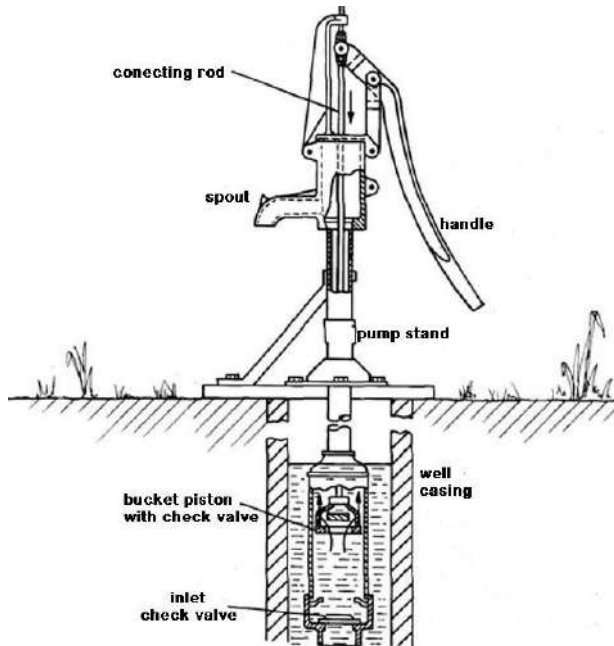
Gambar 4. 4. Sumur pompa tangan dangkal

4.2.2 Sumur Pompa Tangan Dalam

Sumur pompa tangan dalam adalah sumur bor yang pengambilan airnya dengan menggunakan pompa dalam. Pompa jenis ini mampu menaikkan air dari kedalaman lebih 7 meter sampai kedalaman maksimum 30 meter. Prinsip kerja dari pompa tangan dalam adalah mengangkat air yang ada dalam silinder, silinder pompa tangan dalam berada di dalam sumur bor, terendam air. Sumur dengan pompa tangan dangkal, sebaiknya dilengkapi dengan casing untuk

penahan lapisan batuan jangan sampai runtuh, dan juga berfungsi sebagai sumuran.

Cara pembuatan sumur bor untuk pompa tangan dalam sama saja dengan pemboran dengan sumur pompa tangan dangkal, bisa secara manual dan menggunakan mesin bor. Sekarang sumur pompa tangan dalam ini sudah jarang digunakan oleh masyarakat, untuk mendapatkan air tanah dari kedalaman lebih 12 meter, cenderung menggunakan mesin pompa air listrik, dengan prinsip kerja menghisap dan mendorong.



Gambar 4. 5. Sumur pompa tangan dalam

4.3 Penampungan Air Hujan

Rain Harvesting atau pemanenan air hujan adalah kegiatan menampung air hujan secara local dan

menyimpannya melalui berbagai teknologi, untuk penggunaan memenuhi konsumsi akan air minum/bersih manusia dalam kehidupan sehari-hari. Menurut Worm dan Hattum (2006), penampungan air hujan adalah pengumpulan limpasan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air domestik, pertanian, maupun untuk manajemen lingkungan. Definisi yang lain pemanenan air hujan adalah pengumpulan, penyimpanan, dan pendistribusian air hujan dari atap, untuk penggunaan didalam dan diluar rumah maupun bisnis.

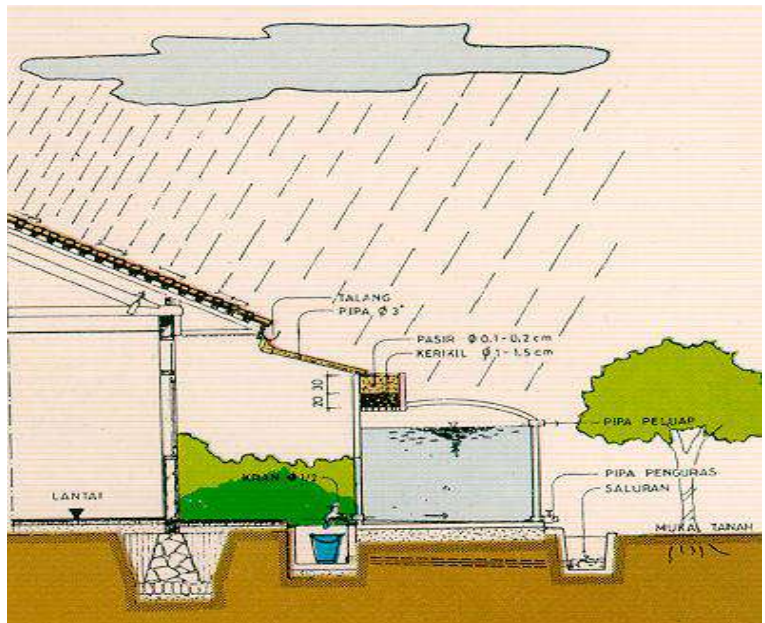
Penampungan air hujan adalah sarana air bersih yang memanfaatkan air hujan sebagai bahan bakunya dengan menampungnya sewaktu ada hujan. Air hujan yang jatuh diatas atap rumah atau bangunan penangkap air yang lain dialirkan melalui saluran atau talang kemudian di tampung didalam tempat penampungan air hujan.

Penampungan air hujan adalah sarana air bersih yang memanfaatkan untuk pengadaan air rumah tangga. Air hujan ini sebetulnya banyak kelemahan apabila dimanfaatkan sebagai air minum/bersih seperti bersifat lunak karena tidak mengandung garam dan mineral, bersifat korosif, dan kualitasnya sangat tergantung dari tempat jatuhnya hujan, serta tidak tersedia setiap saat. Pemanfaatan air hujan ini sebagai sumber air bersih/minum merupakan alternatif terakhir, apabila tidak ada ketersediaan air tanah dan air permukaan.

Pembangunan sarana penampungan air hujan (PAH) ini harus mempertimbangkan persyaratan berikut, yaitu :

1. Bangunan PAH harus kedap air, yang meliputi :

- a. Talang air sebagai tempat air masuk kedalam bak PAK
 - b. Lubang kontrol agar orang bisa masuk untuk membersihkan bagian dalam bak
 - c. Pipa peluap, untuk mengeluarkan air dari dalam bak PAH apabila penuh
 - d. Bak penampungan air, dan pengambilan air melalui kran
 - e. Lantai dengan kemiringan tertentu 1 %
 - f. Saringan pasir untuk menyaring air yang masuk dari talang air, meningkatkan pH dan mineral
2. Penempatan PAH harus dapat menampung air hujan
 3. Ada partisipasi masyarakat dalam pembangunan PAH, pengoperasian, dan Kele
 4. Lokasi tempat pembangunan PAH dipilih yang kritis air, dan punya curuh hujan yang cukup sampai tinggi



Gambar 4. 6. Penampungan air hujan

Kelebihan dan kekurangan PAH dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 1. Kelebihan dan Kekurangan PAH

Kelebihan	Kekurangan
Konstruksi yang sederhana	Merupakan investasi dengan biaya yang tinggi
Penyediaan air sesuai dengan tingkat konsumsi	Memerlukan perawatan yang rutin
Perawatan yang baik karena dilakukan oleh pengguna	Kualitas air dipengaruhi oleh polusi (udara)
Tidak memberikan dampak buruk pada lingkungan	Pada kasus musim kering yang panjang dapat terjadi masalah dalam ketersediaan air
Tidak dipengaruhi kondisi geologi dan topografi	Suplai terbatas pada ukuran atap dan tampungan

4.4 Perlindungan Mata Air

Pengertian mata air (*spring water*) menurut Tolman dalam bukunya *Groundwater*, adalah pemusatan keluarnya air tanah yang muncul di permukaan tanah sebagai arus dari aliran air tanah. *Spring water* dapat terbentuk akibat terpotongnya aliran air tanah oleh bentuk topografi setempat dan air keluar dari batuan (Prastowo 2008). Berdasarkan proses terbentuknya maka keluarnya air tanah

biasanya terdapat di daerah kaki bukit, lereng, lembah perbukitan, dan di daerah dataran. Mata air ini bisa dijadikan salah satu alternatif sumber air minum masyarakat, terutama pada daerah perbukitan, lembah, dan dataran, mulai dari wadah yang sederhana sampai dengan mengkaptir air tersebut yang dikenal dengan perlindungan mata air (PMA). Perlindungan mata air (PMA) merupakan suatu bangunan untuk menampung air (mata air) dan melindungi sumber air dari pencemaran. Bentuk dan volume PMA disesuaikan dengan tata letak, situasi sumber, dekat air dan kapasitas air yang dibutuhkan.

Perlindungan Mata Air (PMA) mempunyai tujuan untuk menjaga, memelihara, memulihkan dan melindungi mata air serta kawasan sekitar mata air dan daerah resapan mata air agar pemanfaatannya berkelanjutan. Perlindungan mata air perlu dilakukan untuk meminimalkan risiko terjadinya kekeringan akibat perubahan iklim. Kegiatannya dapat mencakup upaya fisik seperti pembuatan struktur pelindung mata air dan penanaman vegetasi di sekitar lokasi mata air, maupun non fisik seperti pembuatan aturan lokal yang menjamin mata air tetap hidup. PMA merupakan salah satu kegiatan adaptasi dan sekaligus upaya praktis untuk mengantisipasi perubahan iklim yang menyebabkan banyak terjadi banjir dan kekeringan akibat musim yang tidak bisa diprediksi. Kegiatan-kegiatan di dalam PMA terutama ditujukan sebagai usaha meningkatkan cadangan sumber daya air melalui rehabilitasi dan perlindungan Daerah Tangkapan Air atau *catchment area* di sekitar mata air serta pemberdayaan kelompok masyarakat lokal yang tinggal di sekitar lokasi mata air.

1. Syarat mata air

Dalam pembangunan PMA untuk sarana air bersih, agar memperhatikan hal-hal berikut, yaitu :

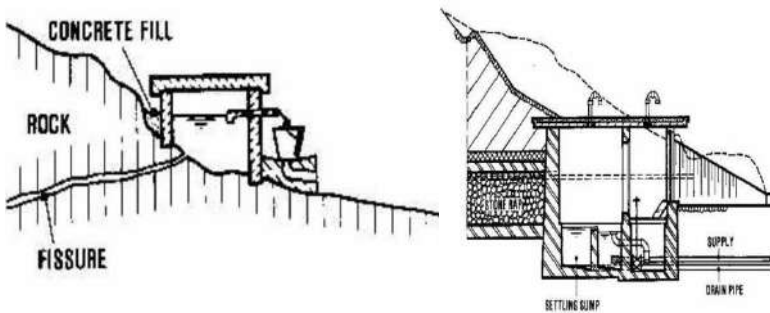
- a. Kontinuitas dari sumber mata air tersebut, walaupun terjadi kemarau panjang, mata air tidak pernah kering
- b. Secara kuantitas dapat memenuhi kebutuhan sekelompok masyarakat akan air minum/bersih
- c. Tidak mengganggu kebutuhan air untuk keperluan lainnya seperti irigasi, kolam ikan, dan lainnya
- d. Kualitas fisiknya memenuhi syarat kesehatan

2. Komponen PMA

Berikut komponen dari bangunan bak PMA :

Tabel 4. 2. Komponen dan Fungsi PMA

Komponen	Fungsi
Bangunan penangkap	Penangkap mata air berfungsi untuk menangkap dan melindungi air dari pencemaran
Bak penampung	Bak penampung berfungsi menampung air yang ditangkap dan dikumpulkan, terbuat dari bahan kedap air
Saluran Air hujan	Saluran air hujan berfungsi untuk mengalirkan air hujan supaya tidak masuk ke dalam bangunan penangkap dan bak pengumpul.
Pipa Udara	Saluran udara berfungsi untuk melepas gas dan mengatur kualitas udara di dalam Bangunan pengambilan dan bak pengumpul
Pipa peluap	Saluran peluap berfungsi untuk mengeluarkan kelebihan kapasitas bak pengumpul
Pipa penguras	Pipa penguras berfungsi untuk membersihkan bak penampung
Lubang periksa	Untuk mengontrol bagian dalam dari bak perlindungan mata air
Pipa keluar	Pipa keluar untuk mengeluarkan air dari bak pengumpul melalui pipa transmisi untuk dialirkan ke masyarakat
Alat ukur debit	Alat ukur debit untuk mengetahui debit air yang keluar dari PMA



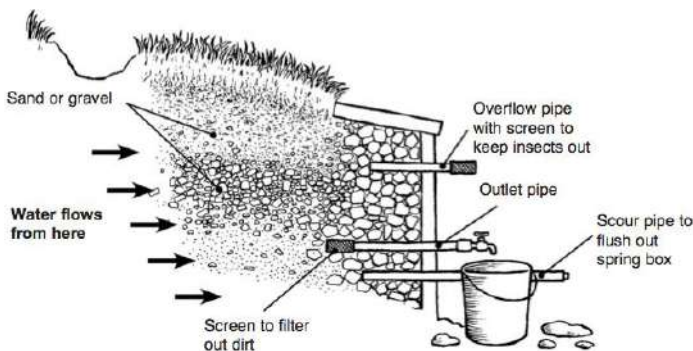
Gambar 4. 7. Bak perlindungan mata air

3. Cara pemanfaatan Perlindungan Mata Air (PMA)

Sumber mata air yang sudah dikaptir dan terlindung dalam bak perlindungan mata air dapat dimanfaatkan dengan cara :

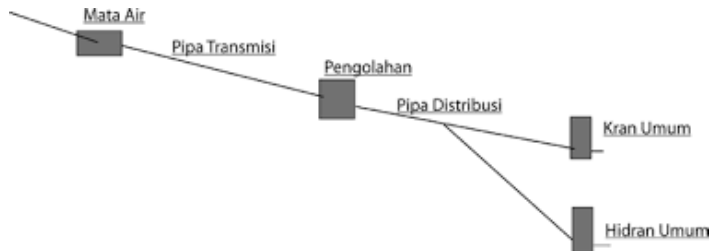
a. Kran umum pada bak PMA

Pemanfaatan PMA dengan cara seperti ini, pada umumnya karena sumber mata air atau bak PMA tidak terlalu jauh dari pemukiman penduduk, sehingga masyarakat dengan mudah menggunakan sarana tersebut.



Gambar 4. 8. Pemanfaatan PMA langsung pada sumber mata air

- b. Dialirkan ke konsumen melalui jaringan perpipaan
Sistim ini disebabkan karena sumber mata air atau bak PMA jauh dari pemukiman, lokasi pembangunan bak PMA berada pada tempat yang sulit dijangkau seperti dilereng perbukitan, atau tempat yang ketinggian. Sehingga masyarakat sulit untuk menjangkau bak PMA, dengan demikian air yang ada dalam bak PMA dialirkan ke masyarakat dengan menggunakan pipa. Masyarakat mengambil air dari kran umum, dan hidran umum.



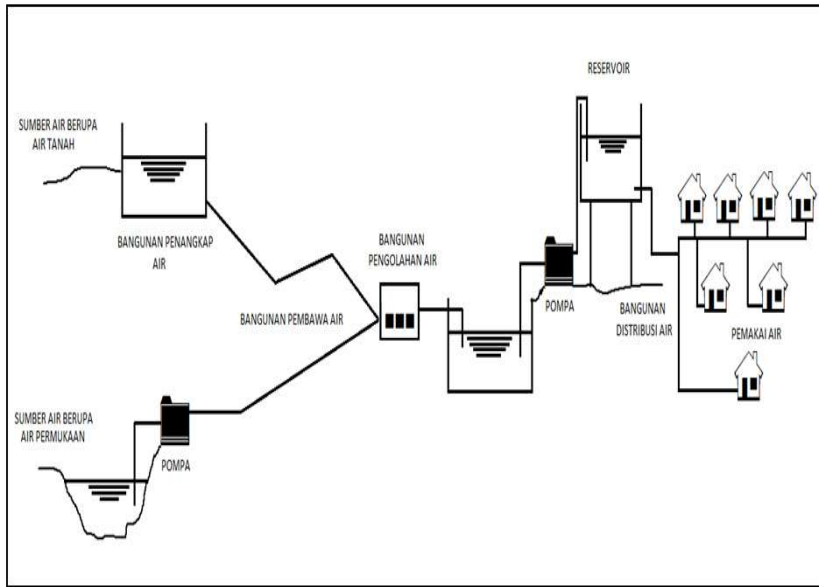
Gambar 4. 9. Pemanfaatan PMA dengan kran umum dan hidran umum

4.5 Perpipaan

Sarana perpipaan adalah bangunan beserta peralatan dan perlengkapannya untuk menyediakan dan membagikan air minum untuk masyarakat melalui jaringan perpipaan/distribusi. Air yang di manfaatkan adalah air tanah atau air permukaan dengan atau tanpa diolah.

Sarana air bersih sistem perpipaan ini biasanya dibuat untuk skala besar, mencakup daerah layanan yang luas,

seperti suatu kota, atau daerah yang penduduknya cukup padat. Air diolah secara lengkap, kemudian didistribusikan ke konsumen melalui jaringan perpipaan, seperti yang dilakukan oleh Perusahaan Air Minum (PDAM).



Gambar 4. 10. Sarana air bersih perpipaan

4.6 Penutup

Sumber air yang ada di alam ini, semuanya dapat dijadikan sebagai sumber air minum, dan untuk keperluan higiene sanitasi. Untuk memanfaatkan sumber air tadi, perlu sarana yang memadai, dan memperhatikan persyaratan yang harus dipenuhi dalam pembuatan sarana air bersih tersebut.

Air angkasa (air hujan) biasanya dimanfaatkan pada daerah yang sulit air permukaan dan air tanahnya, sarana yang biasa digunakan adalah penampungan air hujan (PAH). Sedangkan air permukaan, merupakan sumber air yang paling banyak digunakan oleh Perusahaan Air Minum (PAM), dengan melakukan pengolahan secara lengkap. Untuk air tanah, biasanya dimanfaatkan oleh masyarakat yang belum mendapatkan layanan dari PAM, dengan menggunakan sarana sumur gali, sumur bor, perlindungan mata air (PMA), dan perpipaan.

BAB V

HUBUNGAN AIR DENGAN KESEHATAN

5.1 Pendahuluan

Air sangat dibutuhkan oleh manusia untuk kelangsungan hidupnya. Air yang dibutuhkan tersebut adalah air yang memenuhi standard baku mutu kesehatan lingkungan media air, dan sesuai dengan persyaratan kesehatan (PMK No. 3 tahun 2023). Apabila air yang kita gunakan sebagai air minum dan keperluan hygiene sanitasi tidak memenuhi syarat akan dapat menimbulkan penyakit bagi masyarakat.

Air merupakan pelarut yang baik, sehingga dia akan menerima dan melarutkan semua benda, bahan yang masuk kedalamnya, sehingga air tersebut rumusnya menjadi $H_2O + X$, dimana X adalah zat yang terlarut atau berada dalam air tersebut. Keberadaan zat X dalam air bisa berupa virus, bakteri, jamur, dan bahan kimia. Apabila keberadaan X ini terlalu banyak dalam air, maka air tersebut sudah dapat dikatakan mengalami pencemaran, sehingga tidak sesuai lagi peruntukannya, seperti untuk air minum dan keperluan hygiene sanitasi.

Berbagai sumber air yang digunakan oleh masyarakat untuk minum dan keperluan hygiene sanitasi, kebanyakan sudah mengalami pencemaran. Misalnya air hujan bisa

tercemar oleh kandungan zat kimia yang ada di udara pada daerah industry, air permukaan sudah tercemar oleh mikroorganisme akibat limbah rumah tangga, rumah sakit, demikian juga limbah industri yang banyak mengandung limbah kimia beracun. Penyebab dari penyakit tersebut adalah adanya virus, bakteri, parasit, dan bahan kimia berbahaya dalam air tersebut.

Dampak kesehatan yang ditimbulkan pada masyarakat yang menggunakan air yang tidak memenuhi syarat tersebut bisa bersifat acute, apabila penyebabnya adalah virus, bakteri, dan parasit dalam air, sedangkan yang bersifat kronis, disebabkan oleh keracunan yang disebabkan mengkonsumsi air yang mengandung bahan kimia beracun yang terakumulasi dalam tubuh manusia.

Di Negara yang sedang berkembang, termasuk Indonesia pencemaran sumber air oleh mikroorganisme (virus dan bakteri), merupakan kasus yang sering terjadi. Demikian juga dengan kasus pencemaran factor kimia dan fisika akibat aktifitas produksi dan industry juga sering terjadi. Agar masyarakat tidak terkena dampak dari penggunaan air untuk minum dan keperluan hygiene sanitasi seperti kena penyakit, maka perlu menggunakan air yang sudah memenuhi standard baku mutu sebagai air minum.

Penyakit yang ditularkan melalui air adalah kondisi yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen yang ditransmisikan dalam air. Penyakit dapat menyebar saat mandi, mencuci, minum air, atau dengan memakan makanan yang terpapar air yang terkontaminasi. Sementara diare dan muntah adalah gejala paling umum yang dilaporkan dari

penyakit yang ditularkan melalui air, gejala lainnya dapat mencakup masalah kulit, telinga, pernapasan, atau mata.

Penyakit yang ditularkan melalui air dapat menyebar melalui air tanah yang terkontaminasi dengan pathogen tinja dari jamban. Berbagai bentuk penyakit, diare yang ditularkan melalui air adalah contoh yang paling menonjol, dan mempengaruhi anak-anak di negara berkembang secara paling dramatis. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia, penyakit yang ditularkan melalui air diperkirakan 3,6 % dari total DALY (tahun kehidupan yang disesuaikan dengan kecacatan), dan menyebabkan sekitar 1,5 juta kematian manusia setiap tahunnya. Organisasi Kesehatan Dunia memperkirakan bahwa 58 % dari beban itu, atau 4.842.000 kematian per tahun, disebabkan oleh kurangnya pasokan air minum yang aman, sanitasi dan kebersihan.

Penyakit yang menyerang manusia dapat ditularkan dan menyebar secara langsung maupun tidak langsung melalui air. Penyakit yang secara langsung melalui air disebabkan karena mengkonsumsi atau menggunakan air yang tidak memenuhi syarat, air yang sudah tercemar oleh bakteri (minum, mencuci alat makan), dan sumber air sudah tercemar oleh domestik, industri, pertanian. Sedangkan secara tidak langsung disebabkan oleh akibat mengkonsumsi ikan, tanaman yang hidup pada badan air yang sudah tercemar oleh industri seperti Mercury, Timbal, dan lainnya. Bahan kimia terakumulasi pada organ tubuh manusia, dan lama-kelamaan menimbulkan keracunan karena paparan yang terus-menerus.

Penyakit yang ditularkan melalui air disebut *waterborne disease* atau *water-related disease*. Terjadinya suatu penyakit tentunya memerlukan adanya lima agen dan terkadang vektor. Berikut beberapa contoh penyakit yang dapat ditularkan melalui air berdasarkan tipe agen penyebabnya yaitu (Chandra, 2007):

4. Penyakit viral, misalnya *hepatitis, viral, poliomyelitis*.
5. Penyakit bakterial, misalnya kolera, disentri, tifoid, diare.
6. Penyakit protozoa, misalnya *amebiasis, giardiasis*.
7. Penyakit Helmintik, misalnya askariasis, *whip worm, hydatid disease*.
8. Leptospirosis, misalnya *Weil's disease*.

5.2 Mekanisme Penularan Penyakit Melalui Air

Air merupakan pelarut yang baik, sehingga berbagai unsur penyebab penyakit bisa berada dalam air tersebut baik mikroorganisme, parasit, maupun bahan kimia. Terdapat sekitar 20 sampai 30 macam penyakit yang penularannya melalui media air, karena disebabkan adanya kandungan virus, bakteri, protozoa, parasit, dan bahan kimia yang bersifat toksik. Proses penularan penyakit dari orang sakit kepada orang sehat, salah satunya dapat melalui media air, seperti yang terlihat pada gambar berikut :



Gambar 5. 1. Penularan penyakit melalui air

Berdasarkan keberadaan unsur penyebab penyakit yang berada dalam air, maka mekanisme penularannya dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu secara mikroorganisme, parasit, dan dari aspek bahan kimia beracun dalam air.

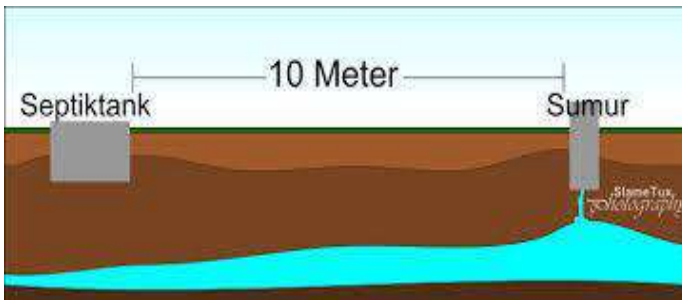
5.2.1 Mekanisme penularan penyakit karena mikroorganisme dan parasit

Sebagaimana kita ketahui bahwa, pada sumber air permukaan dan tanah bisa mengandung mikroorganisme (virus, bakteri), dan parasit yang hidup dan berkembang biak dalam air. Mekanisme penularan penyakit secara mikroorganisme dapat terjadi melalui empat cara, yaitu :

a. *Water borne diseases*

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, tifoid, 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. Misalnya jarak septic tank dengan sumber air masyarakat seperti sumur gali, sumur bor kurang dari 10 meter, masyarakat menggunakan air permukaan (sungai) yang sudah tercemar oleh tinja manusia, karena sungai sebagai tempat BAB masyarakat.



Gambar 5. 2. Jarak sumur gali dengan septic tank

Upaya yang harus dilakukan masyarakat untuk mencegah penularan penyakit ini adalah dengan merebus air minum sampai mendidih, dan melakukan desinfeksi terhadap sumber air minum masyarakat.

b. *Water washed diseases*

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. Contoh penularan penyakit secara water washed diseases dapat terjadi pada pedagang makanan keliling, karena ketersediaan air yang sedikit untuk mencuci alat makan yang digunakan seperti piring/mangkok, gelas, sendok, dan lainnya. Sehingga alat makan tersebut pasti tidak bersih setelah dicuci. Seandainya orang yang makan sebelumnya menderita penyakit menular, tentu virus dan bakteri sebagai penyebab penyakitnya akan menempel pada alat makan tersebut, karena dicuci dengan air yang terbatas. Pada mekanisme ini terdapat tiga cara penularan, yaitu:

- 1) Infeksi melalui alat pencernaan, seperti diare pada anak-anak.
- 2) Infeksi melalui kulit dan mata, seperti skabies dan trakhoma.
- 3) Penularan melalui binatang pengerat seperti pada penyakit leptospirosis

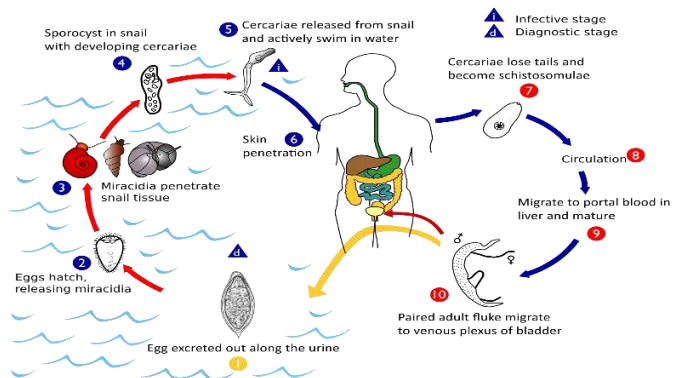


Gambar 5. 3. Pedagang bakso keliling dengan ketersediaan air yang sedikit untuk mencuci alat makan

Upaya pencegahan untuk mekanisme penularan penyakit ini adalah dengan menyediakan air yang cukup untuk mencuci alat makan, mencuci alat makan dengan air yang mengalir, serta menjaga personal hygiene dari masyarakat.

c. *Water based diseases*

Penyakit yang ditularkan dengan mekanisme ini memiliki agent penyebab yang menjalani sebagian siklus hidupnya di dalam tubuh vektor atau sebagai intermediate host yang hidup di dalam air. Contohnya skistosomiasis dan penyakit akibat *Dracunculus medinensis*. Badan-badan air yang potensial untuk menjangkitkan jenis penyakit ini adalah badan-badan air yang terdapat di alam, yang sering berhubungan erat dengan kehidupan sehari-hari manusia seperti menangkap ikan, mandi, cuci, dan sebagainya. Di Indonesia penyakit skistosomiasis ini hanya di Sulawesi Tengah, tepatnya di danau Windu. Berikut adalah gambar mekanisme penularan penyakit skistosomiasis :

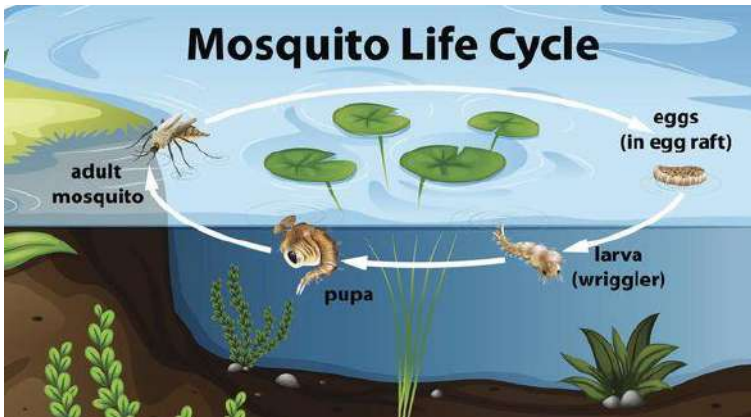


Gambar 5. 4. Mekanisme penularan penyakit skistosomiasis

Upaya pencegahan penularan penyakit ini bisa dilakukan dengan jangan buang air kecil (BAK) sembarangan, membunuh keong sebagai tempat hidup mirasidium, dan menggunakan alat pelindung kaki (sepatu boot) apabila memasuki badan air.

d. *Water related insect vector*

Agent penyakit ditularkan melalui gigitan serangga yang berkembang biak di dalam air. Contoh penyakit dengan mekanisme penularan semacam adalah filariasis, DBD, 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. Sebagai ilustrasinya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5. 5. Siklus hidup nyamuk, air sebagai tempat perindukannya

Upaya untuk mencegah penularan dari penyakit ini adalah dengan menguras bak mandi minimal sekali dalam 3 hari, menimbun barang bekas yang bisa menampung air, mengganti air pada vas bunga sekali dalam 3 hari.

5.2.2 Kejadian penyakit karena keracunan bahan kimia dalam air

Secara tidak langsung atau secara kronis, media air dapat menyebabkan gangguan atau bahaya kesehatan terhadap masyarakat, dimana penyebabnya adalah adanya kandungan bahan kimia berbahaya dalam air minum, yang kadarnya telah melewati standar baku mutu kesehatan lingkungan.

Kandungan bahan kimia dalam air minum, dalam jumlah yang sesuai dengan standar baku mutu kesehatan lingkungan dibutuhkan oleh tubuh manusia, untuk

perkembangan dan pertumbuhan sel, otot, jaringan, organ tubuh manusia. Tetapi dalam jumlah yang berlebihan, akan dapat mengganggu jaringan, organ tubuh, sehingga dalam waktu yang lama akan dapat menimbulkan gangguan pada organ tersebut seperti kerusakan ginjal, jantung, paru, hati, bahkan jaringan otak (bayi dan balita). Keberadaan bahan kimia ini dalam air bisa terjadi secara alami, dan aktifitas manusia seperti pertanian, pertambangan, industri, dan lainnya, seperti pestisida, logam berat, mikro polutan hidro karbon, dan radioaktif.

Bahan kimia berbahaya pada media air, dan jenis penyakit yang ditimbulkannya adalah :

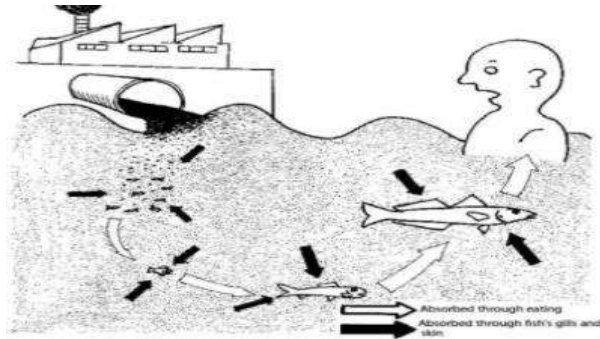
a. Merkuri

Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang sangat beracun karena bersifat neurotoksin, baik untuk organisme maupun manusia (Gochfeld, 2003; Ulrich dkk. 2001). Sebagai logam berat, merkuri yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan sulit terurai. Selain terkonsentrasi pada air, merkuri juga akan mengendap pada sedimen. Merkuri dapat mengalami berbagai transformasi dalam lingkungan, dan ion Hg bisa diubah menjadi salah satu bentuk yang paling beracun, yaitu methylmercury (MeHg) melalui jalur abiotik dan biotik (He dkk, 2007) dan selanjutnya akan terakumulasi baik melalui proses bioakumulasi maupun biomagnifikasi melalui rantai makanan (*food chain*) (Hadijahdkk., 2016; Brushettdkk., 2017). Untuk mengetahui status pencemaran merkuri dalam suatu perairan, maka

perlu dilakukan pengukuran terhadap konsentrasi merkuri dengan menggunakan air, sedimen dan biota sebagai media tempat akumulasi.

Metil merkuri yang masuk ke tubuh manusia akan menyerang sistem saraf pusat. Gejala awal antara lain kaki dan tangan menjadi gemetar dan lemah, kelelahan, telinga berdengung, kemampuan penglihatan melemah, kehilangan pendengaran, bicara cadel dan gerakan menjadi tidak terkendali, kegilaan, kematian dan yang lebih parah adalah penderita congenital yaitu bayi yang lahir cacat karena menyerap metil merkuri dalam rahim ibunya yang banyak mengkonsumsi ikan yang terkontaminasi metil merkuri.

Penyakit Minamata atau Sindrom Minamata adalah sindrom kelainan fungsi saraf yang disebabkan oleh keracunan akut air raksa. Penyakit Minamata terjadi akibat banyak mengkonsumsi ikan dan kerang dari Teluk Minamata yang tercemar metil merkuri. Metil merkuri adalah merkuri organik yang berbentuk serbuk putih dan berbau seperti belerang pada sumber air panas. Senyawa ini mudah terserap oleh organ pencernaan dan dibawa oleh darah ke dalam otak, liver dan ginjal bahkan ke dalam janin.



Gambar 5. 6. Proses kejadian keracunan oleh merkuri pada manusia

b. Nitrat dan Nitrit

Nitrat dan Nitrit adalah senyawa nitrogen organik yang dapat mempengaruhi kualitas air. Nitrat biasanya ada di air permukaan dengan konsentrasi kecil ($< 3\text{mg/L}$), sedangkan Nitrat mempunyai konsentrasi ($< 50\text{ mg/L}$). Nitrit merupakan bentuk antara oksidasi ammonia ke Nitrat atau reduksi Nitrat ke Amonia.

Pengaruh Nitrit dalam jumlah besar terhadap tubuh manusia adalah dapat mengakibatkan gastro intestinal, diare campur darah disusul oleh konvulsi, koma, bila tidak di tolong akan menyebabkan kematian. Keracunan kronis dapat menyebabkan depresi umum, sakit kepala. Nitrit akan bereaksi dengan hemoglobin dan akan membentuk Methaemoglobin (Met Hb). Methaehemoglobine adalah kondisi dimana haemoglobin dalam darah berubah menjadi methaemoglobin sehingga darah menjadi kekurangan oksigen, mengakibatkan

pengaruh yang fatal, terutama pada bayi yang dikenal penyakit blue babies.

Sumber pencemaran Nitrat ini pada sumber air minum, adalah akibat kegiatan pertanian sebagai dampak pemakaian pupuk yang mengandung Nitrogen (urea), disamping itu tingginya kadar Nitrat dalam sumber air dapat terjadi secara alami.

c. Timbal

Timbal dapat masuk ke dalam air minum bila terjadi reaksi kimia pada bahan pipa yang mengandung timbal. Hal ini dikenal sebagai korosi, yaitu melarutkan atau mengikis logam dari pipa dan perlengkapan. Reaksi ini lebih parah bila air memiliki keasaman tinggi atau kandungan mineral rendah. Berapa banyak timbal yang masuk ke dalam air berhubungan dengan:

- 1) keasaman atau alkalinitas air
- 2) jenis dan jumlah mineral di dalam air
- 3) jumlah timbal yang bersentuhan dengan air
- 4) suhu air
- 5) jumlah keausan pada pipa
- 6) berapa lama air bertahan di dalam pipa,
- 7) adanya kerak atau lapisan pelindung pada pipa

Jika konsentrasi Timbal ini melebihi standar baku mutu kesehatan lingkungan dapat mengakibatkan keracunan, karena Timbal ini cenderung untuk berakumulasi dalam tubuh.

d. Flourida

Flourida adalah senyawa kimia yang secara alami ada dalam sumber air tanah dengan konsentrasi yang berbeda. Pada konsentrasi kecil 1,5 ppm, sangat bermanfaat untuk kesehatan gigi karena dapat mencegah kerusakan gigi. Tetapi apabila keberadaanya dalam air minum diatas 2,0 ppm, akan dapat menyebabkan kerusakan gigi (flourisis) yakni gigi menjadi bercak-bercak atau kecoklatan. Pemaparan Flourida dengan konsentrasi 3 - 6 ppm, dapat menyebabkan kerusakan pada struktur tulang. Oleh sebab itu dosis Flourida dalam air minum maksimal 0,8 ppm.

e. Selenium

Selenium merupakan zat yang beracun, sehingga kadar tertinggi yang diperbolehkan dalam air minum hanya 0,01 ppm. Selenium akan berakumulasi dalam tubuh, dan dapat menyebabkan keracunan pada organ tubuh seperti hati, ginjal dan limpha. Disamping itu Selenium juga dapat menyebabkan caries gigi pada anak-anak.

f. Cadmium

Cadmium merupakan salah satu bahan kimia yang bersifat toksik. Dalam jumlah kecil saja sudah dapat menyebabkan keracunan. Apabila air mengandung Cadmium yang melebihi standar baku mutu kesehatan lingkungan, akan berakumulasi dalam jaringan tubuh sehingga akan dapat mengakibatkan keracunan pada ginjal, gangguan

lambung, kerapuhan tulang, mengurangi haemoglobin, dan pigmentasi gigi.

5.3 Penutup

Penyakit yang ditularkan melalui air adalah kondisi yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen yang ditransmisikan dalam air. Penyakit dapat menyebar saat mandi, mencuci, minum air, atau dengan memakan makanan yang terpapar air yang terkontaminasi. Istilah penyakit yang ditularkan melalui air terutama untuk infeksi yang sebagian besar ditularkan melalui kontak dengan atau konsumsi air yang terinfeksi.

Penyakit yang menyerang manusia dapat ditularkan dan menyebar secara langsung maupun tidak langsung melalui air. Penyakit yang ditularkan secara langsung melalui air disebut *waterborne disease* atau *water-related disease*. Dari berbagai jenis penyakit yang ditularkan melalui air, upaya pencegahan yang menyeluruh dapat dilakukan melalui higiene perorangan, dan pengendalian faktor risiko lingkungan media air.

BAB VI

UPAYA PENYEHATAN AIR

Upaya penyehatan air yang harus dipenuhi penyelenggara atau penanggung jawab lingkungan Permukiman, Tempat Kerja, tempat rekreasi, tempat dan fasilitas umum serta produsen/penyedia/ penyelenggara Air Minum dalam rangka melindungi kesehatan masyarakat. Penyehatan Air dilakukan melalui pengawasan, pelindungan, dan peningkatan kualitas air.

Dalam kondisi bencana dan kedaruratan, Pemerintah Pusat/Pemerintah Daerah juga wajib melakukan kegiatan penyehatan air dalam rangka memenuhi SBMKL dan Persyaratan Kesehatan Air Minum. Ketika terjadi bencana, keadaan khusus dan kedaruratan yang berpotensi membahayakan kesehatan, maka perlu dilakukan penghentian layanan Air Minum untuk sementara waktu sampai bencana, kedaruratan, atau keadaan khusus tersebut tertanggulangi, serta menyediakan alternatif layanan air melalui sarana lain. Upaya penyehatan air ini meliputi :

6.1 Pengawasan Kualitas Air Minum

6.1.1 Surveilans

Surveilans kualitas air minum dilaksanakan sebagai kegiatan rutin pengawasan di seluruh kabupaten/kota, baik oleh internal maupun eksternal, sebagai bagian dari

pemantauan dampak kesehatan masyarakat dan perbaikan sistem penyediaan air minum serta peningkatan kapasitas masyarakat untuk peduli mendapatkan kualitas air yang aman. Untuk itu, perlu dukungan dan komitmen yang kuat dari Pemerintah Daerah serta seluruh penyelenggara pemangku kepentingan terkait untuk mewujudkan pencapaian Air Minum aman. Komitmen Pemerintah Daerah dapat diwujudkan melalui adanya Peraturan Daerah, dukungan penganggaran, peralatan pemeriksaan kualitas air, hingga adanya laboratorium pemeriksaan kualitas air. Komitmen penyelenggara dapat diwujudkan melalui penerapan manajemen berbasis risiko (Rencana Pengamanan Air Minum/RPAM). Pelaksanaan surveilans kualitas Air Minum oleh produsen/penyedia/penyelenggara melalui pengawasan internal.

Pengawasan internal merupakan pengawasan yang dilakukan oleh pihak internal produsen/penyedia/penyelenggara Air Minum. Pelaksanaan pengawasan internal oleh produsen/ penyedia/penyelenggara Air Minum dapat dilakukan dengan menunjuk pengawas yang memiliki kompetensi yang sesuai dengan bidang pengawasan kualitas Air Minum. Pengawasan internal meliputi:

- a. Pemantauan operasional rutin pada sistem penyediaan Air Minum termasuk sumber dan kegiatan di daerah tangkapan, infrastruktur transmisi, baik perpipaan atau tanpa perpipaan, instalasi pengolahan, reservoir penyimpanan dan sistem distribusi mengacu pada dokumen RPAM atau form inspeksi kesehatan lingkungan (IKL). Pemantauan operasional rutin (harian) mencakup pengamatan (RPAM atau form IKL)

dan pengujian parameter, seperti kekeruhan, pH, dan residu klorin.

b. Pengujian kualitas air minum secara berkala dilakukan dalam rangka validasi dan verifikasi. Hasil kualitas Air Minum harus memenuhi SBMKL dan Persyaratan Kesehatan. Titik pengambilan sampel dalam rangka pengawasan internal yaitu:

- 1) Air minum dengan sistem jaringan perpipaan dilakukan di setiap unit produksi dan jaringan distribusi.
- 2) Depot Air Minum dilakukan di unit produksi dan unit pengisian galon/wadah Air Minum.
- 3) Air minum bukan jaringan perpipaan dilakukan di sarana Air Minum dan di rumah tangga. Sarana Air Minum bukan jaringan perpipaan adalah sarana komunal yang bukan jaringan perpipaan.

c. Jumlah sampel uji kualitas berkala

- 1) Air Minum dengan sistem perpipaan
 - a) Untuk jumlah sampel di unit produksi sebanyak 1 (satu) buah untuk masing-masing unit produksi
 - b) Untuk di jaringan distribusi jumlah sampel berdasarkan jumlah penduduk yang dilayani

Jumlah penduduk yang dilayani	Jumlah sampel
<5000	1
5000 – 100.000	1 per 5.000
> 100.000	1 per 10.000 ditambah 10 sampel

2) Depot Air Minum

Sampel air minum yang diambil sebanyak 1 (satu) buah masing-masing di unit produksi dan unit pengisian galon/wadah air minum.

3) Air Minum Bukan Jaringan Perpipaan

Sampel air minum yang diambil sebanyak 1 (satu) buah di sarana dan 1 (satu) buah di rumah tangga.

d. Frekuensi pengujian sampel, minimal:

Parameter	Frekuensi
Fisik	1 (satu) bulan sekali
Kimia	6 (enam) bulan sekali
Mikrobiologi	1 (satu) bulan sekali

- e. Hasil pengawasan internal yang dilakukan oleh produsen/penyedia/penyelenggara wajib dilaporkan kepada instansi yang bertanggung jawab dalam pengawasan kualitas air (dinas kesehatan provinsi/kabupaten/kota) setiap 6 (enam) bulan sekali.

6.1.2 Pengujian Kualitas Air Minum

Pengujian kualitas air minum dapat dilakukan dengan peralatan uji cepat di lapangan maupun pengujian di laboratorium terakreditasi dan teregistrasi di Kementerian Kesehatan. Keberadaan peralatan uji cepat di lapangan dan laboratorium pengujian kualitas air minum sangat diperlukan di tiap wilayah.

Pengujian kualitas air minum dilakukan oleh laboratorium yang terakreditasi, laboratorium yang ditunjuk

oleh Pemerintah Daerah, atau oleh tenaga Kesehatan lingkungan menggunakan peralatan pemeriksaan kualitas air yang terkalibrasi. Dalam hal suatu kabupaten/kota tidak memiliki laboratorium terakreditasi dan teregistrasi di Kementerian Kesehatan, Pemerintah Daerah menetapkan laboratorium sebagai laboratorium pengujian kualitas air.

Pengujian sampel selain di laboratorium, dalam rangka uji cepat untuk deteksi dini/pemeriksaan awal dapat menggunakan peralatan pemeriksaan kualitas Air Minum. Peralatan lapangan untuk pemeriksaan kualitas Air Minum berupa Kesling Kit di kabupaten/kota dan Sanitarian Kit di Puskesmas. Peralatan ini dalam pemakaiannya diharapkan sudah terkalibrasi minimal setiap tahun. Peralatan ini dapat memeriksa parameter fisik, mikrobiologi, dan parameter kimia terbatas. Apabila hasil pemeriksaan menggunakan peralatan ini tidak memenuhi syarat, harus dilakukan pemeriksaan lanjutan ke laboratorium terakreditasi dan teregistrasi di Kementerian Kesehatan atau laboratorium yang ditunjuk oleh Pemerintah Daerah. Pengambilan dan pengiriman sampel dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Sampel diambil, disimpan, dan dibawa dalam wadah yang steril dan bebas dari kontaminasi
- b. Sampel yang diambil dilengkapi dengan data rinci sampel dan label
- c. Pelaksanaan pengambilan sampel air minum dilaksanakan oleh tenaga terlatih
- d. Pengiriman sampel dilakukan dengan segera. Pengiriman sampel membutuhkan waktu yang lama,

sampel harus diawetkan terlebih dahulu untuk mencegah terjadinya perubahan komposisi sampel.

6.1.3 Analisis Risiko

Analisis risiko adalah metode atau pendekatan untuk mengkaji lebih cermat terhadap potensi risiko kesehatan yang berkenaan dengan kualitas media lingkungan (dampak cemaran air terhadap kesehatan masyarakat). Analisis risiko dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian kualitas air dengan parameter kualitas Air Minum, identifikasi dugaan sumber kontaminasi, dan identifikasi langkah-langkah. Analisis risiko kesehatan dilakukan melalui :

a. Identifikasi bahaya

Yaitu untuk mengetahui secara spesifik agen risiko (fisik, kimia, mikrobiologi) apa yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan. Tahapan ini mengetahui agen risiko spesifik yang berbahaya, di media lingkungan yang mana terdapat agen risiko, seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan, dan gejala kesehatan apa yang potensial.

b. Analisis dosis respon (*biomarker*)

Yaitu untuk mengetahui jalur pajanan dari suatu agen risiko masuk ke dalam tubuh manusia dan memahami perubahan gejala atau efek kesehatan yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi atau dosis agen risiko yang masuk ke dalam tubuh.

c. Analisis pajanan

Yaitu memperkirakan besaran, frekuensi, dan durasi pajanan pada manusia melalui semua jalur pajanan dan menghasilkan perkiraan pajanan.

d. Penetapan risiko

Yaitu mengintegrasikan daya racun dan pajanan kedalam “perkiraan batas atas” risiko kesehatan yang terkandung dalam media lingkungan.

6.1.4 Rekomendasi untuk pelaksanaan tindak lanjut

Produsen/penyedia/penyelenggara, kepala dinas kesehatan kabupaten/kota, dan/atau kepala instansi kekarantinaan kesehatan di pelabuhan, bandar udara, dan pos lintas batas darat negara (PLBDN) mengeluarkan rekomendasi sesuai dengan hasil analisis pengujian laboratorium dan penetapan risiko untuk pengelolaan risiko yang dilaksanakan melalui upaya perbaikan sarana, peningkatan kualitas pengelolaan, dan perlindungan kesehatan masyarakat.

Rekomendasi tindak lanjut dilakukan oleh produsen/penyedia/penyelenggara melalui evaluasi dan revisi rencana pengamanan Air Minum. Upaya perbaikan yang telah dilakukan oleh produsen/penyedia/penyelenggara dilaporkan kepada dinas kesehatan, Kementerian Kesehatan, serta kementerian/lembaga dan Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) lain yang terkait. Rekomendasi tindak lanjut dilakukan oleh masyarakat melalui peningkatan edukasi dan implementasi Pengelolaan

Air Minum Rumah Tangga (PAMRT). Pelaksanaan PAMRT akan dijelaskan dalam panduan PAMRT.

6.1.5 Rencana Pengamanan Air Minum

Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) dilaksanakan sebagai penerapan manajemen risiko mulai dari daerah tangkapan ke konsumen (pada keseluruhan rantai pasok Air Minum yang dioperasikan, baik dari tempat pengambilan air baku dari media air, sarana produksi, jaringan distribusi sampai dengan titik akhir penyalurannya kepada konsumen Air Minum).

Tujuan penerapan RPAM adalah untuk menjamin pemenuhan akses Air Minum aman untuk masyarakat dan meningkatkan derajat kesehatan masyarakat. RPAM sangat berkaitan dengan pengawasan kualitas Air Minum yang efektif di produsen/penyedia/penyelenggara dan penerapan pengelolaan Air Minum rumah tangga melalui penerapan pilar 3 Sanitasi Total Berbasis Masyarakat/STBM (PAM RT). Prinsip pelaksanaan RPAM meliputi:

1. Penilaian Sistem

Penilaian sistem merupakan tahapan kegiatan dalam menjaga kualitas air baku hingga titik konsumsi. Secara umum untuk menentukan apakah rantai pasokan Air Minum (sampai titik konsumsi) secara keseluruhan dapat menghasilkan air dengan kualitas yang memenuhi target yang telah ditentukan. Ini juga termasuk penilaian kriteria desain sistem yang baru.

2. Pemantauan Operasional

Dalam kegiatan ini mengidentifikasi langkah-langkah pengendalian dalam sistem Air Minum yang secara kolektif akan mengendalikan risiko yang teridentifikasi dan memastikan bahwa target berbasis kesehatan terpenuhi. Untuk setiap tindakan pengendalian yang diidentifikasi, sarana pemantauan operasional yang tepat harus ditentukan yang akan memastikan bahwa setiap penyimpangan dari kinerja yang diperlukan dapat dideteksi dengan cepat pada waktu yang tepat. Pemantauan operasional merupakan langkah-langkah dalam sistem rantai pasok Air Minum untuk memantau dan memverifikasi efektivitas sistem rencana pengamanan Air Minum.

3. Pengelolaan dan Komunikasi

Pengelolaan dan komunikasi merupakan tindakan operasional yang secara rutin maupun darurat untuk mendokumentasikan penilaian sistem, termasuk perencanaan peningkatan dan peningkatan, rencana pemantauan dan komunikasi, serta program pendukung.

Dalam rangka peningkatan kompetensi pengelola, penyelenggara, atau penanggung jawab lingkungan Permukiman, Tempat Kerja, Tempat Rekreasi, serta Tempat dan Fasilitas Umum untuk membuat RPAM dapat diselenggarakan oleh Kementerian Kesehatan, dinas kesehatan provinsi/kabupaten/kota, atau lembaga/institusi lain sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

6.2 Perlindungan Kualitas Air

Langkah selanjutnya dalam upaya penyehatan air adalah dengan melakukan perlindungan kualitas air. Kegiatan yang dapat dilakukan dalam perlindungan kualitas air adalah :

1. KIE (Komunikasi, Informasi, dan Edukasi)

Merupakan rangkaian kegiatan yang ditujukan untuk peningkatan pengetahuan dan perubahan perilaku masyarakat untuk menyampaikan pesan perlindungan dan peningkatan kualitas Air Minum aman. Kegiatan ini dapat berupa pemberdayaan, partisipasi, pemicuan pilar 3 STBM (PAM RT), dan pendekatan lainnya (poster, media elektronik, media sosial, dan media lain yang sejenis ke masyarakat luas), termasuk advokasi kepada pemerintah daerah dan pemangku kepentingan terkait.

2. Pengembangan Teknologi Tepat Guna

Sebagai bagian dari perlindungan dan peningkatan kualitas Air Minum aman diperlukan penerapan teknologi tepat guna dalam meminimalisasi faktor risiko fisik, kimia, dan mikrobiologi yang dapat menjadi penyebab penyakit dan/atau gangguan kesehatan.

Pengembangan teknologi tepat guna dilakukan dengan mempertimbangkan permasalahan yang ada dan ketersediaan sumber daya setempat sesuai dengan kearifan lokal. Pengembangan teknologi tepat guna harus dapat dimanfaatkan oleh masyarakat setempat sesuai kebutuhannya dengan memanfaatkan sumber

daya yang ada, bersifat efektif dan efisien, praktis dan mudah diterapkan/dioperasionalkan, pemeliharaannya mudah, serta mudah dikembangkan.

Model teknologi tepat guna dalam pengelolaan risiko fisik, kimia, dan mikrobiologi pada media air terdiri dari teknologi tepat guna air Tanah, air permukaan, air di daerah pantai, air gambut, dan air hujan. Implementasi teknologi tepat guna ini dapat diterapkan, baik di tingkat rumah tangga, institusi, maupun komunal.

3. Rekayasa Lingkungan.

Rekayasa lingkungan dilakukan dalam upaya perlindungan sumber air dan peningkatan kualitas air (upaya mengubah media air atau kondisi air untuk mencegah pajanan agen penyakit baik bersifat fisik, biologi maupun kimia), seperti pemanfaatan air permukaan, air tanah, air hujan, yang digunakan sebagai sumber air baku untuk Air Minum.

4. Peningkatan Kualitas Air

Peningkatan kualitas air dilakukan melalui perbaikan kualitas air dengan memanfaatkan teknologi pengolahan filtrasi, sedimentasi, aerasi, dekontaminasi, disinfeksi, dan/atau teknologi lain yang dapat mewujudkan kualitas air memenuhi SBMKL.

a. Filtrasi,

Yaitu proses penyaringan partikel tersisa dengan menggunakan media tertentu (kain, plastik, saringan pasir lambat, saringan pasir cepat, filtrasi granular, bermantel (*precoat*) dan membran

(mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan *reverse osmosis*, dan media lainnya yang sesuai). Filtrasi menghilangkan partikel termasuk bakteri, virus, dan protozoa.

b. Sedimentasi

Yaitu proses pengendapan flok partikel dan pemisahan kotoran/warna, sehingga air terolah akan jernih (*supernatan*) dan endapan yang terjadi dibuang atau digunakan ulang (*concentrate*). Hal ini dilakukan secara gravitasi. Untuk mempercepat terjadinya proses sedimentasi dapat diberikan bahan koagulan (aluminium sulfat).

c. Aerasi

Yaitu memaksimalkan kontak antara air dengan udara yang bertujuan menambah oksigen, sehingga semakin bertambahnya waktu injeksi udara ke dalam air akan semakin memaksimalkan terjadinya kontak air dengan udara, sehingga oksigen terlarut akan semakin banyak.

Fungsi utama aerasi adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air dan melepaskan kandungan gasgas yang terlarut dalam air, serta membantu pengadukan air.

Aerasi dipergunakan pula untuk menghilangkan kandungan gas-gas terlarut, oksidasi kandungan besi dalam air, mereduksi kandungan ammonia dalam air melalui proses nitrifikasi, dan

meningkatkan kandungan oksigen terlarut agar air terasa lebih segar.

d. Dekontaminasi,

Yaitu upaya mengurangi dan/atau menghilangkan kontaminasi oleh mikroorganisme melalui disinfeksi dan sterilisasi dengan cara fisik dan kimiawi.

6.3 Penutup

Penyehatan adalah upaya pencegahan penurunan kualitas media lingkungan dan upaya peningkatan kualitas media lingkungan. Untuk media air, penyehatan dapat dilakukan dengan pengawasan kualitas air dan pengendalian kualitas air. Pengawasan kualitas air minum dapat dilakukan dengan surveillance, pengujian kualitas air minum, analisis risiko, rekomendasi untuk pelaksanaan tindak lanjut, dan rencana pengamanan air minum. Sedangkan pengendalian kualitas air dapat dilakukan dengan KIE, pengembangan teknologi tepat guna, rekayasa lingkungan, dan peningkatan kualitas lingkungan.

Pemerintah daerah harus selalu melakukan upaya penyehatan air, agar masyarakat terjamin dalam memanfaatkan sumber air minum dalam rangka melindungi kesehatan masyarakat.

Pengamanan adalah upaya perlindungan terhadap kesehatan masyarakat dari faktor risiko atau gangguan kesehatan.

BAB VII

PENINGKATAN KUALITAS AIR

7.1 Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan yang paling utama bagi makhluk hidup. Belakangan ini timbul masalah yang sangat krusial yaitu sulit untuk mendapatkan air bersih dan layak untuk dikonsumsi. Banyak sumber air yang biasa dipakai seperti air hujan, air permukaan dan air tanah tidak sebagus dulu lagi. Artinya kualitasnya sudah tidak memenuhi syarat, dan tidak bisa langsung dikonsumsi oleh masyarakat.

Air bersih sebagai sebuah kebutuhan utama dari manusia maupun untuk perusahaan dan industri saat ini semakin sulit untuk diperoleh. Hal tersebut dikarenakan berbagai faktor antara lain adalah menurunnya kualitas air baku. Selain itu, dengan terbatasnya kuantitas air baku, maka kebutuhan akan teknologi yang dapat mendukung proses penggunaan kembali atau daur ulang air yang berasal dari air buangan perusahaan maupun individu sangatlah diperlukan.

Kebutuhan akan pentingnya air tidak diimbangi dengan kesadaran untuk melestarikan air, sehingga banyak sumber air yang tercemar oleh perbuatan manusia itu sendiri. Ketidakbertanggungjawaban mereka membuat air menjadi kotor, seperti membuang sampah ke tepian sungai sehingga aliran sungai menjadi mampet dan akhirnya timbul banjir jika hujan turun, membuang limbah pabrik ke sungai

yang mengakibatkan air itu menjadi tercemar oleh bahan-bahan berbahaya, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan air yang telah tercemar hingga layak digunakan untuk aktivitas sehari-hari.

Untuk mendapatkan air yang memenuhi syarat kesehatan sesuai dengan standar baku mutu kesehatan lingkungan, pengolahannya dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengolahan air secara sederhana (*simple treatment*), dan pengolahan air secara lengkap (*complete treatment*). Pengolahan air secara sederhana, merupakan upaya teknis yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas air yang tidak memenuhi syarat menjadi memenuhi syarat sebagai air untuk keperluan higiene sanitasi, dan belum bisa untuk diminum. Upaya teknis itu bisa dilakukan dengan sedimentasi, aerasi, filtrasi, chlorinasi, yang umumnya dapat dilakukan oleh masyarakat secara mandiri. Misalnya sumber air tersebut berbau, berasa, bewarna, dan sedikit keruh, kualitas air tersebut dapat diperbaiki dengan melakukan filtrasi dan aerasi terhadap sumber air tersebut. Sedangkan pengolahan lengkap adalah upaya teknis yang dilakukan oleh suatu perusahaan air minum secara fisik (pengendapan, filtrasi), kimia (pemberian tawas, khlor), bakteriologis (desinfeksi) untuk menjadikan air yang tidak memenuhi standar baku mutu kesehatan lingkungan menjadi memenuhi syarat secara fisik, kimia, bakteriologis, dan radioaktif serta bisa langsung diminum. Prosesnya adalah mulai dari *pretreatment*, sedimentasi, aerasi, filtrasi, chlorinasi, sehingga air tersebut layak untuk diminum.

7.2 Teknik Peningkatan Kualitas Air

Untuk mendapatkan air yang memenuhi standar baku mutu kesehatan lingkungan dari berbagai sumber air seperti air hujan, permukaan, dan tanah karena sudah mengalami pencemaran perlu dilakukan pengolahan, baik secara sederhana maupun secara lengkap, sesuai dengan peruntukannya. Berikut ini akan dijelaskan berbagai teknik pengolahan air secara sederhana, yang bisa dilakukan oleh masyarakat untuk memperbaiki kualitas air yang digunakan sehari-hari, karena murah, mudah dioperasikan, dan bahan yang digunakan mudah didapatkan.

7.2.1 Aerasi

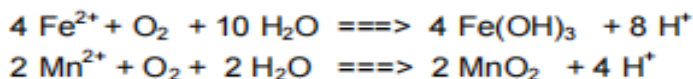
Aerasi adalah proses mengontakkan air dengan udara, sehingga air kaya akan Oksigen, sehingga mengoksidasi bahan-bahan kimia yang larut dalam air seperti besi, mangan. Dengan adanya proses oksidasi ini, maka terjadi perubahan bentuk dari bahan kimia yang larut tadi menjadi tidak larut (padat), seperti besi yang larut (Ferro) berubah menjadi tidak larut (Ferri). Bahan kimia yang larut dalam air, tidak efektif penurunannya sewaktu disaring karena mempunyai ukuran partikel yang sangat kecil, sehingga tidak bisa disaring oleh media saring. Dengan melakukan aerasi berubah menjadi padat, maka ukuran partikelnya menjadi lebih besar, sehingga bisa tertahan sewaktu penyaringan. Alat untuk mengontakkan air tersebut dengan udara dinamakan Aerator.

Aerasi ini digunakan untuk menurunkan atau menghilangkan kandungan Fe dan Mn yang berlebihan dalam air minum. Tingginya kandungan kedua senyawa ini

mengakibatkan air menjadi berasa, bewarna, berbau spesifik, dan meninggalkan endapan yang bewarna coklat kekuningan pada dasar bak penampungan air.

Tujuan dilakukannya aerasi adalah untuk meningkatkan jumlah oksigen, mengurangi jumlah CO₂, menghilangkan bau, warna, dan rasa pada air.

Reaksi yang terjadi pada proses aerasi adalah sebagai berikut :



Sesuai dengan reaksi di atas, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat Besi dibutuhkan 0,14 mg/l oksigen dan setiap 1 mg/l Mangan dibutuhkan 0,29 mg/l oksigen.

Proses terjadinya oksidasi ini sangat dipengaruhi oleh pH air, pada pH rendah proses oksidasi berjalan dengan lambat, untuk mempercepat terjadinya oksidasi maka perlu dengan menaikkan pH air yang diolah. Pengaruh pH air terhadap oksidasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. 1. Pengaruh pH Air Terhadap Proses Oksidasi

Air Baku		Konsentrasi Fe setelah aerasi		
pH Air	Fe (ppm)	15 menit	30 menit	60 menit
5,0	10,0	9,0	-	7,5
5,5	10,0	5,5	4,6	4,0
5,95	10,0	5,0	4,0	3,5
6,15	10,0	4,4	3,5	2,5
6,5	10,0	2,8	1,8	0,3
6,65	10,0	0,7	0,2	0,1
6,8	10,0	0,2	0,1	< 0,1
7,0	10,0	0,1	< 0,1	< 0,1
7,45	10,0	0,1	< 0,1	< 0,1
8,05	10,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1

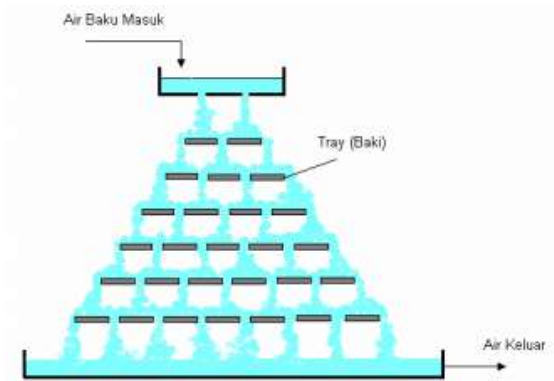
Berdasarkan tabel 7.1, tampak bahwa pH air sangat berpengaruh terhadap proses oksidasi sewaktu dilakukan aerasi. Pada pH air 5,0, selama 60 menit baru terjadi penurunan kadar Fe, hanya sebesar 20 %. sedangkan pada pH 8,05, pada 15 menit kandungan Fe dalam sudah sangat kecil yaitu $< 0,1$ ppm.

Sebagaimana kita ketahui bahwa, proses aerasi dengan penyaringan akan dapat menurunkan jumlah kandungan Fe dan Mn dalam air, sehingga air yang digunakan sudah terbebas dari bau, rasa, warna. Berikut ini digambarkan berbagai proses aerasi yang bisa digunakan oleh masyarakat dalam memperbaiki kualitas fisik airnya.

a. *Tray Aerator*

Susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruangan yang relatif kecil. Jenis aerator ini terdiri atas empat sampai delapan tray dengan susunan vertikal maupun piramida. Dasar tray berlubang-lubang dengan jarak 30 - 50 cm. Melalui pipa berlubang air dibagi merata melalui tray, dari bagian ini percikan air turun dengan kecepatan $0,05 \text{ m}^3/\text{detik per m}^2$ permukaan tray. Tetesan air yang menyebar dikumpulkan kembali pada setiap permukaan tray berikutnya. Tray dapat terbuat dari semes asbes, PVC, logam, maupun kayu. Untuk mendapatkan penyebaran air yang lebih halus, tray dapat diisi dengan kerikil kasar dengan ketebalan sekitar 10 cm, kadang digunakan lapisan batu apung atau arang sebagai katalisator dan mempercepat proses penggumpalan dari besi dalam air.

Berikut gambar proses aerasi dengan metode tray aerators.

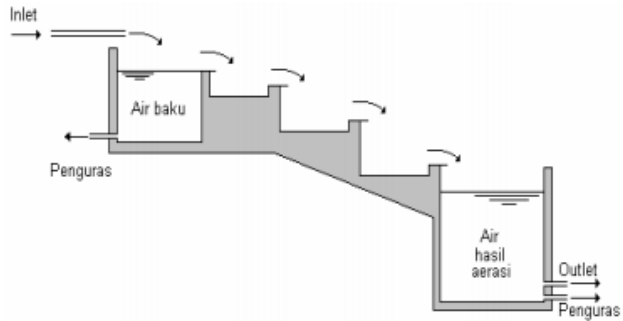


Gambar 7. 1. Tray Aerator

b. Cascade Aerator

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas empat sampai enam step, dengan ketinggian tiap step sekitar 30 cm dengan kecemasan aliran $0,01\text{m}^3/\text{detik per m}^2$. Dibandingkan dengan jenis tray, aerator jenis cascade ini tempat yang dibutuhkan lebih besar namun total kehilangan tekanan lebih rendah, dan keuntungan lain tidak memerlukan pemeliharaan.

Berikut ini gambar proses aerasi dengan cascade aerators :

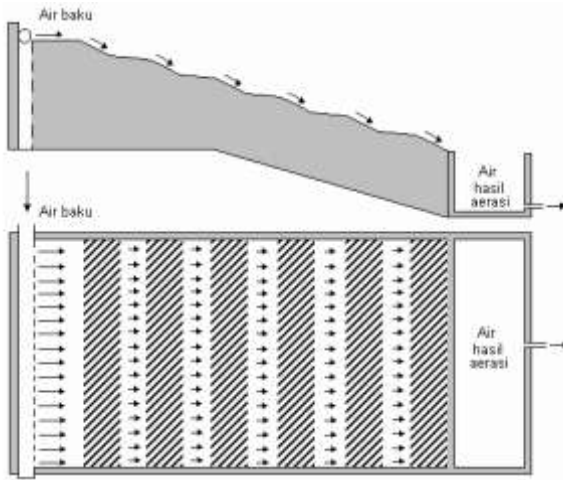


Gambar 7. 2. Cascade Aerator

c. Submerged Cascade Aerator

Merupakan jenis aerasi tangga meluncur, penangkapan udara terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya masuk ke dalam air yang dikumpulkan kelempengandibawahnya. Total ketinggian jatuh sekitar 1,5 m yang dibagi dalam 3 - 5 step. Kapasitas peralatan ini 0,005 sampai 0,5 m³/detik per m².

Berikut adalah gambar *submerged cascade aerator*, yang digunakan untuk mengontakan air dengan udara :

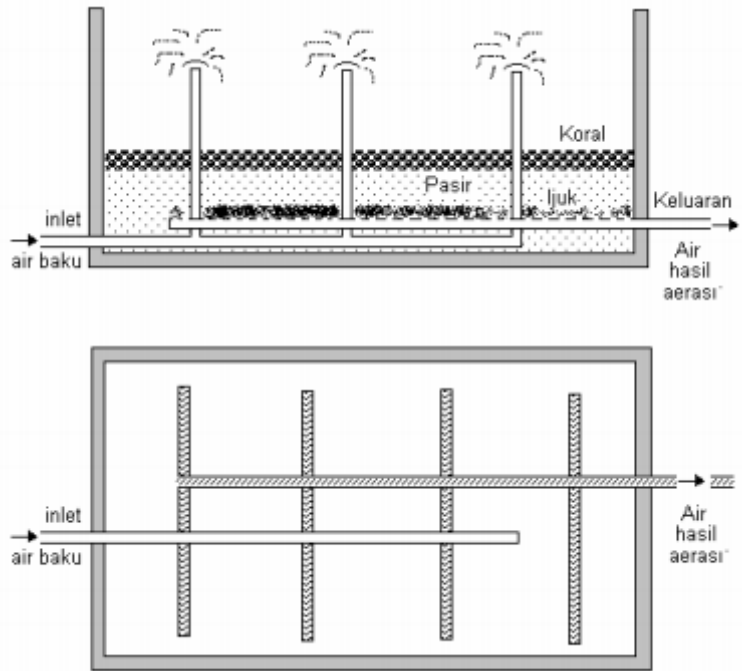


Gambar 7. 3. Submerged Cascade Aerator

d. *Spray Aerator*

Terdiri atas nozzel penyemprotan statis dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara disekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. Aliran pada spray aerator dari arah bawah melalui pipa yang panjangnya sekitar 25 cm dengan diameter 15 - 30 mm. Piringan melingkar ditempatkan beberapa centi meter disetiap ujung pipa, sehingga dapat terbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi percikan air yang halus.

Berikut gambar proses aerasi dengan metode *spray aerato* :

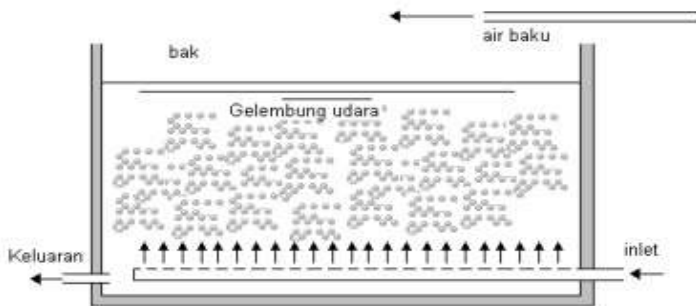


Gambar 7. 4. Spray aerator

e. *Bubble Aerator*

Jumlah udara yang dibutuhkan untuk bubble aerator tidak banyak, yaitu sekitar $0,3 - 0,5 \text{ m}^3$ udara per m^3 air dan volume ini dengan sangat mudah untuk ditingkatkan. Udara dialirkan melalui pipa yang diletakkan pada dasar bak.

Berikut adalah gambar proses aerasi dengan *bubble aerator* :



Gambar 7. 5. Bubble Aerator

7.2.2 Filtrasi

Proses filtrasi merupakan proses pengolahan dengan cara mengalirkan air baku melewati suatu media filter yang disusun dari bahan-bahan butiran dengan diameter dan tebal tertentu. Proses ini ditujukan untuk menghilangkan bahan-bahan terlarut dan tak terlarut (*biological floc* yang masih tersisa setelah pengolahan secara biologis). Media filter yang umum digunakan sebagai filter adalah pasir. Menurut kecepatan dan mekanisme pengalirannya, saringan pasir dapat diklasifikasikan sebagai berikut saringan pasir cepat, saringan pasir lambat, dan saringan bertekanan.

Dalam upaya meningkatkan kebutuhan dasar masyarakat, khususnya mengenai kebutuhan akan air bersih di daerah pedesaan yang kebanyakan memanfaatkan sumber air tanah dan permukaan, salah satu alternatifnya adalah dengan menggunakan saringan, karena secara teknologi mudah, murah, dalam operasionalnya. Jenis saringan yang banyak digunakan adalah saringan pasir lambat (*slow sand filter*).

Saringan pasir lambat adalah merupakan teknologi pengolahan air yang sangat sederhana dengan hasil air bersih dengan kualitas yang baik. Sistem saringan pasir lambat ini mempunyai keunggulan antara lain tidak memerlukan bahan kimia (koagulan) yang mana bahan kimia ini merupakan kendala dalam mendapatkannya untuk pengolahan air di daerah pedesaan.

Proses utama penyaringan adalah penahanan oleh media saring (pasir) dengan kecepatan aliran sekitar 5 - 10 m³/m²/hari. Kalau tingkat kekeruhan air baku yang tinggi (lebih 5 NTU), sebelum disaring air baku tersebut perlu diendapkan terlebih dahulu, tetapi kalau dibawah 5 NTU, air baku bisa langsung dialirkan kedalam bak saringan.

a. Mekanisme penyaringan

Selama air baku (*raw water*) diarlirkan melewati saringan pasir, berlangsung proses pembersihan yang bekerja menurut proses-proses mekanis, pengendapan dan penyerapan, metabolisme biologis dan perubahan elektrolisa.

1) Penahanan mekanis

Bahwa dalam lapisan suatu saringan pasir terdapat rongga-rongga kecil yang memungkinkan air lewat sebagai aliran dalam tanah. Partikel halus yang tidak dapat lolos dari rongga-rongga ini akan tertahan dan dengan demikian dapat membebaskan air dari kandungan kotoran.

2) Pengendapan dan penyerapan

Rongga antara butiran tanah/pasir akan berlaku sebagai kolam sedimentasi, selanjutnya

kotoran halus akan mengendap di situ dan tidak akan lolos lagi karena adanya daya adhesi dari butiran tanah/pasir yang mengikat kotoran. Selain itu proses penangkapan kotoran ini dapat pula dipercepat oleh adanya gelatine yang menyelimuti butiran pasir sebagai akibat adanya bakteri atau bahan kimia yang ikut terbawa dalam aliran.

3) Metabolisme biologis

Perkembangan dari proses kehidupan disebut sebagai metabolisme biologis. Selama proses pengaliran air lewat rongga-rongga pori tanah, bakteri yang ikut terbawa akan terperangkap dalam rongga ini. Selanjutnya bakteri ini akan mengeluarkan lendir yang dapat membentuk lapisan tipis (*film zooglia*) di sekitar butiran pasir.

Setelah beberapa waktu lapisan lendir ini akan membentuk suatu lapisan yang terdiri dari kumpulan bakteri yang mampu menangkap, menyaring serta merubah bahan-bahan organik menjadi bahan yang lain melalui proses biokimia yang kompleks. Dengan demikian lapisan ini yang sering disebut sebagai *schmutzdecke* akan merupakan media kehidupan mikroorganisme ataupun bakteri yang sekaligus bekerja sebagai saringan yang efektif.

4) Perubahan elektrolisa

Butiran tanah/pasir, kotoran halus maupun bahan-bahan terlarut pada aliran air mengandung aliran listrik. Menurut teori ion, suatu benda yang

mempunyai muatan listrik yang saling bertolak belakang akan mengalami gaya tarik menarik dan saling menetralkan. Kejadian ini akan menyebabkan terjadinya perubahan komposisi kandungan yang menyebabkan perubahan kualitas airnya.

b. Efektivitas penyaringan

Ada beberapa parameter operasi yang mempengaruhi efektivitas saringan terutama yaitu gradasi butiran dan tebal saringan. Walaupun demikian kualitas/karakteristik air baku sendiri sering juga mempengaruhi efektivitasnya.

1) Gradasi batuan

Fungsi saringan yang baik akan ditentukan oleh gradasi dari butiran saringannya. Pemilihan ukuran butir yang terlalu halus akan menyebabkan sulitnya proses perkolasi air di dalam saringan dan akan merendahkan produktivitas serta menyulitkan pemeliharannya. Sedangkan untuk butiran terlalu kasar akan menyebabkan bakteri maupun kotoran halus akan sulit tersaring.

Uniformity coefficient (derajat sama rata) dan *effective size* (derajat sama rata) dari suatu media pasir merupakan factor dominant dalam penentuan efektivitas suatu saringan. Yang dimaksud derajat sama rata disini adalah perbandingan ukuran diameter butiran yang lolos dari suatu ukuran saringan tertentu, yaitu d_{60}/d_{10} . Adapun d_{60} adalah ukuran diameter saringan yang mana 60 % dari

sample lolos dari saringan tersebut, sedangkan untuk d_{10} hanya 10 % dari sample yang lolos.

Syarat diameter butir terhadap butir lapisan di bawahnya agar butir pasir tidak lolos :

$$1/4 \cdot \pi \cdot d^2 > 1/80 \cdot \pi \cdot D^2$$

yang berarti : $D < 4,5 d$

dengan : d = diameter butir kecil.

D = diameter butir besar

Syarat analisa ayakan :

a) Saringan pasir cepat atau filter mekanis:

derajat kerja : $d_{10} = 0,35 - 0,55 \text{ mm}$

derajat sama rata : $d_{60}/d_{10} = 1,6$

b) Saringan pasir lambat atau filter biologis:

derajat kerja : $d_{10} = 0,30 - 0,35 \text{ mm}$

derajat sama rata : $d_{60}/d_{10} = 1,75$

2) Tebal saringan

Selain uniformity coefficient dan gradasi pasir, untuk mendapatkan hasil yang baik diperlukan ketebalan lapisan tertentu. Ketebalan lapisan pasir yang umum digunakan bervariasi antara 75 – 90 cm (Sing, 1980), atau 90 – 110 cm (Punmia, 1979).

3) Kualitas air baku

Saringan pasir lambat mempunyai efisiensi yang cukup tinggi ($\pm 98 - 99 \%$) terutama untuk kondisi air kotor dengan nilai kekeruhan $< 50 \text{ ppm}$. Disamping itu bau dan umumnya akan banyak berkurang dengan saringan ini. Dalam kondisi air dengan kekeruhan $< 50 \text{ ppm}$, saringan pasir lambat ini akan mengalami penurunan efektifitas setelah

umur pelayanan 1 sampai 3 bulan tergantung pada tingkat kekotorannya.

c. Sistem saringan pasir lambat

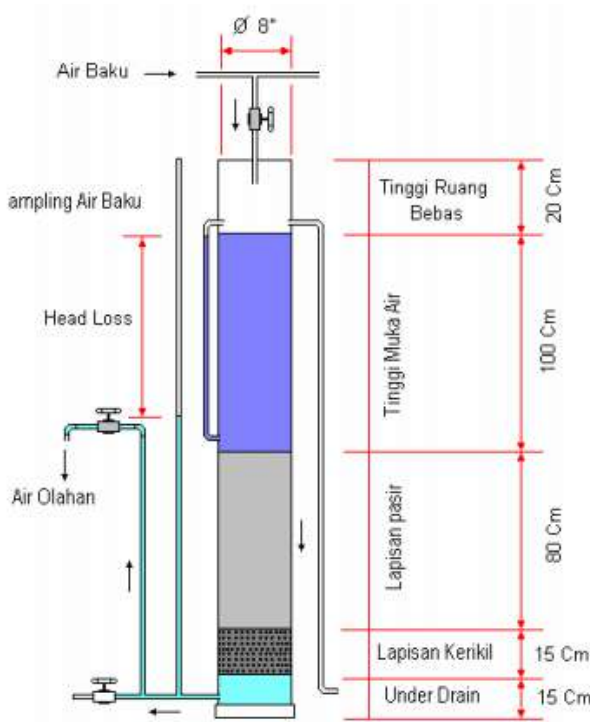
Saringan pasir ini dalam mekanisme kerjanya, yaitu proses air melewati media saring itu ada dari atas ke bawah (*down flow*), dan ada dari bawah ke atas (*up flow*). Kalau dari atas ke bawah, mekanisme ini dikenal dengan sistem gravitasi, sedangkan dari bawah ke atas dikenal dengan sistem tekanan (*pressure filtration*).

Secara umum, bagian dari saringan sistem gravitasi dengan tekanan adalah sama, yang terdiri dari bak saringan, media saring (pasir), kerikil, ijuk, kran air hasil olahan. Sedangkan kapasitas bak saringan bisa dirancang sesuai dengan kebutuhan.

1) Saringan gravitasi (*down flow*)

Teknologi saringan pasir lambat yang banyak diterapkan di Indonesia adalah teknik penyaringan yang konvensional, dimana air melewati media saring mulainya dari atas ke bawah (*down flow*). Kelemahannya, kalau air baku yang akan disaring tingkat kekeruhannya tinggi, maka butiran pasir akan cepat mengalami penyumbatan, sehingga kuantitas air hasil olahan menjadi sedikit, tetapi kualitas air yang dihasilkan semakin baik. Kalau debit air yang dihasilkan sudah sedikit, karena penyumbatan maka media pasir harus dicuci dengan cara mengeruk semua pasir, lalu dicuci sampai bersih, yang ditandai air hasil pencucian sudah sama jernihnya dengan sebelum pencucian.

Berikut gambar saringan pasir dengan sistem gravitasi :



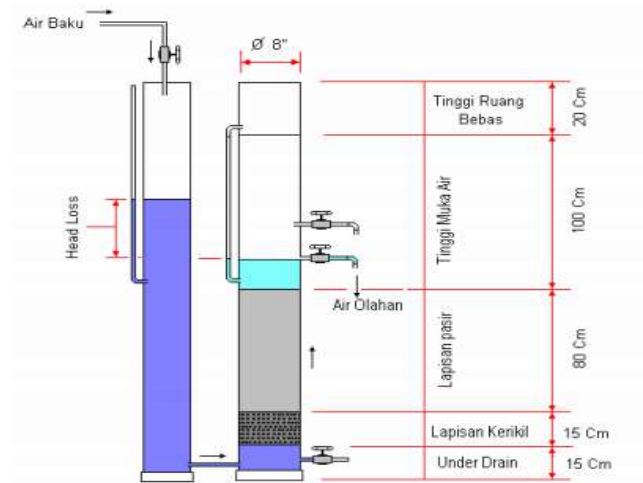
Gambar 7. 6. Saringan pasir dengan mekanisme gravitasi (*Down Flow*)

2) Saringan dengan tekanan (*up flow*)

Jika tingkat kekeruhan air cukup tinggi, agar beban saringan tidak terlalu berat bekerjanya, maka yang diperlukan adalah bak pengendapan, setelah itu baru air disaring secara *up low*, yaitu air masuk melewati media saring dari bawah, kemudian air hasil olahan keluar pada bagian atas saringan,

dengan dibantu tekanan. Jadi air melewati media saring karena ada tekanan pada air yang diolah.

Berikut ini adalah gambar sistem penyaringan dengan *up low* :



Gambar 7. 7. Saringan pasir dengan mekanisme tekanan (*up low*)

d. Kualitas hasil penyaringan

Saringan pasir lambat mempunyai efisiensi yang cukup tinggi ($\pm 98 - 99\%$) terutama untuk kondisi air kotor dengan nilai kekeruhan < 50 ppm. Disamping itu bau dan umumnya akan banyak berkurang dengan saringan ini. Dalam kondisi air dengan kekeruhan < 50 ppm, saringan pasir lambat ini akan mengalami penurunan efektifitas setelah umur pelayanan 1 sampai 3 bulan tergantung pada tingkat kekotorannya.

Pada keadaan saringan sudah mengalami pengotoran berat, *filtration head* akan menunjukkan

nilai yang cukup tinggi yaitu $\pm 65 - 85 \%$ dari tebal lapisan saringan. *Filtration head* ini merupakan selisih tinggi tekanan antara permukaan lapisan hulu dan hilir saringan. Dalam keadaan yang demikian maka saringan pasir lambat perlu dibilas (*backwashing*).

Saringan pasir hanya mampu mereduksi warna sekitar 20 – 25 % saja. Dan untuk warna yang pekat saringan ini menjadi kurang efektif. Saringan ini akan efektif apabila menghadapi pengotoran yang ditentukan oleh bau ganggang dan akan kurang mengandung bahan-bahan makanan bagi mikroorganisme yang menggunakannya. Disamping itu saringan ini juga kurang efektif untuk beberapa jenis pengotoran kimiawi tertentu misalnya mangan.

e. Jenis media saring

7.2.3 Chlorinasi

Sering air yang digunakan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari seperti air tanah, dan permukaan masih mengandung bakteri, baik coliform grup maupun *E. coli*. Persyaratan standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk air minum, harus bebas dari bakteri baik coliform maupun *E. coli*. Agar air yang digunakan oleh masyarakat bebas dari bakteri, salah satu caranya adalah dengan memberikan/membubuh-kan zat kimia dalam hal ini kaporit kedalam air tersebut. Proses pemberian bahan kimia tersebut kedalam sumber air minum dinamakan Chlorinasi/desinfeksi. Sedangkan bahan kimianya disebut desinfektan.

Tujuan dari desinfeksi pada sumber air minum adalah untuk membunuh bakteri patogen penyebab penyakit yang penyebarannya melalui air, seperti penyakit thypus, kholera, dan dysentri. Karena bakteri/virus penyebab penyakit ini sangat mudah masuk ke dalam sumber air minum masyarakat. Misalnya bakteri *E. coli*, bisa masuk ke dalam sumber air minum (air tanah), karena jarak sumur gali kurang 11 meter dari septik tank tinja dari masyarakat, atau masyarakat buang air besar sembarangan seperti di sungai, kebun yang juga dapat mencemari sumber air.

Disamping disinfeksi, pemberian desinfektan seperti Ozon, *Chlorine Diokside* dalam sumber air minum juga dapat mengoksidasi zat organik seperti Fe dan Mn, serta untuk menghilangkan masalah kualitas fisik air seperti bau, rasa, dan warna. Karena dengan adanya oksidasi ini, akan merubah keberadaan Fe dan Mn dalam air, dari larut menjadi tidak larut.

a. Faktor yang mempengaruhi desinfeksi

Agar proses desinfeksi ini dapat berhasil dengan baik, maka perlu beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu :

1) Jenis desinfektan

Efisiensi desinfektan tergantung pada jenis bahan kimia yang digunakan, beberapa desinfektan seperti ozon dan Khlorine Dioksida merupakan oksidator yang kuat dibandingkan dengan yang lainnya seperti Khlorine.

2) Jenis mikroorganisme

Di alam banyak sekali mikroba patogen yang resisten terhadap desinfektan. Bakteri pembentuk spora umumnya lebih resisten terhadap desinfektan dibandingkan dengan bakteri vegetatif. Terdapat juga variasi dari bakteri vegetatif yang resisten terhadap desinfektan. Contoh *Legionella pneumophila* lebih resisten terhadap Khlorine dibandingkan *E.coli*. Secara umum resistensi terhadap desinfektan berurutan sebagai berikut bakteri vegetatif < virus enteric < bakteri pembentuk spora < kista protozoa.

3) Kosentrasi des infektan dan waktu kontak

Untuk dapat berfungsi dengan optimal, desinfektan harus mempunyai waktu kontak yang cukup dengan air yang diproses. Efektifitas desinfektan dapat ditunjukkan dengan suatu konstanta yang merupakan hasil kali kosentrasi dengan waktu kontak.

Konstanta = kosentrasi x waktu kontak, dimana efektifitas desinfektan sangat besar, bila konstantanya kecil.

Berikut gambaran jenis mikroorganisme, kosentrasi khlor dan waktu inaktifasi pada proses desinfeksi :

Tabel 7. 2. Harga Ct Untuk Inaktivasi Mikroba Dengan Desinfektan Klor (suhu 5°C, pH = 6)

Mikroorganisme	Konsentrasi klor (mg/l)	Waktu Inaktivasi (menit)	Ct
E. coli	0,1	0,4	0,04
Polivirus 1	1,0	1,7	1,7
E. histolytica Cyst	5,0	18	90
Giardia Lambliacyst	1,0	50	50
	2,0	40	80
	2,5	100	250
Giardia Muris cyst	2,5	100	250

Sumber : Hoof and Akin, 1986

4) pH air

Desinfeksi dengan senyawa klor, pH akan mengontrol jumlah HOCl (asam hipoklorit) dan OCl⁻ (hypoklorit) dalam larutan. HOCl 80 kali lebih efektif dari pada OCl⁻ untuk E.coli. Dalam proses desinfeksi dengan Klor , harga Ct meningkat sejalan dengan kenaikan pH, sebaliknya inaktivasi bakteri, virus dan kista protozoa umumnya lebih efektif pada pH tinggi. Pengaruh pH pada inaktivasi mikroba dengan khloramin tidak diketahui secara pasti karena adanya hasil yang bertentangan. Pengaruh pH pada inaktivasi patogen dengan ozon juga belum banyak diketahui secara pasti.

5) Temperatur (suhu)

Makin tinggi suhu air, makin tinggi pula efektivitas desinfektan.

6) Pengaruh kimia dan fisika pada desinfeksi

Beberapa senyawa kimia yang dapat mempengaruhi proses desinfeksi adalah nitrogen anorganik maupun organik, besi, mangan, dan hidrogen sulfida. Senyawa organik terlarut juga menambah kebutuhan khlor dan keberadaanya menyebabkan penurunan efisiensi proses desinfeksi. Tingkat kekeruhan juga menurunkan efisiensi khlor, dan desinfektan lainnya. Semakin tinggi tingkat kekeruhan, maka semakin banyak khlor yang dibutuhkan, karena mikroorganisme akan lebih resisten.

7) Kualitas air

Air yang mengandung zat organik dan unsur lainnya, akan mempengaruhi besarnya khlorin demand, sehingga diperlukan kosentrasikhlorin yang makin tinggi.

8) Pengolahan air

Proses pendahuluan yang dilakukan sebelum desinfeksi, misalnya pengendapan dan filtrasi, akan mempengaruhi hasil akhir yang dicapai. Selain itu, saat yang tepat bagi penambahan khlorin akan mempengaruhi pula hasil akhir yang dicapai.

b. Jenis desinfektan

Desinfektan yang banyak digunakan masyarakat untuk membunuh mikroorganisme dalam sumber air adalah :

1) Khlorine

Khlorine banyak digunakan dalam pengolahan air minum sebagai oksidator dan desinfektan. Yang dimaksud dengan khlorin tidak hanya Cl_2 saja, akan tetapi termasuk pula asam hypoklorit (HOCl) dan ion hypoklorit (OCl). Juga beberapa jenis khloramin seperti monokhloramin (NH_2Cl) dan dikhloramin (NaCl_2). Khlorin dapat diperoleh dari gas Cl_2 , atau dari garam NaOCl , dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Khloramin terbentuk karena adanya reaksi antara amonia (NH_3) dalam air dengan khlorin.

2) Ozone

Ozon atau O_3 bersifat mudah larut dalam air dan mudah terdekomposisi pada temperatur dan pH tinggi, karena sifat terakhir ini, maka Ozon harus disiapkan dan dibuat sesaat sebelum digunakan.

Ozon merupakan oksidator kuat yang bereaksi cepat dengan hampir semua zat organik dan anorganik. Meskipun demikian, pengecualian terjadi bagi ion khlorida karena tidak bereaksi dengan ozon dan amonia yang hanya sedikit bereaksi dengan ozon. Sifat ozon yang bereaksi cepat menyebabkan persistensinya hanya sebentar saja. Dengan demikian desinfektan ini kurang efektif bila dimaksudkan untuk menjaga kualitas air yang terkontaminasi pada pipa distribusi. Ozon sangat stabil didalam air serta

mempunyai waktu paruh sebesar 40 menit pada pH 7,6 dan suhu 14,6 °C. Pada suhu udara bebas, diperkirakan waktu paruhnya sekitar 10 - 20 menit.

3) Iodine dan Bromine

Sudah sejak lama Iodine digunakan sebagai anti septik pada luka, meski penggunaanya sebagai desinfektan kurang populer dibandingkan dengan khlorine, karena harganya lebih mahal. Tetapi dalam membunuh virus, Iodine lebih efektif dari pada khlorine dan bromine. Efisiensi kerjanya dalam membunuh virus sangat tergantung pada pH air.

Bromine merupakan bakterisida dan virusida yang efektif, bila dibanding dengan khlorin apabila dalam air ada amonia, dapat tetap aktif pada pH > 9.

c. Kebutuhan khlor sebagai desinfektan

Desinfeksi secara kimia pada air sumber air minum dapat memasukan desinfektan seperti Cl_2 , ozon, OCl_2 , kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$), HOCl . Kebutuhan bahan kimia tersebut sangat tergantung dari kosentrasinya. Berikut ini disampaikan beberapa kebutuhan bahan kimia untuk desinfeksi.

1) Daya sergap khlor

Kaporit atau Khlor yang dimasukan kedalam air awalnya akan bereaksi dengan unsur/senyawa pereduksi yang biasanya terkandung didalamnya seperti H_2S , Fe, Mn, NO_2 ,

NH₃, dan zat organik lainnya. Selanjutnya baru akan efektif membunuh kuman, hal ini disebut dengan Daya Pengikat Khlor atau daya Sergap Khlor (khlor yang dipakai untuk mengoksidasi unsur-unsur yang ada dalam air). Daya sergap khlor adalah selisih antara jumlah Cl₂ yang diberikan kedalam air dengan sisa khlor bebas pada waktu akhir kontak. Biasanya waktu kontak antara 30 - 60 menit. Syarat untuk keamanan air minum, harus ada sisa khlor $\pm 0,3$ mg/l (0,2 - 0,5 mg/l), sedangkan untuk air kolam renang sisa khlor yang dipersyaratkan 0,2 - 0,5 mg/l.

Perhitungan :

Misal dari hasil pengamatan diperoleh :

- sisa khlor segera = 0,6 mg/l
- 10 menit I = 0,5 mg/l
- 10 menit II = 0,4 mg/l
- 10 menit III = 0,35 mg/l
- 10 menit IV = 0,3 mg/l
- 10 menit V = 0,3 mg/l
- 10 menit VI = 0,3 mg/l

$$\begin{aligned}\text{Daya sergap khlor} &= \text{sisa khlor segera} - \text{sisa khlor teap} \\ &= 0,6 \text{ mg/l} - 0,3 \text{ mg/l} \\ &= 0,3 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Angka keamanan ditetapkan = 0,3 mg/l

$$\begin{aligned}\text{Sisa khlor yang dibutuhkan} &= 0,3 \text{ mg/l} + 0,3 \text{ mg/l} \\ &= 0,6 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Jika bahan kimia yang digunakan untuk desinfeksi adalah kaporit 60 %, maka banyaknya kaporit yang dibutuhkan adalah

$$\begin{aligned} &= 100/60 \text{ mg/l} \times 0,6 \text{ mg/l} \\ &= 1,0 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

2) Contoh 1

Bahan kimia yang dipakai untuk khlorinasi adalah ClONa 8 %, dengan volume air 50 liter direncanakan dosisnya 2,0 mg/l. Coba hitung berapa jumlah ClONa 8 % yang diperlukan.

Untuk 50 liter air dibutuhkan 100 mg/l khlor aktif. Jadi ClONa yang dibutuhkan adalah

$$\begin{aligned} &= 100/8 \times 100 \text{ ml} \\ &= 1.250 \text{ ml} \end{aligned}$$

3) Contoh 2

Bahan kimia yang diperlukan untuk khlorinasi ialah senyawa anorganik dengan 70 % khlor aktif, direncanakan dosisnya 3 mg/l, debit air 5 liter/detik. Berapa kebutuhan khlor aktif yang harus ditambahkan dalam 1 jam.

Jumlah debit air dalam 1 jam = $60 \times 60 \times 5$ liter = 18.000 liter

Jumlah khlor aktif yang dibutuhkan adalah :

$$= 3 \text{ mg/l} \times 18.000 \text{ liter} = 54.000 \text{ mg} = 54 \text{ gr}$$

$$= 100/70 \times 54 \text{ gr}$$

$$= 77 \text{ gram}$$

4) Contoh 3

Bahan kimia yang dipakai untuk desinfeksi adalah kaporit 60 %, dengan dosis 1,0 mg/l. Debit air yang akan didesinfeksi adalah 10 liter/detik. Berapa banyak kaporit yang dibutuhkan untuk pelayanan 1 hari (24 jam).

Debit air selama 1 hari = $24 \times 60 \times 60 \times 10$ liter =
864.000 liter

Jumlah kaporit yang dibutuhkan

= $864.000 \times 1,0$ mg/l

= 864.000 mg = 864 gr

= $100/60 \times 864$ gr

= 1.440 gr

Desinfeksi juga bisa dilaksanakan secara fisika, yaitu dengan pemanasan/perebusan air sampai mendidih, dengan sinar ultra violet, tetapi masih belum banyak digunakan. Panjang gelombang elektromagnetik yang efektif untuk membunuh mikroorganisme adalah 240 - 280 nm. Ultra violet tidak memproduksi residu, sehingga sukar untuk dipantau atau diawasi dibandingkan dengan desinfektan kimia.

7.2.4 Sedimentasi

Salah satu upaya untuk memperbaiki kualitas sumber air yang akan dijadikan air bersih dan minum, apabila salah satu syarat fisiknya tidak memenuhi syarat kesehatan seperti memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi, dapat dilakukan dengan sedimentasi. Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel-partikel melayang di dalam air oleh pengaruh gaya gravitasi atau gaya berat partikel, atau dengan penambahan bahan kimia kalau partikel penyebab kekeruhan itu sangat kecil. Sedimentasi dalam pengolahan air secara lengkap seperti yang dilakukan oleh Perusahaan Air Minum, merupakan pengolahan tingkat pertama sebelum dilakukan filtrasi dan khlorinasi (desinfeksi).

Berdasarkan tingkat konsentrasi partikel di dalam air dan kecenderungan partikel untuk saling berinteraksi, maka proses sedimentasi dapat digolongkan kedalamempat tipe sedimentasi sebagai berikut :

a. Tipe 1 (pengendapan partikel mandiri/*discrete particle settling*)

Pengendapan sebuah *discrete particle* di dalam air hanya dipengaruhi oleh karakteristik air dan partikel yang bersangkutan. Yang dimaksud dengan *discrete particle* adalah partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran maupun berat selama partikel tersebut mengendap. Proses pengendapan partikel berlangsung semata-mata akibat pengaruh gaya partikel atau berat sendiri partikel. Pengendapan akan berlangsung sempurna apabila aliran dalam keadaan tenang (aliran laminar).

Akibat beratnya sendiri, partikel yang mempunyai rapat masa lebih besar dari rapat masa air akan bergerak vertical ke bawah. Gerakan partikel di dalam air yang tenang akan diperlambat oleh gaya hambatan akibat kekentalan air (*drag force*) sampai dicapai suatu keadaan dimana besar gaya hambatan setara dengan gaya berat efektif partikel di dalam air. Setelah itu gerakan partikel akan berlangsung secara konstan dan disebut *terminal settling velocity*.

b. Tipe 2 (pengendapan partikel floc/*floculant settling*)

Partikel yang berada dalam larutan encer sering tidak berlaku sebagai partikel mandiri (*discrete particle*) tetapi sering membentuk gumpalan (*flocculant particle*) selama mengalami proses

sedimentasi. Bersatunya beberapa partikel membentuk gumpalan akan memperbesar rapat masanya, sehingga akan mempercepat pengendapannya.

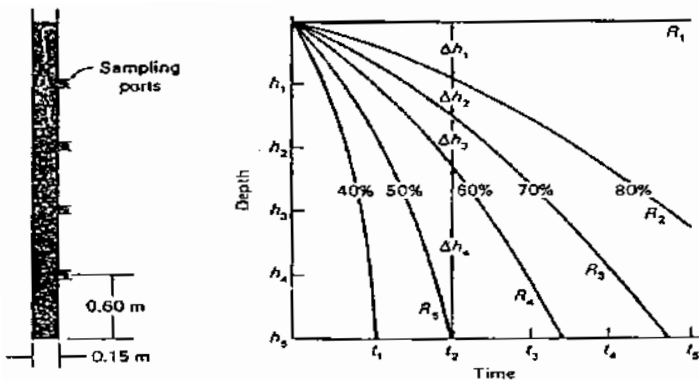
Proses penggumpalan (*flocculation*) di dalam kolam pengendapan akan terjadi tergantung pada keadaan partikel untuk saling berikatan dan dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti laju pembebanan permukaan, kedalaman kolam, gradient kecepatan, konsentrasi partikel di dalam air dan range ukuran butir. Pengaruh dari variabel-variabel tersebut dapat ditentukan dengan percobaan sedimentasi.

Bahan kimia yang sering dipakai untuk mempercepat proses penggumpalan adalah tawas yang dikenal juga dengan aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Proses pemberian/pembubuhan dan pencampuran tawas (koagulan) kedalam air yang sedang diolah disebut koagulasi. Setelah pembubuhan koagulan, maka terjadi penggumpalan partikel yang halus tadi menjadi partikel yang lebih besar, sehingga gumpalan ini terpisah dengan air dan langsung mengendap, proses ini dikenal dengan flokulasi. Pada prinsipnya proses koagulasi dan flokulasi adalah untuk mempercepat terjadinya proses pengendapan untuk menghilangkan kekeruhan dalam air yang disebabkan oleh bahan organik dan anorganik.

Karakteristik dari pengendapan partikel flok, dapat ditentukan dengan percobaan yang menggunakan sebuah kolom pengendapan. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan digunakan kolom

dengan tinggi 3 m dan diameter 150 mm. Kolom pengendapan dilengkapi dengan kran pengambil sampel air dengan jarak vertikal 0,6 m. Dengan hati-hati kolom diisi dengan larutan suspensi sehingga diperoleh distribusi ukuran butir yang cukup seragam pada sepanjang kolom dan dijaga agar partikel mengendap dalam suasana tenang.

Pengambilan sampel air dilakukan berdasarkan variasi waktu dan kedalaman air. Untuk selanjutnya sampel air dianalisis kandungan partikelnya. Fraksi partikel yang mengendap selanjutnya diplotkan dengan variasi waktu dan keadaan, seperti disajikan pada gambar berikut :



Gambar 7. 8. Kolom pengendapan dan kurva pengendapan partikel flok

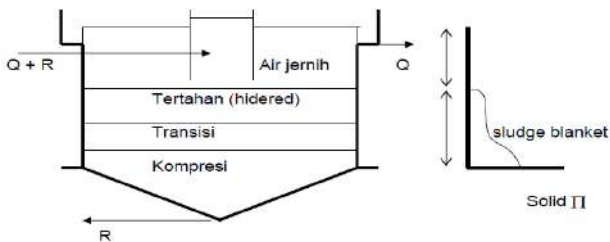
- c. Tipe 3 (pengendapan secara perintang/*hindered settling*)

Pengendapan tipe 3 merupakan pengendapan partikel dengan konsentrasi yang lebih pekat, di mana

antar partikel secara bersama-sama saling menahan pengendapan partikel lain disekitarnya. Pada bagian atas zona terdapat interface yang memisahkan antara massa partikel yang mengendap dengan air jernih.

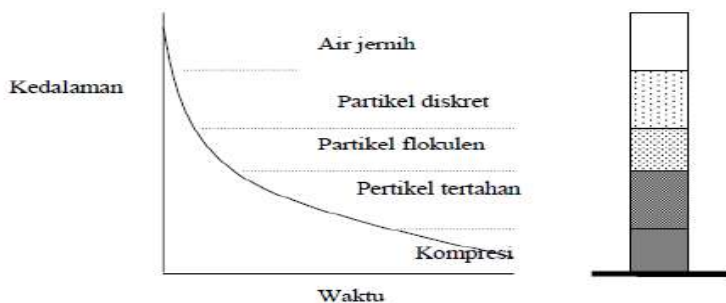
- d. Tipe 4 (pengendapan secara pemampatan/*compression settling*)

Tipe 4 merupakan kelanjutan dari sedimentasi tipe 3, dimana terjadi pemampatan (kompresi) massa partikel hingga diperoleh konsentrasi lumpur yang tinggi. Sebagai contoh pengendapan tipe 4 adalah :



Gambar 7. 9. Pengendapan final clarifier pada proses lumpur aktif

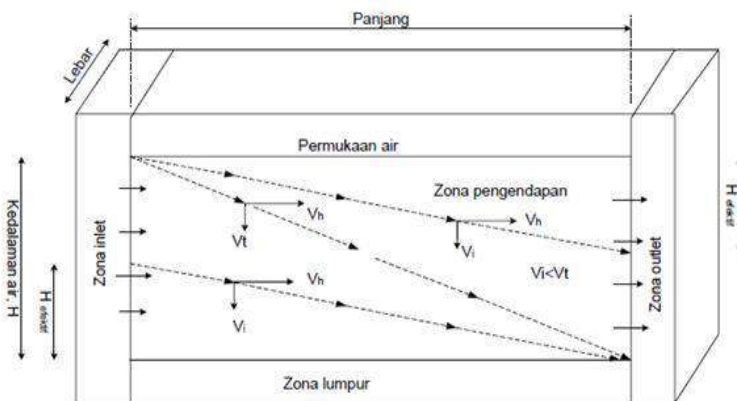
Berdasarkan empat tipe pengendapan tersebut, maka proses terjadinya pengendapan dalam pengolahan air dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7. 10. Proses empat tipe pengendapan

Agar proses sedimentasi dapat berlangsung dengan baik, maka perlu memperhatikan desain dari bak sedimentasi, minimal bak sedimentasi tersebut terdiri dari tiga bagian yaitu zona inlet, pengendapan, dan outlet.

Zona inlet fungsinya mendistribusikan aliran air secara merata pada bak sedimentasi dan menyebarkan kecepatan aliran yang baru masuk ke dalam zona pengendapan. Dalam zona pengendapan ini, air mengalir pelan secara horizontal ke arah outlet, dalam zona ini terjadi proses pengendapan, yaitu pemisahan solid dengan liquid. Terakhir zona outlet, berpengaruh besar dalam mempengaruhi pola aliran dan karakteristik pengendapan flok pada bak sedimentasi. Jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7. 11. Bagian dari bak sedimentasi

Berdasarkan uraian terdahulu, bahwa apabila kualitas fisik air minum yang tidak memenuhi syarat, seperti memiliki tingkat kekeruhan yang cukup tinggi (>5 NTU), maka salah satunya dapat diolah dengan sedimentasi. Proses sedimentasi adalah memisahkan antara solid dan liquid yang terdapat dalam air, baik secara gravitasi maupun dengan bantuan tambahan bahan kimia kedalam air.

7.2.5 Pengolahan Air Gambut

Pengolahan air baku merupakan upaya untuk mendapatkan air yang bersih dan sehat sesuai dengan standar baku mutu. Proses pengolahan air minum merupakan proses perubahan sifat fisika, kimia dan biologi air agar memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air minum (BPPT, 2002). Termasuk pengolahan air gambut menjadi air bersih dapat dilakukan dengan proses yang sederhana dengan kombinasi proses netralisasi, aerasi, flokulasi-koagulasi, pengendapan dan penyaringan (Widayat et al. 2001). Menurut Suhana (2004), pengolahan air gambut untuk masyarakat desa kawasan tanah gambut dapat dilakukan dengan memanfaatkan kearifan lokal dengan program pemberdayaan berbasis masyarakat.

Dalam pengolahan air gambut ada beberapa hal yang harus kita pahami terlebih dahulu yaitu :

a. Karakteristik air gambut

Air gambut merupakan air permukaan yang terdapat di daerah gambut yang tersebar di dataran rendah di wilayah Kalimantan dan Sumatera. Karakteristik air gambut mempunyai intensitas

warna yang tinggi (berwarna merah kecoklatan), derajat keasaman tinggi (nilai pH rendah), kandungan zat organik tinggi, sementara konsentrasi partikel tersuspensi dan ion rendah (Samosir, 2009). Konsentrasi zat organik di dalam air gambut terlihat dari warnanya, semakin pekat warnanya semakin tinggi kandungan zat organiknya. Air gambut adalah air permukaan yang banyak terdapat di daerah rawa maupun dataran rendah, yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut (Kusnaedi, 2006):

- 1) Nilai pH yang rendah,
- 2) intensitas warna yang tinggi (berwarna merah kecoklatan),
- 3) kandungan zat organik yang tinggi,
- 4) kandungan kation yang rendah,
- 5) kekeruhan dan kandungan partikel tersuspensi yang rendah.

Air gambut mengandung senyawa organik terlarut yang menyebabkan air menjadi berwarna dan bersifat asam. Senyawa organik tersebut adalah asam humus yang terdiri dari asam humat, asam sulvat, dan humin. Asam humus adalah senyawa organik dengan berat molekul tinggi dan berwarna coklat sampai kehitaman.

b. Kualitas air gambut

- 1) Nilai pH

Parameter pH dari air minum yang masih diizinkan oleh Permenkes RI No. 2 tahun 2023 tentang Peraturan Implementasi PP Nomor 66

tahun 201, standar baku mutu kesehatan lingkungan media air minum adalah dalam rentang 6,5-9,0. Nilai pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasamaan atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. Nilai pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai $\text{pH} > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ menunjukkan sifat asam. Nilai pH 0 menunjukkan derajat keasamaan yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah.

2) Warna

Warna adalah salah satu parameter fisik wajib yang ditetapkan oleh Permenkes RI No. 2 tahun 2023 tentang Peraturan Implementasi PP Nomor 66 tahun 2014, standar baku mutu kesehatan lingkungan media air minum. Pada Kepmenkes tersebut menyatakan bahwa batas maksimal warna air bersih maksimal 50 skala TCU. Dalam analisis warna, alat yang digunakan adalah spektrofotometer. Warna pada air gambut disebabkan karena adanya partikel koloid organik yang merupakan hasil dekomposisi dari tanaman.

3) Kekeruhan

Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik yang terkandung di dalam air seperti lumpur dan bahan-bahan yang berasal dari buangan. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar secara baik dan partikel-partikel kecil tersuspensi lainnya. Kekeruhan sering diukur dengan menggunakan metode *Nephelometric*. Satuan kekeruhan yang diukur dengan menggunakan *Nephelometric* adalah NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Permenkes RI No. 2 tahun 2023 tentang Peraturan Implementasi PP Nomor 66 tahun 2014, standar baku mutu kesehatan lingkungan media air minum menetapkan untuk kekeruhan yaitu 25 dalam satuan NTU.

4) Kandungan organik KMnO_4

Zat organik adalah zat yang banyak mengandung unsur karbon. Contohnya antara lain benzen, chloroform, detergen, methoxychlor, dan pentachlorophenol. Dengan adanya kandungan zat organik di dalam air berarti air tersebut sudah tercemar, terkontaminasi rembesan dari limbah dan tidak aman sebagai sumber air bersih dan minum. Parameter ini memiliki batasan maksimal 10 mg/liter berdasarkan standar baku mutu kesehatan lingkungan media air.

c. Proses pengolahan air gambut

Pengolahan air secara kontinyu memiliki prinsip kerja yang sama dengan *biosand* filter, yang membedakannya hanya jenis media penyaringan yang digunakan. *Biosand* filter dual media menggunakan media filtrasi berupa pasir kuarsa, kerikil, arang tempurung dan ijuk sedangkan *biosand* filter biasa hanya menggunakan satu media filtrasi berupa pasir. *Biosand* filter dual media merupakan adaptasi dari saringan *slow sand* tradisional yang telah digunakan untuk proses penyaringan atau penjernihan air, dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media porous yang dipengaruhi oleh diameter butir pasir dan batu apung dengan kecepatan tertentu. Wadah filter dapat dibuat dari beton atau plastik dan diisi dengan lapisan butiran pasir kuarsa, batu apung, ijuk, tempurung kelapa dan kerikil yang telah ditentukan *effective size* dan disiapkan secara khusus.

1) Netralisasi

Netralisasi adalah mengatur keasaman air baku yang bersifat asam dengan $\text{pH} < 7$ dinaikkan menjadi netral ($\text{pH} 7 - 8$), dengan cara pembubuhan alkali. Cara yang paling mudah dan murah yaitu dengan membubuhkan larutan air kapur /gamping. Tujuan netralisasi ini adalah untuk membantu efektivitas proses selanjutnya yaitu oksidasi dan koagulasi-flokulasi selain itu hal yang tidak kalah penting

adalah air olahan yang dihasilkan netral sesuai dengan kualitas air minum (pH 6-8,5).

2) Aerasi

Proses aerasi yaitu mengontakkan air baku dengan udara kususnya oksigen (O_2), dengan tujuan zat besi (Fe) dan mangan (Mn) yang terdapat dalam air baku teroksidasi dan selanjutnya membentuk senyawa besi dan mangan yang dapat diendapkan. Disamping itu proses aerasi juga berfungsi untuk menghilangkan gas-gas beracun yang tak diinginkan misalnya gas H_2S , methan, karbon dioksida dan gas-gas racun lainnya. Oksidasi mangan dengan oksigen dari udara tidak seefektif untuk besi, tetapi jika kadar mangannya tidak terlalu tinggi maka sebagian mangan dapat juga teroksidasi dan terendapkan.

3) Koagulasi - Flokulasi

Koagulasi dilakukan dengan pembubuhan bahan koagulan ke dalam air baku, dimana kotoran yang berupa koloid maupun suspensi yang ada di dalamnya menggumpal sehingga mudah diendapkan. Kotoran yang berupa koloid maupun suspensi halus, antara lain zat warna organik, lumpur halus, bakteri dan algae serta lainnya tidak dapat mengendap secara alamiah karena partikelnya sangat halus.

Selain itu pada umumnya partikel-partikel kotoran tersebut mempunyai kelebihan muatan

elektron negatif sehingga terjadi tolak-menolak antar partikel yang menyebabkan sulit mengendap. Oleh karena itu koagulasi dapat berjalan dengan baik apabila penyebabnya dapat dihilangkan yaitu dengan menetralisasi kelebihan muatan negatif partikel kotoran. Netralisasi tersebut dapat dilakukan dengan cara pembubuhan zat koagulan yaitu bahan atau alat yang mempunyai kemampuan menetralisir muatan negatif partikel kotoran dan kemampuan mengikat partikel-partikel tersebut.

4) Pengendapan

Tujuan pengendapan atau sedimentasi adalah mengendapkan gumpalan yang terjadi akibat proses koagulasi-flokulasi secara gravitasi, selain itu proses pengendapan ini mengurangi beban kerja filter. Pengendapan dilakukan dengan cara membiarkannya selama kurang lebih satu jam, tergantung pada besar kecilnya flok-flok yang terbentuk.

5) Filtrasi

Gumpalan partikel atau flok yang terjadi tidak semuanya dapat diendapkan. Flok-flok yang relatif kecil dan halus masih melayang-layang dalam air. Oleh karena itu, untuk mendapatkan air yang betul-betul jernih harus dilakukan penyaringan atau filtrasi. Filtrasi dilakukan dengan media penyaring yang terdiri dari kerikil, arang/karbon aktif, ijuk dan pasir

6) Desinfeksi

Langkah terakhir sebelum air hasil olahan digunakan adalah dengan melakukan desinfeksi. Desinfeksi sendiri adalah proses pembubuhan/penambahan zat kimia yang bertujuan untuk membunuh bakteri-bakteri pathogen yang terkandung pada air.

Berikut adalah gambar proses pengolahan air gambar :



Gambar 7. 12. Proses pengolahan air gambut

7.3 Depot Air Minum

Kebutuhan akan air minum sesuai dengan kemajuan zaman semakin meningkat, tetapi kemampuan pemerintah untuk memenuhi kebutuhan akan air minum tersebut masih

terbatas, sampai saat ini baru sekitar 70 % masyarakat yang sudah menikmati air minum dari PAM. Sedangkan sisanya masih memanfaatkan sumber air minum dengan berbagai sarana seperti sumur gali, perlindungan mata air, penampungan air hujan, dimana kualitas airnya masih sangat bervariasi.

Sejak tahun 1996, muncul teknologi yang cepat, murah dalam menghasilkan air minum yaitu pengolahan air minum melalui depot. Sebelumnya sudah ada air minum dalam bentuk kemasan, yang sumber airnya diambil dari mata air pegunungan, dengan harga yang lebih mahal dibandingkan dengan air produk depot. Air baku dari depot ini dulunya juga berasal dari sumber mata air pegunungan, tetapi sekarang juga ada yang memanfaatkan air tanah dengan sumur gali atau sumur bor.

Selain murah, mudah diperoleh, air minum isi ulang dianggap praktis karena masyarakat langsung dapat mengonsumsi air tersebut tanpa dimasak lagi. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi kualitas air minum isi ulang yaitu hygiene dan sanitasi depot, sarana pengolahan dan proses pengolahan air minum isi ulang. Proses pengolahan air minum isi ulang yang saat ini dilakukan diberbagai depot yang ada di masyarakat yaitu proses ozonisasi, ultraviolet (UV), dan *reversed osmosis* (RO). (lin, 2012).

Depot air minum adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen. Proses pengolahan air pada depot air minum pada prinsipnya adalah filtrasi (penyaringan) dan desinfeksi. Proses filtrasi dimaksudkan selain untuk memisahkan kontaminan tersuspensi juga

memisahkan campuran yang berbentuk koloid termasuk mikroorganisme dari dalam air, sedangkan desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh mikroorganisme yang tidak tersaring pada proses sebelumnya (Athena, 2004).

Pengertian dari air minum isi ulang adalah air yang diproduksi melalui proses penjernihan dan tidak memiliki merk (BPS, 2018). Depot air minum isi ulang adalah badan usaha yang mengelola air minum untuk keperluan masyarakat dalam bentuk curah dan tidak dikemas (Depkes, 2006). Menurut SK Menperindag No. 651/MPP/KEP/10/2004 yang dimaksud dengan depot air minum adalah usaha industry yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen (Kemenperindag, 2004). Air baku yang digunakan oleh depot air minum adalah air yang sudah memenuhi syarat secara fisik, yaitu tidak berbau, tidak berasa, tidak bewarna, dan jernih.

Depot air minum ini merupakan salah satu alternatif dari masyarakat untuk memenuhi kebutuhannya akan air minum, dimana keberadaanya sudah banyak dilingkungan masyarakat, dengan harga yang terjangkau.

1. Proses pengolahan air produk depot

Mekanisme proses produksi air minum pada depot menurut Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI No. 651/MPP/Kep/10/2004 tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum dan Perdagangan, yaitu (Kepmenperindag, 2004) :

a. Penampungan air baku dan pengangkutannya

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*) seperti *stainless stell*, *poly carbonat*, harus bebas dari bahan-bahan yang dapat mencemari air. Tangki pengangkut 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 kran
- 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 pengangkut harus dibersihkan dan desinfeksi bagian luar minimal 3 (tiga) bulan sekali. Air baku harus diambil sampelnya, yang jumlahnya cukup mewakili untuk diperiksa terhadap standart mutu yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan. Berikut ini contoh reservoir air baku depot air minum :



Gambar 7. 13. Reservoir air baku depot



Gambar 7. 14. Mobil tanki air

b. Penyaringan (filtrasi)

Setelah air baku dimasukkan kedalam reservoir, maka proses berikutnya adalah melakukan penyaringan. Tujuan penyaringan ini adalah untuk memisahkan semua partikel yang ada dalam air baku. Proses penyaringan pada depot meliputi :

- 1) Saringan berasal dari pasir atau saringan lain yang efektif dengan fungsi yang sama. Fungsi saringan pasir adalah menyaring partikel-partikel yang kasar. Bahan yang dipakai adalah butir-butir silica (SiO_2) minimal 80 %.
- 2) Saringan karbon aktif yang berasal dari batu bara atau batok kelapa berfungsi sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa klor, dan bahan organik. Daya serap terhadap Iodine (I_2) minimal 75%.
- 3) Saringan/filter lainnya yang berfungsi sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 (sepuluh) mikron.

Berikut ini, gambar saringan pada proses pengolahan air depot :



Gambar 7. 15. Proses penyaringan pada depot

c. Desinfeksi

Desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh kuman pathogen. Proses desinfeksi dengan menggunakan ozon (O_3) berlangsung dalam tangki atau alat pencampuran 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 25370 A dengan intensitas minimum 10.000 mw detik per cm^2 .

d. Alur pengolahan air minum pada depot

Alur pengolahan air baku menjadi air minum pada depot adalah sebagai berikut :

1) Pembilasan, pencucian dan sterilisasi wadah

Wadah yang dapat digunakan adalah wadah yang terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*) seperti stainless stell, poly carbonat atau poly vinyl carbonat dan bersih. Depot air minum wajib memeriksa wadah yang dibawa konsumen. Wadah yang akan diisi harus di sterilisasi dengan menggunakan ozon (O_3) atau air ozon (air yang mengandung ozon). Bilamana dilakukan pencucian maka harus dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis deterjen tara pangan (*food grade*) dan air bersih dengan suhu berkisar 60 – 85°C,

kemudian dibilas dengan air minum atau air produk secukupnya untuk menghilangkan sisa-sisa deterjen yang dipergunakan untuk mencuci.

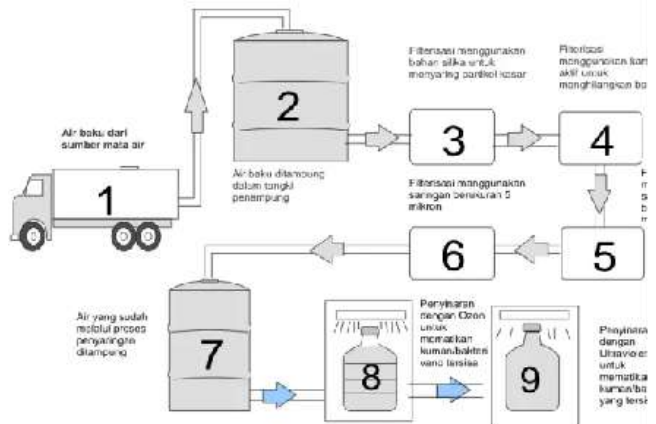
2) Pengisian

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

3) Penutupan

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

Berikut dapat dilihat alur pengolahan air minum pada depot :



Gambar 7. 16. Alur pengolahan air pada depot

2. Higiene sanitasi depot

Air produk depot sebagai air minum dijual dengan harga relatif murah dan bagi konsumen dirasa lebih praktis, karena air tersebut bisa langsung diminum tanpa memasaknya terlebih dahulu. Akan tetapi konsumen tidak menyadari bahwa telah banyak usaha depot air minum (DAM) yang dalam pelayanannya tidak memenuhi persyaratan, seperti tidak memperhatikan hygiene perorangan dimana saat proses pengisian air minum ditemukannya petugas yang merokok pada saat melayani konsumen serta tidak menggunakan pakaian kerja. Kualitas air minum juga di pengaruhi oleh keadaan sekitar depot yang kurang bersih, sanitasi yang kurang baik dan pengolahan air yang kurang maksimal. Hal ini dapat menimbulkan pencemaran air baik fisik, kimia maupun bakteriologi, yang nantinya dapat berpengaruh pada kualitas air minum sehingga dapat merugikan konsumen itu sendiri. Hygiene Sanitasi adalah usaha yang dilakukan untuk mengendalikan faktor-faktor air minum, penjamah, tempat dan perlengkapannya yang dapat atau mungkin dapat menimbulkan penyakit atau gangguan kesehatan lainnya

Berdasarkan Peraturan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI No. 651 tahun 2004, tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum dan perdagangannya, menyatakan bahwa ada tiga hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan depot air minum ini yaitu alat, bangunan, dan tenaga penjamahnya.

a. Alat

- 1) Alat dan perlengkapan yang dipergunakan untuk pengolahan air minum harus menggunakan peralatan yang sesuai dengan persyaratan kesehatan (food grade) seperti: a.
 - a) Pipa pengisian air baku.
 - b) Tandon air baku.
 - c) Pompa penghisap dan penyedot.
 - d) Filter.
 - e) Mikro filter.
 - f) Kran pengisian air minum curah.
 - g) Kran pencucian/pembilasan botol.
 - h) Kran penghubung (*hose*)
 - i) Peralatan sterilisasi.
 - 2) 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).
 - 3) Alat dan perlengkapan yang dipergunakan seperti mikro filter dan alat sterilisasi masih dalam masa pakai (tidak kadaluarsa).
- b. Bangunan

Bangunan depot harus kuat, aman, mudah dibersihkan, dan pemeliharaannya. Tata ruang usaha Depot Air Minum paling sedikit terdiri dari ruangan proses pengolahan, ruangan tempat penyimpanan, ruangan tempat pembagian/penyediaan dan ruang tunggu pengunjung. Aspek lain yang perlu diperhatikan adalah :

1) Lokasi

- a) Lokasi depot air minum harus berada di daerah yang 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) Lantai

Lantai depot Air Minum harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) Bahan kedap air.
- b) Permukaan rata, halus tetapi tidak licin, tidak menyerap debu dan mudah dibersihkan.
- c) Kemiringannya cukup untuk memudahkan pembersihan.
- d) Selalu dalam keadaan bersih dan tidak berdebu.

3) Dinding

Dinding depot air minum harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) Bahan kedap air.
- b) Permukaan rata, halus, tidak menyerap debu dan mudah dibersihkan.

- c) Wama dinding terang dan cerah.
 - d) Selalu dalam keadaan bersih, tidak berdebu dan bebas dari pakaian tergantung.
- 4) Loteng (langit-langit)
- a) Atap bangunan hams halus, menutup sempurna dan tahan terhadap air dan tidak bocor. Konstruksi atap dibuat anti tikus (*rodent proof*).
 - b) Bahan langit-langit, mudah dibersihkan, dan tidak menyerap debu.
 - c) Permukaan langit-langit hams rata dan berwarna terang.
 - d) Tinggi langit-langit minimal 2,4 meter dari lantai.
- 5) Pintu
- a) Bahan pintu hams kuat, tahan lama.
 - b) Permukaan rata, halus, berwarna terang dan mudah dibersihkan.
 - c) Pemasangan nyarapih sehingga dapat menutup dengan baik.
- 6) Pencahayaan
- Ruangan pengolahan dan penyimpanan mendapat penyinaran cahaya dengan minimal 10-20 *foot candle* atau 100-200 lux.
- 7) Ventilasi
- Untuk kenyamanan depot air minum harus diatur ventilasi yang dapat menjaga suhu yang nyaman dengan cara:

- a) Menjamin terjadi peredaran udara dengan baik.
 - b) Tidak mencemari proses pengolahan dan atau air minum.
 - c) Menjaga suhu tetap nyaman dan sesuai kebutuhan.
- 8) Pekarangan
- a) Permukaan rapat air dan cukup miring sehingga tidak terjadi genangan.
 - b) Selalu dijaga kebersihannya setiap saat.
 - c) Bebas dari kegiatan lain atau sumber pencemaran lainnya.
- 9) Pemeliharaan
- a) Pemilik/Penangguna jawab dan operator wajib memelihara sarana yang menjadi tanggungjawabnya.
 - 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).
- 10) Fasilitas sanitasi
- Depot Air Minum sedikitnya harus memiliki akses terhadap fasilitas sanitasi sebagai berikut: 1.
- 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.
- c. Tenaga penjamah
- Persyaratan sebagai tenaga penjamah/karyawan pada depot harus memenuhi hal berikut :
- 1) Karyawan harus sehat dan bebas dari penyakit menular.
 - 2) Bebas dari luka, bisul, penyakit kulit dan luka lain yang dapat menjadi sumber pencemaran.
 - 3) Dilakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala (minimal 2 kali setahun).
 - 4) Memakai pakaian kerja/seragam yang bersih dan rapih.
 - 5) Selalu mencuci tangan setiap kali melayani konsumen.
 - 6) Tidak berkuku panjang, merokok, meludah, menggaruk, mengorek hidung/telinga/gigi pada waktu melayani konsumen.
 - 7) Telah memiliki Surat Keterangan telah mengikuti Kursus Operator Depot Air Minum.
- d. Kualitas air minum produksi depot
- Air minum yang diproduksi oleh depot harus memenuhi syarat/standar baku mutu

kesehatan lingkungan berdasarkan Kepmenkes RI No. 2 tahun 2023. Untuk menjamin bahwa air minum produksi depot memenuhi syarat, maka dilakukan pengawasan secara internal dan eksternal dengan melakukan pengambilan sampel dan pemeriksaan kualitas (fisik, kimia, dan bakteriologis) secara periodik. Pengambilan sampel dilakukan di unit produksi dan unit pengisian galon/wadah air minum. Jumlah sampel yang diambil sebanyak satu buah pada masing-masing di unit produksi dan unit pengisian galon/wadah air minum.

BAB VIII

TEKNIK PENGAMBILAN SAMPEL AIR

8.1 Pendahuluan

Pengambilan contoh air (*water sampling*) merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari sistem pengukuran kualitas air, yaitu untuk mendapatkan data kualitas air yang akurat dan valid. Pengambilan sampel air untuk uji laboratorium bertujuan untuk mengetahui kandungan fisika, kimia, dan bakteriologis pada air. Untuk mendapatkan data hasil pengukuran yang valid (*representative*), diperlukan contoh air yang *representative*, metode analisis dengan tingkat akurasi dan presisi yang dapat diterima, peralatan dan instrumentasi yang terkalibrasi, dan sumber daya manusia (analisis atau laboran) yang dibekali dengan pengetahuan dan keterampilan yang memadai.

Pengertian contoh air yang *representative* adalah contoh air yang komposisinya sama dengan komposisi badan air (sungai, waduk, laut, sumur) yang akan diteliti kualitasnya. Jika contoh air yang akan dianalisis adalah contoh air yang karakteristiknya telah berubah dari karakteristik asalnya (sumber air), maka ketika dianalisis di laboratorium, data yang diperoleh adalah data yang tidak sama dengan kualitas badan air tersebut, sehingga data yang

diperoleh tidak *representative*, sehingga akan menimbulkan kesalahan dalam membuat kesimpulan tentang kualitas badan air tersebut, yang selanjutnya akan menimbulkan kesalahan yang lebih jauh, yaitu kesalahan dalam mengambil kebijakan yang akan diterapkan dalam rangka pengelolaan kualitas air tersebut.

Maksud dan tujuan pengambilan contoh air adalah mengumpulkan volume air dari badan air yang akan diteliti kualitasnya dengan volume sekecil mungkin tetapi karakteristik dan komposisinya masih sama dengan karakteristik badan air tersebut. Sedang pengukuran/pengujian sampel air bertujuan untuk memantau kualitas air secara jangka panjang, mengetahui apakah kualitas air sesuai untuk penggunaan yang diinginkan, mengidentifikasi area yang diduga terkontaminasi, mengetahui efisiensi proses pengolahan air. Sampel air dapat diambil dari berbagai lokasi, seperti instalasi pengolahan air, tangki penyimpanan, air ledeng, atau mata air alami, sungai, danau, waduk. Beberapa parameter yang umumnya dianalisis dalam pemeriksaan sampel air minum, antara lain kekeruhan, kandungan klorin, pH, kandungan bakteri *Escherichia coli* (E. coli), kandungan logam berat seperti yang tercantum dalam PMK No. 2 tahun 2023.

8.2 Pengambilan Sampel Uji Air

Pengambilan sampel uji air untuk pengujian fisika dan kimia ada beberapa Standar Nasional Indonesia (SNI) yang ditetapkan diantaranya :

1. SNI 8995:2021, Metode Pengambilan Contoh Uji Air untuk Pengujian Fisika dan Kimia
2. SNI 03-7016-2004, Tata Cara Pengambilan Contoh dalam Rangka Pemantauan Kualitas Air pada suatu Daerah Pengaliran Sungai
3. SNI 6964.8:2015, Metode Pengambilan Contoh Uji Air Laut

Ruang lingkup standar ini menetapkan metode pengambilan contoh uji air yang berada dalam badan air meliputi badan air permukaan (sungai, anak sungai, dan sejenisnya; danau dan sejenisnya; rawa dan lahan basah lainnya) dan akuifer untuk keperluan pengujian parameter fisika dan kimia air.

8.3 Prosedur Pengambilan Sampel Air

1. Perencanaan Pengambilan Sampel air
 - a. Menentukan tujuan pengambilan sampel air
 - b. Parameter uji
 - c. Metode pengambilan contoh/contoh
 - d. Menentukan peralatan pengambil contoh, peralatan pengukuran parameter lapangan, peralatan pendukung dan peralatan APD
 - e. Menentukan jumlah petugas
 - f. Menentukan jumlah, volume, dan jenis wadah sampel
 - g. Menentukan waktu, lokasi sampling, dan jenis sampel
 - h. Menentukan frekuensi sampling
 - i. Menyiapkan dokumentasi

- j. Pengamanan sampel (identifikasi/kode sampel, pengemasan, penyeselatan wadah jika perlu, transportasi, pengawetan)
- k. Pembuatan peta/sketsa titik pengambilan air

2. Persiapan Pengambilan Sampel

Sebelum melakukan pengambilan sampel air ke lapangan (badan air, instalasi pengolahan air minum jaringan perpipaan, dan non perpipaan), harus dipersiapkan hal-hal berikut :

- a) Personil
- b) Peralatan
- c) Peralatan uji parameter lapangan
- d) Prosedur pengambilan sampel
- e) Wadah sampel
- f) Bahan pengawet, jika diperlukan
- g) Dokumentasi
- h) Rekaman lapangan

3. Alat pengambil sampel air

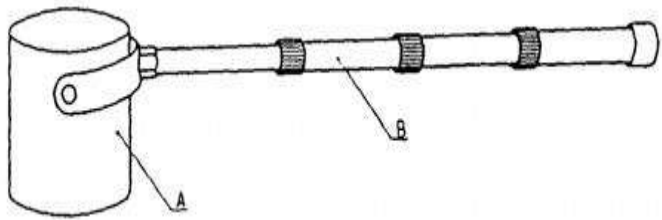
Alat pengambil sampel air/contoh harus memenuhi persyaratan seperti terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat sampel, mudah dicuci dari bekas sampel sebelumnya, sampel mudah dipindahkan ke dalam wadah penampung tanpa ada stersuspensi isi bahan di dalamnya, mudah dan aman di bawa, kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.

- a) Alat pengambil contoh uji sederhana

Alat pengambil contoh uji sederhana dapat berupa ember plastik yang dilengkapi dengan tali

atau gayung plastik yang bertangkai panjang (lihat Gambar 81), dengan catatan :

- 1) Dalam praktiknya, alat sederhana ini paling sering digunakan dan dipakai untuk mengambil air permukaan atau air sungai kecil yang relatif dangkal.
- 2) Gunakan ember plastik atau gayung plastik yang bukan dari bahan plastik daur ulang



Gambar 8. 1. Contoh alat pengambil contoh uji sederhana gayung

bertangkai panjang

Keterangan:

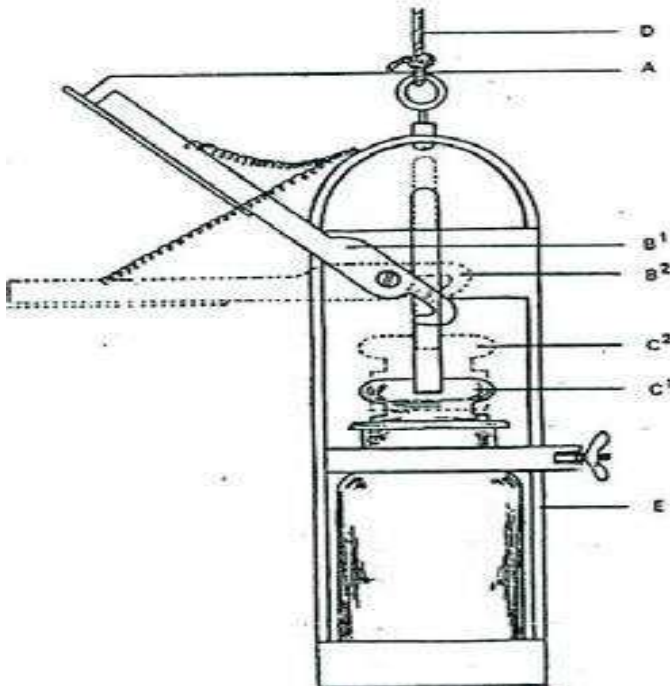
A : adalah pengambil contoh terbuat dari polietilen

B : adalah handle (tipe teleskopi yang terbuat dari aluminium atau *stainless steel*).

b) Alat pengambil contoh uji pada kedalaman tertentu

Alat pengambil contoh uji untuk kedalaman tertentu digunakan untuk mengambil contoh uji pada kedalaman yang telah ditentukan pada sungai yang relatif dalam, atau danau dan sejenisnya. Alat pengambil

contoh uji pada kedalaman tertentu dapat berupa botol dengan pemberat (lihat gambar 8.2)



Gambar 8. 2. Contoh alat pengambil contoh uji berupa botol dengan pemberat

Keterangan

A : pengait

B1 : tuas posisi tertutup

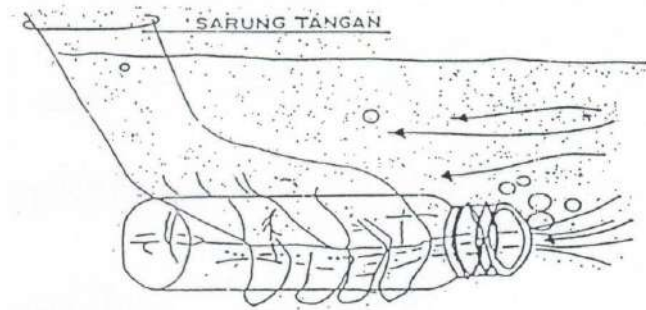
B2 : tuas posisi terbuka

C1 : tutup gelas botol contoh posisi tertutup

C2 : tutup gelas botol contoh posisi terbuka

D : tali penggantung

E : rangka metal botol contoh



Gambar 8. 3. Contoh alat pengambil air botol biasa secara langsung

4. Penentuan Lokasi dan Titik Pengambilan Sampel

Lokasi dan titik pengambilan contoh uji bergantung pada tujuan pengambilan contoh uji dan badan air yang dilakukan pengambilan contoh uji sebagaimana berikut ini.

- a. Lokasi dan Titik pengambilan sampel Uji air sungai, anak sungai dan sejenisnya
 - 1) Lokasi pengambilan sampel Uji air sungai, anak sungai dan sejenisnya
 - a) Sumber air alamiah, yaitu lokasi yang diperkirakan belum terjadi pencemaran
 - b) Sumber air yang dimanfaatkan, yaitu lokasi tempat pemanfaatan air
 - c) Sumber air yang tercemar, yaitu lokasi yang telah menerima air limbah
 - d) Lokasi masuknya air sungai ke danau dan sejenisnya/ laut

2) Titik Pengambilan Sampel Uji

Untuk menentukan jumlah titik pengambilan contoh uji air sungai, anak sungai, dan sejenisnya lakukan pengukuran debit air sungai yang dapat dilakukan dengan cara:

- a) Lakukan pengumpulan data karakteristik sungai, anak sungai, dan sejenisnya seperti lebar sungai, kedalaman sungai, dan debit rata-rata tahunan dari instansi yang berwenang;
- b) Jika data pada langkah 1) tidak tersedia, lakukan survey pendahuluan di lokasi pengambilan contoh uji;
- c) Lakukan pengukuran debit air secara representatif berdasarkan lebar, kedalaman, dan kecepatan aliran sungai
- d) Tentukan jumlah titik pengambilan contoh uji berdasarkan hasil pengukuran debit air seperti dibawah ini :

Titik pengambilan sampel uji air sungai, anak sungai dan sejenisnya berdasarkan debit air :

- (1) $< 5 \text{ m}^3/\text{detik}$: Titik pengambilan sampel uji di tengah sungai pada kedalaman $\frac{1}{2}$ kali kedalaman dan permukaan
- (2) $5 \text{ m}^3/\text{detik} - 150 \text{ m}^3/\text{detik}$: Titik pengambilan sampel uji pada 4 titik masing-masing pada jarak $\frac{1}{3}$ lebar sungai dan $\frac{2}{3}$ lebar sungai dengan

- kedalaman masing-masing titik 1/5 kali kedalaman dari permukaan dan 4/5 kali kedalaman dari permukaan
- (3) $>150 \text{ m}^3/\text{detik}$: Titik pengambilan sampel uji pada 6 titik pada jarak $\frac{1}{4}$ lebar sungai, $\frac{1}{2}$ lebar sungai, dan $\frac{3}{4}$ lebar sungai dengan kedalaman masing-masing titik 1/5 kali kedalaman dari permukaan dan 4/5 kali kedalaman dari permukaan

Untuk pengambilan contoh di sungai diperlukan alat bantu yaitu perahu atau jembatan. Jembatan merupakan tempat pengambilan contoh air yang paling ideal, karena mudah dicapai dan sangat membantu dalam pengambilan contoh air.

b. Lokasi dan Titik pengambilan sampel uji air danau dan sejenisnya

1) Lokasi pengambilan sampel uji air danau dan sejenisnya

Pengambilan contoh uji air danau dan sejenisnya disesuaikan dengan tujuan pengambilan contoh uji, umumnya dilakukan pada :

- a) Tempat masuknya sungai ke danau dan sejenisnya
- b) Di tengah danau dan sejenisnya
- c) Lokasi pemanfaatan air
- d) tempat keluarnya air dari danau dan sejenisnya

2) Titik Pengambilan sampel uji air danau dan sejenisnya

Lakukan penentuan jumlah titik pengambilan contoh uji air danau dan sejenisnya dengan langkah sebagai berikut:

- a) Lakukan pengumpulan data karakteristik danau dan sejenisnya seperti kedalaman dan luas dari instansi yang berwenang;
- b) Jika data pada langkah 1) tidak tersedia, lakukan survey pendahuluan di lokasi pengambilan contoh uji;
- c) Tentukan lapisan air danau dan sejenisnya berdasarkan suhu dengan cara stratifikasi sebagai berikut:
 - (1) Ukur kedalaman danau dan sejenisnya;
 - (2) Tentukan titik pengukuran suhu dalam satu kolom air;
 - (3) Lakukan pengukuran suhu sesuai titik yang telah ditentukan;
 - (4) Berdasarkan hasil pengukuran suhu, tentukan lapisan air danau dan sejenisnya
- d) Tentukan jumlah titik pengambilan sampel uji berdasarkan kedalam danau dan sejenisnya antara lain :
 - (1) < 10 m, titik pengambilan sampel uji 2 titik yaitu bagian permukaan dan dasar
 - (2) $10 \text{ m} - 30 \text{ m}$, Titik pengambilan sampel uji pada 3 titik yaitu

permukaan, lapisan metalimnion dan bagian dasar

(3) 31 m – 100 m, Titik pengambilan sampel uji pada 4 titik yaitu di permukaan, di lapisan metalimnion, di bagian atas dan bagian dasar lapisan hipolimnion

(4) > 100 m, Titik pengambilan sampel uji sesuai butir 3 dan dapat ditambahkan sesuai tujuan pengambilan contoh uji.

c. Lokasi dan Titik pengambilan sampel uji dari akuifer

1) Lokasi

Lokasi pengambilan contoh uji air dari akuifer disesuaikan dengan tujuan pengambilan contoh uji, memperhatikan pola arah aliran air tanah, dan dapat berasal dari akuifer tak tertekan atau akuifer tertekan

a) Akuifer tak tertekan

(1) Lokasi pengambilan contoh uji air dari akuifer tak tertekan ditentukan di: hulu dan hilir sesuai dengan arah aliran air tanah pada lokasi yang akan di pantau;

(2) Daerah pantai tempat terjadinya penyusupan air asin dan beberapa titik ke arah daratan, bila diperlukan;

(3) Tempat-tempat lain yang dianggap perlu tergantung pada tujuan pengambilan contoh uji.

b) Akuifer tertekan

Lokasi pengambilan contoh uji air dari akuifer tertekan ditentukan di:

- (1) Sumur produksi untuk pemenuhan kebutuhan perkotaan, pedesaan, pertanian, industri, dan sarana umum
- (2) Sumur-sumur pemantauan kualitas air tanah
- (3) Sumur observasi untuk pengawasan imbuhan (recharge)
- (4) Sumur observasi air tanah di suatu cekungan air dari akuifer artesis
- (5) Sumur observasi di wilayah pesisir tempat terjadinya penyusupan air asin
- (6) Sumur observasi penimbunan atau pengolahan limbah domestik atau limbah industri
- (7) Sumur lainnya sesuai tujuan pengambilan contoh uji.

2) Titik pengambilan

Titik pengambilan contoh uji air dari akuifer sesuai dengan asalnya dari akuifer tak tertekan atau akuifer tertekan.

a) Akuifer tak tertekan

Titik pengambilan contoh uji air dari akuifer tak tertekan ditentukan sesuai dengan tipe sumur sebagai berikut: (1) sumur gali: tentukan titik pengambilan contoh uji pada kedalaman 20 cm di bawah permukaan air; (2) sumur bor dengan pompa

tangan/mesin: tentukan titik pengambilan contoh uji pada keran/mulut pompa tempat keluarnya air.

b) Akuifer tertekan

Titik pengambilan contoh uji air dari akuifer tertekan ditentukan sesuai dengan tipe sumur sebagai berikut:

(1) Sumur bor eksplorasi Titik pengambilan contoh uji sesuai dengan yang telah ditentukan untuk keperluan eksplorasi

(2) Sumur observasi (sumur pantau) Tentukan titik pengambilan contoh uji pada sumur setelah air dalam sumur bor/pipa dibuang/dikuras sebanyak tiga kali volume air sumur atau dikuras sampai kering atau setelah pengukuran suhu, konduktivitas, atau pH air sumur konstan;

Sumur produksi Tentukan titik pengambilan contoh uji pada keran/mulut pompa keluarnya air.

5. Penentuan teknik pengambilan contoh uji

Tentukan teknik pengambilan contoh uji sesuai dengan tujuan pengambilan contoh uji berdasarkan teknik berikut ini:

a. Pengambilan contoh uji sesaat (*grab sampling*)

Istilah contoh air sesaat adalah contoh air yang diambil pada satu kali pengambilan dari satu lokasi. Dengan demikian data hasil pengukuran

hanya mewakili kualitas air pada saat dilakukan pengambilan dan pada titik pengambilan, oleh sebab itu, pengambilan contoh air sesaat (*grab sample*) ditujukan untuk badan air yang kualitasnya relatif stabil terhadap perubahan musim dan perubahan kedalaman badan air. Contohnya air sumur dalam, kualitas airnya relatif stabil sehingga dengan pengambilan contoh sesaat, dapat mewakili kualitas badan air tersebut. Pengambilan contoh sesaat juga digunakan untuk studi pendahuluan, yaitu untuk mengetahui kualitas badan air secara umum.

Catatan pertama, lakukan teknik pengambilan contoh uji sesaat apabila kondisi lokasi pengambilan contoh uji diasumsikan homogen atau konstan maupun parameter khusus yang menurut sifat dan karakteristik harus diambil secara sesaat.

b. Contoh air komposit (*Composite Sample*)

Contoh air komposit (*composite sample*) adalah contoh air campuran yang diambil dari satu lokasi, dengan beberapa kali periode pengambilan dalam rentang waktu tertentu. Kemudian contoh-contoh air tersebut digabungkan dicampurkan menjadi satu contoh.

Periode pengambilan contoh pada umumnya dilakukan selama 24 jam (siang malam) dengan frekuensi pengambilan contoh setiap 1, 2 atau 3 jam sekali atau pengambilan secara kontinyu selama 24 jam menggunakan pompa dengan debit yang konstan. Dengan demikian data hasil

pengukuran contoh air komposit merupakan data kualitas air rata-rata selama selang waktu tertentu.

Pengambilan contoh air secara komposite ditujukan untuk badan air yang kualitasnya berubah terhadap waktu, Misalnya sungai yang diduga dicemari oleh buangan domestik (buangan rumah tangga), maka dapat dipastikan bahwa kualitas air tersebut akan berubah setiap waktu, tergantung kepada adanya air buangan domestik yang masuk, maka untuk mengetahui kualitas air sungai tersebut tidak cukup hanya dengan satu kali pengambilan contoh air (*grab sampel*), tetapi harus dilakukan pengambilan contoh selama waktu tertentu (umumnya 24 jam atau 1 minggu) dengan rentang waktu pengambilan tertentu, kemudian contoh air tersebut digabungkan. Data hasil pengukuran contoh air komposite tersebut merupakan data kualitas rata-rata badan air tersebut selama rentang waktu tertentu (umumnya 24 jam atau 1 minggu).

Pengambilan contoh air secara komposit dapat dilakukan untuk badan air yang kualitas airnya berubah terhadap perubahan tempat. Maka pengambilan contoh air harus dilakukan pada beberapa lokasi, kemudian digabungkan. Jika untuk mengetahui kualitas air sungai dengan lebar sungai yang cukup lebar, maka pengambilan contoh air pada satu lokasi tidak cukup menggambarkan kualitas air rata-rata dari sungai tersebut. Maka harus dilakukan pengambilan contoh pada beberapa lokasi, sepanjang lebar

sungai tersebut, kemudian contoh-contoh air tersebut digabungkan menjadi satu contoh. Pengambilan sampel komposit bisa dalam bentuk :

- 1) Pengambilan contoh uji gabungan waktu
- 2) Pengambilan contoh uji gabungan tempat
- 3) Pengambilan contoh uji gabungan kedalaman
- 4) Pengambilan contoh uji gabungan waktu dan tempat

6. Penentuan volume contoh uji, waktu, dan frekuensi pengambilan contoh uji air

Volume contoh yang diambil untuk keperluan pemeriksaan lapangan dan laboratorium bergantung dari jenis pemeriksaan yang diperlukan sebagai berikut:

- a. Untuk pemeriksaan sifat fisik air diperlukan lebih kurang 2 liter
- b. Untuk pemeriksaan sifat kimia air diperlukan lebih kurang 5 liter
- c. Untuk pemeriksaan bakteriologi diperlukan lebih kurang 100 ml
- d. Secara keseluruhan sampel dibutuhkan lebih kurang 2-5 liter
- e. Tentukan waktu dan frekuensi pengambilan contoh uji sesuai dengan tujuan pengambilan contoh uji.

7. Penentuan wadah contoh uji

- a. Tentukan wadah contoh uji sesuai persyaratan berikut:
 - 1) Terbuat dari bahan gelas, plastik polipropilena (PP), polietilena (PE), atau PTFE

- 2) Terbuat dari bahan yang tidak bereaksi dengan contoh
- 3) Dapat ditutup dengan kuat dan rapat;
- 4) Bersih dan bebas kontaminan;
- 5) Tidak mudah pecah atau bocor;
- 6) Mudah dan aman saat transportasi.
- b. Tentukan jenis wadah contoh uji sesuai dengan parameter yang akan diuji
 - 1) Tentukan volume wadah contoh uji sesuai dengan volume contoh uji berdasarkan parameter yang akan diuji
 - 2) Tentukan jumlah wadah contoh uji sesuai dengan jumlah parameter yang akan diuji.
8. Penentuan cara pengawetan dan batas maksimum waktu simpan contoh uji air
 - a. Tentukan cara pengawetan contoh uji sesuai dengan parameter yang akan diuji
 - b. Bahan kimia untuk pengawetan harus memenuhi persyaratan bahan kimia untuk analisis dan tidak mengganggu atau mengubah kadar analit yang akan diuji.
9. Penentuan petugas pengambil contoh uji air
 - a. Tentukan petugas pengambil contoh uji yang kompeten sesuai dengan kualifikasi yang dipersyaratkan;
 - b. Petugas pengambil contoh uji harus memahami:
 - 1) Sistem manajemen mutu laboratorium

- 2) Pengambilan contoh uji, pengendalian mutu pengambilan contoh uji, dan pengujian parameter lapangan
- 3) Parameter kualitas lingkungan
- 4) Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
- 5) Pengelolaan limbah laboratorium
- 6) Identifikasi dan pengendalian risiko.

10. Persiapan pengambilan contoh uji

a. Persiapan peralatan

- 1) Siapkan semua alat pengambil contoh uji, alat pengukuran parameter lapangan, dan peralatan pendukung sesuai dokumen perencanaan;
- 2) Pastikan semua peralatan dalam keadaan baik dan layak digunakan;
- 3) Lakukan kalibrasi atau pengecekan alat pengukuran parameter lapangan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat;
- 4) Cuci alat pengambil contoh uji air dan peralatan pendukung (contoh: kotak pendingin dan sistem penyaringan vakum).

b. Persiapan wadah contoh uji

- 1) Siapkan jenis, volume, dan jumlah wadah contoh uji sesuai dengan dokumen perencanaan;
- 2) Lakukan pencucian wadah contoh uji sesuai dengan parameter yang akan diuji (lihat bagian pencucian wadah)
- 3) Beri label berbahan tahan air pada wadah contoh uji.

c. Pencucian wadah

- 1) Pencucian wadah contoh uji untuk pengujian parameter logam total dan logam terlarut. Siapkan wadah contoh uji dengan langkah kerja sebagai berikut:
 - a) Cuci wadah gelas atau plastik PE, PP, atau PTFE beserta tutupnya dengan deterjen bebas fosfat kemudian bilas dengan air keran;
 - b) Bilas dengan asam nitrat (HNO_3) 1:1, kemudian bilas lagi dengan air bebas mineral sebanyak 3 kali dan keringkan
 - c) Setelah kering, tutup wadah dengan rapat
 - d) Beri label berbahan tahan air pada wadah contoh uji.
- 2) Pencucian wadah contoh uji untuk pengujian parameter anorganik non logam. Siapkan wadah contoh uji dengan langkah kerja sebagai berikut:
 - a) Cuci wadah beserta tutupnya dengan deterjen bebas fosfat, kemudian bilas dengan air keran
 - b) Bilas kembali dengan air bebas mineral sebanyak 3 kali dan keringkan
 - c) Setelah kering, tutup wadah dengan rapat.
- 3) Pencucian wadah contoh uji untuk pengujian parameter BOD, COD, posfor nitrogen, nitrit, nitrat, dan ammonia.

Siapkan wadah contoh uji dengan langkah kerja sebagai berikut:

- a) Cuci wadah gelas atau plastik PE, PP, atau PTFE beserta tutupnya dengan deterjen bebas fosfat kemudian bilas dengan air keran
 - b) Bilas dengan asam klorida (HCl) 1:1, kemudian bilas kembali dengan air bebas mineral sebanyak 3 kali dan keringkan
 - c) Setelah kering, tutup wadah dengan rapat.
- 4) Pencucian wadah contoh uji untuk pengujian parameter senyawa organik yang dapat diekstraksi (termasuk minyak lemak, minyak mineral, dan pestisida)
- Siapkan wadah contoh uji dengan langkah kerja sebagai berikut:
- a) Cuci wadah gelas beserta tutupnya dengan deterjen bebas fosfat, bilas dengan air keran, kemudian bilas dengan air bebas mineral
 - b) Bilas wadah gelas beserta tutupnya dengan 10 mL aseton, kemudian kocok wadah agar aseton tersebar merata di permukaan dalam wadah serta mengenai lining PTFE dalam tutup, kemudian buang aseton pada tempat pengumpulan limbah

- c) Keringkan wadah kemudian tutup wadah dengan rapat agar tidak terjadi kontaminasi baru.

Penanganan limbah sisa pencucian yang menggunakan larutan pembilas seperti HNO_3 , HCl , atau aseton dikelola sesuai dengan kebijakan dan prosedur pengelolaan limbah di laboratorium.

11. Bahan

Bahan yang diperlukan untuk pengambilan sampel air adalah :

- a. Air kran
- b. Air bebas mineral
- c. Deterjen bebas fosfat
- d. Larutan pembilas wadah contoh uji, misal: HNO_3 , HCl , aseton
- e. Bahan pengawet contoh uji sesuai dokumen perencanaan
- f. Media penyaring dengan ukuran pori $0,45 \mu\text{m}$ yang tidak mengandung zat yang akan diuji atau kandungan zat yang akan diuji dalam contoh uji jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang terkandung di dalam media penyaring
- g. Label dan tisu

12. Peralatan

Peralatan yang dibutuhkan untuk kegiatan pengambilan sampel air adalah:

- a. Alat pengambil contoh uji

Alat pengambil contoh uji sesuai dengan dokumen perencanaan pengambilan sampel/contoh uji

b. Wadah contoh uji

Wadah contoh uji sesuai dengan dokumen perencanaan pengambilan sampel/contoh uji

c. Peralatan pengukuran parameter lapangan

1) pH meter

2) Termometer

3) DO meter atau peralatan pengujian DO dengan metode Winkler

Aalat pengukur transparansi atau kecerahan (*secchi disc*) jika melakukan pengambilan contoh uji air danau dan sejenisnya

4) Alat pengukur laju alir

5) Alat pengukur waktu (stopwatch)

6) Alat pengukur kedalaman (*depth sounder* atau *water level meter* atau tali yang telah dilengkapi pemberat dan terukur panjangnya)

7) Meteran.

d. Peralatan pendukung

1) Kotak pendingin, dapat menyimpan wadah contoh uji serta bahan pendingin sehingga suhu tetap terjaga pada $\leq 6^{\circ}\text{C}$

2) Sistem penyaringan vakum atau sistem penyaring lainnya

3) Alat penentu titik koordinat (Global Position System/GPS)

4) Alat dokumentasi (contohnya kamera)

- 5) Alat tulis tahan air
- 6) Botol semprot
- 7) Alat pelindung diri antara lain: baju lapangan, masker, sarung tangan, kacamata pengaman (*safety goggles*), sepatu pengaman (*safety shoes*), topi pengaman (*safety helmet*), dan baju pelampung (*life jacket*).

13. Cara Pengambilan contoh uji

Setelah semua persiapan, alat, dan bahan sudah lengkap semua, maka langkah selanjutnya adalah pengambilan sampel air atau contoh uji, yang akan dibawa dan diperiksa di laboratorium. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

a. Cara pengambilan contoh uji secara umum

Lakukan pengambilan contoh uji sesuai dokumen perencanaan pengambilan contoh uji , dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Ukur penampang badan air dan/atau laju alir air dan/atau kedalaman badan air jika belum ada data sekunder;
- 2) Siapkan alat pengambil contoh uji sesuai dengan jenis sampel air yang akan diambil
- 3) Bilas alat pengambil contoh uji dengan air yang akan diambil minimal tiga kali pembilasan;
- 4) Ambil contoh uji pada badan air sesuai kebutuhan
- 5) Untuk parameter tertentu, ambil contoh uji sesuai parameter

- 6) Masukkan contoh uji yang telah diambil ke dalam wadah contoh uji;
 - 7) Ukur segera parameter lapangan yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan seperti pH, oksigen terlarut, dan temperatur
 - 8) Lakukan perlakuan pendahuluan contoh uji
 - 9) Catat identitas pada label setiap wadah yang telah berisi contoh uji, kemudian simpan contoh uji dalam kotak pendingin;
 - 10) Lakukan rangkaian pengamanan contoh uji
 - 11) Catat dan laporkan seluruh rangkaian kegiatan pengambilan contoh uji dalam formulir rekaman data lapangan.
- b. Cara pengambilan contoh uji air sungai, anak sungai, dan sejenisnya
- Ambil contoh uji dengan teknik pengambilan contoh uji sesaat (*grab sampling*) atau teknik pengambilan contoh uji gabungan (*composite sampling*) pada titik pengambilan contoh uji
- c. Cara pengambilan contoh uji air danau dan sejenisnya
- Ukur transparansi/kecerahan kemudian ambil contoh uji dengan teknik pengambilan contoh uji sesaat (*grab sampling*) atau teknik pengambilan contoh uji gabungan (*composite sampling*) pada titik pengambilan contoh uji.
- d. Cara pengambilan contoh uji air rawa dan lahan basah lainnya
- Ambil contoh uji dengan teknik pengambilan contoh uji sesaat (*grab sampling*) atau teknik

pengambilan contoh uji gabungan (composite sampling) pada lokasi dan titik pengambilan contoh uji yang telah ditentukan.

e. Cara pengambilan contoh uji air dari akuifer

- 1) Catat informasi terkait sumur seperti jenis sumur, konstruksi sumur, tahun pembuatan, pemilik sumur, dan lokasi atau denah sumur ke dalam formulir rekaman data lapangan
- 2) Koordinat dan elevasi dengan alat GPS, bila diperlukan;
- 3) Ukur tinggi dan diameter sumur
- 4) Ukur muka air tanah dan kedalaman sumur
- 5) Catat semua hasil pengukuran dalam formulir rekaman data lapangan
- 6) Ambil contoh uji sesuai peruntukannya.

f. Cara pengambilan contoh uji pada sumur bor

- 1) Cara pengambilan contoh uji pada sumur produksi
Buka kran air sumur produksi dan biarkan air mengalir selama 1 menit – 2 menit. Tampung contoh uji dalam wadah contoh uji sesuai dokumen perencanaan.
- 2) Cara pengambilan contoh uji pada sumur pantau
 - a) Kuras sumur pantau sebanyak tiga kali volume air sumur atau kuras sampai kering atau ukur suhu, konduktivitas, atau pH air sumur hingga konstan;
 - b) Tunggu sampai air terkumpul kembali, lalu ambil contoh uji menggunakan pompa peristaltik atau alat Bailer

sesuai petunjuk penggunaan alat dan pindahkan contoh uji ke dalam wadah contoh uji

- g. Cara pengambilan contoh uji pada sumur gali
Lakukan pengambilan contoh uji pada sumur gali, dengan langkah-langkah sebagai berikut:
- 1) Baca petunjuk penggunaan alat pengambil contoh uji
 - 2) Siapkan alat pengambil contoh uji sesuai dengan jenis sampel air yang akan diambil
 - 3) Bilas alat pengambil contoh uji dengan air yang akan diambil minimal tiga kali pembilasan
 - 4) Ambil sampel air pada sumur gali sesuai kebutuhan
 - 5) Untuk parameter tertentu, ambil contoh uji sesuai parameter
 - 6) Turunkan alat pengambil contoh uji ke dalam sumur sampai kedalaman tertentu (20-30 cm) dari permukaan air
 - 7) Setelah terisi contoh uji, angkat alat pengambil sampel secara perlahan-lahan;
 - 8) Pindahkan contoh uji dari alat pengambil contoh uji ke dalam wadah.
- h. Parameter Bakteriologis
- 1) Peralatan yang digunakan
 - a) Botol sampel
 - b) Tali/ benang
 - c) Kertas pembungkus botol
 - d) Autoclav, untuk mensterilkan
 - e) Lampu spiritus

- f) Kapas beralkohol
 - g) Termometer, untuk mengukur suhu
 - h) pH meter, untuk mengukur pH
 - i) Label
- 2) Teknik Pengambilan sampel air
- Pengambilan sampel dari jaringan pipa sumur pompa
- (1) Botol sampel terlebih dahulu disterilkan
 - (2) Kran buka, biarkan air mengalir 2-3 menit, dan tutup kembali
 - (3) Sterilkan ujung pipa dengan cara membakar dengan lampu spiritus
 - (4) Kran dibuka, lakukan selanjutnya pengambilan sampel dengan terlebih dahulu dilakukan pembilasan botol sampel
 - (5) Setelah terisi penuh, botol sampel diangkat dan airnya dibuang sehingga tersisa $\frac{2}{3}$ volume botol sampel
 - (6) Botol sampel diberi label (lokasi, jam dan tanggal pengambilan sampel, diambil oleh, jenis parameter yang akan diperiksa)

Pengambilan sampel dari reservoir, mata air dan sumur gali

- (1) Botol sampel terlebih dahulu disterilkan
- (2) Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan botol sampel yang diberi pemberat dan tali
- (3) Kertas pembungkus dibuka, botol dipegang pada bagian bawah, sehingga tangan tidak bersentuhan dengan botol sampel
- (4) Tali dibuka, botol sampel diturunkan perlahan-lahan sehingga mulut botol terendam dalam air sekitar 30 cm
- (5) Setelah terisi penuh, botol sampel diangkat dan airnya dibuang sehingga tersisa $2/3$ volume botol sampel
- (6) Botol sampel diberi label (lokasi, jam dan tanggal pengambilan sampel, diambil oleh, jenis parameter yang akan diperiksa)

Pengambilan sampel pada sungai

Sampel air diambil pada bagian air yang mengalir dan dekat dengan permukaan air. Untuk sungai yang lebar dan luas sampel diambil ditepi minimal 1 meter dari penggir sungai. Botol sampel diberi label

(lokasi, jam dan tanggal pengambilan sampel, kode sampel, diambil oleh, jenis parameter yang akan diperiksa.

Penyehatan Air:

Panduan Praktis untuk mahasiswa dan sanitarian

BAB IX

UJI STANDAR BAKU MUTU AIR MINUM

Air Minum adalah air yang melalui pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air Minum digunakan untuk keperluan untuk keperluan minum, masak, mencuci peralatan makan dan minum, mandi, mencuci bahan baku pangan yang akan dikonsumsi, peturasan, dan ibadah.

Standar baku mutu kesehatan lingkungan media air minum dituangkan dalam parameter yang menjadi acuan air minum aman. Parameter yang dimaksud meliputi parameter fisik, parameter mikrobiologi, parameter kimia serta radioaktif. Dalam Peraturan Menteri ini, parameter dibagi menjadi parameter utama dan parameter khusus. Penetapan tambahan parameter khusus menjadi tanggung jawab pemerintah daerah melalui kajian ilmiah.

Standar baku mutu kesehatan lingkungan media air minum ini sebagai acuan bagi penyelenggara air minum, petugas sanitasi lingkungan di puskesmas, dinas kesehatan provinsi, dinas kesehatan kabupaten/kota, dan pemangku kepentingan terkait. Upaya penyehatan dilakukan melalui pengamanan dan pengendalian kualitas air minum yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas air minum memberikan manfaat yang signifikan bagi kesehatan masyarakat.

Sasaran untuk penetapan standar baku mutu kesehatan lingkungan media air minum diperuntukkan bagi penyelenggara dan produsen/penyedia/penyelenggara air minum yang dikelola dengan jaringan perpipaan, bukan jaringan perpipaan, dan komunal, baik institusi maupun non institusi di permukiman, tempat kerja, tempat rekreasi serta tempat dan fasilitas umum. Sasaran tersebut di atas harus memeriksakan seluruh parameter wajib

Dengan adanya standar baku mutu air minum ini, orang dapat mengukur/menguji berbagai kualitas sumber air minum apakah memenuhi syarat atau tidak. Apabila tidak memenuhi standar baku mutu air minum, berarti pada sumber air minum tersebut telah mengalami penyimpangan, yang dapat menimbulkan risiko pada masyarakat seperti gangguan kesehatan (penyakit), gangguan teknis, dan gangguan aestetika.

Di Indonesia, standar baku mutu air minum dan air untuk keperluan higiene sanitasi berpedoman kepada Permenkes RI No. 2 tahun 2023. Sedangkan bagi negara yang belum mempunyai standar baku mutu air minum, dapat berpedoman pada standar yang ditetapkan oleh WHO, atau standar lainnya.

Menurut Permenkes RI Nomor 2 tahun 2023, standar baku mutu air minum untuk parameter wajib dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. 1. Parameter Wajib Air Minum

No	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
A	Mikrobiologi			
1	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
B	Fisik			
1	Suhu	Suhu udara ± 3	°C	SNI/APHA
2	Total Disolved Solid	< 300		SNI/APHA
3	Kekeruhan	< 3		SNI atau setara
4	Warna	10		SNI/APHA
5	Bau	Tidak berbau		APHA
C	Kimia			
1	pH	6,5 – 8,5	-	SNI/APHA
2	Nitrat (NO ³)	20	Mg/l	SNI/APHA
3	Nitrit (NO ²)	3	Mg/l	SNI/APHA
4	Chromium	0,01	Mg/l	SNI/APHA

Air untuk keperluan an higiene dan sanitasi adalah air yang digunakan untuk keperluan an higiene peran

	valensi 6			
5	Besi	0,2	Mg/l	SNI/APHA
6	Mangan	0,1	Mg/l	SNI/APHA
7	Sisa Klor	0,2 – 0,5 dengan waktu kontak 5 menit	Mg/l	SNI/APHA
8	Arsen	0,01	Mg/l	SNI/APHA
9	Kadmium	0,003	Mg/l	SNI/APHA
10	Timbal	0,01	Mg/l	SNI/APHA
11	Flouride	1,5	Mg/l	SNI/APHA
12	Alluminium	0,2	Mg/l	SNI/APHA

gan dan/atau rumah tangga. Penerapan standar baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi diperuntukkan bagi rumah tangga yang mengakses air secara mandiri atau yang memiliki sumber air sendiri untuk keperluan sehari-hari. Berikut ini adalah parameter untuk standar baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi.

Tabel 9. 2. Parameter Air Untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi

No	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
A	Mikrobiologi			
1	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA

2	Total Coliform	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
B	Fisik			
1	Suhu	Suhu udara ± 3	°C	SNI/APHA
2	Total Disolved Solid	< 300		SNI/APHA
3	Kekeruhan	< 3		SNI atau setara
4	Warna	10		SNI/APHA
5	Bau	Tidak berbau		APHA
C	Kimia			
1	pH	6,5 – 8,5	-	SNI/APHA
2	Nitrat (NO ³)	20	Mg/l	SNI/APHA
3	Nitrit (NO ²)	3	Mg/l	SNI/APHA
4	Chromium valensi 6	0,01	Mg/l	SNI/APHA
5	Besi	0,2	Mg/l	SNI/APHA
6	Mangan	0,1	Mg/l	SNI/APHA

Untuk menguji apakah air yang digunakan oleh masyarakat sebagai air minum, dan air untuk keperluan higiene dan sanitasi, maka setiap parameter tersebut harus diperiksa/d iuji di laboratoriu m. Sehingga hasilnya

nanti dapat menentukan, apakah air tersebut memenuhi standar baku mutu atau tidak. Berikut ini adalah bentuk uji/pemeriksaan untuk para meter fisik, kimia, dan biologi terhadap air yang akan digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

9.1 Pemeriksaan Fisik Air Minum (SNI: 6989.80:2011)

1. Uji warna dengan Spektrofotometri

a. Alat

Alat yang digunakan untuk uji warna pada air minum adalah :

- 1) Spektrofotometer
- 2) Kuvet dengan panjang (*path length*) minimal 2.5 cm
- 3) Labu ukur 100 mL
- 4) Pipet volumetrik 1.0 mL, 2.0 mL, 3.0 mL, 4.0 mL, 5.0 mL dan 10.0 mL
- 5) Gelas piala
- 6) Kertas saring dengan ukuran pori 0.45 μm
- 7) Timbangan analitik dengan ketelitian 0.1 mg

b. Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk uji warna pada air minum adalah :

- 1) Air bebas mineral
- 2) Kalium heksakloroplatinat (K_2PtCl_6) pa
- 3) Kobal klorida ($\text{CoCl}_{2.6}\text{H}_2\text{O}$) pa
- 4) Asam klorida (HCl) pa
- 5) Natrium hidroksida (NaOH) pa

c. Prosedur kerja

- 1) Persiapan contoh uji, langkah-langkahnya adalah :

- a) Analisa contoh uji dilakukan sebelum 24 jam, bila tidak contoh uji disimpan pada suhu $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama maksimal 48 jam
 - b) Kondisikan contoh uji sampai suhu kamar
 - c) Atur pH contoh uji hingga 7 dengan menambahkan HCl atau NaOH dan catat pengaturannya, jika nilai pH diluar kisaran 4 - 10
 - d) Cuci kertas saring berpori $0.45\ \mu\text{m}$ dan penyaring dengan melewati sekurang-kurangnya 50 mL air bebas mineral
 - e) Saring contoh uji, buang 25 mL filtrat pertamanya, tampung kira-kira 50 mL filtrat selanjutnya
 - f) Contoh uji siap ukur
- 2) Pembuatan kurva kalibrasi
- a) Hidupkan alat dan optimalkan alat uji spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian warna
 - b) Pilih panjang gelombang dengan serapan maksimum diantara 450 nm dan 465 nm
 - c) Ukur serapan masing-masing larutan kerja yang telah dibuat, kemudian catat dan plotkan terhadap unit Pt-Co
 - d) Buat kurva kalibrasi dan tentukan persamaan garis lurusnya
 - e) Jika koefisien korelasi regresi linier (r) < 0.995, periksa kondisi alat dan ulangi hingga diperoleh nilai koefisien $r \geq 0.995$.
- 3) Pengukuran contoh uji

- a) Ukur serapan contoh uji pada panjang gelombang dengan serapan maksimum yang telah ditentukan
- b) Hitung nilai unit warna dari kurva kalibrasi
- d. Perhitungan

Warna, unit Pt-Co = $C \times fp$ (1)

Keterangan:

- a) C adalah nilai yang didapat dari kurva kalibrasi, dinyatakan dalam unit Pt-Co
- b) Fp adalah faktor pengenceran



2. Uji Kekeruhan dalam air minum

- 1) Alat :
 - a) Photometer
- 2) Bahan:
 - a) Air minum dan aquades
- 3) Prosedur Kerja :
 - a) Nyalakan Photometer
 - b) Pilih menu “select test/pilih tes”
 - c) Pilih “parameter yang diuji”
 - d) Lakukan proses blanking menggunakan sampel yang ingin diuji (sejajarkan tabung sesuai dan selalu gunakan tutup tabung)

- e) Tunggu proses blanking selesai, photometer siap untuk proses pengukuran
- f) Masukkan sampel (air minum) yang telah difilter dan pilih “measure”
- g) Tunggu photometer melakukan pembacaan dan hasil akan di tampilkan dilayar

9.2 Pemeriksaan kimia Air Minum

1. Uji klorin dan klorida dengan Metode Argentometri (SNI: 06-6989.19-2004)

1) Alat

- a) Buret 50 mL atau alat titrasi lain dengan skala yang jelas
- b) Labu erlenmeyer 100 mL dan 250 mL
- c) Labu ukur 100 dan 1000 mL
- d) Gelas ukur 100 mL
- e) Pipet volume 25 mL dan 50 mL
- f) Pipet ukur 10 mL
- g) Gelas piala 250 mL dan 1000 mL
- h) Spatula
- i) Alat pengukur pH
- j) Pengaduk magnet
- k) Corong gelas
- l) Pemanas listrik
- m) Timbangan analitik
- n) Gelas arloji
- o) Oven
- p) Botol semprot
- q) Botol cokelat
- r) Desikator

2) Bahan

- a) Air suling bebas klorida
- b) Larutan natrium klorida (NaCl) 0,0141 N
- c) Kertas saring bebas klorida berukuran pori 0.45 μm
- d) Larutan indikator kalium kromat (K_2CrO_4) 5% b/v
- e) Larutan baku perak nitrat (AgNO_3) 0,0141 N
- f) Suspensi ammonium hidroksida
- g) Indikator fenol ftalein
- h) Larutan natrium hidroksida (NaOH) 1N
- i) Larutan asam sulfat (H_2SO_4) 1N
- j) Hidrogen peroksida (H_2O_2) 30%.

3) Prosedur kerja

- a) Gunakan 100 mL contoh uji air secara duplo, masukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL. Buat larutan blanko.
- b) Tambahkan 1 mL larutan indikator K_2CrO_4 5%
- c) Titrasi dengan larutan baku AgNO_3 sampai titik akhir titrasi yang ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna merah kecoklatan dari Ag_2CrO_4 . Catat volume AgNO_3 yang digunakan.
- d) Lakukan titrasi blanko, seperti langkah 4.6.c. sampai dengan 4.6.d terhadap 100 mL air suling bebas klorida (titrasi larutan blanko biasanya memerlukan 0,2 mL sampai dengan 0,3 mL larutan baku AgNO_3).

- e) Ulangi titrasi tersebut tiga kali (dengan titik akhir titrasi yang konsisten), rata-ratakan volume AgNO_3 yang diperoleh.
- f) Buat spike matrix dengan cara sebagai berikut :
 - (1) Ambil 95 mL contoh uji yang memiliki pH 7 sampai dengan pH 10, tambahkan 5,0 mL larutan baku natrium klorida, NaCl 0,0141 N.
 - (2) Masukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL. Lakukan langkah 4.6 b) sampai dengan 4.6 c)
- 4) Perhitungan
Kadar Cl^-
$$(\text{mg/L}) = (A - B) \times N \times 35,450 / V$$

Keterangan :

A = adalah volume larutan baku AgNO_3 untuk titrasi contoh uji (mL)

B = adalah volume larutan baku AgNO_3 untuk titrasi blanko (mL)

N = adalah normalitas larutan baku AgNO_3 (mgrek/mL)

V = adalah volume contoh uji (mL)

2. Uji Alluminium (Al) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) SNI: 06-6989.34-2005

- 1) Alat
 - a) Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
 - b) Alat pemanas
 - c) Corong gelas
 - d) Labu ukur 100 mL dan 1000 mL

- e) Gelas ukur 100 mL
 - f) Gelas piala 100 mL
 - g) Pipet volumetrik 1.0 mL, 2.0 mL, 5.0 mL dan 10.0 mL
 - h) Pipet ukur 5 mL dan 10 mL
 - i) Kaca arloji berdiameter 5 cm
 - j) Labu semprot
 - k) Alat penyaring dengan ukuran pori 0.45 μm , dilengkapi dengan filter holder dan pompa
 - l) Kertas saring
- 2) Bahan
- a) Air bebas logam
 - b) Asam klorida (HCl) (1+1)
 - c) Larutan standar induk aluminium 1000 mg/L
 - d) Gas asetilin
 - e) Gas dinitrogen oksida (N₂O)
 - f) Asam nitrat (HNO₃) pekat.
- 3) Prosedur kerja
- a) Optimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat
 - b) Ukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat pada panjang gelombang 309.3 nm
 - c) Buat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi
 - d) Lanjutkan dengan pengukuran contoh uji yang sudah dipersiapkan
- 4) Perhitungan
- Kadar aluminium (mg/L) = $C \times f_p$
- Keterangan:
- C = adalah kadar yang didapat hasil pengukuran (mg/L)

Fp = adalah faktor pengenceran.



3. Uji kadar Mangan dalam air minum dengan metode Photometer

- 1) Alat
 - a) Photometer zee-200
 - b) Kuvet
- 2) Bahan
 - a) Reagen tablet (Reagent Manganese)
 - b) Sampel
- 3) Prosedur kerja
 - a) Nyalakan Photometer (tekan tombol power)
 - b) Pilih menu “select Test/ atau Pilih Tes”
 - c) Pilih parameter yang di uji
 - d) Lakukan Proses BLANKING Menggunakan sampel yang ingin di uji (sejajarkan tabung sesuai tanda & selalu gunakan tutup tabung)
 - e) Tunggu proses BLANKING selesai, Photometer siap untuk proses pengukuran

- f) Siapkan sampel sebanyak yang telah ditambahkan 10 ml di dalam kuvet
- g) Masukkan reagent tablet Manganese No. 1 dan 2, hancurkan dan aduk homogenkan
- h) Masukkan sampel yang telah dicampurkan reagen dan pilih "Measure"
- i) Tunggu photometer melakukan pembacaan, dan hasil akan ditampilkan dilayar

4. Uji kadar Nitrat dalam air minum dengan metode Photometer

1) Alat

- a. Photometer ze-200
- b. kuvet

2) Bahan

- a) Sampel
- b) Spoonful Nitrates powder

3) Prosedur kerja

- a) Nyalakan Photometer (tekan tombol power)
- b) Pilih menu "select Test/ atau Pilih Tes"
- c) Pilih parameter yang di uji
- d) Lakukan Proses BLANKING Menggunakan sampel yang ingin di uji (sejajarkan tabung sesuai tanda & selalu gunakan tutup tabung)
- e) Tunggu proses BLANKING selesai, Photometer siap untuk proses pengukuran
- f) Siapkan sampel sebanyak yang telah ditambahkan 1 spoonful nitrates powder dan nitrates table di dalam kuvet.

- g) Masukkan reagent tablet Reagent Nitricol, hancurkan dan aduk homogenkan
- h) Masukkan sampel yang telah dicampurkan reagen dan pilih “Measure”
- i) Tunggu photometer melakukan pembacaan, dan hasil akan ditampilkan di layar.



5. Uji kadar Nitrit pada air minum dengan metode Photometer

- 1) Alat
 - a) Photometer ze-200
 - b) Kuvet
- 2) Bahan
 - a) Tablet Reagent Nitricol
 - b) Sampel
- 3) Prosedur kerja
 - a) Nyalakan Photometer (tekan tombol power)
 - b) Pilih menu “select Test/ atau Pilih Tes”
 - c) Pilih parameter yang di uji

- d) Lakukan Proses BLANKING Menggunakan sampel yang ingin di uji (sejajarkan tabung sesuai tanda & selalu gunakan tutup tabung)
- e) Tunggu proses BLANKING selesai, Photometer siap untuk proses pengukuran
- f) Siapkan sampel sebanyak yang telah ditambahkan 10ml di dalam kuvet
- g) Masukkan reagent tablet Reagent Nitricol, hancurkan dan aduk homogenkan
- h) Masukkan sampel yang telah dicampurkan reagen dan pilih “Measure”
- i) Tunggu photometer melakukan pembacaan, dan hasil akan ditampilkan dilayar

6. Uji kadar Sulfat dalam air minum dengan metode Photometer

- 1) Alat
 - a) Photometer
 - b) Kuvet
- 2) Bahan
 - a) Sampel
 - b) Tablet Reagent Sulfat Turb
- 3) Prosedur kerja
 - a) Nyalakan Photometer (tekan tombol power)
 - b) Pilih menu (select test/pilih tes)
 - c) Pilih parameter yang di uji
 - d) Lakukan proses BLANKING menggunakan sampel yang ingin diuji (sejajarkan tabung sesuai tanda & selalu gunakan tutup tabung)
 - e) Tunggu proses BLANKING selesai, Photometer siap untuk proses pengukuran

- f) Siapkan sampel sebanyak 10 ml di dalam kuvet
- g) Masukkan reagent tablet Reagent Sulfate Turb, hancurkan dan aduk homogenkan
- h) Masukkan sampel yang telah dicampur reagent dan pilih "Measure"
- i) Tunggu Photometer melakukan pembacaan, dan hasil akan ditampilkan di layar

7. Uji kadar Besi (Fe) dalam air minum dengan metode Photometer

- 1) Alat
 - a) Photometer
 - b) Kuvet
- 2) Bahan
 - a) Sampel
 - b) Reagent iron HG
- 3) Prosedur kerja
 - a) Nyalakan photometer
 - b) Pilih menu select test
 - c) Pilih parameter yang di uji
 - d) Lakukan proses blanking menggunakan sampel yang di uji
 - e) Tunggu proses blanking selesai, photometer siap untuk proses pengukuran
 - f) Siapkan sampel sebanyak 10ml di dalam kuvet
 - g) Masukkan reagent 1 tablet reagent iron HR, hancurkan dan aduk homogenkan.
 - h) Masukkan sampel yang telah dicampur reagen dan pilih measure

- i) Tunggu photometer melakukan pembacaan,dan hasil akan di tampilkan di layar

8. Uji kadar Seng (Zn) dalam air minum dengan metode Photometer

1) Alat :

- a) Photometer

2) Bahan :

- a) Sampel dan reagen tablet zinc

3) Prosedur Kerja :

- a) Nyalakan photometer
- b) Pilih menu “select tes/pilih tes
- c) Pilih parameter yang diuji
- d) Lakukan proses blanking menggunakan sampel yang diuji (sejajarkan tabung sesuai dan selalu gunakan tutup tabung)
- e) Tunggu proses blanking selesai,photometer siap untuk proses pengukuran
- f) Siapkan sampel sebanyak 10 ml di dalam kuvet
- g) Jika sampel memiliki klorin,masukkan tablet zinc-dechlor,hancurkan dan homogenkan jika tidak lanjut ketahap berikutnya
- h) Masukkan reagen tablet zinc hancurkan dan aduk homogenkan
- i) Masukkan sampel yang telah dicampur reagen dan pilih “measure”
- j) Tunggu photometer melalukan pembacaan dan hasil akan ditampilkan dilayar

9. Uji kadar Arsen dalam air minum dengan metode Photometer

- 1) Alat
 - a) Mortar
 - b) Pestle
 - c) Tabung reaksi
 - d) Suntikan plastik
 - e) Tabung aluminium
 - f) Sendok
- 2) Bahan
 - a) Aquadest
 - b) Sampel,
 - c) Reagen
 - d) Air
- 3) Prosedur kerja :
 - a) Ambil bagian sampel
 - b) Haluskan menggunakan mortar dan pestle
 - c) Lalu cairkan dengan aquadest
 - d) Sampel siap diujikan
 - e) Siapkan sampel dan tabung reaksi
 - f) Gunakan suntikan plastik untuk memasukkan sebanyak 5ml sampel larutan ke dalam tabung reaksi
 - g) Tambahkan 1 sendok takar yang terdapat pada tutup botol reagen arsenic-1, kemudiann kocok dengan perlahan sampai semua reagen larut
 - h) Tambahkan 1 sendok takar reagen arsenic-2, kemudian segera tutup

- i) Masukkan tes strip kedalam tabung reaksi dengan jarak 2 cm dari bagian atas tabung dan kunci / jepit dengan menggunakan tutup tabung reaksi
- j) Biarkan selama 20 menit, aduk 3 kali selama periode tersebut. Zona reaksi pada strip test tidak boleh bercampur / bersentuhan dengan sampel
- k) Setelah itu angkat tes strip dari tabung reaksi kemudian celupkan tes strip ke dalam air selama 2 detik
- l) Buang kelebihan cairan pada tes strip dan bandingkan hasil pada tes strip dengan skala warna pada tabung aluminium

10.Uji kadar Kadmium dalam air minum dengan metode Photometer

- 1) Alat :
 - a) Tabung reaksi
- 2) Bahan :
 - a) Pereaksi Cd-1
 - b) Pereaksi Cd-2
 - c) Pereaksi Cd-3
- 3) Prosedur kerja :
 - a. Masukkan sedikit pereaksi Cd-1 (0,0001 gr) ke dalam tabung reaksi sangat sedikit (beberapa butir)
 - b. Tambahkan pereaksi Cd-2 sebanyak 1 ml dan dihomogenkan
 - c. Masuk dalam pengujian yaitu gunakan APD (sarung tangan , masker)

- d. Siapkan 2 sampel. Sampel satu ditambahkan pereaksi dan sampel dua tidak ditambahkan pereaksi (sebagai blanko)
- e. Tambahkan pereaksi Cd-4 yang sudah dibuat sebanyak 2 tetes
- f. Catatan beberapa sampel jika direaksi kan dengan pereaksi Cd-4 biasanya akan tetap berwarna kuning dan untuk mengetahuinya confirm dengan menambahkan pereaksi Cd-3. Reaksi Cd-4 yang telah dibuat dapat digunakan untuk pengujian selanjutnya dan dapat digunakan dalam waktu 1-2 jam

9.3 Pemeriksaan bakteriologis pada air minum

- a. Penggunaan Colony Counter
 - 1) Alat yang digunakan untuk melihat bakteri pada petridish
 - a) Pen
 - b) Petridish
 - c) Display digital counter
 - d) Adjustment untuk lampu
 - e) Tombol power lampu
 - f) Tombol reset
 - g) Navigasi atas dan bawah
 - h) Lup (kaca pembesar)
 - 2) Petunjuk penggunaan
 - a) Sambungkan kabel power dengan sumber listrik, lampu akan menyala dan monitor conter menunjukkan "001", masukkan sensor conter (pen) dan tekan tombol "reset".

- b) Masukkan sampel patri disk lubang lampu pengukuran
 - c) Tekan tombol merah di sisi mesin untuk menyakalakan lampu di bawah piring counter
 - d) Anda juga dapat menyesuaikan kecerahan yang sesuai dengan kebutuhan dengan memutar tombol yang ada disamping
 - e) Jika kecerahan lampu di bawah tidak cukup untuk pengamatan, cukup tekan tombol disamping kaca pembesar untuk membuka lampu atas (lampu LE01 ganda dengan empat sel tombol 11,6 mm). Tarik keluar strip plastik isolasi saat menggunakan lampu atas pada saat pertama
 - f) Hitung koloni dipiring dengan sensor satu persatu. Pada monitor, nomor akan ditambahkan secara otomatis
 - g) Periksa dengan kaca pembesar untuk memastikan penghitungannya benar. (Jika terjadi kesalahan saat menghitung dengan pena menyentuh, lanjutkan penghitungannya dengan menekan $\wedge$ atau $\vee$)
 - h) Setelah melakukan pengitungan. tekan tombol "reset" dan monitor kembali ke keadaan semula.
- 3) Cara pembacaan
- a) Instrumen harus diletakkan pada meja yang datar dan stabil.
 - b) Saat menghitung koloni, sensor tidak boleh ditekan terlalu keras.

- c) Jauh dari kelembaban, jatuh, sinar matahari , zat asam dan alkali. jika perlu penutup debu.
- d) Mencegah media kultur mencemari sel penghitungan agar tidak berjamur.
- e) Instrumen dan sensor tidak boleh dibongkar . Jika terjadi masalah, mohon tanya teknisi yang berpengalaman untuk memperbaikannya.

b. Pengukuran Jumlah Kuman Compact Dry TC

- 1) Alat
 - a) Hand blender/mortar dan pestle
 - b) Aluminium foil
 - c) Plat
 - d) Lampu spiritus/bunsen
- 2) Bahan
 - a) Sampel
 - b) Aquadest
- 3) Prosedur pemeriksaan (pretreatment pada sampel cair)
 - a) Ambil sampel dengan wadah yang telah disterilkan
 - b) Lakukan fiksasi dengan menggunakan lampu spiritus/bunsen pada area/tempat yang akan dijadikan pengujian mikrobiologi
- 4) Prosedur pemeriksaan sampel air
 - a) Buka penutup aluminium foil, dan ambil satu plat yang akan digunakan
 - b) Buka penutup plat dengan perlahan
 - c) Ambil sampel yang telah diencerkan sebanyak 1 ml dengan menggunakan pipet steril, dan

- segera teteskan kedalam plat (jangan terlalu lama supaya tidak ada kontaminan dari udara)
- d) Pasang kembali tutupnya dan beri label pada plat dengan informasi yang sesuai
 - e) Letakkan plat kedalam inkubator dalam posisi terbalik dengan media diatas, dan inkubasikan pada suhu 35 derajat Celsius selama 48 jam.
 - f) Hitung koloni berwarna merah muda-ungu pada bagian belakang plat untuk menghitung CFU/ml dengan menggunakan Colony Counter
- Catatan: Jika jumlah koloni tinggi, jumlah total dapat diperoleh dengan mengalikan jumlah rata-rata koloni yang diamati dalam satu kotak persegi 1cm x 1cm dengan 20.
- Jumlah bakteri aerobik didalam ruangan dihitung dengan rumus Omeliansky berikut :

$$N = 5a \cdot 10^4(bt)^{-1}$$

Keterangan:

N = jumlah bakteri aerobikperm³ dalam ruangan

a = jumlah koloni pada plat

B = luas permukaan pertumbuhan Petrifilm 20 cm²

t = waktu paparan, 30 menit.

$$N = 5a \cdot 10^4(20 \times 30)^{-1}$$

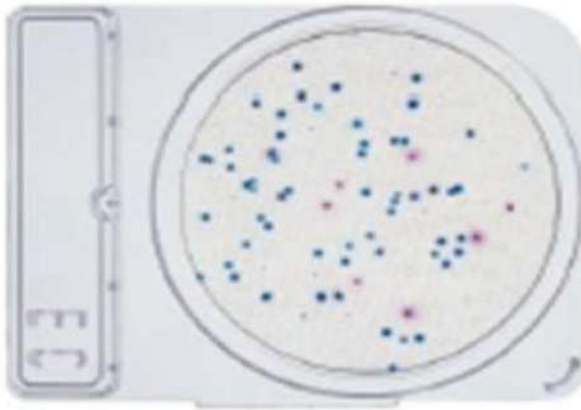
$$N = 83,33 \times a$$

c. Pengukuran kuman dengan Compact Dry E. Coli dan Coliform

- 1) Alat
 - a) Pipet steril
 - b) Plat
 - c) Lampu spirtus/Bunsen
 - d) Inkubator
- 2) Bahan
 - a) Sampel
 - b) Aquadest
- 3) Pretreatmen
 - a) Ambil sampel dengan wadah yang telah disterilkan
 - b) Lakukan fiksasi dengan menggunakan lampu spirtus/bunsen pada area/tempat yang akan dijadikan pengujian mikrobiologi
- 4) Prosedur pemeriksaan
 - a) Buka penutup alumunium foil, dan ambil satu plat yang akan digunakan
 - b) Siapkan tabung membran filter 100ml, dan hubungkan tabung dengan *Syringe*
 - c) Masukkan air sampel kedalam membran filter sebanyak 100 ml
 - d) Buka penutup plat dengan perlahan, dan ambil 1ml air sampel dari tabung membran filter, lalu tutup kembali
 - e) Tutup tabung membran filter, dan saring air sampel dengan menarik *Syringe* hingga semua tersaring
 - f) Buka penutup bagian bawah tabung, dan ambil membran filter dengan menggunakan pinset yang sudah disterilkan.

- g) Letakan membran filter pada lempengan plat EC
- h) Pasang kembali tutupnya dan beri label pada plat dengan informasi yang sesuai
- i) Letakkan plat kedalam inkubator dalam posisi terbalik dengan media diatas, dan inkubasikan pada suhu 35 °C selama 24 jam
- j) Hitung koloni berwarna biru untuk E.Coli pada bagian belakang plat untuk menghitung CFU/ml, sedangkan koloni berwarna ungu untuk Coliform dengan menggunakan *Colony Counter*

Catatan: Jika jumlah koloni tinggi, jumlah total dapat diperoleh dengan mengalikan jumlah rata-rata koloni yang diamati dalam satu kotak persegi 1cm x 1cm dengan 20.



4. Penggunaan Digital Incubator PIM-30

Inkubator adalah alat yang dapat mengoptimalkan suhu dan kelembaban agar organisme sel seperti bakteri dapat berkembang biak dengan baik. Oleh karena itu, alat ini

sering digunakan untuk membudidayakan bakteri atau organisme uniseluler maupun multiseluler di laboratorium.

Dalam pemeriksaan standar baku mutu air minum, seperti pemeriksaan bakteri dalam air diperlukan inkubator. Langkah-langkah dalam penggunaan inkubator adalah sebagai berikut :

- a. Pasangkan kabel supply ke supply listrik
- b. Nyalakan tombol ON pada bagian sebelah kanan inkubator
- c. Tekan tombol sett untuk setting waktu sesuai yang kita inginkan.
- d. Pada bagian layar PV akan muncul keterangan SP dan di bagian layar SV akan muncul digital angka
- e. Rubah suhu menggunakan tombol navigasi Naik/Turun
- f. Setelah suhu di setting, tekan sekali tombol sett untuk menyelesaikan pengaturan
- g. Untuk tampilan ST atau Setting Timer tidak perlu di seting
- h. Tekan set sekali lagi untuk menyelesaikan pengaturan
- i. Inkubator siap digunakan sesuai kebutuhan.

Note: Jika waktu di set ke angka "0" maka inkubator akan berjalan (aktif) terus menerus, tidak berhenti secara otomatis. Pada kondisi ini, display "SV" akan menampilkan nilai suhu. Jika waktu tidak di set ke angka "0" maka inkubator akan berjalan aktif dengan fungsi timer yang sudah di set, display "SV" akan menampilkan nilai waktu berjalan (*runtime*). Ketika *runtime* telah selesai maka display "SV" akan menampilkan "END".



Gambar 9. 1. Digital incubator PIM-30

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Umar. Peranan Air Dalam Peningkatan Derajat Kesehatan Masyarakat. Diunduh pada 23 Januari 2020 dari <http://www.respati.ac.id/web/artikel/3pdf>.
- Andriyani S., Ramelan A, H., dan Sutarno., "Identifikasi Akuifer di Sekitar Kawasan Karst Gombang Selatan Kecamatan Buayan Kabupaten Kebumen dengan Metode Geolistrik Schlumberger", *Jurnal EKOSAINS*, Vol II, No 1, 2010.
- Benefield, LD, Judkins, JF, and Weand, BL. Process Chemistry for Water and Waste Water Treatment, Prentice Hall, INC, Englewood, 1982.
- BPPT, 2002, Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri, BPPT, Jakarta.
- Brault, JB, Water Treatment Handbook, Vol 1 and 2, 6th Edition, degremont, Lavoisier Publishing Cedex, French, 1991.
- Chandra, Budiman.2006. Pengantar Kesehatan Lingkungan.EGC.Jakarta.
- Dwi Kartika Asih Hasibuan, dkk Kontaminasi Merkuri (Hg) pada air sungai, air sumur, sedimen dan ikan di Sungai Kuantan, Riau, *Journal of Natural Resources and Environmental Management* 10(4): 679-687.
<http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.10.4.679-687>

Fair, GM, Geyer, JC, and Okun, DA, Element of Water Supply and Waste Water Disposal, second edition, John Wley and Sons, New York, 1971.

G. Alearts, Metoda Penelitian Air, Usaha Nasional, Surabaya, 1984.

Hammer, MJ, Water and Waste Water Technology, Second Edition, John Wiley and Sons, New York, 1986.

Hendricks, DW, Water Treatment Unit Proseses Physical and Chemical, First Edition, CRC Press, Boca Raton, 2018.

Hoetary Tirta Amalia, Kandungan Nitrit dan Nitrat Pada Kualitas Air Permukaan, Prosiding SEMNAS BIO 2021, Universitas Negeri Padang Volume 01 2021, hal 679-688.

Juli Soemirat Slamet. 2009. Kesehatan Lingkungan. Gajah Mada University: Press, Yogyakarta.

Kemenkes RI, 2006, Pedoman Pelaksanaan Penyelenggaraan Hygiene Sanitasi Depot Air Minum, Dirjen Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, Jakarta.

Kemenkes RI, 2023, PMK No. 2/2023. Implementasi Peraturan Pemerintah Nomor 66, Kemenkes RI, Jakarta.

- Kemenkes. 2011. Peran Air Dalam Penyebaran Penyakit Litbang-Kemenkes. Vol 7 ejournal. Diakses tanggal 25 Januari 2020.
- Kemenperindag RI, 2004, Peraturan No. 651/2004 tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum dan Perdagangannya, Kemenperindag RI, Jakarta
- Kusnaedi. 2006. Mengolah Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum. Penebar Swadaya. Jakarta
- Lenore S Clesceri et al .Standard Methods for the Examination of Water and wastewater 20st Edition, 1998. 4500-NO2. Washington DC: APHA, AWWA, WEF*
- Maemuna S., Darsono., dan Legowo B., “Identifikasi Akuifer di Sekitar Kawasan Karst Gombang Selatan Kecamatan Buayan Kabupaten Kebumen dengan Metode Geolistrik Schlumberger”, Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol 13 Nomor 2, 2017.
- Mirza, Muhammad Navis. 2013. Hygiene Sanitasi Dan Jumlah Coliform Air Minum. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Murti, H, A., “Analisis Pendugaan Potensi Akuifer dengan Metode Geolistrik Resistivitas Sounding dan Mapping di Kawasan Karst Kecamatan Giritontro Kabupaten Wonogiri”, Laporan Tesis Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2009.

Natsir, N.A., Selanno, D.A.J., Tupan, Ch.I., dan Male, Y.T. 2019. Uji Kandungan Logam Berat Pb Dan Hg Pada Air, Sedimen Dan Lamun (*Enhalus acoroides*) Di Perairan Teluk Kayeli Kabupaten Buru Provinsi Maluku. *Jurnal Biology Science & Education*. 8(1), 9-20.

Prandika, R, P., "Laporan Praktikum Geofisika I", Laboratorium Geofisika Universitas Padjadjaran, Bandung, 2014.

Samosir, A. 2009. Pengaruh Tawas Dan Diatomea (Diatomaceous Earth) Dalam Proses Pengolahan Air Gambut Dengan Metode Elektrokoagulasi. Skripsi. Departemen Kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.

Simbolon, Veronika Amelia. Santi, Devi Nuraini dan Ashar, Taufik. 2012. Pelaksanaan Hygiene Sanitasi Depot dan Pemeriksaan Kandungan Bakteri Escherichia Coli Pada Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Tanjung Pinang Barat Tahun 2012. Universitas Sumatra Utara. Medan

SNI 06-6989.9-2004. *Standar Nasional Indonesia. Cara Uji Nitrit (NO₂-N) secara Spektrofotometer*

SNI 19-7119.4-2005, Cara Uji Kadar Timbal (Pb) dengan Metoda Destruksi basah menggunakan Spektrofotometer Serapan Stom.

SNI 2528, Tata Cara Pengukuran Geolistrik Wenner untuk Eksplorasi Air Tanah, Standar Nasional Indonesia, 2012.

SNI 2818, Tata Cara Pengukuran Geolistrik Schlumberger untuk Eksplorasi Air Tanah, Standar Nasional Indonesia, 2012.

SNI 7751, Tata Cara Pencatatan Akuifer dengan Metode logging Geolistrik Tahanan Jenis Normal dan Log Normal dalam Rangka Eksplorasi Air Tanah, Standar Nasional Indonesia, 2012.

SNI 06-4138-1996 Metode *pengujian besi* terlarut dalam air dengan alat spektrofotometer menggunakan fenantrolin

SNI 6989.19.2009 Cara Uji Klorida (Cl^-) dengan Metode Argentometri

Standard Methods for the Examination of Water and wastewater 21st Edition, 2005

Subardjo., Nurdin H., Slamet S., dan DaromonoS., "Pengukuran Geolistrik Tahanan Jenis untuk Pencarian Sumber Air Tanah Di Cipanas Jawa Barat", Prosiding Seminar Pranata Nuklir dan Teknisi Litkayasa, ISBN, 979-8769-10-4, Jakarta, 2000.

Suhardi, Petunjuk Laboratorium Analisa Air dan Penanganan Limbah, UGM, 1991

Suyanto, I., “Perbandingan Survei dan Analisis Data Geolistrik Sounding Daerah Pantai dan Pegunungan Studi Kasus Penyelidikan Air Tanah di Kabupaten Kendal, Jawa Tengah”, Laboratorium FMIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2013

Water Polution Control Federation, Aeration a Wasta Water Treatment Process, Alexandra Virginia, 1994.

Buchari, I Wayan Arka, KG Dharma P. dan I.G.A. Kunti Sri P. d. 2001. Kimia Lingkungan. UPT Udayana, Bali

Gelent, W. 2010. Penurunan Kadar Chemical Oxygen demand (COd) dan Amonia Limbah Cair Rumah Sakit dengan teknik Lumpur Aktif, Skripsi, Universitas Udayana, denpasar.

Metcalf And eddy. 2003. Wastewater engineering, Treatment and Reuse. Fourth Edition. McGraw Hill Higher Education.

Mukono, H.J. 2000. Prinsip dasar Kesehatan Lingkungan, Airlangga Universitas Press, Surabaya.

Presiden RI, 2021, Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta

Presiden RI, 2019, Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta

Varshney, CK, 1983, Water Pollution and Management. Wiley Eastern, New Delhi

Presiden RI, 2014, Peraturan Pemerintah No. 66 tahun 2014 tentang KESEHATAN LINGKUNGAN, Jakarta, Sekretariat Negara.

Kemenkes RI, 2023, Permenkes RI. No. 2 tahun 2023 tentang TENTANG PERATURAN PELAKSANAAN PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 66 TAHUN 2014 TENTANG KESEHATAN LINGKUNGAN, Jakarta, Kemenkes.

Kemenkes RI, 2015, Permenkes RI. No. 13 tahun 2015 tentang PENYELENGGARAAN PELAYANAN KESEHATAN LINGKUNGAN DI PUSKESMAS, Jakarta, Kemenkes RI.

Sumantri, Arief, 2017, Kesehatan Lingkungan, Jakarta PT. Kharisme Putra Utama.

Chandra, Budiman, 2006, Pengantar Kesehatan Lingkungan, Jakarta, EGC