

PENYEHATAN AIR



PENYEHATAN AIR

**Evino Sugriarta
Suksmerri**



GETPRESS INDONESIA

PENYEKATAN AIR

Penulis : Evino Sugriarta
Suksmerri

ISBN : 978-623-198-902-4

Editor : Afridon, ST, M. Si

Penyunting: Mila Sari, M.Si.

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

Penerbit: GETPRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

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, Desember 2023

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 kami ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat dan karuniaNYA, sehingga kami dapat menyelesaikan buku dengan judul *Penyehatan Air*. Air yang dibutuhkan adalah air yang memenuhi standard baku mutu kesehatan lingkungan media air, dan sesuai dengan persyaratan kesehatan. Apabila air yang kita gunakan sebagai air minum dan keperluan hygiene sanitasi tidak memenuhi syarat akan dapat menimbulkan penyakit bagi masyarakat. Peningkatan kualitas air dilakukan dengan memanfaatkan teknologi pengolahan filtrasi, sedimentasi, aerasi, dekontaminasi, disinfeksi, dan teknologi lainnya.

Kami menyadari bahwa penulisan buku pedoman ini masih ada kekurangan, oleh karena itu kami terbuka menerima masukan dan saran demi kesempurnaan buku pedoman ini. Akhir kata, semoga buku pedoman ini bermanfaat secara nyata dalam proses pembelajaran Penyediaan Air pada jurusan Kesehatan Lingkungan di lingkungan Poltekkes Kemenkes.

Padang, Agustus 2023

Evino Sugriarta

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	viii
BAB I SUMBER AIR DI ALAM	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Siklus Air (<i>Hydrologi Cycle</i>).....	1
1.2.1 Pengertian	2
1.2.2 Proses Siklus Air	3
1.2.3 Jenis Siklus Air	7
1.2.4 Manfaat Siklus Air	10
1.3 Sumber-sumber Air di Alam.....	11
1.3.1 Air Angkasa (<i>Atmospheric Water</i>)	12
1.3.2 Air Permukaan (<i>Surface Water</i>)	16
1.3.3 Air Tanah (<i>Ground Water</i>)	22
BAB II HUBUNGAN AIR DENGAN KESEHATAN	39
2.1 Pendahuluan	39
2.2 Mekanisme Penularan Penyakit Melalui Air.....	42
2.3 Penutup	52
BAB III UPAYA PENYEHATAN AIR	53
3.1 Pengawasan Kualitas Air Minum.....	53
3.1.1 Surveilans	53
3.1.2 Pengujian Kualitas Air Minum	56
3.1.3 Analisis Risiko.....	57
3.1.4 Rekomendasi untuk pelaksanaan tindak lanjut.....	58
3.1.5 Rencana Pengamanan Air Minum.....	59
3.2 Pelindungan Kualitas Air	61
3.3 Peningkatan Kualitas Air	62
BAB IV PENGOLAHAN AIR	65
4.1 Pendahuluan	65
4.2 Teknik Pengolahan Air.....	66
4.3 Depot Air Minum.....	103

BAB V TEKNIK PENGAMBILAN SAMPEL AIR	117
5.1 Pengambilan Sampel Uji Air Untuk Pengujian Fisika dan Kimia	117
5.2 Prosedur Pengambilan Sampel Air	119
BAB VI PEMERIKSAAN FISIK.....	153
6.1 Pemeriksaan Bau dan Rasa	153
6.2 Pemeriksaan Suhu	154
6.3 Pemeriksaan Warna.....	154
6.4 Analisis Zat Padat.....	156
BAB VII PEMERIKSAAN SAMPEL AIR UNTUK PARAMETER KIMIA	161
7.1 Pengujian Besi (Fe).....	161
7.2 Pengujian Klorida (Cl-)	165
7.3 Pengujian Mangan (Mn)	168
7.4 Pengujian Nitrat (NO_3^-).....	169
7.5 Pengujian Nitrit (NO_2^-)	171
7.6 Pengujian Nilai Permanganat secara Titrimetri.....	175
7.7 Pengujian Timbal (Pb)	178
7.8 Pengujian Kadmium (Cd).....	181
7.9 Pengujian Alluminium.....	184
7.11 Pengujian Kesadahan (Air dan air limbah, Cara uji kesadahan total Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dengan metode titrimetri).....	186
BAB VIII PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGIS.....	199
8.1 Pendahuluan.....	199
8.2 Pengambilan Sampel.....	199
8.3 Cara Pemeriksaan Bakteriologis	199
8.4 Sterilisasi.....	202
8.5 Cara Kerja	202
8.6 Perhitungan	205
BAB IX PRAKTIK PENDUGAAN AIR TANAH (GEOLISTRIK)....	207
9.1 Latar Belakang.....	207
9.2 Konfigurasi Schlumberger.....	211
9.2.1 Pengertian.....	211
9.2.2 Peralatan dan Persyaratan.....	213

9.2.3 Prosedur Pengukuran.....	215
9.2.4 Perhitungan	216
9.2.5 Pemodelan dan Interpretasi	217
9.2.6 Laporan.....	219
9.3 Penentuan Desain Survey Geolistrik.....	220
9.3.1 Penentuan Konfigurasi Geolistrik.....	220
9.3.2 Prosedur Pengambilan Data	222
9.4 Peralatan Geolistrik	233
9.4.1 Jenis Alat Geolistrik (Resistivity Meter).....	233
9.4.2 Kelebihan masing-masing Resistivity Meter.....	235
9.4.3 Kelemahan masing-masing Resistivity Meter	238
9.5 Kesimpulan.....	248
DAFTAR PUSTAKA	251

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Siklus air di bumi.....	7
Gambar 1.2. Siklus air pendek	8
Gambar 1.3. Siklus air sedang.....	8
Gambar 1.4. Siklus air panjang	10
Gambar 1.5. Penampungan Air Hujan dari beton	14
Gambar 1.6. Penampungan Air Hujan dari Fiber	15
Gambar 1.7. Sungai sebagai air permukaan	19
Gambar 1.8. Rawa sebagai air permukaan.....	20
Gambar 1.9. Proses terbentuknya air tanah.....	25
Gambar 1.10. <i>Distribution of subsurface water</i>	26
Gambar 1.11. Lapisan tanah.....	28
Gambar 1.12. Akuifer bebas	30
Gambar 1.14. Air tanah tertekan	31
Gambar 1.15. Lapisan Lulus Air	32
Gambar 1.16. Akuifer semi tertekan	32
Gambar 1.17. Skema Pencemaran Air Tanah	38
Gambar 2.1. Penularan penyakit melalui air.....	42
Gambar 2.2. Jarak sumur gali dengan septik tank.....	43
Gambar 2.3. Pedagang bakso keliling dengan ketersediaan air yang sedikit untuk mencuci alat makan	45
Gambar 2.4. Mekanisme penularan penyakit skistosomiasis.....	46
Gambar 2.5. Siklus hidup nyamuk, air sebagai tempat perindukannya	47
Gambar 2.6. Proses kejadian keracunan oleh merkuri pada manusia	49
Gambar 4.1. Tray Aerator	72
Gambar 4.2. Cascade Aerator	72
Gambar 4.3. Submerged Cascade Aerator	73

Gambar 4.4. Spray aerator	74
Gambar 4.5. Bubble Aerator	75
Gambar 4.6. Saringan pasir dengan mekanisme gravitasi (<i>Down Flow</i>).....	81
Gambar 4.7. Saringan pasir dengan mekanisme tekanan (<i>up low</i>)	82
Tabel 4.2. Harga Ct Untuk Inaktifasi Mikroba Dengan Desinfektan Khlor (suhu 5 °C, pH = 6)	86
Gambar 4.8. Kolom pengendapan dan kurva pengendapan partikel flok.....	95
Gambar 4.9. Pengendapan final clarifier pada proses lumpur aktif.....	96
Gambar 4.10. Proses empat tipe pengendapan	97
Gambar 4.11. Bagian dari bak sedimetasi.....	98
Gambar 4.12. Proses pengolahan air gambut.....	105
Gambar 4.13. Reservoir air baku depot.....	109
Gambar 4.14. Mobil tanki air.....	109
Gambar 4.15. Proses penyaringan pada depot	110
Gambar 4.16. Alur pengolahan air pada depot	112
Gambar 5.1. Contoh alat pengambil contoh uji sederhana gayung bertangkai panjang	133
Gambar 5.2. Contoh alat pengambil contoh uji berupa botol dengan pemberat.....	134
Gambar 5.3. Contoh alat pengambil air botol biasa secara langsung.....	134
Gambar 9.1. Konfigurasi Elektrode Schlumberger	216
Gambar 9.2. Susunan Elektrode Konfigurasi Schlumberger	227
Gambar 9.3. Susunan elektroda pada survei Geolistrik	28
Gambar 9.4. Hasil Interpretasi Nilai Resistivity (tahanan jenis) batuan pada suatu titik pengukuran	235
Gambar 9.5. Rekontruksi Penampang Vertikal Akuifer.....	236

Gambar 9.6. Tampilan Panel Resistivimeter Nainura NRD 22S	244
Gambar 9.7. Instrumen Resistivimeter Nainura Model NRD 22.....	250
Gambar 9.8. Instrumentasi Alat yang Digunakan.....	251

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Gambaran Kandungan Bahan Kimia Dalam Air Hujan	12
Tabel 9.1. Nilai Tahanan Pendugaan untuk Tanah, Air dan Batuan	223
Tabel 9.2. Penentuan Konfigurasi Geolistrik.....	225
Tabel 9.3. Kisaran Tahanan Jenis pada Beberapa Jenis Batuan.....	230
Tabel 9.3. Nilai Faktor Formasi F untuk Beberapa Material dan Nilai Kelulusannya	233
Tabel 9.5. Harga Nilai Hambatan (ohm)	249

BAB I

SUMBER AIR DI ALAM

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 dehidrasi, 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 97 % merupakan air laut yang bersifat asin (*saline water*), sedangkan 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 %, dan sisanya 30,1 % dalam bentuk air tanah, berupa air permukaan dan air tawar lainnya 1,2 %. Air permukaan dapat berupa 87 % dalam bentuk danau, rawa 11 %, dan sungai 2 %.

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

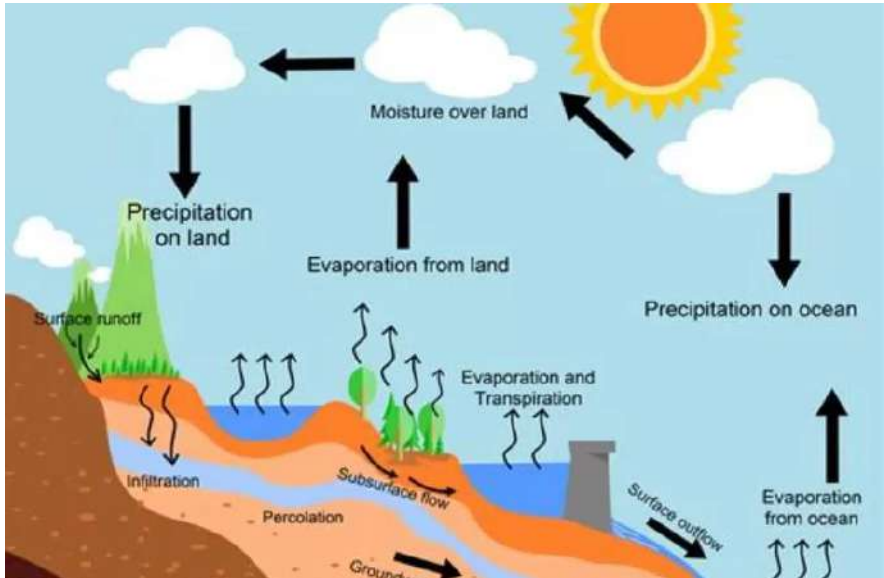
Setelah presipitasi terjadi sehingga air hujan jatuh ke permukaan bumi, proses run off pun terjadi. Run off atau limpasan adalah suatu proses pergerakan air dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah di permukaan bumi. Pergerakan air tersebut misalnya terjadi melalui saluran-saluran seperti saluran 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.

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 :



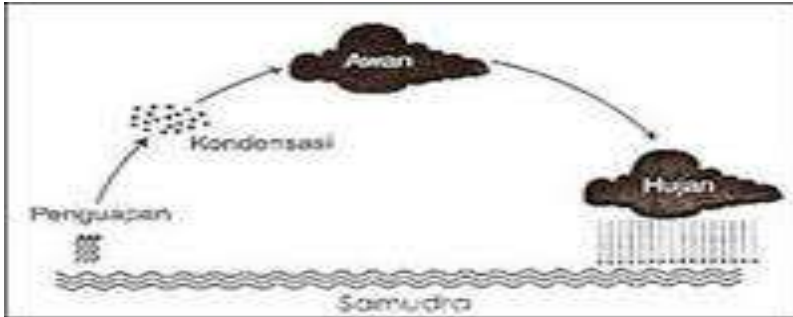
Gambar 1.1. Siklus air di bumi

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

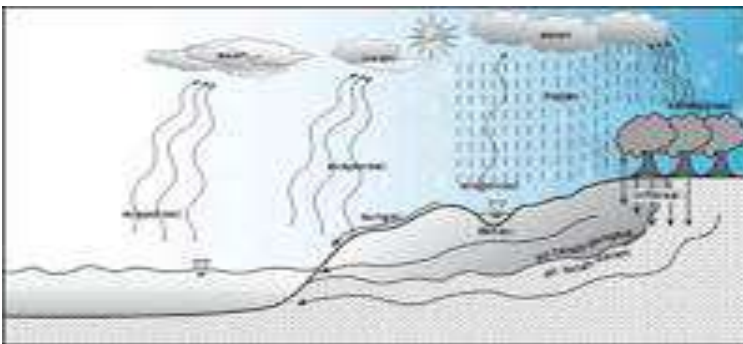
Siklus hidrologi pendek terjadi tanpa adanya tahap adveksi atau perpindahan awan. Siklus ini diawali dari evaporasi air laut yang menuju ke atmosfer bumi. Lalu di ketinggian tertentu, pada uap air akan terjadi kondensasi dan membentuk awan. Awan yang tak mampu menahan beban air akan mengalami presipitasi 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 1.2. Siklus air pendek

b. Siklus Air Sedang

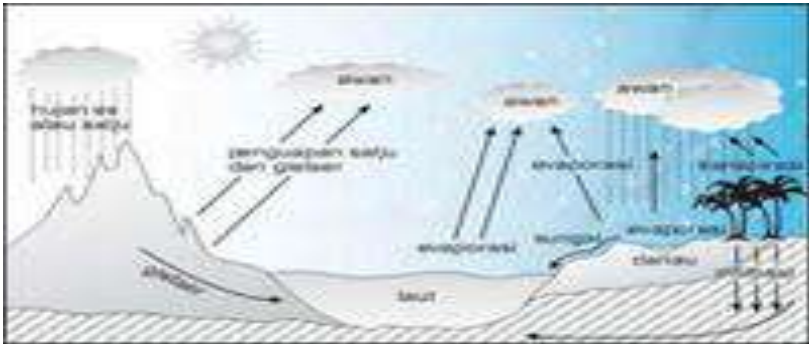
Siklus sedang terjadi ketika air laut menguap. Uap air akan terbawa oleh angin menuju daratan. Pada ketinggian tertentu, uap air akan melewati fase kondensasi dan berubah menjadi awan. Lalu, awan akan berubah menjadi hujan yang jatuh pada daratan, akan terjadi resapan ke dalam tanah dan sebagian akan 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 1.3. 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 1.4. 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.

1.3 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).

1.3.1 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 industri dicemari oleh polutan seperti SO_2 , CO_2 dan bahan pencemar lainnya. Berdasarkan keberadaan tersebut, maka karakteristik dari air hujan tersebut adalah :

- Bersifat soft water (kesadahan rendah)
- Bakteriologisnya lebih bagus tergantung pada tempat penampungan.
- Melarutkan Unsur yang terlarut di udara antara lain : O_2 , CO_2 , N_2 , debu dan mineral lainnya
- Kontak dgn CO_2 H_2CO_3 (Hujan Asam), kontak dengan SO_2 H_2SO_4 (Korosif, kontak dengan NO_2 HNO_2 (korosif)
- 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 1.1. Gambaran Kandungan Bahan Kimia Dalam Air Hujan

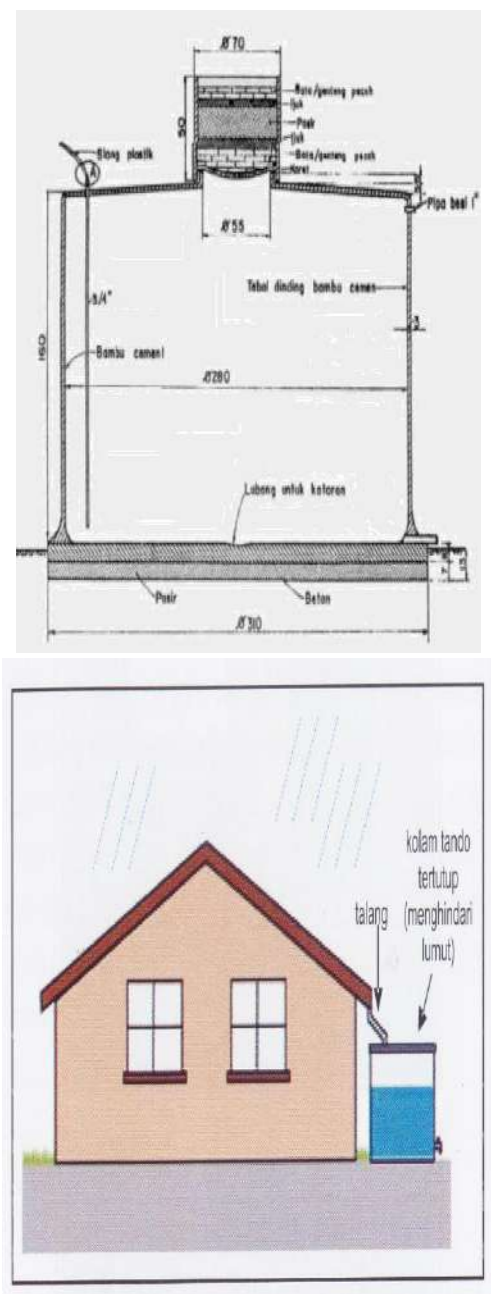
No	Parameter Kimia	Kadar dalam Air Hujan
1	Kesadahan	19 mg/l sebagai CaCO_3
2	Calsium	16 mg/l sebagai CaCO_3
3	Magnesium	3 mg/l sebagai Mg CO_3
4	Sodium	6 mg/l sebagai Na
5	Ammonium	0,8 mg/l sebagai N

No	Parameter Kimia	Kadar dalam Air Hujan
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 tampung 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, seperti gambar berikut :



Gambar 1.5. Penampungan Air Hujan dari beton



Gambar 1.6. Penampungan Air Hujan dari Fiber

Untuk mendapatkan penyediaan air minum dan keperluan hygiene yang memenuhi syarat dengan menggunakan PMA perlu diperhatikan hal-hal berikut, yaitu:

- a. Bidang penangkap air hujan harus cukup luas, paling sedikit atap rumah disambungkan dengan talang air yang disalurkan ke bak PAH.
- b. Bidang penangkap air (atap rumah) hendaknya berkualitas baik seperti genteng, seng, dan plastic.
- c. Air hujan yang baru jatuh (5 menit pertama) sebaiknya dibuang saja karena masih kotor.
- d. Setelah bidang penangkap air dianggap bersih, baru air dialirkan melalui talang ke bak PAH
- e. Sebaiknya pada inlet PAH, dibuat saringan pasir sederhana, agar dapat menyaring partikel yang masih ada pada air hujan.

1.3.2 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 aktivitas 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 industry, 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.

a. 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 makan 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 diatasnya

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 1.7. Sungai sebagai air permukaan

b. 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 didarat sedangkan rawa air asin biasanya ditemukan di sepanjang daerah pesisir. Rawa merupakan daerah transisi mereka tidak benar-benar tanah atau benar-benar air.



Gambar 1.8. Rawa sebagai air permukaan

c. 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 1.9. 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).

1.3.3 Air Tanah (*Ground Water*)

a. 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*).

b. 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.

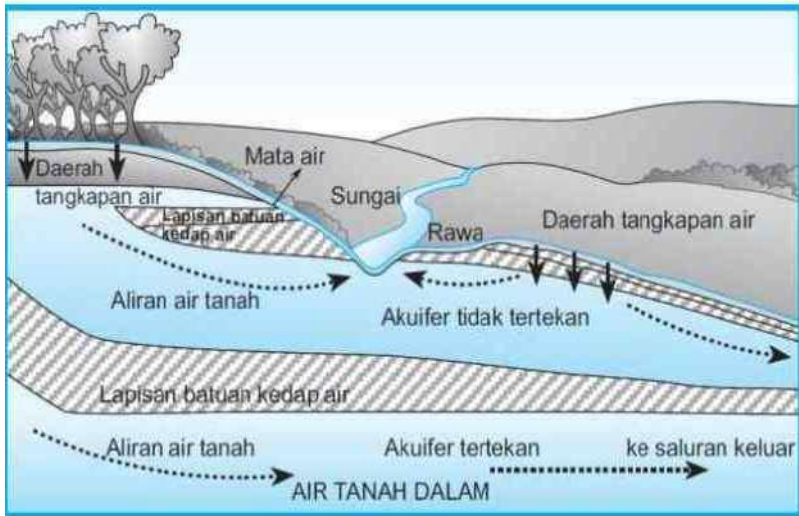
Semakin kedalam akan ditemukan lapisan-lapisan batuan yang lolos air dan tidak lolos air. Lapisan *permeable* atau lapisan lolos air adalah lapisan batuan yang terdiri dari kerikil, pasir, batu apung, dan batuan yang retak.

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 komponen lain, 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 1.9. Proses terbentuknya air tanah

c. Zona Air Tanah

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

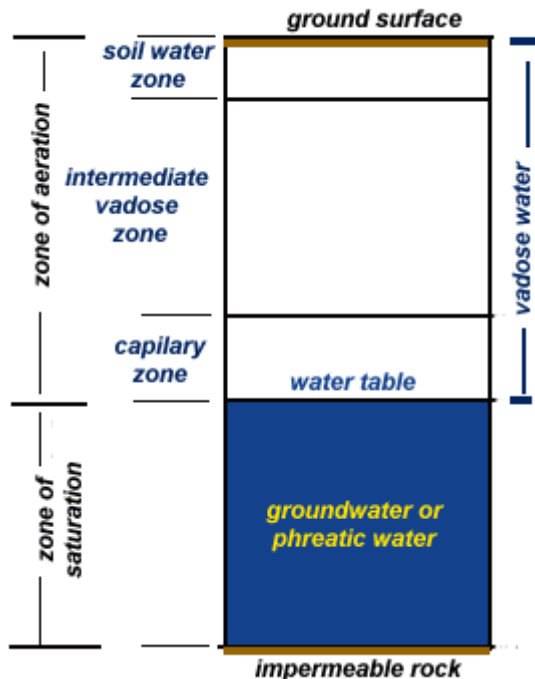
1) *Zone of Aeration*

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 1.10. *Distribution of subsurface water*

d. 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.

e. 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:

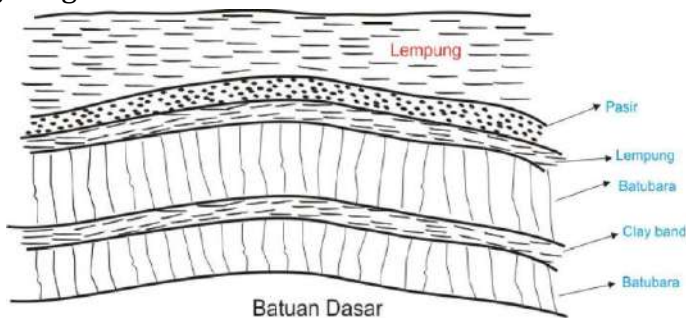
- 1) Unsur utama air tanah (*major constituents*) memiliki kandungan 1,0 – 1000 mg/l, yaitu kalsium, natrium, magnesium, sulfat, klorida, silika, dan bikarbonat.
- 2) Unsur sekunder air tanah (*secondary constituents*) memiliki kandungan 0,01-10 mg/l, yaitu besi, strontium, kalium, klorat, nitrat, boron, 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, thalium, tharium, timah, tungsten, yttrium, zirkon

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 .

f. 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 ranah dengan penekanan pada hubungan terhadap kondisi geologi suatu daerah.



Gambar 1.11. 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

g. 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*).

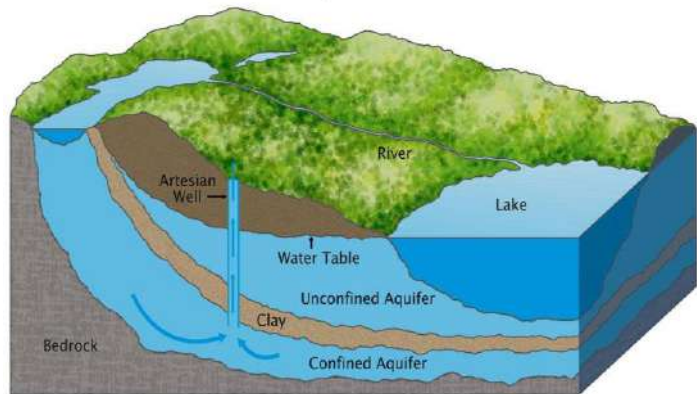
- 1) Akuifer bebas (*unconfined aquifer*) adalah akuifer jenuh air dengan lapisan pembatas pada bagian bawah dan tidak ada pembatas di lapisan atas atau langsung berbatasan dengan permukaan tanah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1.12. Akuifer bebas

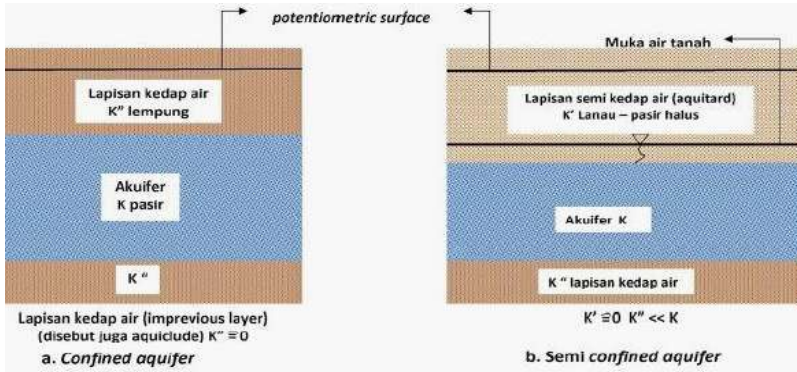
- 2) Akuifer tertekan (*confined aquifer*) adalah akuifer dengan batas lapisan atas dan lapisan bawah berupa formasi tidak tembus air, muka air akan muncul diatas formasi tertekan bawah. Akuifer ini terisi penuh oleh air tanah, sehingga jika dilakukan pengeboran akan menyebabkan naiknya muka air

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 :



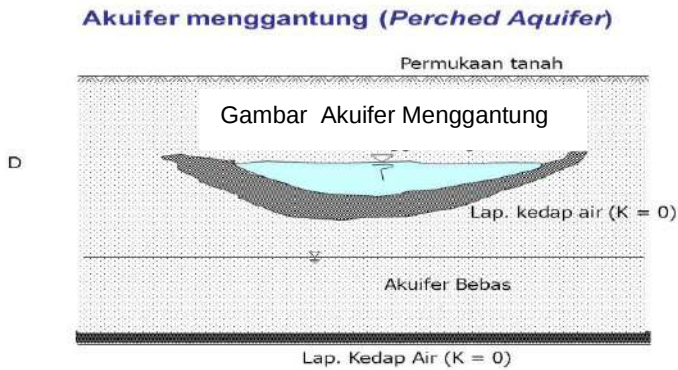
Gambar 1.14. Air tanah tertekan

- 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 aquifer 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 1.15. Lapisan Lulus Air

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



Gambar 1.16. Akuifer semi tertekan

h. 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 timbunan sampah.

i. 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 (*imparmeabel*), 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.

j. Pemafaatan Air Tanah

Dalam kehidupan sehari-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.

k. Pencemaran Air Tanah

Pencemaran air tanah terjadi ketika produk buatan manusia seperti bensin, minyak, garam jalan (road salt) dan bahan kimia masuk ke air tanah dan menyebabkannya menjadi tidak aman dan tidak layak untuk digunakan manusia. Pencemaran merupakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tersebut 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.

Bahan atau material-material dari permukaan tanah dapat bergerak melalui tanah dan berakhir di air tanah. Misalnya, pestisida dan pupuk dapat menembus lapisan tanah mencari jalan ke pasokan air tanah dari waktu ke

waktu. Garam jalan (road salt), zat beracun dari lokasi penambangan, dan oli motor bekas juga dapat meresap ke dalam air tanah. Selain itu, mungkin juga limbah yang tidak diolah dari tangki septik dan bahan kimia beracun dari tangki penyimpanan di bawah tanah dan tempat pembuangan bocor sehingga mencemari air tanah.

Potensi yang dapat sebagai pencemar air tanah adalah :

1) Tangki penyimpanan (Storage Tanks)

Dapat mengandung bensin, minyak, bahan kimia, atau jenis cairan lainnya dan dapat berada di atas atau di bawah tanah. Diperkirakan ada lebih dari 10 juta tangki penyimpanan yang terkubur di Amerika Serikat dan seiring waktu, tank-tank itu bisa menimbulkan korosi, retak, dan mengembangkan kebocoran. Jika kontaminan bocor dan masuk ke air tanah, kontaminasi serius bisa terjadi.

2) Sistem Septik

Sistem pembuangan air limbah di lokasi yang digunakan oleh rumah, kantor atau bangunan lain yang tidak terhubung ke sistem saluran pembuangan kota. Sistem septik dirancang untuk perlahan-lahan mengurangi kotoran manusia di bawah tanah pada tingkat yang lambat dan tidak berbahaya. Sistem septik yang dirancang, diletakkan, dibangun, atau dipelihara dengan tidak benar dapat menyebabkan kebocoran bakteri, virus, bahan kimia rumah tangga, dan kontaminan lainnya ke dalam air tanah yang menyebabkan masalah serius.

3) **Limbah B3 yang Tidak Terkontrol**

Di AS hari ini, diperkirakan ada lebih dari 20.000 situs limbah berbahaya dan terlantar yang tidak terkontrol dan jumlahnya bertambah setiap tahun. Tempat-tempat limbah berbahaya dapat menyebabkan kontaminasi air tanah jika ada barel atau wadah lain yang tergeletak di sekitarnya yang penuh dengan bahan berbahaya. Jika ada kebocoran, kontaminan ini akhirnya bisa turun melalui tanah dan masuk ke air tanah.

4) **Tempat pembuangan sampah**

Tempat pembuangan sampah adalah tempat sampah kita diambil untuk dikubur. TPA harus memiliki lapisan bawah pelindung untuk mencegah kontaminan masuk ke air. Namun, jika tidak ada lapisan atau retak, kontaminan dari landfill (asam baterai mobil, cat, pembersih rumah tangga, dll.) Dapat masuk ke dalam air tanah.

5) **Bahan Kimia dan Garam Jalan**

Penggunaan bahan kimia dan garam jalan yang meluas merupakan sumber lain dari kontaminasi air tanah yang potensial. Bahan-bahan kimia termasuk produk yang digunakan di padang rumput dan ladang pertanian untuk membunuh gulma dan serangga dan menyuburkan tanaman, dan produk lain yang digunakan di rumah dan bisnis. Saat hujan, bahan kimia ini bisa meresap ke tanah dan akhirnya masuk ke air. Garam jalan digunakan di musim dingin untuk melelehkan es di jalan agar mobil tidak tergelincir. Ketika es mencair, garam dibersihkan dari jalan dan akhirnya berakhir di air.

6) **Kontaminan Atmosfer**

Karena air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi, kontaminan di bagian lain dari siklus, seperti atmosfer atau badan air permukaan, pada akhirnya dapat ditransfer ke pasokan air tanah kita.

Berikut ini, contoh skema pencemaran air tanah dalam kehidupan sehari-hari :



Gambar 1.17. Skema Pencemaran Air Tanah

BAB II

HUBUNGAN AIR DENGAN KESEHATAN

2.1 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 insdustri 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):

1. Penyakit viral, misalnya *hepatitis, viral, poliomyelitis*.
2. Penyakit bakterial, misalnya kolera, disentri, tifoid, diare.
3. Penyakit protozoa, misalnya *amebiasis, giardiasis*.
4. Penyakit Helminetik, misalnya askariasis, *whip worm, hydatid disease*.
5. Leptospiral, misalnya *Weil's disease*.

2.2 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 2.1. Penularan penyakit melalui air

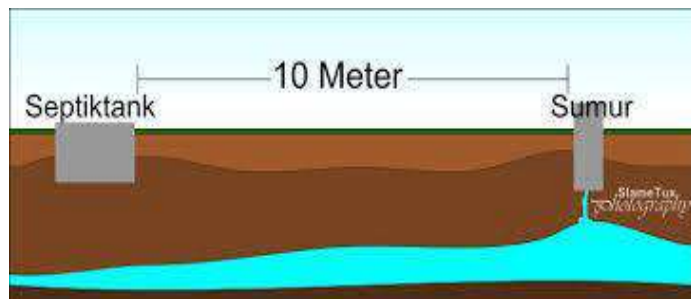
Berdasarkan keberadaan unsur penyebab penyakit yang berada dalam air, maka mekanisme penularannya dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu secara mikroorganisme, parasit, dan dari aspek bahan kimia beracun dalam air.

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 septik 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 2.2. Jarak sumur gali dengan septik 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:

- a. Infeksi melalui alat pencernaan, seperti diare pada anak-anak.
- b. Infeksi melalui kulit dan mata, seperti skabies dan trakhoma.
- c. Penularan melalui binatang pengerat seperti pada penyakit leptospirosis



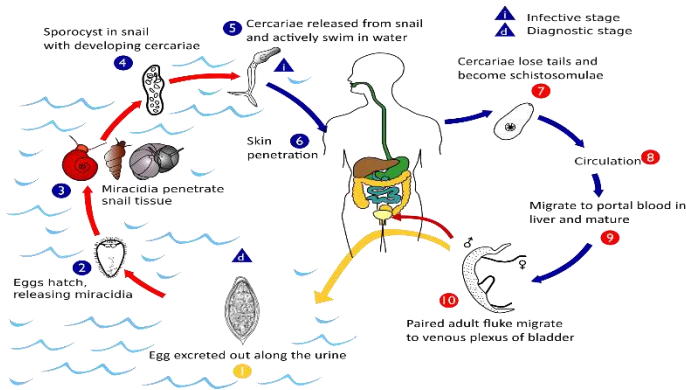
Gambar 2.3. Pedagang bakso keliling dengan ketersediaan air yang sedikit untuk mencuci alat makan

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 2.4. 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 2.5. 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.

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.

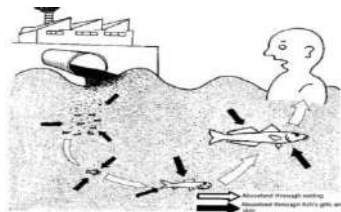
Bahan kimia berbahaya pada media air, dan jenis penyakit yang ditimbulkannya adalah :

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*) (Hadijah dkk., 2016; Brushett dkk., 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 2.6. 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). Methaehemoglobineia 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 keberadaannya 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.

2.3 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 III

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 :

3.1 Pengawasan Kualitas Air Minum

3.1.1 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.

3.1.2 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.

3.1.3 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.

3.1.4 Rekomendasi untuk pelaksanaan tindak lanjut

Produsen/penyedia/penyelenggara, kepala dinas kesehatan kabupaten/kota, dan/atau kepala instansi kekarantina 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.

3.1.5 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:

a. 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.

b. 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.

c. 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.

3.2 Pelindungan 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 pelindungan 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 pelindungan 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, pemeliharannya 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.

3.3 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.

1. 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.

2. 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).

3. 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.

4. Dekontaminasi,

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

BAB IV

PENGOLAHAN AIR

4.1 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 sebakus 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. Ketidak bertanggung jawaban 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.

4.2 Teknik Pengolahan 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, naik 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.

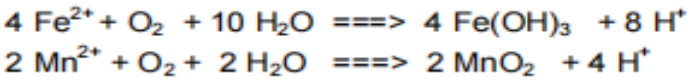
1. Aerasi

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 4.1. 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 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.

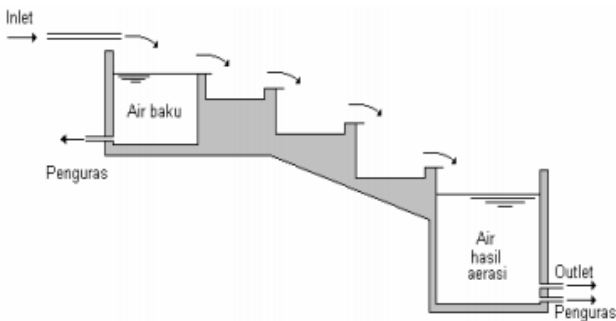


Gambar 4.1. Tray Aerator

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 :

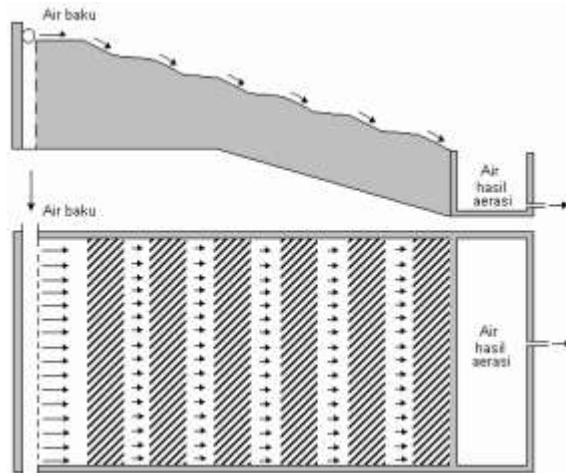


Gambar 4.2. Cascade Aerator

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 kelempengan dibawahnya. 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 :



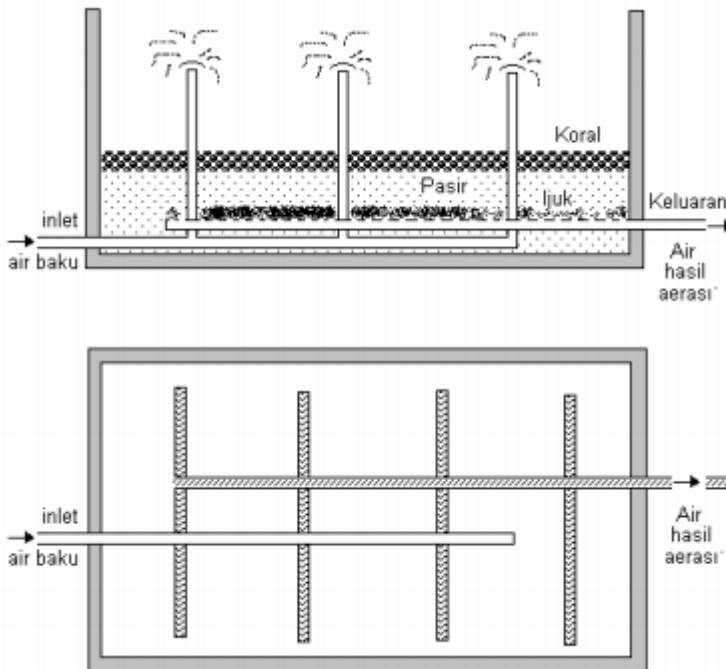
Gambar 4.3. Submerged Cascade Aerator

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* :

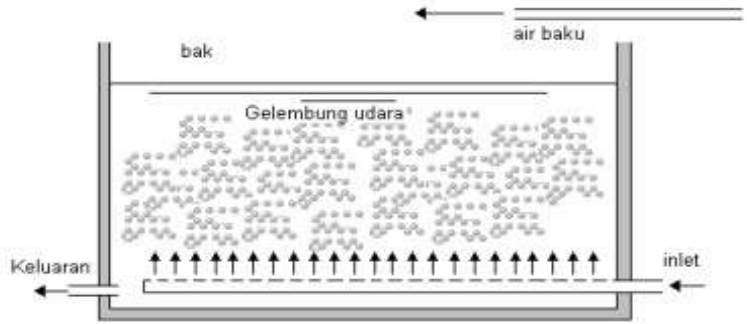


Gambar 4.4. Spray aerator

e. *Bubble Aerator*

Jumlah udara yang dibutuhkan untuk bubble aerator tidak banyak, yaitu sekitar 0,3 - 0,5 m³ udara per m³ 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 4.5. Bubble Aerator

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*) dialirkan 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 menetralsir. Kejadian ini akan menyebabkan terjadinya perubahan komposisi kandungan yang menyebabkan perubahan kualitas airnya.

b. Effektivitas penyaringan

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

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 pemeliharaannya. 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 efektifitas 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 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*).

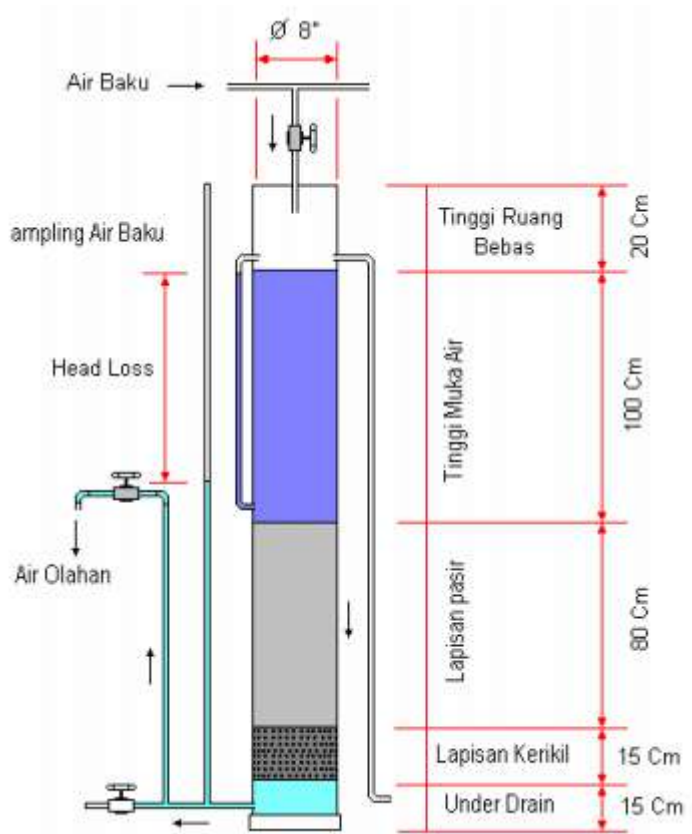
Secara umum, bagian dari saringan sistem gravitasi dengan tekanan adalah sama, yang terdiri dari bak saringan, media saring (pasir), kerikil, ijuk, kran air hasil olahan. Sedangkan kapasitas bak saringan bisa dirancang sesuai dengan kebutuhan.

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 :

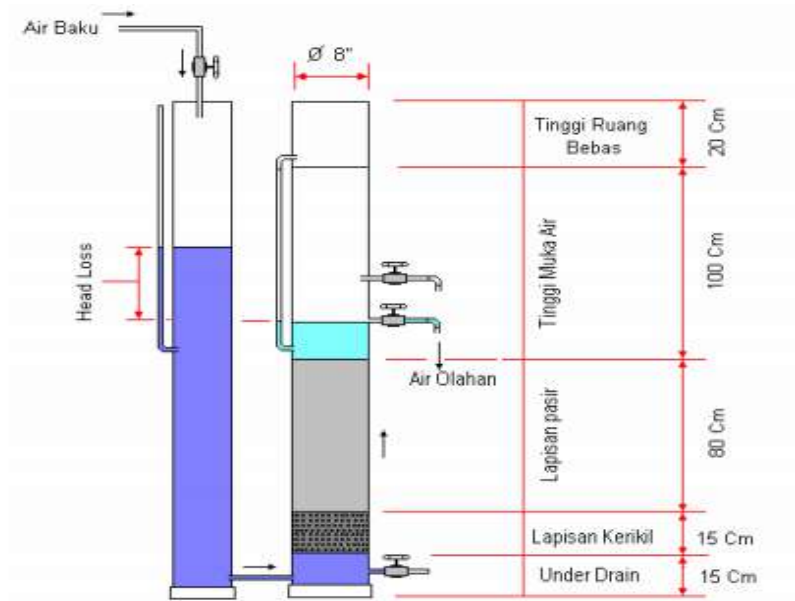


Gambar 4.6. Saringan pasir dengan mekanisme gravitasi (*Down Flow*)

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 4.7. 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 mengadung 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

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/membubuhkan 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 typhus, 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 desinfeksi, pemberian desinfektan seperti *Ozon*, *Chlorine Dioxide* kedalam 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) Konsentrasi desinfektan 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 konsentrasi dengan waktu kontak.

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

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

Tabel 4.2. Harga Ct Untuk Inaktifasi Mikroba Dengan Desinfektan Khlor (suhu 5 °C, pH = 6)

Mikroorganisme	Konsentrasi khlor (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 Lamblia cyst	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 khlor, 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 Khlor , harga Ct meningkat sejalan dengan kenaikan pH, sebaliknya inaktifasi bakteri, virus dan kista protozoa umumnya lebih efektif pada pH tinggi. Pengaruh pH pada inaktifasi mikroba dengan khloramin tidak diketahui secara pasti karena adanya hasil yang bertentangan. Pengaruh pH pada inaktifasi patogen dengan ozon juga belum banyak diketahui secara pasti.

5) Temperatur (suhu)

Makin tinggi suhu air, makin tinggi pula efektifitas 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 konsentrasi khlorin 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 Ca(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 $\text{pH} > 9$.

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 konsentrasinya. 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 , NH_3 , dan zat organik lainnya. Selanjutnya baru akan efektif membunuh kuman, hal ini disebt 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 Cl_2 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 $\pm 0,3 \text{ mg/l}$ ($0,2 - 0,5 \text{ mg/l}$), sedangkan untuk air kolam renang sisa khlor yang dipersyaratkan $0,2 - 0,5 \text{ mg/l}$.

Perhitungan :

Misal dari hasil pengamatan diperoleh :

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

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

Angka keamanan ditetapkan $= 0,3 \text{ mg/l}$

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

Jika bahan kimia yang digunakan untuk desinfeksi adalah kaporit 60 %, maka banyaknya kaporit yang dibutuhkan adalah $= 100/60 \text{ mg/l} \times 0,6 \text{ mg/l}$
 $= 1,0 \text{ mg/l}$

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 = $100/8 \times 100 \text{ ml}$
 $= 1.250 \text{ ml}$

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 = $60 \times 60 \times 5 \text{ liter}$
 $= 18.000 \text{ liter}$

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 = $24 \times 60 \times 60 \times 10 \text{ liter}$
 $= 864.000 \text{ liter}$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kaporit yang dibutuhkan} &= 864.000 \times \\ &1,0 \text{ mg/l} \\ &= 864.000 \text{ mg} \\ &= 864 \text{ gr} \\ &= 100/60 \times \\ &864 \text{ gr} \\ &= 1.440 \text{ gr}\end{aligned}$$

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.

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 kedalam empat 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 (*floculant particle*) selama mengalami proses sedimentasi. Bersatunya beberapa partikel

membentuk gumpalan akan memperbesar rapat masanya, sehingga akan mempercepat pengendapannya.

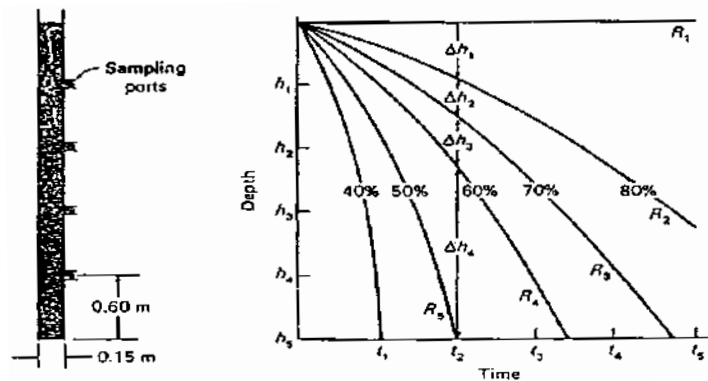
Proses penggumpalan (*flocculation*) di dalam kolam pengendapan akan terjadi tergantung pada keadaan partikel untuk saling berikatan dan dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti laju pembebanan permukaan, kedalaman kolam, gradient kecepatan, konsentrasi partikel di dalam air dan range ukuran butir. 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 vertical 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 4.8. Kolom pengendapan dan kurva pengendapan partikel flok

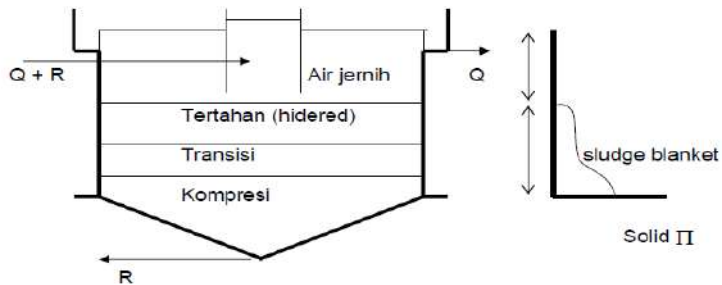
- c. Tipe 3 (pengendapan secara perintang/*hindered settling*)

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.

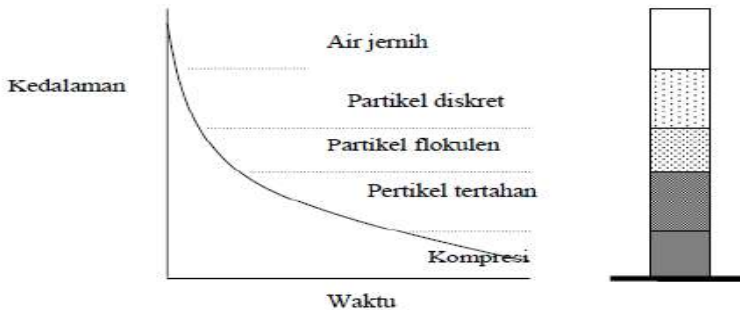
- d. Tipe 4 (pengendapan secara pemampatan/*compression settling*)

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 4.9. Pengendapan final clarifier pada proses lumpur aktif

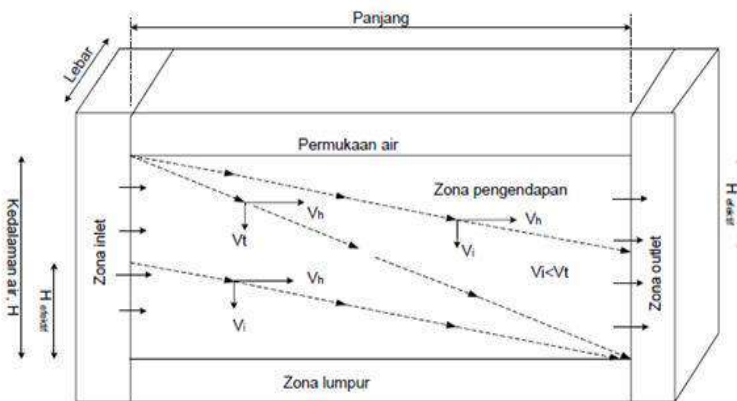
Berdasarkan empat tipe pengendapan tersebut, maka proses terjadinya pengendapan dalam pengolahan air dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.10. 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 4.11. 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.

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 pH > 7 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai pH < 7 menunjukkan sifat asam. Nilai pH 0 menunjukkan derajat keasamaan yang

tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat keasaman 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 ($\text{pH} 6-8,5$).

2) Aerasi

Proses aerasi yaitu mengontakkan air baku dengan udara khususnya 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 , metana, 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 negatip 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 menetralsir 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 4.12. Proses pengolahan air gambut

4.3 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 mengkonsumsi 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 reservoar air baku depot air minum :



Gambar 4.13. Reservoar air baku depot



Gambar 4.14. Mobil tanki air

b. Penyaringan (filtrasi)

Setelah air baku dimasukkan kedalam reservoar, 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 4.15. Proses penyaringan pada depot

c. Desinfeksi

Desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh kuman patogen. 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

sewaktu 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 cm².

d. Alur pengolahan air minum pada depot

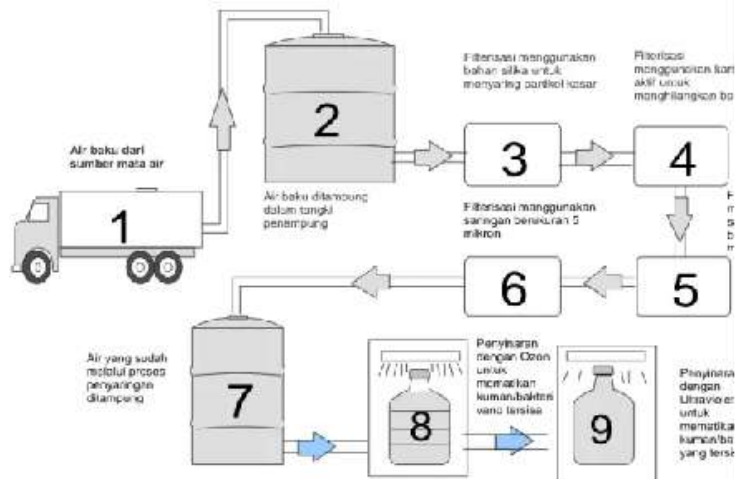
Alur pengolahan air baku menjadi air minum pada depot adalah sebagai berikut :

- 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 (O₃) 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 4.16. 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) 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, penumpukkan 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 hams 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) Pemasangannya rapih 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/Penanggung jawab dan operator wajib memelihara sarana yang menjadi tanggungjawabnya.
- b) Melakukan sistim 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 meneuhi 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 keija/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 V

TEKNIK PENGAMBILAN SAMPEL AIR

5.1 Pengambilan Sampel Uji Air Untuk Pengujian Fisika dan Kimia

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.

Berikut ini ada beberapa istilah yang harus dipahami oleh mahasiswa dalam praktik ini, yaitu :

1. Badan air : air yang terkumpul dalam suatu wadah baik alami maupun buatan yang mempunyai tabiat hidrologikal, wujud fisik, kimiawi, dan hayati.

2. Sungai, anak sungai : alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan.
3. Danau dan sejenisnya tempat limpasan air permukaan dan/atau pada aliran air tanah yang berkumpul pada suatu titik yang nisbi lebih rendah daripada wilayah sekitarnya, baik secara alami maupun buatan
4. Rawa dan lahan basah lainnya wadah air beserta air dan daya air yang terkandung di dalamnya, tergenang secara terus menerus atau musiman, terbentuk secara alami di lahan yang relatif datar atau cekung dengan endapan mineral atau gambut, dan ditumbuhi vegetasi, yang merupakan suatu ekosistem
5. kuifer lapisan batuan/tanah jenuh air tanah yang dapat menyimpan dan meneruskan air tanah dalam jumlah cukup dan ekonomis
6. Akuifer tertekan (akuifer artesis) akuifer yang dibatasi di bagian atas dan bawahnya oleh lapisan kedap air.
7. Akuifer tak tertekan akuifer yang dibatasi di bagian atasnya oleh muka air tanah bertekanan sama dengan tekanan udara luar (1 atmosfer) dan dibagian bawahnya oleh lapisan kedap air
8. Sumur produksi sumur air tanah dari kedalaman tertentu yang dibuat dengan mesin bor dan pengambilan airnya dilakukan dengan pompa turbin atau pompa hisap, digunakan untuk keperluan tertentu yang bermanfaat untuk kehidupan manusia dengan harus mempertimbangkan berbagai aspek lingkungan hidup
9. Sampel Uji Sesaat, contoh uji yang diambil sesaat pada satu lokasi tertentu

10. Sampel Uji Gabungan Waktu: campuran contoh uji yang diambil di satu titik, pada waktu yang berbeda, dengan volume yang sama
11. Sampel Uji gabungan Tempat: campuran contoh uji yang diambil di titik pengambilan contoh uji yang berbeda, pada waktu yang sama dengan volume yang sama
12. Air Bebas Mineral : air yang diperoleh dengan cara penyulingan ataupun proses **demineralisasi** sehingga diperoleh air dengan konduktivitas lebih kecil dari 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$
13. Biological Oxygen Demand (BOD): jumlah miligram oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk menguraikan bahan organik karbon dalam 1 L air selama 5 hari pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SNI 6989.72:2009)
14. Chemical Oxygen Demand (COD) : jumlah oksidan ion dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1.000 ml contoh uji (SNI 6989.15:2019)
15. Sampel Uji duplikat lapangan : contoh uji yang diambil secara berurutan pada satu titik pengambilan yang sama dengan rentang waktu antar pengambilan yang sekecil mungkin, digunakan untuk menguji ketelitian tata kerja pengambilan contoh uji

5.2 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, penyegehan wadah jika perlu, transportasi, pengawetan)
 - k. Pembuatan peta/sketsa titik pengambilan air.
2. Penentuan Lokasi dan Titik Pengambilan Sampel Uji
- 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 $\frac{1}{5}$ kali kedalaman dari permukaan dan $\frac{4}{5}$ 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 $\frac{1}{5}$ kali kedalaman dari permukaan dan $\frac{4}{5}$ kali kedalaman dari permukaan

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 di:

- 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) $< 10 \text{ m}$; 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) $31 \text{ m} - 100 \text{ m}$; Titik pengambilan sampel uji pada 4 titik yaitu di permukaan, di lapisan metalimnion, di bagian atas dan bagian dasar lapisan hipolimnion
 - (4) $> 100 \text{ m}$; 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 penyusutan 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:

- sumur produksi untuk pemenuhan kebutuhan perkotaan, pedesaan, pertanian, industri, dan sarana umum
- sumur-sumur pemantauan kualitas air tanah;
- sumur observasi untuk pengawasan imbuhan (recharge);
- sumur observasi air tanah di suatu cekungan air dari akuifer artesis;

- sumur observasi di wilayah pesisir tempat terjadinya penyusupan air asin;
- sumur observasi penimbunan atau pengolahan limbah domestik atau limbah industri;
- 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;
- (3) Sumur produksi Tentukan titik pengambilan contoh uji pada keran/mulut pompa keluarnya air.

3. 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*)

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. Catatan kedua, apabila kondisi di lokasi pengambilan contoh uji heterogen atau fluktuatif, maka lakukan pengambilan contoh uji sesaat pada waktu dan keadaan yang berbeda sehingga mewakili kualitas yang sebenarnya dari waktu ke waktu.

- 1) pengambilan contoh uji gabungan waktu (*composite sampling*)
- 2) pengambilan contoh uji gabungan tempat (*composite sampling*);

- 3) pengambilan contoh uji gabungan kedalaman (*composite sampling*);
 - 4) pengambilan contoh uji gabungan waktu dan tempat (*composite sampling*).
4. 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.
5. Penentuan alat pengambil contoh uji
- a. tentukan jenis alat pengambil contoh uji dengan persyaratan yang sesuai
 - b. tentukan jenis alat pengambil contoh uji sesuai tujuan, lokasi, dan titik pengambilan contoh uji (lihat lokasi dan titik pengambilan sampel/contoh)
 - c. Persyaratan alat pengambil contoh uji
Alat pengambil contoh uji air harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - 1) terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh uji, sehingga tidak menyerap zat-

zat kimia dari contoh uji, tidak melarutkan zat-zat kimia ke dalam contoh uji, serta tidak menimbulkan reaksi antara bahan peralatan dengan contoh uji;

- 2) mudah dicuci dari penggunaan sebelumnya (bebas kontaminan);
- 3) kapasitas atau volume peralatan pengambil contoh uji sesuai dengan tujuan pengambilan contoh uji;
- 4) tidak mudah pecah atau bocor;
- 5) mudah dan aman dibawa;
- 6) mudah memindahkan contoh uji yang diambil ke dalam wadah contoh uji.

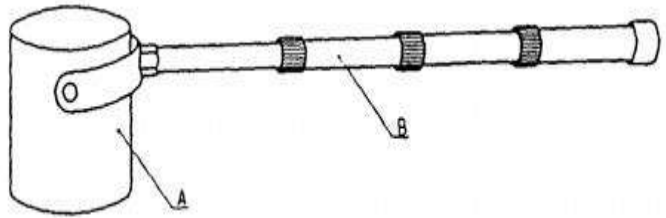
d. Jenis alat pengambil contoh uji

1) 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 1).

Catatan (1) dalam praktiknya, alat sederhana ini paling sering digunakan dan dipakai untuk mengambil air permukaan atau air sungai kecil yang relatif dangkal.

Catatan (2) gunakan ember plastik atau gayung plastik yang bukan dari bahan plastik daur ulang



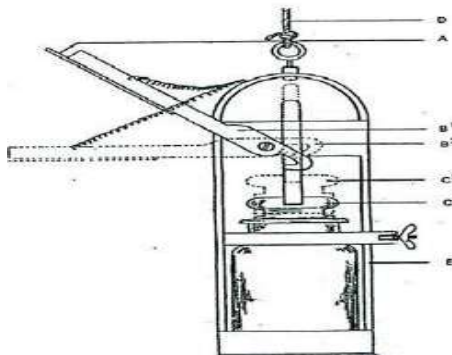
Gambar 5.1. Contoh alat pengambil contoh sederhana gayung bertangkai panjang

Keterangan:

- A : adalah pengambil contoh terbuat dari polietilen;
 B : adalah handle (tipe teleskopi yang terbuat dari aluminium atau *stainless steel*).

2) 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 4)



Gambar 5.2. Contoh alat pengambil contoh uji berupa botol dengan pemberat

Keterangan

A : adalah pengait

B1 : adalah tuas posisi tertutup

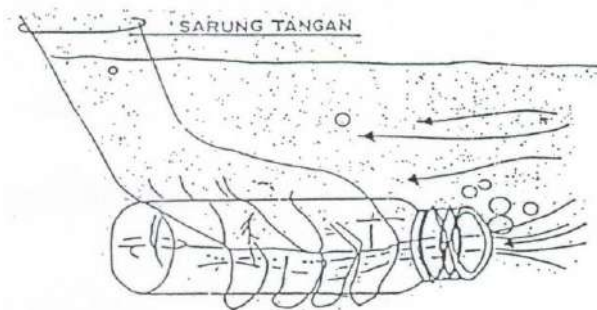
B2 : adalah tuas posisi terbuka

C1 : adalah tutup gelas botol contoh posisi tertutup

C2 : adalah tutup gelas botol contoh posisi terbuka

D : adalah tali penggantung

E : adalah rangka metal botol contoh



Gambar 5.3. Contoh alat pengambil air botol biasa secara langsung

6. 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.
7. 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.
8. 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.

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

10. Bahan

- 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 μm 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.

11. Peralatan

- 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;
 - 4) alat pengukur transparansi atau kecerahan (secchi disc) jika melakukan pengambilan contoh uji air danau dan sejenisnya;
 - 5) alat pengukur laju alir;
 - 6) alat pengukur waktu (stopwatch);
 - 7) alat pengukur kedalaman (depth sounder atau water level meter atau tali yang telah dilengkapi pemberat dan terukur panjangnya);
 - 8) 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*).

12. Cara Pengambilan contoh uji

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
- a) Botol sampel terlebih dahulu disterilkan
 - b) kran buka, biarkan air mengalir 2-3 menit, dan tutup kembali
 - c) Sterilkan ujung pipa dengan cara membakar dengan lampu spiritus
 - d) Kran dibuka, lakukan selanjutnya pengambilan sampel dengan terlebih dahulu dilakukan pembilasan botol sampel
 - e) Setelah terisi penuh, botol sampel diangkat dan airnya dibuang sehingga tersisa 2/3 volume botol sampel
 - f) 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

- a) Botol sampel terlebih dahulu disterilkan

- b) Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan botol sampel yang diberi pemberat dan tali
- c) Kertas pembungkus dibuka, botol dipegang pada bagian bawah, sehingga tangan tidak bersentuhan dengan botol sampel
- d) tali dibuka, botol sampel diturunkan perlahan-lahan sehingga mulut botol terendam dalam air lk. 30 cm
- e) Setelah terisi penuh, botol sampel diangkat dan airnya dibuang sehingga tersisa $2/3$ volume botol sampel
- f) Botol sampel diberi label (lokasi, jam dan tanggal pengambilan sampel, diambil oleh, jenis parameter yang akan diperiksa)

3) 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).

13. Cara Pengambilan contoh uji untuk parameter tertentu

- a. Cara pengambilan contoh uji untuk pengujian logam total dan logam terlarut

Lakukan pengambilan contoh uji untuk pengujian logam total dan logam terlarut dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) ambil contoh uji
 - 2) untuk pengujian logam total, ambil contoh uji, masukkan ke dalam wadah contoh uji dan lakukan pengawetan
 - 3) untuk pengujian logam terlarut, ambil contoh uji, lakukan penyaringan contoh uji , masukkan ke dalam wadah contoh uji, dan lakukan pengawetan.
- b. Cara pengambilan contoh uji untuk pengujian minyak mineral dan minyak lemak
- Lakukan pengambilan contoh uji untuk pengujian minyak mineral dan minyak lemak dengan langkah-langkah sebagai berikut:
- 1) selama pengambilan contoh uji, gunakan sarung tangan lateks (jangan gunakan sarung tangan plastik);
 - 2) lakukan langkah
 - 3) ambil 1 L contoh uji dengan cara memasukkan wadah gelas bermulut lebar ke dalam badan air hingga hampir penuh;
 - 4) ukur segera parameter lapangan yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan seperti pH, oksigen terlarut, dan temperatur
 - 5) lakukan perlakuan pendahuluan contoh uji
 - 6) catat identitas pada label setiap wadah yang telah berisi contoh uji, kemudian simpan contoh uji dalam kotak pendingin;
 - 7) lakukan rangkaian pengamanan contoh uji
 - 8) catat dan laporkan seluruh rangkaian kegiatan pengambilan contoh uji dalam formulir rekaman data lapangan.

c. Cara pengambilan contoh uji untuk pengujian pestisida

Lakukan pengambilan contoh uji untuk pengujian pestisida dengan cara sebagai berikut :

- 1) selama pengambilan contoh uji, gunakan sarung tangan lateks (jangan gunakan sarung tangan plastik);
- 2) lakukan langkah 1) sampai 3) pada subpasal 9.1;
- 3) tentukan posisi atau titik pengambilan contoh uji di area yang tidak terlalu deras arusnya;
- 4) jika menggunakan teknik pengambilan contoh uji sesaat (*grab sampling*), ambil sejumlah contoh uji menggunakan alat yang sesuai (gayung atau ember stainless/non plastik) kemudian pindahkan ke dalam wadah contoh uji yang sudah dibilas;
- 5) jika menggunakan teknik pengambilan contoh uji gabungan (*composite sampling*) ambil contoh uji kemudian masukkan ke dalam wadah penampung, aduk hingga homogen, dan pindahkan ke dalam wadah contoh uji;
- 6) ukur segera parameter lapangan yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan seperti pH, oksigen terlarut, dan temperatur
- 7) lakukan perlakuan pendahuluan contoh uji
- 8) catat identitas pada label setiap wadah yang telah berisi contoh uji, kemudian simpan contoh uji dalam kotak pendingin;
- 9) lakukan rangkaian pengamanan contoh uji

- 10) catat dan laporkan seluruh rangkaian kegiatan pengambilan contoh uji dalam formulir rekaman data lapangan.
- d. Cara pengambilan contoh uji untuk pengujian BOD
- Lakukan pengambilan contoh uji untuk pengujian BOD dengan langkah-langkah sebagai
- 1) ukur penampang badan air dan/atau laju alir air dan/atau kedalaman badan air jika belum ada data sekunder;
 - 2) ambil contoh uji secara hati-hati dengan cara memasukkan wadah contoh uji berkapasitas 1 L ke dalam badan air hingga penuh;
 - 3) apabila langkah 2) tidak memungkinkan dilakukan, ambil contoh uji menggunakan alat pengambil contoh uji kemudian pindahkan contoh uji ke dalam wadah contoh uji. Hindari terjadinya turbulensi dan gelembung udara selama pengisian wadah dan pastikan tidak ada gelembung udara yang tertinggal;
 - 4) ukur segera parameter lapangan yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan seperti pH, oksigen terlarut, dan temperatur
 - 5) lakukan perlakuan pendahuluan contoh uji sesuai pasal
 - 6) catat identitas pada label setiap wadah yang telah berisi contoh uji, kemudian simpan contoh uji dalam kotak pendingin;
 - 7) lakukan rangkaian pengamanan contoh uji

- 8) catat dan laporkan seluruh rangkaian kegiatan pengambilan contoh uji dalam formulir rekaman data lapangan.
14. Pengukuran parameter lapangan
 - a. lakukan segera pengukuran parameter lapangan antara lain pH, temperatur, DO;
 - b. lakukan pengukuran parameter pH sesuai SNI yang ditetapkan atau petunjuk penggunaan alat atau metode standar lainnya;
 - c. lakukan pengukuran parameter temperatur sesuai SNI 6989.23 atau petunjuk penggunaan alat atau metode standar lainnya;
 - d. lakukan pengukuran parameter DO sesuai SNI 6989.14 atau petunjuk penggunaan alat atau metode standar lainnya;
 - e. untuk pengambilan contoh uji air danau dan sejenisnya, lakukan pengukuran parameter transparansi dengan cara memasukkan secchi disc ke dalam badan air hingga secchi disc tidak terlihat lagi dan catat kedalamannya dalam satuan meter.
 15. Perlakuan pendahuluan contoh uji
 - a. Penyaringan contoh uji

Lakukan penyaringan contoh uji di lapangan untuk pengujian parameter terlarut sebagai berikut:

 - 1) siapkan sistem penyaring vakum dan media penyaring atau sistem penyaring lainnya yang akan digunakan;

- 2) ambil contoh uji yang akan disaring sesuai parameter yang akan diuji;
 - 3) masukkan kedalam alat penyaring yang telah dilengkapi kertas saring yang mempunyai ukuran pori 0-0,45 μm dan saring sampai selesai
 - 4) lakukan penyaringan hingga mencapai volume contoh uji yang diperlukan untuk pengujian
 - 5) tampung filtrat contoh uji ke dalam wadah contoh uji sesuai dokumen perencanaan;
 - 6) lanjutkan perlakuan pendahuluan contoh uji.
- b. Ekstraksi Contoh untuk Pemeriksaan Pestisida Ekstraksi

Contoh untuk pemeriksaan ini dilakukan sebagai berikut :

- 1) contoh dikocok secara merata dan ukur volumenya sebanyak 1 liter dengan gelas ukur;
- 2) tuangkan contoh ke dalam labu ekstrak;
- 3) bilas gelas ukur dengan 60 ml campuran pelarut organik (n-hexana 85% dan Diethyl Ether 15%), kemudian tuangkan pelarut organik tersebut ke dalam labu ekstrak dan kocok selama 2 menit;
- 4) biarkan sampai terjadi pemisahan fase paling sediki ± 10 menit;
- 5) tampung fase air dari labu ekstrak ke dalam gelas ukur dan secara hati-hati tuangkanlah lapisan fase organik melalui kolom yang berdiameter luar 2 cm dan berisi Na_2SO_4

bebas air setinggi 10 cm ke dalam wadah khusus;

- 6) tuangkan kembali fase air di dalam gelas ukur tadi ke dalam labu ekstrak;
- 7) ulangi langkah (3) sampai (6) 2 kali lagi;
- 8) bilas kolom dengan pelarut hexana $\pm$ 20 ml;
- 9) satukan hasil ekstrak dalam botol khusus.

c. Ekstrak Contoh untuk Pemeriksaan Minyak dan Lemak

Ekstraksi contoh untuk pemeriksaan ini dilakukan sebagai berikut :

- 1) diukur 1 liter contoh dengan gelas ukur;
- 2) ditambahkan 5 ml asam klorida (HCl 1:1), sampai pH
- 3) dimasukkan kedalam labu ekstrak;
- 4) gelas ukur tadi dibilas secara hati-hati dengan 30 ml pelarut organik (jenis pelarut organik disesuaikan dengan metode pemeriksaan yang digunakan), dan masukkan ke dalam labu ekstrak;
- 5) dikocok kuat-kuat selama 2 menit dan bila terjadi emulsi yang stabil (tidak terjadi pemisahan fase yang jelas), dikocok lagi selama 5-10 menit;
- 6) dibiarkan sampai terjadi pemisahan fase;
- 7) fase organiknya dikeluarkan melalui corong yang berisi kertas saring dan Na_2SO_4 ke dalam wadah contoh khusus;
- 8) dimasukkan lagi 30 ml pelarut organik ke dalam labu ekstrak;
- 9) ulangi langkah (5) sampai (8) 2 kali lagi;

- 10) hasil ekstrak disalurkan ke dalam wadah contoh khusus;
- 11) kertas saring dicuci dengan 10-20 ml pelarut organik dan disatukan dengan ekstrak ke dalam wadah contoh khusus tadi.
- d. Pengawetan contoh uji
 - 1) Pengawetan Cara Fisika
Pengawetan secara fisika dilakukan dengan cara pendinginan contoh pada suhu 4 0C atau pembekuan.
 - 2) Pengawetan Cara Kimia
Pengawetan secara kimia dilakukan tergantung pada jenis parameter yang diawetkan. Beberapa cara pengawetan adalah sebagai berikut :
 - a) pengasaman, yaitu penambahan asam nitrat pekat atau asam klorida pekat atau asam sulfat pekat ke dalam contoh sampai $\text{pH} < 2$
 - b) penambahan biosida ke dalam contoh, jenis biosida dan dosisnya tercantum pada lampiran
 - c) penambahan larutan basa (biasanya larutan natrium hidroksida, NaOH) ke dalam contoh sampai $\text{pH} 10-11$.
 - d) simpan contoh uji yang sudah diawetkan dalam kotak pendingin;
 - e) contoh uji siap dibawa ke laboratorium.
- e. Pengendalian mutu (jika diperlukan)
 - 1) gunakan wadah contoh uji yang bebas kontaminan dibuktikan dengan melakukan

pengujian blanko wadah contoh uji sebanyak 5% dari jumlah wadah yang telah dicuci setidaknya 6 bulan sekali.

- 2) gunakan alat pengambil contoh uji yang bebas kontaminan.
- 3) gunakan peralatan pengukuran parameter lapangan yang terkalibrasi.
- 4) lakukan pengambilan contoh uji oleh petugas pengambil contoh uji yang kompeten.
- 5) lakukan pengendalian mutu di lapangan sesuai tujuan pengambilan.

16. Pelaporan

Catat pada formulir rekaman data lapangan hal-hal sebagai berikut:

- a. nama petugas pengambil contoh uji yang berkompeten.
- b. identitas contoh uji (kode titik pengambilan contoh uji dan parameter yang akan diuji).
- c. tanggal pengambilan contoh uji.
- d. waktu pengambilan contoh uji.
- e. teknik pengambilan contoh uji.
- f. koordinat lokasi pengambilan contoh uji.
- g. rekaman data hasil pengukuran parameter lapangan.
- h. rekaman rangkaian pengamanan contoh uji.
- i. rekaman data dan informasi kondisi lapangan selama rangkaian pengambilan contoh uji yang dapat mempengaruhi interpretasi hasil analisis.

Dalam pengambilan sampel air diharuskan untuk sampel yang representative yaitu sampel yang mewakili air yang akan dilakukan pemeriksaan. Sampel air yang representative dapat diperoleh dengan mencampur sampel yang diambil dari periode waktu tertentu atau dari beberapa titik/tempat pengambilan sampel yang berlainan.

Adapun dalam pengambilan sampel air faktor-faktor yang harus diperhatikan :

a. Selang antara waktu pengambilan sampel

Makin pendek selang waktu antara pengambilan sampel dan analisa, akan memberikan hasil makin baik. Beberapa parameter kimia dan sifat fisik diharuskan analisa di lapangan, karena susunan dari sampel air akan berubah setibanya di laboratorium. Batas waktu untuk pemeriksaan fisik dan kimia :

Air bersih	72 jam
Air yang sedikit tercemar	48 jam
Air kotor / limbah	12 jam

Faktor suhu dan pH pada saat pengambilan sampel dapat berubah dengan cepat, gas-gas terlarut dapat lepas (oksigen, gas kalor) atau bertambah, oleh karena itu penetapan suhu dan pH dan gas-gas terlarut sebaiknya dilakukan dilapangan.

b. Pengiriman sampel

Masing-masing sampel yang akan dibawa ke laboratorium harus diletakkan pada alat yang dapat selalu menstabilkan suhu dari tempat

pengambilan sampel sampei ke laboratorium dan ditempelkan label yang memuat :

- 1) Lokasi pengambilan sampel
- 2) Kode sampel
- 3) Diambil oleh
- 4) Tanggal dan jam pengambilan sampel
- 5) Pemeriksaan yang akan diukur

BAB VI

PEMERIKSAAN FISIK

6.1 Pemeriksaan Bau dan Rasa

1. Tujuan pemeriksaan untuk mengamati bau dan rasa dari contoh air bersih dan air minum
2. Teori

Rasa dan bau yang tidak enak dapat disebabkan oleh plankton, bakteri, tumbuh-tumbuhan yang membusuk, air limbah industri dan rumah tangga yang tidak diolah sempurna. Usaha untuk menghilangkan atau mengurangi rasa dan bau dapat dilakukan aerasi dengan menggunakan karbon aktif.

3. Cara Pemeriksaan
 - a. Alat dan bahan
 - 1) Cawan penguap
 - 2) Penganas air
 - b. Cara kerja
 - 1) Pemeriksaan bau :
 - a) Contoh air dimasukkan kedalam cawan penguap bebas bau
 - b) Dicum baunya bila kurang jelas dipanaskan pada suhu 40°C (penangas air)
 - c) Dicum baunya
 - 2) Pemeriksaan rasa
 - a) Contoh air dimasukkan kedalam mulut diletakkan pada lidah dan tahan beberapa

menit (contoh air yang telah diketahui tidak berbahaya untuk diminum)

b) Rasakan contoh air tersebut

6.2 Pemeriksaan Suhu

1. Tujuan Pemeriksaan

Untuk pembacaan suhu contoh air berswih dan air minum

2. Teori

Suhu merupakan suatu factor perkembangan (pertumbuhan) algae tertentu, maka pembacaan suhu yang tepat adalah penting untuk beberapa proses pengolahan dan analisa laboratorium. Pemeriksaan suhu dilakukan pada tempat pengambilan contoh air.

3. Cara Pemeriksaan

a. Alat dan bahan

- 1) Termometer
- 2) Contoh air
- 3) Erlenmeyer 250 ml

b. Cara kerja

- 1) Contoh air dimasukkan kedalam Erlenmeyer
- 2) masukkan thermometer kedalam contoh air
- 3) biarkan selama 1- 2 menit
- 4) baca thermometer (saat pembacaan thermometer tetap terendam dalam sampel), satu angka dibelakang koma.

6.3 Pemeriksaan Warna

1. Tujuan

Untuk menentukan warna yang terdapat pada contoh air bersih dan air minum.

2. Teori

Warna didalam air dapat disebabkan oleh adanya ion-ion logam terutama besi dan mangan, humus, tanaman air, dan buangan industry. Warna air biasanya dihilangkan terutama untuk penggunaan air industri dan air minum. Yang dimaksud dengan warna yaitu warna nyata, maksudnya warna setelah kekeruhan sampel dihilangkan.

3. Prinsip

Pemeriksaan warna ditentukan dengan membandingkan secara visual warna sampel dengan warna larutan standar yang diketahui konsentrasinya. Biasanya dipakai larutan standar platina cobalt.

4. Cara Pemeriksaan

a. Alat dan bahan

- 1) Spektrofotometer
- 2) Cuvet
- 3) Pipet
- 4) Buret
- 5) Gelas kimia
- 6) Larutan induk warna
- 7) Labu ukur 50 ml

b. Cara kerja

- 1) Siapkan larutan standar dengan konsentrasi berikut : 5,0 TCU, 10,0 TCU, 20,0 TCU, 40,0 TCU dan 70 TCU yang berasal dari larutan induk 500 TCU.
- 2) Masing-masing labu ukur ditambahkan aquadest sebanyak 50 ml.

- 3) Pindahkan kedalam cuvet dan ukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 355 nm lakukan juga terhadap blanko (aquadest).
- 4) Ukur larutan sampel dengan cara yang sama dengan larutan standar.
- 5) Buat grafik larutan standar antara konsentrasi dan absorbance (% A) sehingga akan didapatkan konsentrasi dari larutan sampel.

6.4 Analisis Zat Padat

1. Tujuan Pemeriksaan

Untuk menganalisa zat padat dalam air.

2. Teori

Dalam air alam ditemui dua kelompok zat terlarut seperti garam dan molekul organik, dan zat padat tersuspensi serta koloidal seperti tanah liat. Jenis artikel koloid tersebut adalah kekekruhan dalam air yang disebabkan oleh penyimpangan sinar yang menembus suspensi tersebut. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia. Dalam metoda analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana bila sampel air dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organik dan an organik.

3. Prinsip

- a. Zat padat total (total solid), sampel dalam cawan dikeringkan pada suhu 105°C sampai beratnya konstan. Berat residu dalam cawan adalah zat padat total.

- b. Zat padat tersuspensi (total suspended solid), sampel disaring dengan filter kertas, filter yang mengandung zat tersuspensi dikeringkan pada suhu 105°C selama 2 jam, dilakukan pertimbangan berat.

4. Pemeriksaan Zat Padat Terlarut

- a. Alat-alat yang digunakan
 - 1) Alat penyaring membran
 - 2) Filter kertas biasa
 - 3) Bejana isap serat alat pompa vakum
- b. Cara kerja
 - 1) Penimbangan kertas saring kosong
 - 2) Letakkan kertas saring kedalam alat penyaring.
 - 3) Bilas kertas saring dengan air suling sebanyak 20 ml dan operasikan alat penyaring.
 - 4) Ulangi pembilasan hingga bersih dari partikel
 - 5) Ambil kertas saring dan letakkan diatas oven pada suhu $103 - 105^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam.
 - 6) Dinginkan desikator selama 15 menit.
 - 7) Lakukan penimbangan kertas saring.
 - 8) Ulangi langkah diatas hingga diperoleh berat tetap (kehilangan berat, 4% (b mg).
- b. Penyaringan contoh dan penimbangan residu tersuspensi
 - 1) Siapkan kertas saring yang telah diketahui beratnya (a gr)
 - 2) Contoh dikocok hingga merata dan masukan kedalam alat penyaring, banyaknya contoh yang diambil disesuaikan dengan kadar residu tersuspensi antara 2,5 – 200 mg.

- 3) Saring contoh, kemudian residu tersuspensi dibilas dengan air suling sebanyak 10 ml lakukan pembilasan.
- 4) Ambil kertas saring dan letakkan diatas tempat khusus.
- 5) Keringkan dalam oven pada suhu 103 – 105 °C selama 1 jam.
- 6) Dinginkan dalam desikator selama 15 menit.
- 7) Ulangi langkah diatas hingga diperoleh berat konstan (b gr)

Perhitungan :

$$\frac{Mg}{l} \text{ residu tersuspensi} = \frac{(a-b) \times 1000}{c}$$

5. Pemeriksaan Zat Padat Total

a. Alat dan bahan

- 1) Cawan penguap
- 2) Oven
- 3) Desikator
- 4) Timbangan

b. Cara kerja

- 1) Cawan penguap kosong dipanaskan pada suhu 105°C selama 1 jam.
- 2) Dinginkan selama 15 menit dalam desikator, kemudian ditimbang.
- 3) Sampel dikocok merata, kemudian dituangkan kedalam cawan. Volume sampel diatur sehingga berat residu antara 25 -250 mg.
- 4) Masukkan cawan yang berisi sampel kedalam oven dengan suhu diatur 98°C (mencegah percikan akibat didihan air dalam cawan).

- 5) Dinginkan cawan yang berisi residu zat padat tersebut dalam desikator sebelum ditimbang.
- 6) Ulangi langkah diatas sampai diperoleh berat konstan.

Perhitungan :

$$\frac{Mg}{l} \text{ zat padat total} = \frac{(a-b) \times 1000}{c}$$

BAB VII

PEMERIKSAAN SAMPEL AIR

UNTUK PARAMETER KIMIA

7.1 Pengujian Besi (Fe)

1. Maksud dan Tujuan Metode pengujian Besi terlarut dalam air dengan alat Spektrofotometer menggunakan Fenantrolin dimaksudkan sebagai acuan dalam pelaksanaan pengujian dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian Besi (Fe) dalam air di laboratorium yang terdapat dalam sampel air secara spektrofotometer dengan metoda Penantrolin
2. Tujuan Tujuan metode pengujian ini adalah unuk mengetahui kadar besi terlarut dalam air yang berguna bagi semua pihak yang meliputi dalam bidang penelitian dan pengukuran kualitas air
3. Teori Pada air yang mengandung oksigen, seperti sering kali air tanah, besi berada sebagai Fe^{2+} yang cukup dapat terlarut, sedangkan pada air sungai yang mengalir dan terjadi aerasi, Fe^{2+} terokdasi menjadi Fe^{+3} yang sulit larut pada pH 6 sampai 8, bahkan dapat menjadi ferihidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan bisa mengendap.
4. Prinsip Analisa
Didihkan dalam asam dan hidroksilamin serta dengan 1,10- fenantrolin, akan mengubah semua zat besi menjadi Fe^{2+} yang terlarut. 3 molekul fenantrolin bergabung dengan satu molekul Fe^{2+} berbentuk ion kompleks berwarna orange merah. Sistim warna

tersebut mengikuti sistim Beer, sinar cahaya dengan panjang gelombang yang tertentu yaitu 510 nm akan diserap (adsorpsi) dan dapat diukur melalui alat spektrofotometer.

5. Prosedur :

a. Alat-alat yang digunakan :

- 1) Spektrofotometer dengan panjang gelombang kisaran 400-900 nm
- 2) Labu ukur 50 ml 100 ml dan 1000 ml
- 3) Erlenmeyer 250 ml
- 4) Pipet gondok 50 ml, 10 ml
- 5) Pipet ukur 10 ml
- 6) Gelas ukur 100 ml
- 7) Gelas kimia 250 ml

b. Bahan yang digunakan

- 1) Asam Klorida pekat
- 2) Larutan Hidroksilamin
- 3) Bufer Amonium Asetat
- 4) Larutan fenantrolin
- 5) Ferro Amonium sulfat (Sebagai larutan induk)

c. Persiapan Bahan

- 1) Larutan Induk Besi 200 mg/l Ditimbang Ferro ammonium sulfat 1,404 g dilarutkan dengan 50 air suling dan 20 ml asam sulfat, kemudian ditambahkan larutan KMnO_4 0,1 N tetes 25 demi tetes sampai warna menjadi sedikit merah muda dan diencerkan menjadi 1000 ml.
- 2) Larutan baku besi 0, 1, 2, 3 dan 4 mg/l Dibuat dengan mengambil 0, 5, 10, 15 dan 20 ml larutan induk besi 200 mg/l, dimasukkan kedalam masing-masing labu ukur 1000 ml tambahkan akuades sampai tanda batas.

- 3) Larutan Buffer Amonium Asetat Dibuat dengan cara melarutkan 250 mg Amonium asetat dalam 150 ml air suling kemudian ditambahkan 700 ml asam asetat pekat.

d. Cara Kerja :

- 1) Pengujian Total besi
 - a) Disediakan sampel air yang telah diambil sesuai dengan metode pengambilan uji kualitas air - Sampel air segera disaring dengan saringan membrane berpori 0,45 um, kemudian asamkan dengan 2 ml HCL pekat untuk setiap 100 ml sampel
 - b) Masukkan sampel ke dalam botol ampai penuh kemudian tutup rapat.
 - c) Diukur 100 ml sampel secara duplo dan masukkan ke dalam labu Erlenmeyer
 - d) Tambahkan kedalam contoh tersebut 4 ml asam klorida pekat dan 2 ml larutan hidrosilamin serta batu didih , kemudian panaskan sampei mendidih.
 - e) Pemanasan dihentikan jika volume tinggal lebih kurang 20 ml
 - f) Di dingginkan dan di pindah kan larutan tersebut ke labu ukur 100 ml
 - g) Tambahkan ke dalam labu ukur tersebut 10 ml larutan buffer asetat dan 10 ml
 - h) Kemudian encerkan dengan air suling sampai tanda batas.

- 2) Pembuatan Kurva kalibrasi
 - a) Ambil masing-masing 100 ml larutan baku konsentrasi 0, 1, 2, 3 dan 4 mg/l, masukkan ke dalam labu Erlenmeyer
 - b) Tambahkan kedalam Erlenmeyer tersebut 4 ml asam klorida pekat dan 2 ml larutan hidrosilamin serta batu didih , kemudian panaskan sampei mendidih.
 - c) Pemanasan dihentikan jika volume tinggal lebih kurang 20 ml
 - d) Di dingginkan dan di pindah kan larutan tersebut ke labu ukur 100 ml, tambahkan air suling sampai tanda batas
 - e) Pipet larutan baku tersebut masing-masing sebanyak 50 ml dan masukkan kedalam labu ukur 100 ml
 - f) Tambahkan ke dalam labu ukur tersebut 10 ml larutan buffer asetat dan 10 ml
 - g) Kemudian encerkan dengan air suling sampai tanda batas, kocok dan biarkan selama 10 menit
 - h) Ukur serapan dari larutan-larutan tersebut dengan alat Spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm.
- 3) Menstandarisasi alat Spektrofotometer
 - a) Biarkan pesawat hidup selama 15_30 menit
 - b) Putar tombol panjang gelombang(sesuai dengan unsur atau senyawa yang akan di analisa)

- c) Bersihkan sel fotometer dan di bilas dengan larutan yang akan di analisa.
- d) Tuangkan larutan blangko ke dalam sel, masukan dalam kamar sel dan pesawat dinol kan sampai angka absorbansi blanko, atau tranmitan (T) 100%, dilanjutkan dengan pembacaan dari beberapa larutan standar Fe, didapatkan absorbance (%A) dari Fe standar

7.2 Pengujian Klorida (Cl⁻)

1. Ruang Lingkup Metode ini digunakan untuk menentukan kadar klorida (Cl⁻) dalam air dan air limbah dengan metode Argentometri cara Mohr.
2. Prinsip Senyawa klorida dalam sampel air dapat dititrasi dengan larutan perak nitrat (AgNO₃) dalam suasana netral atau sedikit basa (pH 7 sampai pH 10), menggunakan larutan indikator kalium kromat. Perak klorida diendapkan secara kuantitatif sebelum terjadinya titik akhir titrasi, yang ditandai dengan mulai terbentuknya endapan perak nitrat yang berwarna merah kecoklatan.
3. Peralatan
 - a) Buret 50 ml
 - b) Erlenmeyer 100 ml dan 250 ml
 - c) Labu ukur 100 ml dan 1000 ml
 - d) Gelas ukur 100 ml
 - e) Pipet gondok 25 ml dan 50 ml
 - f) Pipet ukur 10 ml
 - g) Gelas kimia 250 ml dan 1000 ml
 - h) Spatula

- i) Alat pengukur pH
 - j) Pengaduk magnet
 - k) Corong
 - l) Penangas listrik
 - m) Timbang analitik
 - n) Kaca arloji
 - o) Oven
 - p) Botol semprot
 - q) Desikator.
4. Bahan
- a) Sampel air
 - b) Indikator kromat 5 %
 - c) Larutan baku AgNO_3
 - d) Larutan Natrium klorida (NaCl) 0,0141
 - e) Aluminium hidroksida, $\text{Al}(\text{OH})_3$
5. Persiapan Sampel uji
- a) Sediakan sampel uji sesuai dengan metode pengambilan
 - b) Jika sampel air berwarna pekat, tambahkan 3 ml suspensi $\text{Al}(\text{OH})_3$ aduk dan biarkan mengendap kemudian disaring
 - c) Jika sampel uji keruh saring dengan kertas saring berukuran pori 0,45 μm
 - d) Jika pH tidak kisaran 7-10 atur dengan penambahan larutan NaOH 1N dan H_2SO_4 1N
6. Persiapan Penujian Penentuan larutan baku AgNO_3 dengan NaCl 0,0141 N
- a) Pipet 25 ml larutan NaCl 0,0141 N, masukkan kedalam Erlenmeyer 100 ml. Buat larutan blanko menggunakan 25 ml air suling

- b) Tambahkan 1 ml larutan indicator K_2CrO_4 5% dan diaduk
- c) Titrasi dengan larutan $AgNO_3$ sampai terjadi warna merah kecoklatan
- d) Catat volume $AgNO_3$ yang digunakan untuk sampel (A ml) dan blanko (B ml)
- e) Lakukan juga terhadap larutan blanko
- f) Hitung Normalitas larutan baku $AgNO_3$ dengan rumus :

$$N_{AgNO_3} = \frac{V_1 \times N_1}{V_A - V_B}$$

Keterangan

N_{AgNO_3} : Normalitas larutan baku $AgNO_3$

V_A : Volume larutan baku $AgNO_3$ titrasi larutan NaCl

V_B : Volume larutan baku $AgNO_3$ titrasi blanko (ml)

N_1 : Normalitas NaCl (ml)

V_1 : Volume larutan NaCl (ml)

7. Cara Kerja

- a) Ambil 100 ml sampel air secara duplo, masukkan ke dalam Erlenmeyer ,l. Buat larutan blanko
- b) Tambahkan 1 ml larutan indicator K_2CrO_4 5% dan diaduk
- c) Titrasi dengan larutan $AgNO_3$ sampai terjadi warna merah kecoklatan (A ml)
- d) Catat volume $AgNO_3$ yang digunakan
- e) Lakukan titrasi blanko seperti perlakuan untuk sampel (B ml)

8. Perhitungan Kadar Cl-(Mg/l) = $\frac{(A-B) \text{ ml AgNO}_3 \times N \text{ AgNO}_3 \times 35,45}{\text{ml sampel air}}$

7.3 Pengujian Mangan (Mn)

1. Ruang Lingkup
Metoda ini digunakan untuk penentuan logam Mangan (Mn) total yang terlarut dalam aira dan air limbah secara spektrofotometer
2. Cara Uji
 - a. Tujuan
Metode ini untuk penujian logam mangan dengan menggunakan pralatan spektrofotometer
 - b. Peralatan
 - 1) Spektrofotometer
 - 2) Gelas kimia 100 ml dan 250 ml
 - 3) Pipet volum 10 ml dan 50 ml
 - 4) Labu ukur 50 ml, 100 ml, dan 1000 ml
 - 5) Erlenmeyer 250 ml
 - 6) Corong 40
 - 7) Timbangan analitik
 - 8) Kompor listrik
 - 9) Labu semprot.
 - c. Bahan
 - 1) Air mineral bebas
 - 2) Asam nitrat pekat
 - 3) Reagen kusus Mn dan H₂O₂ 30%
 - 4) Amonium persulfat.

d. Pengukuran sampel

- 1) Siapkan larutan standard dengan konsentrasi 0,00; 0,10; 0,30; 0,50; 0,70; 0,90 mg/l (sesuai kebutuhan) yang berasal dari larutan induk 1000 mg/l yang diencerkan menjadi 10 mg/l dalam labu ukur 100 ml.
- 2) Tambahkan masing masing 50 ml reagen Mn dan 1 tetes H₂O₂ 30 % - Tambahkan aquadest 35 ml
- 3) Tambahkan 1 gr Amonium persulfat
- 4) Panaskan hingga mendidih, biarkan mendidih selama 1 menit (waktu dihitung saat mulai mendidih)
- 5) Angkat dan dinginkan dengan air kran
- 6) Pindahkan ke dalam labu ukur 100 ml dan cuci erlenmayer dengan aquadest campurkan ke dalam labu ukur masing-masing dan encerkan sampai tanda garis
- 7) Ukur larutan blanko, larutan standar dan larutan sampel dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 525 nm.
- 8) Buat kurva kalibrasi antara (%A) larutan standar vs konsentrasi larutan standar, selanjutnya masukkan (%) A dari larutan sampel kedalam kurva kalibrasi

7.4 Pengujian Nitrat (NO₃⁻)

1. Tujuan

Untuk pengujian kadar Nitrat dalam sampel air dan air limbah.

2. Prinsip

Analisa Nitrat cukup sulit, karena rumit dan peka terhadap berbagai jenis gangguan namun yang cocok digunakan dengan pengujian dengan Brusin untuk air dengan kadar 0,1 sampai 2 mg/l NO₃.

3. Pengujian

a. Peralatan

- 1) Timbangan
- 2) Gelas kimia 250ml
- 3) Labu ukur 100 ml dan 1000 ml
- 4) Gelas ukur 100 ml
- 5) Buret 25 ml
- 6) Desikator.
- 7) Pipet volum 10 ml
- 8) Pipet takar 10 ml
- 9) Spektrofotometer

b. Bahan

- 1) Larutan NaCl
- 2) H₂SO₄.
- 3) Larutan brusin-asam sulfanilat

c. Cara kerja.

- 1) Siapkan semua peralatan dan bahan kimia yang dibutuhkan untuk pemeriksaan warna.
- 2) Siapkan larutan standar dengan konsentrasi 0.00, 0.25, 0.50, 1.0, 1.5 dan 2.0 mg/l (sesuai kebutuhan) yang berasal dari larutan induk 1000 mg/l yang di encerkan menjadi 10 mg/l dalam labu ukur 100 ml
- 3) Masing-masing diencerkan sampai tanda dalam labu ukur 50 ml

- 4) Ukur blanko, standar dan sampel 10 ml masukkan kedalam erlenmeyer 100 ml.
- 5) Tambahkan masing-masing NaCl 30% dan 10 ml H₂SO₄ pekat.
- 6) Didinginkan.
- 7) Tambahkan 0,5 ml brusin-asam sulfat.
- 8) Campur sampai homogen.
- 9) Panaskan diatas penangas air dengan suhu 95°C selama 25 menit.
- 10) Dinginkan, Periksa dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm, konsenrasi nitrat-N sampel dihitung pada kurfa kalibrasi standar dalam mg/l dan diatas limit diteksi.

7.5 Pengujian Nitrit (NO₂-N)

1. Ruang Lingkup

Metode oni digunakan unuk penentuan Nitrit, NO₂-N dalam air dan air limbah secara Spektrofotometer pada kisaran kadar 0,01 mg/l sampai dengan 1,00 mg/l. Jika menggunakan kuvet 1 (satu) cm dalam pengujian kadar nitrit dapat diperoleh kadar sampai 0,18 mg/l NO₂-N. Untuk meningkatkan ketelitian pembacaan dapat digunakan kuvet yang lebih panjang lintasannya (5-10 cm). metode inu digunakan untuk sampel air yang tidak berwarna.

2. Pengujian sampel 543 nm.

a. Prinsip

Nitrit dalam suasana asam pada pH 2,0-2,5 akan bereaksi dengan sulfanilat dan N-(1-naphthyl) ethylene diamine dihydrochloride (NED

dihydrochloride) membentuk senyawa Azo yang berwarna merah keunguan. Warna yang terbentuk diukur absorbansinya secara spektrofotometri pada panjang gelombang.

b. Peralatan

- 1) Spektrofotometer sinar tampak dengan kuvet silica
- 2) Labu ukur 50 ml, 250 ml, 500 ml dan 1000 ml
- 3) Pipet volum 1 ml, 5 ml, 10 ml dan 50 ml
- 4) Pipet ukur 10 ml
- 5) Gelas kimia 250 ml
- 6) Erlenmeyer 250 ml
- 7) Neraca analitik.

c. Bahan

- 1) Akuades bebas nitrit
- 2) Glass wool
- 3) Kertas aring bebas nitrat pori 0,45 μm
- 4) Larutan sulfanilamida, $\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$
- 5) Larutkan 5 g sulfanilamide dalam campuran 300 ml akuades dan 50 ml HCl pekat. Encerkan dengan akuades sampai 500 ml
- 6) Larutan NED Dihidroklorida
- 7) Larutkan 500 mg N-(1-naphthyl) ethylene diamine dihydrochloride dalam 500 ml akuades. Simpan dalam botol gelap dalam refrigerator. Ganti setiap bulan atau bila berwarna coklat
- 8) Larutan natrium oksalat, $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,05N
- 9) Larutan Ferro Amonium sulfat 0,05 N
- 10) Larutan induk Nitrit 250 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$

- 11) Larutkan 1,232 g NaNO_2 dalam akuades bebas nitrit dan pas kan sampai tanda garis dalam labu ukur 1000 ml. Awetkan dengan 1 ml CHCl_3
 - 12) Larutan kalium permanganate 0,05 N.
- d. Persiapan sampel uji
 - 1) Saring sampel uji dengan kertas saring bebas nitrit berukuran pori 0,45 μm
 - 2) Masukkan sampel uji ke dalam botol berwarna gelap.
 - e. Persiapan pengujian.
3. Pembakuan larutan induk Nitrit 250 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$
- a. Pipet 50 ml larutan KMnO_4 0,05 N, masukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml
 - b. Tambahkan 5 ml H_2SO_4 pekat
 - c. Pipet 50 ml larutan induk nitrit, masukkan ke dalam larutan KMnO_4 dengan cara ujung pipet berada dibawah permukaan larutan KMnO_4
 - d. Homogenkan dan panaskan pada temperature 70°C sampai 80°C diatas pemanas
 - e. Hilangkan warna permanganate dengan penambahan larutan natrium oksalat 0,05N dengan penambahan secara bertahap sebanyak 10 ml
 - f. Titar kelebihan Natrium oksalat dengan larutan KMnO_4 0,05 N sampai titik akhir sedikit warna merah muda
 - g. Catatan; bila digunakan FAS tidak perlu dilakukan pemanasan tetapi memerlukan waktu reaksi selama 5 menit sebelum titrasi dengan KMnO_4
 - h. Hitung kandungan $\text{NO}_2\text{-N}$ dari larutan induk :

$$C = \frac{[(V1 \times N1) - (V2 \times N2)] \times 7}{V3}$$

Keterangan :

V1 dan N1 pembacaan bahan KMnO_4

V2 dan N2 pembacaan larutan Natrium oksalat

V3 jumlah larutan induk $\text{NO}_2\text{-N}$

C Kadar $\text{NO}_2\text{-N}$

4. Pembakuan larutan KMnO_4 0,05N
5. Pembuatan larutan intermedia nitrit 50 mg/l $\text{NO}_2\text{-N}$
6. Pembuatan larutan baku Nitrit 0,50 g/l $\text{NO}_2\text{-N}$
Encerkan 10 ml larutan intermedia dengan akuades ampai volume 1000 ml. Persiapkan setiap hari atau setiap akan digunakan.
7. Pembuatan larutan kerja nitrit $\text{NO}_2\text{-N}$
Pipet (0,0, 1,0, 2,0, 5,0, 10,0, 15,0 dan 20,0) ml larutan baku nitrit (0,5 mg/l) masing-masing ke dalam labu ukur 50 ml. tambahkan akuades sampai tepat tanda batas sehingga diperoleh kadar nitrit $\text{NO}_2\text{-N}$ 0,00 mg/l, 0,01 mg/l, 0,02 mg/l; 0,05 mg/l; 0,10 mg/l; 0,15 mg/l dan 0,20 mg/l
8. Pembuatan kuva kalibrasi
 - a. Optimalkan spektrofotometer
 - b. Ke dalam masing-masing 50 ml larutan kerja tambahkan 1 ml larutan sulfanilamide kocok dan biarkan 2 – 8 menit
 - c. Tambahkan 1 ml NED dihidrochloride kocok dan biarkan selama 10 menit dan segera lakukan pengukuran (pengukuran tidak boleh dilakukan lebih 2 jam)
 - d. Baca absorbansinya pada panjang gelombang 543 nm

- e. Buat kura kalibrasinya
9. Cara kerja
 - a. Pipet 50 ml sampel uji, masukkan kedalam gelas kimia 250 ml
 - b. Tambahkan 1 ml larutan sulfanilamide, kocok dan biarkan 2 – 8 menit
 - c. Tambahkan 1 ml NED dihidrochloride, kocok dan biarkan selama 10 menit dan segera lakukan pengukuran (pengukuran tidak boleh dilakukan lebih 2 jam)
 - d. Baca absorbansinya pada panjang gelombang 543 nm
 - e. Buat kurva dari pembacaan sampel uji dengan spektrofotometer pada kurva kalibrasi

7.6 Pengujian Nilai Permanganat secara Titrimetri

1. Teori

Zat organik yaitu adalah kandungan zat terlarut dalam air yang dapat dirombak atau dioksidasi oleh kalium permanganat . Zat organik tinggi dan angka KMnO_4 tinggi sehingga air semakin kotor, dan sebaliknya.

2. Cara Uji

a. Prinsip

Zat organik dalam air dioksidasi dengan kaliumpermanganat, KMnO_4 , direduksi oleh asam oksalat berlebih. Kelebihan asam oksalat dititrasi kembali dengan KMnO_4 .

1) Reaksi oksidasi KMnO_4 dalam kondisi asam :



- 2) Reaksi KMnO_4 dalam kondisi basa :
$$2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{MnO}_2 + \text{KOH} + 3\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$$
- 3) Zat organik dapat dioksidasi dengan reaksi sebagai berikut
$$\text{C}_2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

b. Peralatan

- 1) Erlenmeyer 250 ml
- 2) Labu ukur 100ml dan 1000 ml
- 3) Stop watch
- 4) Pemanas listrik
- 5) Gelas ukur 25 ml
- 6) Pipet Ukur 10 ml, dan 100 ml
- 7) Gelas kimia 1000 ml, 250 ml
- 8) Buret 25 ml
- 9) Termometer.

c. Bahan

- 1) Asam sulfat, H_2SO_4 8N yang bebas zat organik
- 2) Larutan KMnO_4 0,1 N
- 3) Larutan KMnO_4 0,01N
- 4) Larutan Asam oksalat $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,1N
- 5) Larutan asam oksalat 0,01N.

a. Persiapan Pengujian

- 1) Penetapan larutan KMnO_4 0,01 N
 - a) Pipet 100 ml akuades secara duplo masukkan kedalam Erlenmeyer 250 ml panaskan hingga 70°C
 - b) Tambahkan 5 ml H_2SO_4 8N yang bebas zat organik

- c) Tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N menggunakan pipet volu
- d) Titrasi dengan larutan KMnO_4 0,01 N sampai warna merah muda dan catat volume pemakaian
- e) Hitung normalitas larutan baku KMnO_4 dengan rumus :

$$N_2 = \frac{V_1 \times N_1}{V_2}$$

Keterangan :

- V_1 ml larutan baku asam oksalat
- N_1 Normalitas larutan baku asam oksalat untuk titrasi
- V_2 ml larutan baku KMnO_4
- N_2 Normalitas larutan baku KMnO_4

2) Cara kerja

- a) Pipet 100 ml sampel air masukkan kedalam Erlenmeyer 250 ml dan tambahkan 3 butir batu didih
- b) Tambahkan KMnO_4 0,01 N beberapa tetes kedalam sampel air hingga terjadi warna merah muda
- c) Tambahkan 5 ml asam sulfat 8N bebas zat organi
- d) Panaskan diatas pemanas listrik pada suhu 105°C , bila terdapat bau H_2S pendidihan dilanjutkan beberapa menit
- e) Pipet 10 ml larutan baku KMnO_4 0,01N
- f) Panaskan hingga mendidih selama 10 menit

- g) Pipet 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01N
- h) Titrasi dengan KMnO_4 0,01N hingga warna merah muda
- i) Catat volume pemakaian KMnO_4
- j) Apabila pemakaian larutan baku KMnO_4 0,01N lebih dari 7 ml, ulangi pengujian dengan cara mengencerkan sampel uji

Perhitungan

$$\text{KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = \frac{\{(10 - a)b - (10 \times c)\} \times 1 \times 31,6}{\times 1000} \times f$$

d

Keterangan :

- a : volume KMnO_4 0,01 yang dibutuhkan pada titrasi
- b : Normalitas KMnO_4 yang sebenarnya
- c : Normalitas asam oksalat
- d : Volume sampel
- f : factor pengenceran sampel uji

7.7 Pengujian Timbal (Pb)

1. Ruang Lingkup

Metode ini digunakan untuk pengujian kadar Timbal (Pb) dalam sedimen secara destruksi dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

2. Prinsip

Kadar timbal (Pb) yang terukur adalah jumlah unsur Pb yang terlarut dan tersuspensi dalam air setelah dilakukan proses pemanasan dengan asam kuat. Sebelum pengukuran logam berat harus dilakukan metoda destruksi terlebih dahulu yaitu pelarutan

dengan asam kuat seperti HNO_3 dan HCl . Logam yang terlarut dihitung menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang maksimal 283.3 nm.

3. Pengukuran logam berat

a. Alat-alat

- 1) Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) beserta kelengkapannya
- 2) Neraca analitik
- 3) Pemanas listrik
- 4) Penangas air
- 5) Pipet ukur berskala 0,05 ml atau mikro buret
- 6) Labu ukur 1000 ml, 100 ml, 50 ml
- 7) Gelas ukur 10 ml
- 8) Gelas piala 250 ml
- 9) Botol polipropilen
- 10) Cawan porselen/platina/kuarsa 50 ml sampai dengan 100 ml
- 11) Kertas saring dengan spesifikasi particle retention liquid 20 μm sampai 25 μm

b. Pereaksi

- 1) Asam Nitrat, HNO_3 pekat
- 2) Asam klorida, HCl pekat
- 3) Larutan asam nitrat, HNO_3 0,1 N
- 4) Larutan asam klorida, HCl 6 N
- 5) Larutan Induk Pb 1000 mg/l Pb
Hitung berat senyawa Pb yang akan ditimbang, masukan ke dalam labu ukur 1000 ml kemudian encerkan dengan aquadest sampai tanda garis.
- 6) Larutan baku 50 mg/ml Pb

Hitung berdasarkan rumus pengenceran untuk membuat larutan baku 50 mg/l. Masukkan kedalam labu ukur 100 ml dan encerkan dengan aquadest sampai tanda garis kemudian kocok.

7) Persiapan Larutan Standar Pb

Pipet ke dalam labu ukur 100 ml masing-masing sebanyak 0 ml, 5,0 ml, 10,0 ml, 15 ml, 20 ml larutan induk Pb 50 mg/ml kemudian tambahkan 5 ml larutan HNO_3 N atau HCl 6 N dan encerkan dengan aquadest sampai tanda garis kemudian kocok. Larutan baku kerja ini memiliki konsentrasi 0 mg/ml, 5,0 mg/ml, 10,0 mg/ml, 15,0 mg/ml, 20 mg/ml Pb (sesuai kebutuhan)

4. Pengujian Timbal (Pb) Total

- a. Sediakan sampel yang telah diambil sesuai dengan metoda pengambilan sampel
- b. Sampel terlebih dahulu dikocok, ukur 50 ml secara duplo dan masukkan kedalam gelas kimia 100 ml
- c. Tambahkan 5 ml HNO_3 pekat dan panaskan perlahan-lahan sampei sisa volumenya 15-20 ml
- d. Tambahkan lagi 5 ml HNO_3 pekat kemudian tutup gelas kimia dengan kaca arloji dan panaskan lagi
- e. Lanjutkan penambahan asam dan pemanasan sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam sampel menjadi agak putih atau sampel menjadi jernih
- f. Tambahkan lagi 2 ml HNO_3 pekat dan panaskan kira-kira 10 menit

- g. Bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas kimia
- h. Pindahkan larutan sampel tersebut ke dalam labu ukur 50 ml dan tambahkan akuades sampai tepat tanda garis, dan sampel siap untuk diperiksa
- i. Baca absorbans larutan standar dan sampel dengan menggunakan SSA pada panjang gelombang maksimal sekitar 283.3 nm.
- j. Buat kurva kalibrasi
- k. Hitung kandungan logam dalam air dengan menggunakan kurva kalibrasi.

7.8 Pengujian Kadmium (Cd)

1. Ruang Lingkup

Metode ini digunakan untuk pengujian kadar Timbal (Pb) dalam sedimen secara destruksi dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

2. Prinsip

Kadar kadmium (Cd) yang terukur adalah jumlah unsur Cd yang terlarut dan tersuspensi dalam air setelah dilakukan proses pemanasan dengan asam kuat. Sebelum pengukuran logam berat harus dilakukan metoda destruksi terlebih dahulu yaitu pelarutan dengan asam kuat seperti HNO_3 dan HCl . Logam yang terlarut dihitung menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang maksimal 283.3 nm.

3. Pengujian

a. Alat-alat

- 1) Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) beserta kelengkapannya
- 2) Neraca analitik

- 3) Pemanas listrik
- 4) Penangas air
- 5) Pipet ukur berskala 0,05 ml atau mikro buret
- 6) Labu ukur 1000 ml, 100 ml, 50 ml
- 7) Gelas ukur 10 ml
- 8) Gelas piala 250 ml
- 9) Botol polipropilen
- 10) Cawan porselen/platina/kuarsa 50 ml sampai dengan 100 ml
- 11) Kertas saring dengan spesifikasi particle retention liquid 20 μm sampai 25 μm

b. Pereaksi

- 1) Asam Nitrat, HNO_3 pekat
- 2) Larutan asam klorida, HCl 6 N
- 3) Larutan Induk Cd 1000 mg/l Cd
Hitung berat senyawa Cd yang akan ditimbang, masukan ke dalam labu ukur 1000 ml kemudian encerkan dengan aquadest sampai tanda garis.
- 4) Larutan baku 50 mg/ml Cd
Hitung berdasarkan rumus pengenceran untuk membuat larutan baku 50 mg/l. Masukkan kedalam labu ukur 100 ml dan encerkan dengan aquadest sampai tanda garis kemudian kocok.

c. Persiapan Larutan Standar Cd

Buat larutan standar Cd dari larutan induk Cd 50 mg/ml sesuai kebutuhan, kemudian tambahkan 5 ml larutan HNO_3 N atau HCl 6 N dan encerkan dengan aquadest sampai tanda garis kemudian kocok.

d. Cara kerja

- 1) Sediakan sampel yang telah diambil sesuai dengan metoda pengambilan sampel
- 2) Sampel terlebih dahulu dikocok, ukur 50 ml secara duplo dan masukkan kedalam gelas kimia 100 ml
- 3) Tambahkan 5 ml HNO_3 pekat dan panaskan perlahan-lahan sampei sisa volumenya 15-20 ml
- 4) Tambahkan lagi 5 ml HNO_3 pekat kemudian tutup gelas kimia dengan kaca arloji dan panaskan lagi
- 5) Lanjutkan peambahan asam dan pemanasan sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam sampel menjadi agak putih atau sampel menjadi jernih
- 6) Tambahkan lagi 2 ml HNO_3 pekat dan panaskan kira-kira 10 menit
- 7) Bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas kimia
- 8) Pindahkan larutan sampel tersebut ke dalam labu ukur 50 ml dan tambahkan akuades sampai tepat tanda garis, dan sampel siap untuk diperiksa
- 9) Baca absorbans larutan standar dan sampel dengan menggunakan SSA pada panjang gelombang maksimal sekitar 283.3 nm.
- 10) Buat kurva kalibrasi Hitung kandungan Cd dalam air dengan menggunakan kurva kalibrasi.

7.9 Pengujian Alluminium

1. Tujuan
Menentukan kandungan Alluminium yang terdapat dalm sampel air
2. Teori
Pemeriksaan aluminium ini direncanakan di tempat pengolahan air dimana digunakan garam aluminium untuk koagulasi. Dalam hal ini proses koagulasi sangat penting tetutama pada saat penambahan koagulan.
3. Pemeriksaan
 - a. Alat dan bahan
 - 1) Spektrofotometer
 - 2) Gelas kimia 250 ml
 - 3) Labu ukur 50 ml
 - 4) Labu semprot
 - 5) Larutan H_2SO_4 0,2 N
 - 6) Larutan asam askorbat
 - 7) Larutan buffer
 - 8) Larutan kerja zat warna
 - b. Cara kerja
 - 1) Persiapan sampel
 - a) Ukur 25 ml sampel air, masukkan kedalam erlenmeyer
 - b) Tambahkan 5 tetes indikator metil jingga
 - c) Tambahkan H_2SO_4 0,2 N tetes demi tetes hingga warna merah pucat(a ml)
 - 2) Pemeriksaan standar
 - a) Persiapkan larutan standar dengan konsentrasi sebagai berikut ; 0.00 0,10 0,20

0,30 0,40 0,50 mg/l, (sesuai kebutuhan)
yang berasal dari larutan dapar, 5 ml
larutan kerja zat warna

- b) Masing masing labu ditambah dengan larutan H_2SO_4 0,2 N sebanyak 1ml
- c) Encerkan sampai tanda garis dengan aquades
- d) Baca larutan standar dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 535 nm.

3) Pemeriksaan sampel

- a) Ukur sampel 25ml masukkan kedalam labu ukur 50 ml masing masing 2 buah
- b) Tambahkan H_2SO_4 0,2 N (1+a) ml
- c) Labu pertama ditambah 1 ml EDTA (banko)
- d) Labu kedua tambahkan 1 ml asam oksalat, 10 ml larutan dapar, 5 larutan zat warna
- e) Encerkan sampai tanda garis dengan menggunakan aquades
- f) Baca dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 535 nm

4) Perhitungan

Konsentrasi AL dapat dihitung pada kurva kalibrasi dalam mg/l

7.11 Pengujian Kesadahan (Air dan air limbah, Cara uji kesadahan total Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dengan metode titrimetri)

1. Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan kesadahan total yang terdapat dalam air dan air limbah dengan metode titrimetri EDTA dengan batas terendah 5 mg/L. Metode ini digunakan untuk sampel uji air yang tidak berwarna.

2. Cara Uji

a. Prinsip

Garam dinatrium etilen diamin tetra asetat (EDTA) akan bereaksi dengan kation logam tertentu membentuk senyawa kompleks kelat yang larut. Pada pH 10,0 + 0,1, ion-ion kalsium dan magnesium dalam contoh uji akan bereaksi dengan indikator Eriochrome Black T (EBT), dan membentuk larutan berwarna merah keunguan. Jika Na₂EDTA ditambahkan sebagai titran, maka ion-ion kalsium dan magnesium akan membentuk senyawa kompleks, molekul indikator terlepas kembali, dan pada titik akhir titrasi larutan akan berubah warna dari merah keunguan menjadi biru. Dari cara ini akan didapat kesadahan total (Ca + Mg)

Kalsium dapat ditentukan secara langsung dengan EDTA bila pH contoh uji dibuat cukup tinggi (12-13), sehingga magnesium akan mengendap sebagai magnesium hidroksida dan pada titik akhir titrasi indikator Eriochrome Black T (EBT) hanya akan bereaksi dengan kalsium saja membentuk larutan berwarna biru. Dari cara ini akan didapat kadar kalsium dalam air (Ca). Dari kedua cara tersebut dapat dihitung kadar magnesium dengan

cara mengurangi hasil kesadahan total dengan kadar kalsium yang diperoleh, yang dihitung sebagai CaCO_3

b. Bahan

1) Indikator mureksid

- a) Timbang 200 mg mureksid dan 100 g kristal natrium klorida (NaCl), kemudian dicampur.
- b) Gerus campuran tersebut hingga mempunyai ukuran 40 mesh sampai dengan 50 mesh.
- c) Simpan dalam botol yang tertutup rapat.

2) Indikator Eriochrome Black T (EBT)

- a) Timbang 200 mg EBT dan 100 g kristal NaCl , kemudian dicampur.
- b) Gerus campuran tersebut hingga mempunyai ukuran 40 mesh sampai dengan 50 mesh.
- c) Simpan dalam botol yang tertutup rapat.

3) Larutan natrium hidroksida (NaOH) 1 N

- a) Timbang 40 g NaOH , larutkan dengan 50 mL air suling
- b) Encerkan dengan air suling hingga volumenya menjadi 1000,0 mL.
- c) Larutan penyangga pH 10 + 0,11)

Cara I

- (1) Larutkan 16,9 g amonium klorida (NH_4Cl) dalam 143 mL ammonium hidroksida (NH_4OH) pekat.

- (2) Tambahkan 1,25 g magnesium etilen diamin tetra asetat (Mg-EDTA).
- (3) Encerkan dengan air suling hingga volumenya menjadi 250,0 mL.

Cara II

- (1) Larutkan 1,179 g Na_2EDTA dihidrat dan 780 mg magnesium sulfat penta hidrat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) atau 644 mg magnesium klorida heksa hidrat ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dalam 50 mL air suling.
- (2) Tambahkan larutan tersebut ke dalam 16,9 g NH_4Cl dan 143 mL NH_4OH pekat, sambil dilakukan pengadukan.
- (3) Encerkan dengan air suling hingga volumenya menjadi 250,0 mL.

Setelah larutan pengangga dibuat, perlakuan yang harus diperhatikan adalah :

- (a) Simpan larutan penyangga pH $10 \pm 0,1$ pada tersebut pada wadah plastik atau gelas borosilikat.
- (b) Botol penyimpanan larutan ditutup rapat untuk mencegah kehilangan amonia (NH_3) atau penyerapan karbon dioksida (CO_2) dari udara.
- (c) Waktu penyimpanan tidak boleh lebih 1 bulan.
- (d) Buang larutan penyangga jika 1 mL sampai dengan 2 mL larutan tersebut ditambahkan ke dalam larutan contoh

uji tidak menghasilkan pH 10,0 + 0,1 pada titik akhir titrasi.

d. Bahan pengomplek

Untuk contoh uji air yang mengandung ion-ion pengganggu memerlukan bahan pengkompleks untuk menghasilkan perubahan warna yang jelas dan tajam pada titik akhir titrasi. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan salah satu dari bahan pengomplek seperti di bawah ini.

(1) Inhibitor I

- (a) Atur keasaman contoh uji menjadi pH 6 atau lebih tinggi, dengan menggunakan larutan penyangga atau NaOH 0,1 N.
- (b) Tambahkan 250 mg serbuk natrium sianida (NaCN).
- (c) Tambahkan larutan penyangga secukupnya sampai pH nya 10,0 + 0,1.

(2) Inhibitor II

- (a) Larutkan 5,0 g natrium sulfida nonahidrat ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) atau 3,7 g $\text{Na}_2\text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam 100 mL air suling.
 - (b) Simpan dalam botol yang tertutup rapat dengan karet. Hindarkan agar tidak kontak dengan udara.
- Catatan Inhibitor ini akan rusak akibat oksidasi oleh udara, menghasilkan endapan sulfida

yang mengaburkan titik akhir titrasi bila terdapat logam berat dengan kadar tinggi

- (3) Mg EDTA (garam magnesium dari asam 1,2 -sikloheksandiamin tetraasetat) Tambahkan 250 mg MgCDTA untuk setiap 100 mL contoh uji, dan kocok hingga larut sempurna sebelum penambahan larutan penyangga.

Catatan yang perlu diperhatikan yaitu :

- (a) Gunakan bahan pengkompleks ini untuk menghindari penggunaan inhibitor yang berbau atau toksik, apabila terdapat senyawa pengganggu dengan kadar yang dapat mempengaruhi titik akhir titrasi, tetapi tidak akan menambah secara nyata terhadap nilai kesadahan.
 - (b) Sediaan gabungan larutan penyangga dan bahan pengkompleks tersedia dipasaran.
 - (c) Campuran semacam itu akan menjaga pH 10,0 + 0,1 selama titrasi contoh uji dan menunjukkan titik akhir titrasi yang jelas dan tajam.
- 4) Larutan standar kalsium karbonat (CaCO_3) 0,01 M (1,0 mg/mL)
- (a) Timbang 1,0 g CaCO_3 anhidrat, masukkan ke dalam labu erlenmeyer 500 mL.
 - (b) Larutkan dengan sedikit asam klorida (HCl) 1 : 1, tambah dengan 200 mL air suling.

- (c) Didihkan beberapa menit, untuk menghilangkan CO_2 , lalu dinginkan.
 - (d) Setelah dingin, tambahkan beberapa tetes indikator metil merah.
 - (e) Tambahkan NH_4OH 3 N atau HCl 1 : 1 sampai terbentuk warna orange.
 - (f) Pindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 1000 mL, kemudian tepatkan sampai tanda tera.
- 5) Larutan baku dinatrium etilen diamin tetraasetat dihidrat ($\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0,01 M Larutkan 3,723 g Na_2EDTA dihidrat dengan air suling di dalam labu ukur 1000 mL, tepatkan sampai tanda tera.
- Penentuan Larutan baku Larutan Na_2EDTA 0,01 M
- (a) Pipet 10,0 mL larutan standar CaCO_3 0,01 M, masukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL
 - (b) Tambah 40 mL air suling dan 1 mL larutan penyangga pH 10 + 0,1
 - (c) Tambahkan seujung spatula 30 mg sampai dengan 50 mg indikator EBT
 - (d) Titrasi dengan larutan Na_2EDTA 0,01 M sampai terjadi perubahan warna dari merah keunguan menjadi biru.
 - (e) Catat volume larutan Na_2EDTA yang digunakan.
 - (f) Ulangi titrasi tersebut 3 kali, kemudian volume Na_2EDTA yang digunakan dirataratakan

(g) Hitung molaritas larutan baku Na₂EDTA dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M_{\text{EDTA}} = \frac{M_{\text{CaCO}_3} \times V_{\text{CaCO}_3}}{V_{\text{EDTA}}} \text{ (mmol/mL)}$$

dengan pengertian :

M_{EDTA} adalah molaritas larutan baku Na₂EDTA (mmol/mL);

V_{EDTA} adalah volume rata-rata larutan baku Na₂EDTA (mL);

V_{CaCO₃} adalah volume rata-rata larutan CaCO₃ yang digunakan (mL);

M_{CaCO₃} adalah molaritas larutan CaCO₃ yang digunakan (mmol/mL)

- Serbuk natrium sianida (NaCN).
- Air suling atau air bebas mineral.

3. Peralatan

- a. Labu Erlenmeyer 250 dan 500 mL
- b. Buret 50 mL atau alat titrasi lain dengan skala yang jelas
- c. Labu ukur 250 dan 1000 mL
- d. Gelas ukur 100 mL
- e. Pipet volume 10 dan 50 mL
- f. Pipet ukur 10 mL
- g. Gelas piala 50, 250, dan 1000 mL
- h. Sendok
- i. Alat pengukur pH
- j. Pengaduk gelas

- k. Pemanas listrik
 - l. Timbangan analitik
 - m. Gelas arloji
 - n. Mortir dan stamper
 - o. botol semprot;
4. Persiapan Contoh Uji
- a. Gunakan 50,0 mL contoh uji air atau air limbah atau jumlah yang sesuai dan diencerkan dengan air suling hingga volume 50,0 mL, masukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL.
 - b. Apabila tidak dapat segera dianalisis, awetkan contoh uji dengan HNO_3 sampai pH lebih kecil dari 2. Waktu simpan contoh uji disarankan tidak lebih dari 6 bulan.
 - c. Penghilangan gangguan:
 - 1) Beberapa ion logam mengganggu dengan menyebabkan titik akhir titrasi mengalami pemucatan atau tidak jelas atau bereaksi dengan Na_2EDTA secara stoikiometri. Gangguan ini dapat dikurangi/diperkecil dengan menambahkan sejumlah tertentu inhibitor sebelum dilakukan titrasi.
 - 2) Garam magnesium dari asam 1,2-sikloheksandiamin tetra asetat (MgEDTA) secara selektif mengkomplekskan logam-logam berat, membebaskan magnesium ke dalam contoh uji, dan dapat digunakan sebagai pengganti inhibitor yang toksik atau yang dapat menimbulkan gangguan bau. MgEDTA hanya bermanfaat bila magnesium yang menggantikan logam-logam berat tidak

signifikan (nyata) menyumbang pada kesadahan total.

- 3) Dengan adanya logam berat atau polifosfat yang konsentrasinya lebih rendah dari yang tercantum pada table I di bawah ini dapat digunakan inhibitor I dan II.
- 4) Bila terdapat logam-logam berat yang konsentrasinya lebih tinggi dari yang tercantum , tentukan kadar kalsium dan magnesium dengan metode non-EDTA (Pengujian dilakukan 2 kali yaitu pengujian Ca dan Mg total dan pengujian Ca saja dengan metode titrimetri EDTA) dan kadar kesadahan ditentukan dengan perhitungan.
- 5) Bahan organik yang tersuspensi atau berbentuk koloid juga dapat mengganggu titik akhir titrasi. Gangguan ini dapat dihilangkan/diperkecil dengan menguapkan contoh uji sampai kering pada steam bath (penangas uap) dan pemanas muffle furnace pada suhu 550o C hingga bahan-bahan organik teroksidasi sempurna. Larutkan residu yang diperoleh dalam 20 mL 1 HCl 1N, netralkan hingga pH 7 dengan NaOH 1N, dan tepatkan dengan air suling hingga 50 mL. Dinginkan pada suhu kamar dan tentukan kadar kesadahannya.

5. Prosedur

a. Pengujian Kesadahan total

- 1) Ambil 25 mL contoh uji secara duplo, masukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL, encerkan dengan air suling sampai volume 50 mL.

- 2) Tambahkan 1mL sampai dengan 2 mL larutan penyangga pH 10 + 0,1.
- 3) Tambahkan seujung spatula 30 mg sampai dengan 50 mg indikator EBT.
- 4) Lakukan titrasi dengan larutan baku Na₂EDTA 0,01 M secara perlahan sampai terjadi perubahan warna merah keunguan menjadi biru.
- 5) Catat volume larutan baku Na₂EDTA yang digunakan.
- 6) Apabila larutan Na₂EDTA yang dibutuhkan untuk titrasi lebih dari 15 mL, encerkan contoh uji dengan air suling
- 7) Ulangi titrasi tersebut 2 kali, kemudian rata-ratakan volume Na₂EDTA yang digunakan.
- 8) Jika spike matrix digunakan sebagai kontrol mutu, maka lakukan dengan cara sebagai berikut : Ambil 15 mL contoh uji ditambah 10 mL larutan standar kalsium karbonat 0,01 M dan encerkan dengan air suling hingga volumenya 50 mL, masukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL.

Sebagai catatan yang diperhatikan adalah :

- (a) Proses titrasi dilakukan dalam waktu 5 menit setelah penambahan larutan penyangga pH = 10 + 0,1.
 - (b) Tidak terjadinya perubahan warna pada titik akhir titrasi yang jelas biasanya harus ditambahkan inhibitor, atau mungkin indikator telah mengalami kerusakan.
- CATATAN 3 Untuk contoh uji dengan kadar kesadahan lebih kecil dari 5 mg/L, gunakan

volume contoh uji yang lebih besar (100 mL sampai dengan 1000 mL). Gunakan larutan penyangga, indikator dan inhibitor yang proporsional. Lakukan pengujian blanko dengan volume yang sama.

b. Pengujian Kalsium

- 1) Ambil 25 mL contoh uji air secara duplo, masukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL dan encerkan dengan air suling sampai volume 50 mL.
- 2) Tambahkan 2 mL larutan NaOH 1 N (secukupnya) sampai dicapai pH 12 sampai dengan pH 13.
- 3) Apabila contoh uji keruh, tambahkan 1 mL sampai dengan 2 mL larutan KCN 10%.
- 4) Tambahkan seujung spatula atau setara dengan 30 mg sampai dengan 50 mg indikator mureksid.
- 5) Lakukan titrasi dengan larutan baku Na₂EDTA 0,01 M sampai terjadi perubahan warna merah muda menjadi ungu.
- 6) Catat volume larutan baku Na₂EDTA yang digunakan.
- 7) Apabila larutan Na₂EDTA yang dibutuhkan untuk titrasi lebih dari 15 mL, encerkan contoh uji dengan air suling dan ulangi langkah titrasi
- 8) Ulangi titrasi tersebut 3 kali, kemudian rata-ratakan volume Na₂EDTA yang digunakan.

c. Perhitungan

Kesadahan total dan magnesium dalam contoh uji dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- 1) Kesadahan total ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) = $1000/V \text{ C.u} \times V \text{ EDTA (a)} \times M \text{ EDTA} \times 100$
- 2) Kadar kalsium (mg Ca/L) = $1000/V \text{ C.u} \times V \text{ EDTA (b)} \times M \text{ EDTA} \times 40$
- 3) Kadar magnesium (mg Mg/L) = $1000/V \text{ C.u} \times (V \text{ EDTA (a)} - V \text{ EDTA (b)}) \times M \text{ EDTA} \times 24,3$

Keterangan :

VC.u. adalah volume larutan contoh uji (mL);

V EDTA (a) adalah volume rata-rata larutan baku Na₂EDTA untuk titrasi kesadahan total (mL);

M EDTA adalah molaritas larutan baku Na₂EDTA untuk titrasi (mmol/mL);

V EDTA (b) adalah volume rata-rata larutan baku Na₂EDTA untuk titrasi kalsium (mL).

BAB VIII

PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGIS

8.1 Pendahuluan

Air yang tidak diolah sempurna atau yang terlindung dapat mengandung bakteri patogen yang dapat menyebabkan penyakit. Bakteri coliform (golongan coli) yang tidak merupakan penyebab penyakit sering dihubungkan dengan organisme patogen dan merupakan petunjuk/indek yang baik dari derajat keamanan air secara bakteriologis. Bakteri-bakteri golongan coli termasuk semua bakteri yang bersifat aerobik dan fakultatif, anaerobik, gram negatif, tak membentuk spora, membentuk batang, mampu meragikan (fermentasi) laktosa dengan membentuk gas pada media yang ditentukan dalam 48 jam pada suhu 35 °C.

8.2 Pengambilan Sampel

Untuk pengambilan sampel harus diperhatikan tujuan dari pemeriksaan, karena untuk pengambilan sampel pemeriksaan kimia harus terpisah dari pemeriksaan mikrobiologis, dimana untuk mikrobiologis semua peralatan harus disterilkan.

8.3 Cara Pemeriksaan Bakteriologis

Pada pemeriksaan bakteriologis ini, alat dan bahan yang dibutuhkan adalah :

1. Alat dan Bahan yang digunakan
 - a. Timbangan
 - b. Kaca arloji

- c. Gelas ukur 10 ml
- d. Thermometer
- e. Erlemeyer 1000 ml
- f. Pipet ukur 10 ml
- g. Tabung durham
- h. Tabung reaksi
- i. Autoklaf
- j. Incubator
- k. Lampu Bunsen
- l. Petridisk
- m. Ose
- n. Kulkas
- o. Waterbath
- p. Gelas Kimia 250 ml
- q. Batang pengaduk
- r. Bola karet
- s. Aquadest
- t. Laktosa broth
- u. Sampel
- v. Brilliant Green Laktosa Bille Broth.

2. Cara Kerja

Pemeriksaan bakteriologis ini diawali dengan pembuatan media, dengan langkah sebagai berikut :

- a. Lactosa Broth (DSL)
 - 1) Timbang lactosa broth sesuai dengan kebutuhan dimana untuk 1 liter larutan sebanyak 13 gram
 - 2) Larutkan dengan aquadest dan masukan kedalam erlemeyer
 - 3) Panaskan dalam waterbath sampai jernih

- 4) Masukkan dalam lima buah test tube dalam keadaan terbalik dan tidak ada gelembung udara didalamnya.
 - 5) Tutup dengan kapas dan jangan sampai terkontaminasi dengan udara
- b. Lactose Broth (SSL)
- 1) Kelebihan dari DSL ditambah dengan aquadest sesuai dengan volume yang dibutuhkan
 - 2) Panaskan dalam waterbath sampai 100 °C
 - 3) Masukkan ke dalam testube sebanyak 25 buah masing-masing 10 ml
 - 4) Masukkan tabung durham dalam keadaan terbalik dan tidak ada gelembung didalamnya.
 - 5) Tutup dengan kapas
- c. BGLB
- 1) Timbang BGLB sesuai dengan kebutuhan untuk 1 liter sebanyak 40 gram
 - 2) Masukkan kedalam erlemeyer
 - 3) Tambahkan aquadest sampai volume yang dibutuhkan
 - 4) Panaskan dalam waterbath sampai suhu 100 °C
 - 5) Masukkan kedalam 15 buah tabung reaksi masing-masing 10 ml
 - 6) Masukkan tabung durham dalam keadaan terbalik dan tidak ada gelembung udara
- d. Endo Agar
- 1) Timbang endo agar sesuai dengan kebutuhan dimana untuk 1 liter dibutuhkan 41,5 gram
 - 2) Dimasukan ke dalam erlemeyer
 - 3) Larutkan dengan aquadest sesuai dengan volume yang dibutuhkan
 - 4) Panaskan dalam waterbath sampai suhu 100 °C

- 5) Masukkan kedalam 15 buah petridish masing-masing 10 ml, setebal lebih kurang 3 mm, putar searah jarum jam dan biarkan membeku

8.4 Sterilisasi

Sterilisasi tujuannya adalah agar semua peralatan yang dibutuhkan untuk pemeriksaan bakteriologis harus bebas dari bakteri. Langkah sterilisasi adalah :

1. Semua alat yang dibutuhkan dalam pemeriksaan bakteriologis disterilisasi dengan alat autoklaf suhu 121 °C selama 15 menit
2. Selain media peralatan yang digunakan juga disterilkan dengan alat autoklaf

8.5 Cara Kerja

Pemeriksaan bakteriologis ini terdiri dari tiga yaitu :

1. Pemeriksaan secara Presumptive Test
 - a. Ambil pipet 10 ml yang telah disterilkan, buka pembungkusnya lalu ambil sampel 10 ml
 - b. Ambil testube DSL pertama kemudian buka tutupnya dengan menggunakan jari kelingking masukan sampel 10 ml tadi kedalamnya
 - c. Flambir mulut testube lalu tutup, flambir pipet beri label 10 ml pada test tube dan letakan pada rak tabung
 - d. Pipet yang telah diflambir tadi diisi lagi dengan sampel 10 ml. kemudian buka test tube DSL kedua dengan menggunakan jari kelingking masukan sampel 10 ml tadi kedalamnya. Flambir mulut test tube lalu tutup, flambir pipet dan beri label pada test tube 10 ml kemudian letakan pada rak tabung

- e. Pipet yang telah diflambir tadi diisi lagi dengan sampel 10 ml kedalamnya. Flambir mulut test tube lalu tutup, flambir dan beri label pada test tube 10 ml kemudian letakan pada rak tabung
- f. Pada test tube 3,4 dan 5 caranya sama dengan test tube pertama dan kedua.
- g. Flambir mulut botol sampel dengan lampu spiritus lalu tutup
- h. Ambil pipet 1 ml yang telah disterilkan tadi lalu ambil sampel 1 ml
- i. Ambil test tube SSL pertama kemudian buka tutupnya dengan menggunakan jari kalajengking, masukan sampel kedalamnya
- j. Flambir mulut test tube dan tutup mlut test tube, flambir pipet. Beri label 1 ml pada test tube kemudian letakan pada pada rak tabung
- k. Pipet yang sudah diflambir tadi diisi lagi dengan sampel 1 ml untuk mengisi test tube 2 sampai 5 caranya sama dengan di atas.
- l. Flambir kembali tutup botol lalu tutup
- m. Ambil test tube yang berisi KH_2PO_4 9 ml, lalu pipetkan sampel 1 ml, lakukan pengadukan dengan cara ambil sampel dibagian dasar test tube dan lepaskan diatas sebanyak 3x, jadi dalam test tube larutan berjumlah 10 ml
- n. Ambilah larutan campuran tersebut 1 ml, buka tutup test tube SSL yang keenam dengan jari kelingking masukan larutan campuran kedalamnya. Flambir mulut test tube dan tutup, beri label label 0,1 ml, kemudian letakan pada rak tabung. Flambir pipet. Pada pengisian test tube 7,8,9 dan 10

- o. Semua test tube dieramkan dalam incubator selama 24 jam pada suhu 35°C.
 2. Pemeriksaan secara confirmed test
 - a. Flambir ose
 - b. Buka tutup lactose broth yang berisi sampel 10 ml dengan jari kelingking, lalu dinginkan ose pada pinggir media dan ambil bakterinya
 - c. Flambie mulut test tube dan tutup kembali
 - d. Buka test tube BGLB pertama dan masukkan kedalam ose yang berisi bakteri tadi kedalamnya, flambir mulut test tube lalu tutup lakukan sampai 3 x
 - e. Lanjutkan sampai test tube ke dua dan seterusnya
 - f. Pada sampel 1 ml dan 0,1 ml caranya sama dengan sampel yang 10 ml
 - g. Eramkan dalam incubator selama 24 jam pada suhu $35\pm0,5^{\circ}\text{C}$.
3. Pemeriksaan complete test
 - a. Ambil test tube yang positif dan ambil petridish yang berisi endon agar
 - b. Sema yang positif pada confirmed test dipindahkan ke endo agar dengan cara :
 - 1) Flambir ose, buka mulut test tube BGLB yang berisi sampel 10 ml dengan jari kelingking, lalu dinginkan ose pada tepi media baru ambil bakterinya, flambir mulut test tube dan tutup
 - 2) Buka tutup petridish sedikit kemudian ose yang mengandung bakteri di oleskan secara zig zag pada petridish dan flambir ose

- 3) Buka mulut test tube BGLB yang tadi dengan jari kelingking lalu dinginkan ose pada tepi media, baru ambil bakterinya
 - 4) Flambir mulut test tube BGLB dan ose
 - 5) Buka tutup petridish sedikit, lalu oleskan secara zig zag, putar searah jarum jam
 - 6) Begitu juga dengan petridish ke dua dan seterusnya
 - 7) Pada sampel 1 ml dan 0,1 ml sama caranya dengan sampel yang 10 ml dan beri label yang sesuai
- c. Eramkan dalam incubator selama 24 jam pada suhu $35 \pm 0,5$ °C

8.6 Perhitungan

Hasil yang didapatkan pada pemeriksaan bakteriologis (golongan koliform dibandingkan dengan table atau index MPN (PTJ)/Perkiraan Terdekat Jumlah)

BAB IX

PRAKTIK PENDUGAAN AIR TANAH (GEOLISTRIK)

9.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan air minum dan untuk keperluan hygiene sanitasi dari waktu ke waktu mengalami peningkatan yang signifikan. Penyediaan air bersih yang paling murah adalah dengan pemanfaatan air tanah, seperti air tanah dangkal dengan membuat sumur gali, dan sumur bor dengan pompa tangan dangkal.

Berdasarkan siklus hidrologi (*hydrology cycle*), bahwa di alam ini terdapat tiga sumber air yang potensial digunakan oleh masyarakat untuk hidup dan kehidupan yaitu air angkasa (*atmospheric water*), air permukaan (*surface water*) dan air tanah (*ground water*). Dalam kehidupan sehari-hari sumber air yang paling banyak digunakan oleh masyarakat untuk hidup, seperti untuk air minum, mencuci makanan, alat-alat makan, mandi, berwudhuk, mencuci peralatan rumah tangga. Karena air tanah ini secara karakteristik kualitasnya lebih baik dari sumber air permukaan dan air hujan.

Pemanfaatan sumber air tanah oleh masyarakat pada umumnya dalam bentuk sarana air bersih sumur gali, sumur bor (dangkal dan dalam), perlindungan mata air. Karena sarana ini mudah dalam pembuatan, pemeliharaan, dan pemanfaatannya. Kelemahan dari air tanah ini hanya kadang-kadang mengandung mineral yang berlebihan seperti Besi (Fe), dan Mangan (Mn)

sehingga menyebabkan kualitas fisik air tanah tersebut menjadi tidak memenuhi syarat seperti berbau, berasa, bewarna, dan sedikit keruh. Namun demikian untuk memanfaatkan air tanah seperti itu, dapat diperbaiki kualitas airnya dengan melakukan pengolahan sederhana dengan melakukan aerasi dan penyaringan. Kekurangan lainnya dari air tanah ini adalah juga bisa terkontaminasi oleh bakteri, disebabkan oleh sarana air bersih yang konstruksinya tidak sesuai persyaratan kesehatan, ada sumber pencemar disekitar sarana seperti septic tank, pembuangan sampah, saluran air limbah, air tergenang lainnya, dan tidak kalah pentingnya adalah perilaku pengguna sarana tersebut.

Untuk pemenuhan kebutuhan akan air minum dan keperluan hygiene sanitasi pada masyarakat harus memenuhi persyaratan secara kualitas dan kuantitas. Secara kualitas harus memenuhi Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan berdasarkan Permenkes RI No. 2 tahun 2023. Sedangkan secara kuantitas sangat tergantung pada kondisi iklim, tingkat ekonomi, sosial budaya, teknologi, kemajuan suatu bangsa, dan tekanan yang mengalirkan air tersebut.

Untuk mendapatkan air tanah, terutama secara kuantitatif, agar sarana yang dibuat untuk memanfaatkan air tanah tersebut tepat pada lokasi yang direncanakan, maka dapat dilakukan melakukan pendugaan air tanah (penyelidikan air tanah) dengan metode Geofisika yaitu Geolistrik. Dengan penyelidikan air tanah ini, kita dapat menganalisis dan memperkirakan potensi kandungan lapisan batuan yang megandung air tanah. Dari hasil penyelidikan air tanah ini, sangat membantu pemerintah dalam penyediaan air bersih dan minum bagi masyarakat, sehingga

kebutuhan akan air minum dan untuk keperluan hygiene dan sanitasi dapat terpenuhi.

Meskipun keterdapatannya airtanah di dalam bumi tidak dapat dilihat dari permukaan tanah, namun keberadaan, potensi dan karakteristiknya di suatu daerah dapat diketahui dengan mengaplikasikan metode penyelidikan air tanah. Sudah lama manusia mencoba mengetahui keadaan air di bawah permukaan tanah. Mereka antara lain menggunakan ranting bercabang dengan kedua ujung cabang dipegang dengan kedua tangan. Bila melewati daerah yang mengandung air, ranting tersebut akan menunjuk ke bawah. Tidak setiap orang mampu melakukannya karena perlu penguasaan tenaga supranatural. Metode ini sering disebut *Water Witching* atau *Dowsing*.

Secara ilmiah ada dua jenis penyelidikan air tanah, yaitu penyelidikan dari permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah. Penyelidikan dari permukaan tanah antara lain terdiri atas metode geologi, penginderaan jauh serta metode geofisika. Penyelidikan airtanah dengan metode geologi adalah penggunaan data geologi dan penelitian lapangan untuk mengetahui kondisi air tanah. Metode penginderaan jauh menggunakan foto udara dan citra yang diambil dari pesawat terbang atau satelit untuk menginterpretasi kondisi air tanah. Metode geofisika yaitu pengukuran sifat-sifat fisik tanah atau batuan untuk mengetahui kondisi air tanah.

Metoda geolistrik adalah salah satu metoda yang mempelajari sifat-sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya dari permukaan bumi. Besaran fisis yang dicari adalah tahanan jenis batuan akibat adanya medan potensial dan arus yang diinjeksikan ke bawah permukaan bumi. Pada dasarnya metode ini didekati menggunakan konsep perambatan arus listrik di dalam medium

yang homogen isotropis, dimana arus listrik bergerak ke segala arah dengan nilai sama besar. Sehingga jika terjadi penyimpangan dari kondisi ideal (homogen isotropis), maka penyimpangan ini (anomali) yang justru yang diamati. Nilai tahanan jenis batuan berhubungan dengan sifat fisisnya antara lain derajat saturasi air, porositas, permeabilitas dan formasi batuan.

Prinsip kerja dari Metoda Geolistrik ini adalah arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektoda arus. Beda potensial yang terjadi diukur melalui dua buah elektroda potensial, dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga tahanan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur.

Umumnya, metode ini hanya baik untuk eksplorasi dangkal dengan kedalaman maksimum sekitar 200 meter. Jika kedalaman lapisan lebih dari harga tersebut, maka informasi yang diperoleh kurang akurat, hal ini disebabkan dengan bentangan yang besar dengan maksud mendapatkan penetrasi kedalaman di atas 200 m, maka arus yang mengalir akan semakin lemah dan tidak stabil akibat perubahan bentangan yang semakin besar. Karena itu, metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi dalam, sebagai contoh untuk eksplorasi minyak. Metode Geolistrik ini banyak digunakan di dalam pencarian air tanah, memonitor pencemaran air dan tanah, eksplorasi geotermal, aplikasi geoteknik, pencarian bahan tambang, dan untuk penyelidikan di bidang arkeologi, jadi prinsipnya untuk eksplorasi yang tidak terlalu dalam.

Praktik pendugaan air tanah yang dilakukan oleh mahasiswa adalah menggunakan Metode Geolistrik. Geolistrik merupakan metode penyelidikan air tanah dari permukaan bumi yang paling populer dalam bidang hidrologi air tanah.

Kepopuleran ini disebabkan peralatan geolistrik mudah dibawa, mudah dioperasikan, waktu pengukuran cepat dengan biaya murah serta akurasi data yang dapat diandalkan. Pada dasarnya geolistrik merupakan alat untuk mendeteksi perlapisan batuan di dalam bumi. Prinsip utamanya adalah bahwa tiap perlapisan batuan mempunyai tahanan yang berbeda-beda bila dialiri listrik yang disebut tahanan jenis (*resistivity*). Dengan Geolistrik bisa mendapatkan informasi tentang karakteristik akuifer dan dapat dipakai untuk menduga potensi air tanah. Metode ini menganut prinsip dasar bahwa masing-masing lapisan batuan mempunyai nilai tahanan jenis yang berbeda-beda. Selain factor jenis material batuan, tingkat kejenuhan dan komposisi kimia dalam air, juga mempengaruhi nilai tahanan jenis. Berdasarkan hal tersebut, maka perlapisan akuifer dan keterdapatan air tanah dapat diduga melalui survey Geolistrik.

Metode Geolistrik untuk penyelidikan air tanah ini terdiri dari tiga, yaitu Metode *Schlumberger*, *Wenner*, dan *Pole Dipole*. Untuk pembelajaran mahasiswa metode yang digunakan adalah dengan *Schlumberger*, karena dianggap lebih praktis, dan dapat mendeteksi keberadaan air tanahnya lebih dalam dan mencakup daerah yang luas.

9.2 Konfigurasi Schlumberger

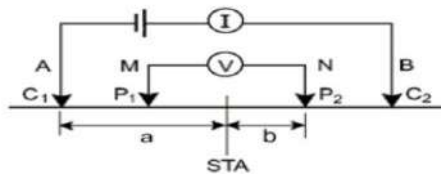
9.2.1 Pengertian

Konfigurasi Schlumberger merupakan teknik sounding, jarak antar arus dan elektrode bervariasi, sehingga yang di pindah-pindahkan hanya bentangan arus. Konfigurasi ini paling sering digunakan untuk mencari sumber air. Idealnya jarak MN (*potensial*) dibuat sekecil – kecilnya, sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah, dikarenakan keterbatasan kepekaan alat

ukur, maka ketika jarak AB (arus) sudah relatif besar maka jarak MN hendaknya diubah.

Perubahan jarak MN hendaknya tidak lebih besar seperlima jarak AB. Kelebihan konfigurasi Schlumberger sebagai berikut :

1. Mampu mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan (membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektrode MN/2).
2. Mudah untuk digunakan untuk pemula (pemindahan elektrode relatif lebih praktis). Kelemahan konfigurasi Schlumberger sebagai berikut :
3. Pembacaan tegangan pada elektrode MN lebih kecil ketika jarak AB yang relatif jauh, sehingga diperlukan multimeter yang mempunyai karakteristik '*high impedance*' dengan akurasi tinggi (men display tegangan minimal 4 digit atau 2 digit di belakang koma).
4. Memerlukan peralatan pengirim arus yang mempunyai tegangan listrik DC yang sangat tinggi untuk mengatasi pembacaan tegangan MN yang kecil.



Gambar 9.1. Konfigurasi Elektrode Schlumberger
(Maemuna, 2017)

9.2.2 Peralatan dan Persyaratan

Peralatan dan persyaratan yang digunakan dalam konfigurasi Schlumberger adalah sebagai berikut :

1. Peralatan

Jenis peralatan yang digunakan harus memenuhi ketentuan teknis yang berlaku dan meliputi:

- a. Satu buah pengirim arus searah atau bolak-balik, jika arus bolak-balik dengan frekuensi maksimum 30 Hz. Sumber arus disesuaikan dengan kebutuhan, dan ketelitian pembacaan alat minimal 1 mA dengan sumber arus yang cukup. Pengukuran dengan sumber arus searah sebaiknya elektrode yang tidak berpolarisasi untuk elektrode potensial.
- b. Satu buah pengukur tegangan dengan ketelitian pembacaan 0,001 mV atau alat yang terukur tahanan listriknnya dengan ketelitian pembacaan 0,01 m Ω .
- c. Kompas geologi.
- d. *Global Position System* (GPS) untuk menentukan lokasi titik pengukuran.
- e. Pengukur ketinggian muka tanah, seperti altimeter, alat penyipat datar dan alat penyipat ruang.
- f. Empat buah gulungan kabel jenisnya disesuaikan dengan alat geolistrik tahanan jenis dan panjangnya sesuai kebutuhan.
- g. Lima buah elektrode yang disesuaikan dengan peralatan.
- h. Empat buah palu besi untuk menancapkan elektrode kedalam tanah.
- i. Dua gulung tali ukur dengan panjang minimum 300 m dan roll meter.

- j. Semua alat ukur harus dikalibrasi, sesuai dengan ketentuan spesifikasinya.
- k. Tiga buah alat komunikasi atau yang sejenis untuk operator dan pemegang elektrode arus.
- l. Peralatan reparasi (*tool kit*).

2. Persyaratan

- a. Mempelajari keadaan geologi dan geohidrologi di sekitar daerah pengukuran.
- b. Perlapisan di bawah permukaan mempunyai kemiringan maksimum 30°.
- c. Pemasangan elektrode harus mempunyai kontak yang baik dengan tanah.
- d. Pemasangan elektrode diusahakan dalam satu garis lurus.
- e. Jarak elektrode potensial harus berada 0,2 kali jarak elektrode arus ($MN=1/5 AB$)
- f. Perpindahan elektrode potensial minimum 3 pasangan titik pengukuran yang saling tumpang tindih
- g. Pengukuran dilakukan pada daerah yang relatif datar dan pada waktu tidak hujan
- h. Jumlah titik pengukuran tersebar merata dengan cara grid
- i. Arah bentangan pengukuran harus sejajar dengan arah perlapisan batu atau tanah.
- j. Pengukuran di sekitar sungai atau pantai, arah bentangan harus sejajar pantai atau sungai.
- k. Arah bentangan pengukuran harus diusahakan pada lokasi yang tidak terpengaruh oleh benda-benda yang dapat mempengaruhi ketelitian pengukuran (seperti rel kereta api, saluran pipa, saluran kawat listrik).

- l. Apabila persyaratan pada huruf k) tidak bisa dipenuhi, maka arah bentangan harus memotong tegak lurus benda yang mempengaruhi tersebut.
- m. Bila ada sumur bor yang berdekatan dengan lokasi pengukuran, tentukan lokasi sumur bor di peta, catat log bornya dan lakukan pengukuran pada lokasi sumur bor untuk pembanding.

9.2.3 Prosedur Pengukuran

Prosedur pengukuran dalam konfigurasi Schlumberger memiliki tahapan sebagai berikut :

1. Tentukan titik pengukuran.
2. Gambar titik pengukuran di peta.
3. Tentukan arah bentangan pengukuran.
4. Isilah tabel pengukuran meliputi :
5. Pasang elektrode potensial (MN/2) pada jarak yang terpendek minimal 0,5 m dan pasang elektrode arus (AB/2) pada jarak 1,5 m (Gambar 2.1).
6. Hubungkan elektrode A dan B ke alat pengirim arus.
7. Hubungkan elektrode M dan N ke pengukur potensial pada alat geolistrik.
8. Catat besar arus yang dikirim dalam ampere.
9. Catat besar tegangan dalam volt atau besar tahanan listrik dalam ohm
10. Pindahkan elektrode arus (AB/2) pada jarak 2m.
11. Ulangi kegiatan serupa dari e) sampai j) untuk jarak elektrode berikutnya (Tabel 2.1).

12. Bila ada sumur bor yang berdekatan dengan lokasi pengukuran, gambarkan lokasi sumur bor pada peta dan catat bor lognya.

Parameter yang di ukur :

1. Jarak antara stasiun dengan elektrode-elektrode (AB/2 dan MN/2)
2. Arus (I)
3. Beda Potensial (ΔV)

9.2.4 Perhitungan

Perhitungan tahanan jenis dengan menggunakan rumus-rumus berikut :

Tahanan jenis semu:

$$\rho_a = K \cdot \Delta V / I \dots\dots\dots (1.1)$$

$$K = \pi \frac{(AB/2)^2 - (MN/2)^2}{MN} \dots\dots\dots (1.2)$$

Keterangan :

ρ_a = adalah tahanan jenis semu (Ωm)

K = adalah faktor koreksi geometris (m)

ΔV = adalah beda potensial (V)

I = adalah arus listrik (A)

π = adalah konstanta bernilai 3.142

AB = adalah jarak antara elektode arus (m)

MN = adalah jarak antara elektrode potensial

Parameter yang di hitung :

- a. Tahanan jenis ρ
- b. Faktor geometrik (K)
- c. Tahanan jenis semu (ρ)

Contoh Soal:

Berapakah nilai faktor koreksi geometris jika diketahui jarak antar elektroda arus 1,5 m, jarak antara elektroda potensial 0,25 m ?

Jawab :

Diketahui :

AB = 1,5 m, MN = 0,25 m

Ditanyakan: K ?

Jawab

$$K = 3,142 \frac{(1,5/2)^2 - (0,25/2)^2}{0,25}$$

$$K = 7,85$$

9.2.5 Pemodelan dan Interpretasi

Pemodelan dan interpretasi dengan menganalisis data hasil pengukuran dengan tahapan sebagai berikut :

1. Lakukan pemodelan menurut ketentuan yang berlaku
 - a. Pemodelan tidak langsung adalah penyesuaian lengkung lapangan dengan lengkung baku sesuai data yang didapat. Penyesuaian lengkung tersebut menggunakan legkung baku dan lengkung bantu.
 - b. Pemodelan langsung adalah pemodelan menggunakan software Res2Dinv.

- c. Tentukan nilai ρ dan ketebalannya untuk setiap lapisan.
2. Lakukan pendugaan air tanah dengan menganalisis data hasil pemodelan dan interpretasi untuk mendapatkan keadaan geologi bawah permukaan dan kondisi air tanahnya, dengan tahapan sebagai berikut :
 - a. Urutan lapisan batuan secara tegak dari lengkung setiap titik pengukuran
 - b. Tentukan jenis litologi batuan berdasarkan tahanan jenisnya sesuai dengan tabel 1.1
 - c. Tentukan batas lapisan batuan secara tegak dan bila ada dengan bor log sumur di sekitar titik pengukuran
 - d. Korelasikan hasil pendugaan setiap titik pengukuran dengan titik-titik pengukuran lainnya, dan dengan bor log sumur yang di sekitar lokasi pengukuran untuk dibuat penampang geologi bawah permukaan
 - e. Lakukan interpretasi kedudukan lapisan yang mengandung air tanah atau akuifer berdasarkan nilai tahanan jenisnya
 - f. Perhatikan kondisi geohidrologi di daerah pengukuran dalam interpretasi akuifer
 - g. Tentukan lapisan batuan yang mengandung air tanah atau akuifer

Tabel 9.1. Nilai Tahanan Pendugaan untuk Tanah, Air dan Batuan (SNI 2818:2012)

Tahanan	Nilai Tahanan
Tanah	<i>p (ohm meter)</i>
1. Daerah basah	50 sampai 200
2. Daerah kering	100 sampai 500
3. Daerah sangat kering mengandung garam	200 sampai 1000 (terkadang di bawah 50 jika tanah mengandung garam)
Air	<i>p (ohm meter)</i>
1. Tanah	1 sampai 100
2. Hujan	30 sampai 1000
3. Laut	di bawah 0,2
4. Es	105 sampai 108
Batuan	<i>p (ohm meter)</i>
1. Batuan beku dan metamorfis	100 sampai 10000
2. Sedimen terkonsolidasi	10 sampai 100
3. Sedimen tak terkonsolidasi	1 sampai 100

9.2.6 Laporan

Laporan pengukuran dibuat dalam satu buku yang berisi data yang diperlukan, meliputi:

1. Keadaan geologi permukaan di daerah penyelidikan, bila ada
2. Penampang geologi berdasarkan harga tahanan jenis dari hasil interpretasi dalam bentuk simbol yang meliputi :
 - a. Satuan lapisan batuan dengan batas vertikal dan lateral
 - b. Struktur geologi
3. Kondisi air tanah hasil analisis dari sifat keairan nya batu atau tanah terhadap geologi permukaan

4. Penentuan untuk lokasi titik pengeboran uji yang sangat diperlukan oleh pemakai data
5. Laporan ini ditandatangani oleh petugas dari instansi yang berwenang.

9.3 Penentuan Desain Survey Geolistrik

9.3.1 Penentuan Konfigurasi Geolistrik

Sensitivitas konfigurasi geolistrik tentunya berbeda antara satu-sama lainnya. Seperti konfigurasi Wenner yang dipakai untuk survei dangkal dan sensitif terhadap arah horizontal (*mapping*). Konfigurasi schlumberger yang dipakai untuk penyelidikan pada area mendatar atau relatif datar. Jika konfigurasi ini dika aplikasikan pada medan tidak datar, maka dari data yang peroleh haruslah dilakukan koreksi ulang dari hasil pengukuran yang diperoleh. Konfigurasi geolistrik Schlumberger ini sensitif terhadap arah vertikal (*sounding*).

Dalam penentuan metode konfigurasi geolistrik perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Tipe struktur yang hendak dicari
- b. Sensitivitas resistivity meter
- c. Kedalaman struktur yang dicari
- d. Sensitivitas array secara vertikal dan horizontal
- e. Kekuatan signal.

Tabel 9.2. Penentuan Konfigurasi Geolistrik (Andriyani, 2010)

Kriteria	Konfigurasi Geolistrik		
	Wenner	Schlumberger	Pole Dipole
Resolusi Vertikal	Baik	Sedang	Buruk
Kesusaian terhadap VES	Sedang	Baik	Buruk
Sensitivitas lateral inhomogeneitas	Tinggi	Sedang	Sedang
Interpretasi	Baik	Baik	Sedang

1. Kawasan Karst

Pada kawasan karst masalah yang paling utama adalah masalah kekeringan dan krisis air bersih. Pemanfaatan air oleh penduduk sekitar hanya dapat dilakukan pada telaga yang pada umumnya berlokasi jauh dari pemukiman dan sulit dicapai. Pada musim penghujan ketersediaan air di telaga cukup untuk memenuhi kebutuhan masyarakat sekitar, sedangkan pada musim kemarau telaga mengering. Hal inilah yang menjadi permasalahan yang sangat kompleks yang terjadi pada kawasan karst.

Metode geolistrik yang cocok digunakan menggunakan metode geolistrik konfigurasi pole dipole dikarenakan elektrode arus C2 terletak jauh diluar jalur rencana pengukuran. Sebagai contoh, jika kita melakukan pengukuran resistivity dari titik 0 kearah kanan dari gambar ilustrasi dibawah ini sepanjang 1000 m, maka penempatan elektrode arus C2 bisa diletakkan disisi kiri dari titik 0 sejauh 1000 m pula kearah kiri.

2. Kawasan Pantai

Pada kawasan pantai (aluvium) yang merupakan endapan permukaan berupa kerikil, pasir dan lanau. Batu lempung dan batu pasir dimana batu pasir dominan berpotensi sebagai lapisan pembawa air. Kawasan pantai memiliki area yang cukup luas dan memiliki area yang relatif datar sehingga metode yang digunakan adalah metode resistivitas sounding konfigurasi Schlumberger.

3. Kawasan Pegunungan

Pada kawasan pegunungan metode yang cocok digunakan adalah metode resistivitas mapping konfigurasi Wenner dikarenakan Metode ini memiliki kekuatan sinyal yang kuat sehingga dapat menjadi faktor yang penting dalam kawasan pegunungan yang mempunyai noise yang cukup tinggi.

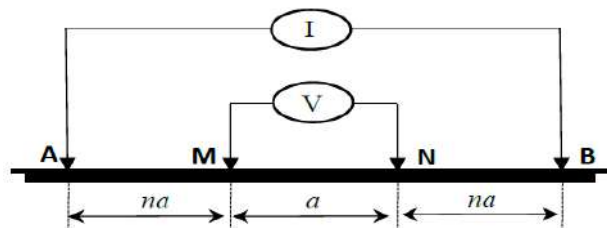
9.3.2 Prosedur Pengambilan Data

1. Peralatan Lapangan

Peralatan lapangan yang diperlukan dalam pengukuran metode geolistrik tahanan jenis terdiri dari:

- a. Resistivitymeter Nainura NRD 22-S (atau merek lainnya)
- b. Elektrode potensial
- c. Elektrode arus
- d. Kabel elektrode
- e. Kabel konektor
- f. Baterai basah/kering
- g. Palu elektrode
- h. Meteran
- i. Kompas bidik

- j. Alat tulis
 - k. Tali rapih
 - l. Patok
 - m. GPS
 - n. Payung
 - o. Alat komunikasi
 - p. Meja lapangan
 - q. Sarung tangan
2. Prosedur Pemindahan Konfigurasi Elektroda
- a. Pasang elektrode dengan jarak spasi elektrode yang sama (a) untuk semua elektroda ($n = 1$) seperti pada gambar.
 - b. Pengukuran pada lapisan kedua dan berikutnya (n), jarak spasi antar elektrode arus (AB) dan antar elektrode potensial (MN) tetap (a), tetapi jarak spasi antar elektrode arus dan potensial (BM) diperbesar menjadi kelipatannya yaitu $2a$, $3a$, hingga na .
 - c. Hal ini bisa dilakukan sepanjang lintasan pengukuran untuk data 2D, dengan menjadikan ujung-ujung lintasan sebagai patokan.

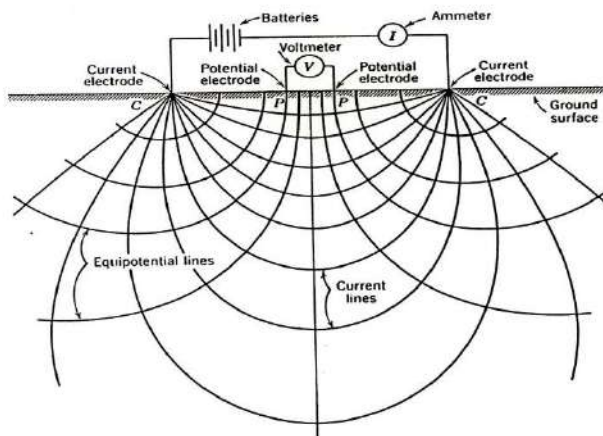


Gambar 9.2. Susunan Elektrode Konfigurasi Schlumberger (Racka, 2014)

3. Cara Pengumpulan Data

Untuk dapat menelusur material penyusun dibawah permukaan bumi dilakukan dengan teknik Geolistrik, yaitu salah satu teknik geofisika untuk mengetahui sifat-sifat fisik kerak bumi (batu penyusun lapisan bumi) yang dilakukan dari permukaan tanah, sehingga dapat ditelusur endapan-endapan material atau struktur geologisnya. Kaidah geofisika didasarkan pada perbedaan atau anomali sifat-sifat fisik yang ada dibawah permukaan bumi.

Data yang dapat disadap dari pendugaan geolistrik adalah keberintangan atau hambatan jenis elektrik dari setiap materi yang dialiri arus listrik. Tahanan jenis ini setiap jenis batuan atau material dapat ditentukan dengan cara mengalirkan arus listrik ke dalam bumi, seperti gambar berikut :



Gambar 9.3. Susunan elektroda pada survei Geolistrik (Todd, 1980)

Tahanan jenis (ρ) batuan dapat ditafsirkan sebagai suatu hambatan dalam ohm meter diantara permukaan yang bertentangan suatu satuan bahan. Jika suatu bahan dengan hambatan (R) yang mempunyai luar permukaan (A) dan panjangnya (L), maka tahanan jenis batuan dapat dirumuskan $\rho = (R \times A) / L$ (Todd, 1980).

Nilai tahanan jenis setiap bahan berbeda-beda dalam julat yang cukup luas, yang bergantung pada jenis bahan penyusun, kemampatan bahan, porositas, ukuran dan bentuk pori bahan, kandungan dan mutu air, serta suhu setiap bahan penyusun lapisan batuan. Oleh karena itu, setiap bahan akan mempunyai tahanan jenis yang berbeda-beda dengan julat tertentu. Bahan beku dan batuan malihan pada umumnya mempunyai tahanan jenis antara 102 hingga 108 ohm meter, sedangkan batuan sedimen dan bahan-bahan tak termampatkan mempunyai kisaran antara 10 hingga 104 ohm meter. Mineral lempung mengalirkan arus listrik melalui matriknya atau bahan pengikatnya, sehingga formasi yang tersusun oleh lempung mempunyai kecendrungan tahanan jenis yang lebih rendah dibanding bahan-bahan aluvium, yaitu berkisar antara 1 hingga 30 ohm meter dengan nilai rata-rata 5 sampai 10 ohm meter, sedangkan material pasir dan kerikil basah mempunyai tahanan jenis sepuluh kali lipatnya. Ini ada kisaran tahanan jenis pada beberapa bahan.

Aliran konduksi arus listrik didalam batuan/mineral digolongkan atas tiga macam yaitu konduksi dielektrik, konduksi elektrolitik, dan konduksi elektronik. Konduksi dielektrik terjadi jika batuan/mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik (terjadi polarisasi muatan

bahan saat bahan dialiri listrik). Konduksi elektrolitik terjadi jika batuan/mineral bersifat porus dan pori-pori tersebut terisi cairan-cairan elektrolitik. Pada kondisi ini arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik. Kondisi elektronik terjadi jika batuan/mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan/mineral oleh elektron bebas. Berdasarkan harga tahanan jenis (ρ) listriknya batuan/mineral digolongkan menjadi tiga yaitu :

- Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1 \Omega \text{ m}$
- Konduktor buruk : $1 < \rho < 10^7 \Omega \text{ m}$
- Isolator : $\rho > 10^7 \Omega \text{ m}$

Tabel 9.3. Kisaran Tahanan Jenis pada Beberapa Jenis Batuan

Tipe Batuan	Resistivity Range (ohm.m)
Granite	$3 \cdot 10^2 - 10^6$
Dacite	$2 \cdot 10^4$ (wet)
Andecite	$4,5 \cdot 10^4$ (wet) – $1,7 \cdot 10^2$ (dry)
Diabas	$20 - 5 \cdot 10^7$
Basalt	$10 - 1,3 \cdot 10^7$
Tuff	$2 \cdot 10^3$ (wet) – 10^5 (dry)
Marble	$10^2 - 2,5 \cdot 10^8$ (dry)
Soil (lapukan batuan kompak)	$10 - 2 \cdot 10^3$
Clay (lempung)	1 – 100
Alluvial dan pasir	10 – 800
Limestone (batu gamping)	$50 - 10^7$
Konglomerat	$2,5 - 10^4$
Surface water (pada batuan sedimen)	10 - 100
Air payau (3 %)	0 - 15
Air laut	0 - 2

4. Konstanta Schlumberger (K)

Sering juga disebut sebagai faktor geometri, adalah suatu tetapan yang berubah terhadap jarak dan susunan setiap elektrodanya. Jika medium akuifer homogen, maka ***rho*** akan menggambarkan nilai tahanan jenis sesungguhnya, tetapi jika heterogen maka nilai ρ merupakan nilai tahanan jenis semu atau sering disebut apparent resistivity yang dinotasikan ***rho_a***.

Beberapa faktor sangat berpengaruh terhadap nilai tahanan jenis batuan atau material yaitu :

- a. Kandungan elektrolit air dalam pori batuan
Nilai tahanan jenis akan tergantung pada daya hantar listrik batuan, sehingga suatu batuan akan mempunyai tahanan jenis yang kecil jika batuan tersebut mudah menghantarkan arus listrik, demikian pula sebaliknya.
- b. Persentase kandungan air pada pori batuan
Kandungan air akan memperkecil nilai tahanan jenis, karena arus listrik akan mudah terhantarkan pada media air. Pada suatu lapisan pembawa air (akuifer), nilai tahanan jenis akan lebih kecil dibandingkan suatu formasi yang tidak jenuh air.
- c. Keadaan penyebaran air dalam batuan
Semakin besar pori ataupun ruang antar butir batuan, maka nilai tahanan jenis akan semakin besar.

Kedalaman pendugaan yang dicapai dengan metode Schlumberger diperkirakan sebanding dengan jarak elektrodanya arus terhadap titik pusat pengukuran ($1/2$

L), sehingga jarak antar elektroda dapat diatur atau diubah sesuai dengan kedalaman pendugaan yang dikehendaki.

5. Interpretasi Nilai Tahanan Jenis

Hasil pengukuran dari metode Schlumberger ini adalah berupa tahanan jenis semu (apparent resistivity) yang diasumsikan mewakili nilai tahanan jenis sesungguhnya. Nilai tahanan jenis semu ini dapat lebih kecil atau lebih besar dari tahanan jenis aktual. Untuk memodelkan nilai tahanan jenis semu menjadi nilai tahanan jenis aktual, maka dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Membandingkan hasil plotting kurva lapangan dengan kurva standar yang telah dihitung secara matematis. Dengan demikian, akan diketahui perkiraan nilai tahanan jenis setiap lapisan batuan dengan ketebalan masing-masing batuan.
- b. Berdasarkan kurva hasil interpretasi, kemudian dilakukan analisis menggunakan program komputer dalam hal ini adalah software Schlumberger IP2Win yang dapat memodelkan nilai tahanan jenis dan ketebalan lapisan perlapasan batuan. Hal ini dilakukan untuk memperkecil kesalahan interpretasi secara manual.

Software IP2 Win digunakan untuk membuat tampilan perlapasan batuan lebih interaktif, software ini didisain khusus untuk membuat penampang melintang akuifer berdasarkan nilai resistivitinya.

Pada lapisan batuan yang mengandung air, tahanan jenis terukur adalah tahanan jenis batuan bersama-sama

dengan air pada zona jenuh. Jika salah satu nilainya diketahui, maka untuk mengetahui jenis batuan atau tahanan jenis air dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\rho_a = F \cdot \rho_w$$

Dimana ρ_a adalah tahanan jenis terukur, sedangkan ρ_w dan F adalah faktor formasi setiap material atau batuan. Setiap batuan mempunyai faktor formasi tertentu seperti disajikan tabel berikut :

Tabel 9.3. Nilai Faktor Formasi F untuk Beberapa Material dan Nilai Kelulusannya

No	Material Batuan	Faktor F	Kelulusan K(m/hari)
1	Pasir kasar dengan kerikil - pasir kasar	6.0	Sangat baik (200)
2	Pasir sedang - kasar	5.0	Baik (50)
3	Pasir halus - sedang	4.5	Sedang (25)
4	Pasir halus - pasir belempung	3.0	Jelek (10)

Data resistivitas (tahanan jenis) akhir dari analisis ini akan dapat digunakan untuk mendapatkan profil lapisan batuan berdasarkan nilai homogenitas resistivitas batuan. Selanjutnya validasi dapat dilakukan dengan menggunakan data bor yang ada disekitar titik pengukuran untuk mengetahui material penyusun tiap-tiap lapisan batuan.

6. Pengolahan Data Hasil Pengukuran dengan IP2 Win

IP2 Win adalah software yang digunakan untuk mengolah data geolistrik dari satu atau lebih titik VES (*Vertical Electrical Sounding/VES*). IP2 Win mengolah data geolistrik yang menggunakan IP (*Induced Polarization*) dengan berbagai macam konfigurasi misalnya *Schlumberger*, *Wenner*, *Dipole Dipole*, dan lainnya.

Penggunaan IP2 Win mencakup beberapa tahap. Tahapan dalam penggunaan IP2 Win adalah input data, koreksi error data, penambahan data, dan pembuatan *cross section*. Input data dapat dilakukan dari data langsung lapangan (masih berupa data AB/2, V, I dan K) atau data tidak langsung (berupa AB/2 dan Rho_a).

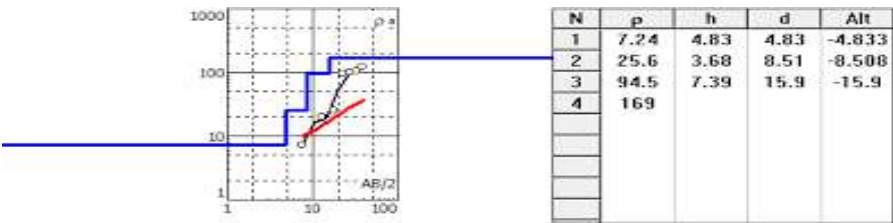
Data hasil olahan IP2 Win berupa data *resistivity layer*, *grafik log resistivity* terhadap AB/2, *resistivity cross section* serta *pseudo cross section*. Data hasil olahan dapat diexport dalam berbagai macam pilihan data. Kelemahan yang paling mendasar dalam IP2 Win adalah bahwa software ini banyak terdapat bug atau error-error kecil sehingga dalam tahapan pengolahan tertentu, program harus di restart (mengeluarkan program kemudian menjalankan program kembali).

Metode analisis dari VES yang diolah dapat dilakukan dengan mengacu pada buku *Electrical Imaging Survey for Environmental and Engineering Studies* oleh Dr. M. H. Loke.

7. Deskripsi pengolahan data Geolistrik

Berdasarkan hasil pengukuran, maka dapat dideskripsikan hasil interpretasi perlapisan batuan atas

dasar nilai tahanan jenis batuan. Secara detil hasil interpretasi dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 9.4. Hasil Interpretasi Nilai Resistivity (tahanan jenis) batuan pada suatu titik pengukuran

Berdasarkan pengolahan data tersebut, maka tergambar hasil pendugaan adalah empat lapisan batuan, dengan Rho terkecil adalah pada lapisan pertama. Kemudian dari nilai tahanan jenis tersebut dapat dibuatkan profil vertikal lapisan batuan tersebut, sebagai berikut:

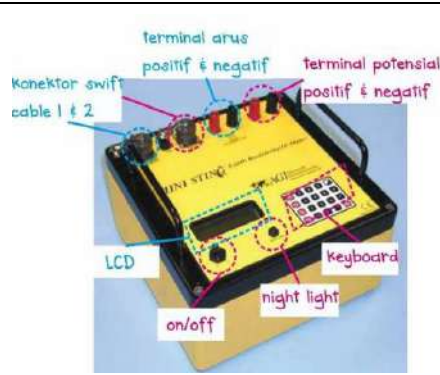


Gambar 9.5. Rekontruksi Penampang Vertikal Akuifer

9.4 Peralatan Geolistrik

9.4.1 Jenis Alat Geolistrik (Resistivity Meter)

Resistivity meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur geolistrik tahanan jenis. Sedangkan alat untuk mengukur geolistrik *Induced Polarization* (IP) adalah IP Meter. Beberapa contoh model alat *resistivity* meter, yaitu:

No	Model Alat	Nama Alat
1		AGI Mini Sting R1
2		AGI Super Sting R8

3		ABEM SAS 1000/4000
4		OYO Mc Ohm Mark 2
4		Resistivit y Meter Naniura NRD 300 HF
6		G-Sound

7		IRES T300F
8		ARES GF INSTRUMENT

9.4.2 Kelebihan masing-masing Resistivity Meter

1. AGI Mini Sting R1

- Harga lebih murah dari Super Sting.
- Ukuran yang kecil (sudah termasuk baterai) membuat mudah untuk dibawa-bawa.
- Menu sistem pada mini sting mudah untuk digunakan.
- Dapat digunakan dalam konfigurasi yang berbeda-beda.
- Dapat digunakan secara manual dan otomatis (tambahan *swift box*).
- Dapat digunakan pada medan yang tidak datar.

2. Supersting R8 IP

- Memiliki kemampuan mengukur 8 *channel* secara simultan sehingga menghemat waktu di lapangan secara drastis.

- b. Dapat menggunakan 12V dan 24V.
 - c. Dapat mengukur pada medan yang tidak datar.
 - d. Dapat digunakan pada berbagai macam konfigurasi.
 - e. Tingkat akurasi data sangat tinggi.
 - f. Level noise sangat rendah.
 - g. Memiliki kapasitas memori internal yang besar untuk menyimpan data hasil perhitungan.
3. *ABEM SAS 1000/4000*
- a. Jika dioperasikan pada suhu yang sangat tinggi dan terjadi *overheating*. Alat akan mati secara otomatis.
 - b. Mudah di bawa karena ada handelnya.
 - c. Hasil resistivitas akan ter *display* dalam bentuk tabel sehingga saat di lapangan kita tidak susah dalam mencatat.
 - d. Alat dapat memperlihatkan penampang *pseudosection*.
 - e. Alat dapat memperlihatkan kurva VES.
 - f. Memiliki *receiver* GPS.
 - g. Layar yang sudah terdisplay berwarna sehingga layarnya bukan monokrom (hitam putih).
 - h. Ada tanggal dan informasi waktu pada status bar.
 - i. Memiliki *keyboard* internal dan eksternal.
 - j. Baterai dan suhu dapat dikontrol secara langsung.
4. *OYO Mc OHM Mark 2*
- a. Cara mengoperasikannya mudah, cocok untuk pemula.
 - b. Bisa melakukan *stacking* berkali-kali untuk keakuratan data.
 - c. Data yang didapatkan bagus dan akurat.

5. *Nainura NRD 300 HF*

- a. Sudah menggunakan kartu PCB terpisah untuk setiap skala tegangan yang diinjeksikan.
- b. Berat Naniura NRD 300 HF lebih ringan daripada NRD 22 yang masih menggunakan *transformator*.
- c. Bila terjadi kerusakan pada *transormer* maka satu skala pengukuran saja yang terganggu.

6. *G-Sound*

- a. Pengukuran dapat di upgrade melalui komputasi.
- b. Ringan dan portable (bertanya hanya 1 kg, tidak termasuk baterai).
- c. 100 mA *current source*.
- d. *Anti short circuit*.
- e. *Long life battery* (hemat arus).
- f. Bisa digunakan untuk pengukuran sounding atau *profiling/mapping* resistivitas.
- g. Bisa digunakan untuk pengukuran dalam skala laboratorium.
- h. Murah dan handal.
- i. Ringan dan portabel.
- j. Sangat presisi dan akurat.
- k. Hemat arus.
- l. Mendukung semua keperluan baik di lapangan maupun laboratorium.

7. *RES T300F*

- a. Daya akurasi tinggi dengan hasil memuaskan.
- b. Lebih ringan.
- c. Relatif lebih murah

8. ***ARES***

- a. Merupakan generasi terbaru dalam alat geolistrik.
- b. Dapat mengukur 10 channel IP Windows secara simultan.
- c. Alat lebih ringan dari super sting (5,9 kg) sehingga memudahkan untuk dibawa kemana saja.
- d. Tahan terhadap suhu cuaca (-10 °C sampai 60 °C).
- e. Dapat digunakan dalam 3 Dimensi.
- f. Hasil pengukuran lebih akurat.
- g. Tidak perlu disambungkan ke PC.
- h. Pengaplikasian alat lebih luas (eksplorasi air tanah, penyelidikan geoteknik, pemantauan bendungan dan tanggul, studi lingkungan, pollution plumes mapping, survei geologi, prospeksi mineral, arkeologi).

9.4.3 Kelemahan masing-masing Resistivity Meter

1. *AGI Mini Sting R1*

- a. Saat melakukan stacking harga *rho apparent* (resistivitas semu) selalu berubah-ubah. Diperlukan waktu >5 menit hingga angkanya konstan.
- b. Alat perlu di kalibrasi ulang karena sering menunjukkan harga *rho apparent* (resistivitas semu) yang negatif.
- c. Hanya dapat menggunakan 12 V.

2. *Supersting R8 IP*

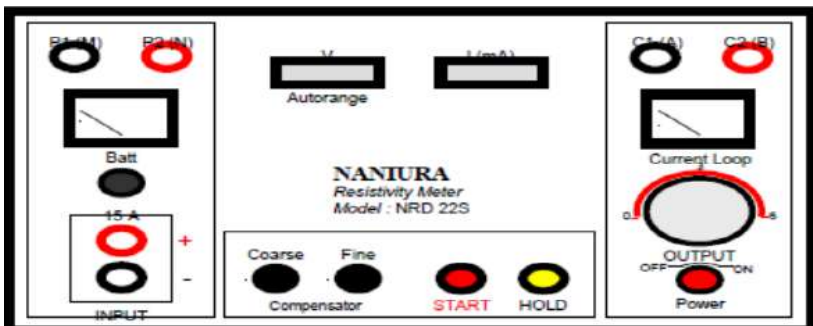
- a. Jika terdapat nilai resistivitas yang menyimpang tidak dapat di reset lagi prosesnya.

- b. Ukurannya yang besar membuat tidak praktis di bawa-bawa.
 - c. Jika terdapat satu kabel yang rusak maka kabelnya tidak dapat digunakan karena kabelnya saling terhubung
- 3. *ABEM SAS 1000/4000*
 - a. Memiliki harga yang relatif lebih mahal.
- 4. *OYO Mc OHM Mark 2*
 - a. Tidak dapat menjalankan perhitungan secara otomatis, jadi perhitungan dilakukan secara manual.
 - b. Tidak ada lampu pada layar sehingga jika pengambilan data diambil di malam hari akan tidak terlihat.
 - c. Layar masih monokrom.
- 5. *Nainura NRD 300 HF*
 - a. Banyak menggunakan komponen pasif sehingga bisa dibilang lebih '*robust*' dan '*sturdy*'.
 - b. Masih menggunakan analog kompensator untuk menetralsisir efek SP (Self Potensial), sehingga membutuhkan waktu dan ketelitian surveiur saat menetralsisir nilai SP.
- 6. *G-Sound*
 - a. Pengukuran hanya bisa dilakukan secara manual dan tidak otomatis.
 - b. Pengukurannya lebih lama dari pada multi *channel*.
 - c. Konversi data secara manual.
- 7. *IRES T300F*

- a. Memerlukan waktu yang lama saat pengambilan data.
- b. Pengambilan data dilakukan secara manual.

A. Penggunaan Resistivity Meter

1. Penggunaan *Resistivity* meter:
 - a. Pasang elektrode sesuai konfigurasi yang diinginkan. Gunakan palu untuk menancapkan elektrode ke dalam tanah.
 - b. Hubungkan elektrode arus menggunakan kabel gulung dan konektor ke C1 dan C2 pada resistivimeter (Gambar 5.9).



Gambar 9.6. Tampilan Panel Resistivimeter Nainura NRD 22S (Racka, 2014)

- c. Hubungkan elektrode potensial menggunakan kabel gulung dan konektor ke P1 dan P2 pada resistivimeter.
- d. Hubungkan baterai menggunakan kabel konektor ke *jack INPUT* (+) dan (-) pada resistivimeter. Lihat jarum indikator *Batt* hingga menunjuk ke bagian merah di kanan. Hal ini menunjukkan

baterai dalam keadaan penuh (tegangan memadai). Jika tidak, baterai perlu diisi (*discharge*) hingga penuh, sebelum digunakan.

- e. Putar tombol *Power* ke kanan dari *OFF* menjadi *ON*, maka resistivitimeter sudah dinyalakan. Lihat jarum indikator *Current Loop* hingga menunjuk ke bagian merah di kanan. Hal ini menunjukkan kontak elektrode arus dengan tanah (bumi) dan resistivitimeter sudah cukup memadai. Jika tidak, perbaiki koneksinya, tancap elektrode arus lebih dalam atau siram tanah di sekitar elektrode arus dengan air atau larutan elektrolit untuk memperbaiki kontak.
- f. Putar tombol *OUTPUT* dari angka 0 ke angka yang dikehendaki. Makin besar angka yang dipilih (1 - 6), makin besar injeksi arus yang dihasilkan.
- g. Putar *Compensator Coarse*, kemudian *Fine* hingga display tegangan *V (Autorange)* menunjuk angka nol atau mendekati nol.
- h. Injeksikan arus dengan menekan tombol *START* hingga display arus *I (mA)* menunjukkan angka yang stabil.
- i. Tekan tombol *HOLD* dan baca harga arus pada display arus *I (mA)* serta harga tegangan/potensial pada display tegangan *V (Autorange)* sebagai data pengukuran.
- j. Lakukan pengukuran beberapa kali (misal, 3 kali) untuk lebih meyakinkan data hasil pengukuran. Catat semua hasil pengukuran, termasuk jarak spasi

elektrode (a, n) dalam tabel hasil pengukuran (Tabel 5.9)

- k. Pindahkan posisi elektrode ke posisi pengukuran berikutnya. Lakukan prosedur pengukuran yang sama seperti di atas (1-10) Lakukan hal yang sama hingga seluruh data diperoleh sesuai rencana pengukuran.

FORM PENDUGAAN GEOLISTRIK
METODE SCHLUMBERGER

Titik Sounding

:

Tanggal

:

Likasi

:

Arah

:

Koordinat

:

Operator

:

N o	1/2 a (M)	1/2 L (M)	ΔV (mV)	I (mA)	ρ_a (Ωm)	N o	1/2 a (M)	1/2 L (M)	V (mV)	I (mA)	ρ_a (Ωm)
1						8					
2						9					
3						10					
4						11					
5						12					
6						13					
7						14					
Schlumberger Formula : $\rho_a (\Delta V/I) . C$											

2. Standar Operasional Penggunaan Alat
- a. Ketika mengatur instrumen jangan hubungkan kabel swift ke instrumen sebelum benar-benar dimulai proses pengukuran.

- b. Jangan pernah operasikan alat jika diketahui ada bagian yang rusak
- c. Jangan operasikan alat ini dibawah cuaca badai. Cuaca badai akan sangat membahayakan alat dan manusia yg mengoperasikan. Karena alat ini mengandung rangkaian CMOS yang sensitif dan dapat rusak oleh pencahayaan sekitar. Dan untuk keselamatan pekerja disarankan tidak untuk berdiri di dekat ujung kabel konduktif saat terjadi badai.
- d. Untuk menghindari bahaya potensial, gunakanlah alat ini sesuai dengan kegunaannya.
- e. Selalu cek keadaan kabel swift dan kabel penghubung, jika ada yg rusak langsung diganti dengan yg masih bagus

3. Standar Operasional Pengukuran

- a. Pastikan tidak ada komponen-komponen lain yang dapat mengganggu disekitar garis survei dan tidak ada yang menyentuh elektrode saat pengukuran.
- b. Jangan sentuh komponen penghubung apapun saat pengukuran dimulai.
- c. Tidak disarankan bekerja sendirian.
- d. Jagalah elektrode agar tidak ada yang menyentuhnya saat alat dioperasikan.
- e. Pakailah sepatu sol karet dan sarung tangan berbahan karet ketika menyetting kabel.
- f. Garis survei harus diberi tanda agar dapat dengan mudah terlihat.
- g. Lakukan langkah-langkah setting garis survei secara berurutan dengan hati-hati. Pertama tancapkan dahulu elektrode ke tanah, kemudian

julurkan kabel Swift. Pastikan kabel elektrode tidak terhubung pada instrumen sebelum dimulai proses pengukuran.

4. Gangguan Pada Saat Pengukuran (*noise*)

Adapun gangguan yang mungkin terjadi pada saat kita melakukan pengukuran geolistrik yaitu:

- a. Hujan apabila pada saat hujan kita melakukan pengukuran itu sangat mengganggu karena yang kita ukur adalah kuat arus atau listrik dalam bumi. Jika ada air maka arus listrik besar sehingga sangat mempengaruhi pada data yang kita butuhkan.
- b. Petir pada saat kita mengukur geolistrik dalam tanah pada saat ada petir ini sangat mengganggu, karena kita menggunakan alat hampir semua terbuat dari besi, jadi kemungkinan kita bisa tersambar petir. Ini sangat mengganggu pada proses pengukuran dan pada data kita.
- c. Gempa Bumi merupakan peristiwa alam berupa getaran atau gerakan bergelombang pada kulit bumi yang disebabkan oleh tenaga endogen. Jika kita melakukan pengukuran pada saat gempa bumi tentu data yang kita dapat tidak akurat. Karena getaran atau gerakan yang terjadi dapat menggeserkan alat yang kita pasang dengan jarak yang telah ditentukan, sehingga jika hal itu terjadi maka kita harus mengukur kembali.

B. Kalibrasi Alat Survei

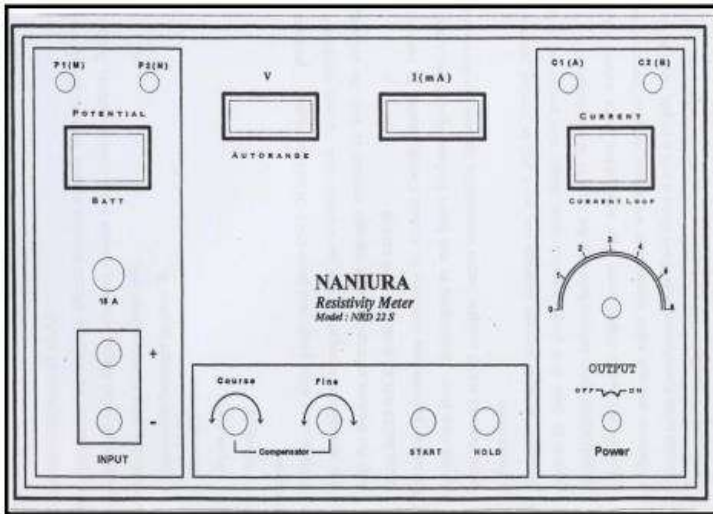
Kalibrasi dilakukan pada tahap awal sebelum melakukan akuisisi data lapangan. Kalibrasi ini dimaksudkan untuk mengetahui kelayakan alat yang dipakai dimana hasil yang didapatkan berupa berapa persen keakuratan alat dalam mengukur berbagai nilai hambatan (ohm) yang telah ditentukan. Keakuratan alat memiliki nilai toleransi antara 95% - 105 %. Kalibrasi dilakukan sebelum melakukan sesuatu akuisisi data lapangan. Harga resistivitas yang didapatkan dari akuisisi data lapangan akan dikalibrasikan dengan persen keakuratan alat sehingga yang akan didapatkan adalah data yang lebih akurat. Jenis *Resistivitymeter* yang Digunakan dalam kalibrasi ini adalah Naniura Model NRD 22 S. Berikut adalah tabel harga nilai hambatan setiap *chanel* nya.

Tabel 9.5. Harga Nilai Hambatan (ohm) (Dzikru, 2015)

<i>Chanel</i>	Ohm	<i>Chanel</i>	Ohm
0	Tak Hingga	6	22
2	0.22	7	100
3	0.47	8	220
4	1.47	9	470
5	4.7	10	1000
6	10	11	4700

1. Resistivity Meter Naniura Model NRD 22

Resistivitymeter model ini dapat membaca besarnya harga SP, dimana nantinya dalam pengukuran SP harus dinolkan terlebih dahulu. Instrumen alatnya adalah sebagai berikut:



Gambar 9.7. Instrumen Resistivimeter Nainura Model NRD 22 (Dzikru, 2015)

2. Peralatan dan Perlengkapan

Alat yang digunakan adalah *resistivitymeter* dengan tipe atau jenis Naniura model NRD 22 S.

Alat tambahan yang digunakan, antara lain:

- Accu* 12 volt, digunakan sebagai sumber daya selama kalibrasi dilakukan.
- Multimeter*, digunakan untuk mengukur tahanan jenis dan tegangan potensial pada alat *accu*.
- Kalibrator, digunakan untuk mengkalibrasi alat sebelum akuisisi di lapangan
- Kabel Konektor, sebagai alat yang menghubungkan *accu*-kalibrator-*resistivitymeter*.



Gambar 9.8. Instrumentasi Alat yang Digunakan
(Dzikru, 2015)

3. Langkah-langkah Kalibrasi Resistivity Meter
 - a. Menyiapkan alat-alat survei.
 - b. Menghubungkan alat ke *accu* dan kalibrator dengan kabel konektor
 - c. Mengukur potensial pada *channel 3*.
 - d. Menyalakan *resistivitymeter*.
 - e. Memutar *course* dan *fine* untuk menolkan bacaan *auto range*.
 - f. Menekan tombol START sampai pembacaanya konstan, kemudian tekan HOLD.
 - g. Mencatat data yang terbaca berupa volt dan ampere.
 - h. Mematikan *resistivitymeter* Naniura.

- i. Mengolah data yang didapat, melakukan berulang-ulang hingga *channel* 10.
4. Langkah-langkah Pengolahan Data Kalibrasi
 - a. Dari nilai V dan I yang terukur pada alat didapatkan nilai R dengan perhitungan manual, harga R didapatkan hasil bagi antara nilai V yang terukur dengan nilai I.
 - b. Kemudian menghitung nilai Rho rerata.
 - c. Nilai Rho rerata dibagi dengan nilai ohm *channel* kemudian dikalikan dengan 100 % untuk mendapatkan persentase.
 - d. Menghitung ohm toleransi 95 % dan ohm toleransi 105 % untuk setiap *channel* (*channel* 3-10).
 - e. Membuat grafik kalibrasi yaitu ohm *channel* Vs ohm *channel*, ohm *channel* Vs ohm rerata, ohm *channel* vs toleransi 95 %, ohm *channel* vs toleransi 105 %.

9.5 Kesimpulan

Resistivity meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur geolistrik tahanan jenis. Sedangkan alat untuk mengukur geolistrik Induced Polarization (IP) adalah IP Meter. Beberapa contoh model alat resistivity meter, yaitu, AGI Mini Sting R1, AGI Super Sting R8, ABEM SAS 1000/4000, OYO McOhm Mark 2, Nainura NRD 300HF, G-Sound, IRES T300F, dan ARES GF INSTRUMENT.

Tata cara pengukuran geolistrik Schlumberger untuk eksplorasi air tanah digunakan sebagai acuan dan pegangan dalam menentukan jenis batu atau tanah, batas lapisan, ketebalan dan menduga akuifer berdasarkan tahanan jenisnya.

Tata cara pengukuran geolistrik Wenner untuk eksplorasi air tanah digunakan sebagai acuan dan pegangan dalam menentukan jenis batu atau tanah, batas lapisan, ketebalan dan menduga akuifer berdasarkan tahanan jenisnya.

Konfigurasi pole dipole adalah konfigurasi dengan salah satu elektrode potensial dan elektrode arusnya dibentangkan dengan jarak tak hingga, atau C1 dan P2 tak hingga, dimana jarak antara B-M atau C2-P1 adalah a .

Sensitivitas konfigurasi geolistrik tentunya berbeda antara satu-sama lainnya. Seperti konfigurasi Wenner yang dipakai untuk survei dangkal dan sensitif terhadap arah horizontal (*mapping*). Konfigurasi *schlumberger* yang dipakai untuk penyelidikan pada area mendatar atau relatif datar. Jika konfigurasi ini dika aplikasikan pada medan tidak datar, maka dari data yang peroleh haruslah dilakukan koreksi ulang dari hasil pengukuran yang diperoleh. Konfigurasi geolistrik Schlumberger ini sensitif terhadap arah vertikal (*sounding*).

Dalam penentuan metode konfigurasi geolistrik perlu diperhatikan adalah tipe struktur yang hendak dicari, sensitivitas resistivity meter, kedalaman struktur yang dicari, sensitivitas array secara vertikal dan horizontal, kekuatan signal. Metode geolistrik yang cocok digunakan pada kawasan karst menggunakan metode geolistrik konfigurasi pole dipole dikarenakan elektrode arus C2 terletak jauh diluar jalur rencana pengukuran.

Kawasan pantai memiliki area yang cukup luas dan memiliki area yang relatif datar sehingga metode yang digunakan adalah metode resistivitas sounding konfigurasi Schlumberger. Pada kawasan pegunungan metode yang cocok digunakan adalah metode resistivitas mapping konfigurasi

Wenner dikarenakan Metode ini memiliki kekuatan sinyal yang kuat sehingga dapat menjadi faktor yang penting dalam kawasan pegunungan yang mempunyai noise yang cukup tinggi.

Dalam kurikulum pendidikan tenaga sanitasi lingkungan (TSL), ada capaian pembelajaran yaitu mampu melakukan pendugaan air tanah dan interpretasi terhadap hasil pendugaan air tanah. Dengan adanya buku Pedoman Praktik ini diharapkan mahasiswa dapat mengembangkan keahliannya dalam menduga keberadaan air tanah. Sebagai alternatif untuk penyediaan dan pemanfaatan air tanah sebagai air minum dan keperluan higiene sanitasi pada masyarakat, dengan sarana air bersih sumur gali, sumur bor, dan sumur pompa tangan.

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 Perdaganganannya, 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 Daromono S., "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 Pollution Control Federation, Aeration and Wastewater Treatment Process, Alexandria Virginia, 1994.

Lampiran

DATA PENDUGAAN GEOLISTRIK
METODE SCHLUMBERGER

Titik Sounding : Geo 1

Likasi : Muara Kandis Sumsel

Koordinat : 48M 0297402; 9678117

Tanggal : 20 Mei 2004

Arah : Barat - Timur

Operator : Setyo Hari Priyatno

No	1/2a (M)	1/2L (M)	ΔV (mV)	I (mA)	ρ_a (Ωm)	No	1/2a (M)	1/2L (M)	V (mV)	I (mA)	ρ_a (Ωm)
1	0.5	1.5	3990	84		13		25	1.3	130	
			3900	84					1.4	130	
2		2.0	1299	81		14		40	0.6	179	
			1262	81					1.0	179	
3		2.5	645	80		15		50	0.7	215	
			635	80					0.7	215	
4		4.0	185	123		16		60	0.6	174	
			188	125					0.3	176	
5		5.0	61	100		17		75	0.4	187	
			62	101					0.1	188	
6		6.0	17	70		18	5.0	75	0.4	190	
			18	70					0.6	188	
7		8.0	9	127		19		100	0.2	137	
			8	127					0.3	137	
8		10	4	140		20	10	125	0.2	128	
			4	140					0.4	128	
9		12	2	145		21		150	0.2	147	
			2	145					0.1	147	
10		15	1	122		22	25	150	0.4	148	
			1	120					0.4	148	
11	2.5	15	2	122		23		175	0.3	138	
			4	122					0.2	138	
12		25	1.7	137		24		250	0.1	160	
			1.9	137					0.2	162	
Schlumberger Formula : $\rho_a (\Delta V/I) \cdot C$											