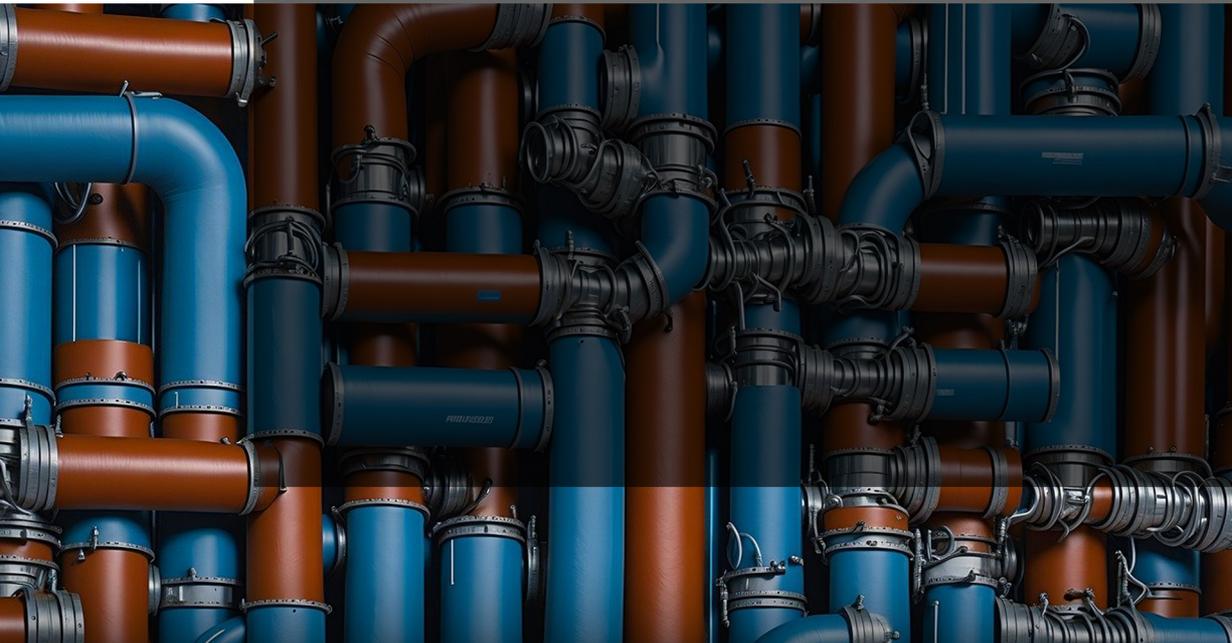




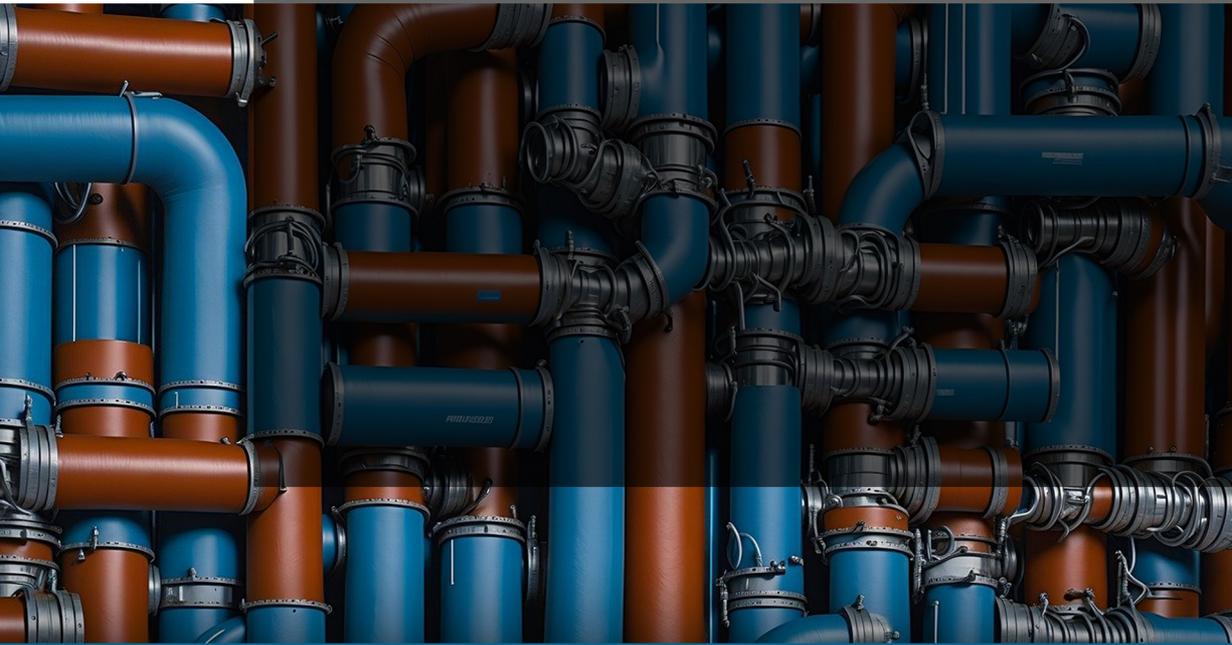
Teknik Penyediaan Air Minum (PAM)



Muhammad Ihsan Mukrim • Marulam MT Simarmata
David Soputra • Arisna Fauzia • Erni Mohamad • Julhim S. Tangio
Abdul Azis • Fathur Rahman Rustan • Humairo Saidah
Sidiq Andri Nugroho • Ibnu Rois • Parulian Siagian



Teknik Penyediaan Air Minum (PAM)



UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- a. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- b. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- c. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- d. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Teknik Penyediaan Air Minum (PAM)

Muhammad Ihsan Mukrim, Marulam MT Simarmata
David Soputra, Arisna Fauzia, Erni Mohamad, Julhim S. Tangio
Abdul Azis, Fathur Rahman Rustan, Humairo Saidah
Sidiq Andri Nugroho, Ibnu Rois, Parulian Siagian



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Teknik Penyediaan Air Minum (PAM)

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2023

Penulis:

Muhammad Ihsan Mukrim, Marulam MT Simarmata
David Soputra, Arisna Fauzia, Erni Mohamad, Julhim S. Tangio
Abdul Azis, Fathur Rahman Rustan, Humairo Saidah
Sidiq Andri Nugroho, Ibnu Rois, Parulian Siagian

Editor: Ronal Watrianthos

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Muhammad Ihsan Mukrim., dkk.

Teknik Penyediaan Air Minum (PAM)

Yayasan Kita Menulis, 2023

xiv 160 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-957-3

Cetakan 1, September 2023

- I. Teknik Penyediaan Air Minum (PAM)
- II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa
izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan limpahan berkat dan rahmatNya, sehingga para penulis dapat menyusun buku yang berjudul Teknik Penyediaan Air Minum.

Penulisan buku ini didasari pada pentingnya pengetahuan yang komprehensif dalam hal penyediaan air minum. Buku ini berfokus pada aspek teknologi penyediaan air minum, baik sebagai bahan ajar maupun referensi untuk mahasiswa yang belajar pada program studi teknik lingkungan, teknik sipil, kesehatan masyarakat, maupun bagi para praktisi pemula bidang air minum dan penyehatan lingkungan serta bagi masyarakat umum.

Buku ini mencakup beberapa pokok bahasan yang dituangkan dalam beberapa bab sebagai berikut

Bab 1 Konsep Dasar Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum

Bab 2 Standar Kualitas Air dan Peraturan yang Berlaku

Bab 3 Peranan dan Fungsi Air Bagi Kehidupan

Bab 4 Sumber Air, Karakteristik, dan Sarana Air Bersih

Bab 5 Syarat Air Bersih Untuk Minum

Bab 6 Permasalahan Pengadaan Air Bersih

Bab 7 Pengolahan Air Sederhana

Bab 8 Distribusi Air Minum

Bab 9 Pemeliharaan Sistem Penyediaan Air Minum

Bab 10 Pendugaan Air Tanah

Bab 11 Teknik Pengeboran dan Pengelolaan Air Tanah

Bab 12 Teknik Perpipaan dan Pompa

Sebagai sumber daya yang sangat penting untuk dikelola, sumber daya air harus ditatalaksanakan dengan sebaik-baiknya, dan semaksimal mungkin dengan cara yang paling optimum. Penerapan teknologi adalah salah satu jawaban atas hal tersebut. Karenanya buku ini hadir untuk memberi

kontribusi pada upaya penyediaan air minum yang berkualitas dan dimulai dengan penyediaan sumber pengetahuan yang dapat diakses oleh masyarakat umum.

Semoga upaya ini dapat memberi hasil yang diharapkan, sebagai tambahan kekayaan khazanah pengetahuan dalam bidang air minum dan lebih lanjut dapat memberi manfaat sebesar-besarnya bagi umat manusia.

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan aktif dalam penyusunan buku ini, terutama kepada Pimpinan Penerbit Yayasan Kita Menulis yang telah berkenan menerbitkan buku ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa meridhoi semua upaya kita.

Medan, September 2023

Penulis
Muhammad Ihsan Mukrim, dkk

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii

Bab 1 Konsep Dasar Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum

1.1 Pendahuluan	1
1.2 Sejarah Penyediaan Air Minum	2
1.3 Konsep Sistem Penyediaan Air Minum	4
1.4 Persyaratan Air Minum	5
1.5 Tujuan Sistem Penyediaan Air Umum	7
1.6 Perencanaan Skema Penyediaan Air Minum	8

Bab 2 Standar Kualitas Air dan Peraturan yang Berlaku

2.1 Standar Kualitas Air Minum Indonesia	13
2.2 Parameter Kualitas Air	17
2.3 Peraturan Kualitas Air Minum	32

Bab 3 Peranan dan Fungsi Air Bagi Kehidupan

3.1 Pendahuluan	35
3.2 Peranan dan Fungsi Air Dalam Kehidupan Sehari-hari	36
3.3 Peranan dan Fungsi Ekologi Air	37
3.4 Peranan dan Fungsi Air Pada Metabolisme Tumbuhan	40
3.5 Peranan dan Fungsi Air Pada Metabolisme Hewan dan Manusia	44

Bab 4 Sumber Air, Karakteristik, dan Sarana Air Bersih

4.1 Pendahuluan	47
4.2 Sumber Air	48
4.2.1 Air Permukaan	50
4.2.2 Air Bawah Permukaan	53
4.3 Karakteristik Air Bersih	54

Bab 5 Syarat Air Bersih Untuk Minum

5.1 Pendahuluan.....	57
5.2 Sumber Air Bersih.....	58
5.3 Kriteria Air Bersih Untuk Minum.....	59
5.3.1 Kriteria Fisik	59
5.3.2 Kriteria Kimia	61
5.3.3 Kriteria Mikrobiologi (Mikroorganisme Patogen).....	62
5.4 Metode Pengujian Air Bersih	62
5.4.1 Pengujian Lapangan	62
5.4.2 Pengujian Laboratorium.....	63
5.5 Pengolahan Air Minum.....	65
5.5.1 Penyaringan.....	65
5.5.2 Desinfeksi.....	69
5.5.3 Ozonisasi	70
5.5.4 Kualitas Air Minum.....	73

Bab 6 Permasalahan Pengadaan Air Bersih

6.1 Pendahuluan.....	75
6.2 Kelangkaan Air Bersih.....	76
6.3 Pertumbuhan Penduduk dan Permintaan Air yang Meningkat.....	78
6.4 Perubahan Iklim.....	80
6.5 Kurangnya Kesadaran Masyarakat Terhadap Air Bersih.....	82
6.6 Ketersediaan Sumber Air Alternatif.....	84
6.7 Infrastruktur yang Tidak Memadai	87
6.8 Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan.....	89

Bab 7 Pengolahan Air Sederhana

7.1 Pendahuluan.....	93
7.2 Air Baku	94
7.3 Bahan Pengolahan Air	97
7.4 Teknik Pengolahan Air Sederhana.....	102
7.4.1 Teknik Filtrasi	103
7.4.2 Teknik Adsorpsi.....	104
7.4.3 Teknik Koagulasi-Flokulasi.....	105
7.5 Mekanisme Pengolahan Air	106
7.5.1 Kolom Tunggal.....	106
7.5.2 Kolom Terpisah	109

Bab 8 Distribusi Air Minum

8.1 Pendahuluan.....	111
8.2 Rencana Distribusi Air Minum	113
8.3 Pendistribusian Air Minum.....	114

Bab 9 Pemeliharaan Sistem Penyediaan Air Minum

9.1 Pendahuluan.....	117
9.2 Komponen SPAM.....	118
9.3 Pemeliharaan SPAM.....	125
9.3.1 Pemeliharaan Rutin	125
9.3.2 Pemeliharaan Berkala.....	130

Bab 10 Pendugaan Air Tanah

10.1 Pendahuluan.....	135
10.2 Metode Pendugaan Air Tanah.....	137
10.2.1 Tradisional atau Konvensional	137
10.2.2 Indikator Lingkungan.....	138
10.2.3 Metode Sonar (Radar).....	139
10.2.4 Metode Resistivity Meter atau Geolistrik	139
10.2.5 Metode Geo Electromagnetic Satellite Scan	144
10.2.6 Metode Aplikasi Android	145

Bab 11 Teknik Pengeboran dan Pengelolaan Air Tanah

11.1 Pendahuluan.....	147
11.2 Sumur Bor.....	148
11.3 Teknik Pengeboran Sumur	154
11.4 Pengelolaan Air Tanah.....	159
11.4.1 Penetapan Kebijakan Pengelolaan Air Tanah	161
11.4.2 Penetapan Cekungan Air Tanah.....	162
11.4.3 Penetapan Strategi Pengelolaan Air Tanah.....	164
11.4.4 Pengelolaan Sistem Informasi Air Tanah	165
11.4.5 Pemberdayaan, Pengendalian, Serta Pengawasan Pengelolaan Air Tanah.....	165

Bab 12 Teknik Perpipaan dan Pompa

12.1 Dasar-dasar Perpipaan.....	167
12.2 Jenis-jenis Pipa	169
12.3 Mengenal Plumbing, Jenis, Fungsi, dan Cara Instalasinya	171
12.4 Fungsi Pipa.....	174

12.5 Pompa.....	178
Daftar Pustaka	187
Biodata Penulis	199

Daftar Gambar

Gambar 1.1: Skema Konsep Ekonomi Penyediaan Air Minum.....	4
Gambar 1.2: Skema Penyediaan Air Publik	11
Gambar 1.3: Neraca Air Yang Menunjukkan Komponen TKA.....	12
Gambar 3.1: Reaksi Terang Pada Fotosintesis	41
Gambar 4.1: Krisis Air Bersih di Salah Satu Sumber Air	48
Gambar 4.2: Sumber Air Berdasarkan Jenisnya	50
Gambar 4.3: Bendung Tirtanadi di Wilayah Sungai Bengawan Solo.....	51
Gambar 4.4: Danau Aneuk Laot, Pulau Sabang.....	52
Gambar 4.5: Mata Air Baumata	53
Gambar 6.1: Mekanisme Sistem Iklim	81
Gambar 7.1: Struktur Kimia Karbon Aktif.....	97
Gambar 7.2: Desain Alat Pengolahan Air Sederhana.....	103
Gambar 7.3: Skema Kolom Tunggal Jenis A.....	107
Gambar 7.4: Skema Kolom Tunggal Jenis B.....	108
Gambar 7.5: Skema Kolom Terpisah.....	109
Gambar 7.6: Sampel Air Sebelum dan Sesudah Pengolahan Sederhana	110
Gambar 9.1: Contoh Bangunan Broncaptering	119
Gambar 9.2: Skema Sistem Penyediaan Air Minum Dengan Sumber Air Baku Mata Air.....	120
Gambar 9.3: Skema Sistem Penyediaan Air Minum Untuk Air Baku Yang Berasal Dari Air Permukaan	121
Gambar 9.4: Instalasi Pengolahan Air.....	121
Gambar 10.1: Metode Revealer.....	138
Gambar 10.2: Resistivity Meter Naniura NRD 300Hf.....	141
Gambar 10.3: Konfigurasi Elektroda Schlumberger.....	142
Gambar 10.4: Contoh Lembar Kerja IPI2WIN.....	143
Gambar 10.5: Hasil Pengukuran Geolistrik Vertical Sounding	143
Gambar 10.6: Hasil Pengukuran Geolistrik 2D.....	143
Gambar 11.1: Sistem Pengeboran Dengan Alat Bor Jetting	150
Gambar 11.2: Proses Pengeboran Sumur dengan Alat Jetting.....	150
Gambar 11.3: Sistem Pengeboran Dengan Alat Hidradrill P.200.....	151

Gambar 11.4: Sistem Pengeboran Dengan Alat Hidradrill CTM 5.000	151
Gambar 11.5: Proses Pengeboran Sumur dengan Alat CTM 10.000.....	152
Gambar 11.6: Proses Pemasangan Alat CTM 10.000 di Lokasi.....	152
Gambar 11.7: Jenis Mata Bor Drag Bit.....	155
Gambar 11.8: Mata Bor Roller Cone	155
Gambar 11.9: Mata Bor Diamond Bit.....	156
Gambar 11.10: Bentuk Lubang Sumur yang Tidak Normal dan Alat Vertically Test.....	157
Gambar 11.11: Proses Memasukkan Gravel Pack dan Spulling.....	158
Gambar 11.12: Proses Pemasangan Casing Sumur Bor	158
Gambar 11.13: Alur Pengelolaan Air Tanah	160
Gambar 11.14: Integrasi Pengelolaan Sumber Daya Air.....	161
Gambar 11.15: Diagram Alir Kebijakan Pengelolaan Air Tanah.....	162
Gambar 11.16: Diagram Alir Strategi Pengelolaan Air Tanah	164
Gambar 12.1: Desain Awal Sistem Perpipaan Ditentukan Oleh Persyaratan Fungsional Pemipaan Fluida Dari Satu Titik Ke Titik Lainnya. Desain Rinci Ditentukan Oleh Kriteria.....	168
Gambar 12.2: Pipa Baja Seamless.....	170
Gambar 12.3: Pipa Baja Welded	171
Gambar 12.4: Plumbing	172
Gambar 12.5: Pipa dan Kran Air	173
Gambar 12.6: Model sistem perpipaan	174
Gambar 12.7: Pipa dan Implementasinya	176
Gambar 12.8: Lintasan Aliran Cairan Pompa Sentrifugal.....	180
Gambar 12.9: Komponen Utama Pompa Sentrifugal	182
Gambar 12.10: Pompa Sentrifugal Aliran Radia.....	182
Gambar 12.11: Pompa Sentrifugal Aliran Campur.....	183
Gambar 12.12: Impeler	183
Gambar 12.13: Pompa Volute	184
Gambar 12.14: Head Pompa.....	185

Daftar Tabel

Tabel 2.1: Kriteria Kualitas Air Golongan B.....	30
Tabel 2.2: Parameter Wajib Persyaratan Kualitas Air Minum.....	31
Tabel 5.1: Aturan Menteri Tentang Standar Air Minum.....	73
Tabel 7.1: Distribusi Jumlah Air yang Terdapat di Bumi.....	95
Tabel 7.2: Analisis Kimia yang Umum Untuk Uji Karakteristik Kimia Air.....	96

Bab 1

Konsep Dasar Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum

1.1 Pendahuluan

Lazim diketahui bahwa lima unsur terpenting bagi kelangsungan hidup manusia adalah udara, air, makanan, panas dan cahaya, dan selain udara, air merupakan kebutuhan terpenting bagi kelangsungan hidup manusia. Dalam kenyataannya, air sangat penting bukan hanya bagi manusia tetapi juga bagi hewan, tumbuhan dan semua makhluk hidup lainnya.

Pentingnya air bagi makhluk hidup dapat dilihat dari fakta bahwa air bisa dianggap sebagai bagian utama dari kehidupan itu sendiri; protoplasma sebagian besar sel hidup mengandung sekitar 80 persen air, dan berkurangnya air dalam persentase yang besar bisa menjadi hal yang fatal. Sebagian besar reaksi biokimia yang terjadi dalam metabolisme dan pertumbuhan sel hidup melibatkan air, dan semuanya terjadi dalam air, yang sering disebut sebagai pelarut universal.

Lebih rinci, sebagian besar tubuh manusia diperkirakan tersusun dari cairan yang berguna dalam semua kinerja fisiologis, baik sebagai darah maupun cairan tubuh lainnya. Manusia tidak hanya menggunakan air untuk keperluan dasar sebagai minuman, tetapi juga dalam proses memasak, kebersihan pribadi,

pakaian, dan kegiatan rumah tangga lain, termasuk sebagai bagian kehidupan keagamaan seperti bersuci sebelum ibadah untuk kaum muslim. Penggunaan air meliputi juga pertanian, peternakan, dan perkebunan; untuk proses industri; untuk keperluan pembangkit energi; untuk proteksi kebakaran; untuk pembuangan limbah; serta sebagai sarana pencarian hidup manusia, seperti perikanan tangkap dan budidaya, dan kegiatan ragawi seperti berenang, berperahu, dan rekreasi lainnya; dan untuk kebutuhan sebagai jalur transportasi.

Sehingga sangat jelas bahwa setiap sendi hidup manusia melibatkan penggunaan air. Kebutuhan ini semakin besar dengan semakin berkembangnya jumlah penduduk dan semakin beragamnya jumlah kegiatannya, yang diiringi dengan tumbuhnya kota-kota bahkan hingga menjadi kota megapolitan dengan jumlah penduduk hingga belasan juta bahkan lebih. Proses masif penyediaan air bagi kebutuhan manusia, mau tidak mau, harus melibatkan teknologi, yang merupakan hal yang akan dibahas dalam buku ini.

1.2 Sejarah Penyediaan Air Minum

Penyediaan air minum atau air bersih yang layak diolah untuk menjadi air minum telah menjadi perhatian utama sejak peradaban manusia muncul. Upaya paling awal yang terekam untuk mendistribusikan air melintasi jarak jauh berada di lereng bukit dari Barat laut Persia, sekarang Iran.

Terowongan yang disebut disebut *Qanat* menggunakan gravitasi untuk memaksa air turun ke saluran, yang dahulu digunakan di seluruh wilayah Iran selama ribuan tahun. Hingga sekitar 1930-an, saluran ini masih digunakan di Teheran. Dari banyak sistem distribusi air kuno, mungkin yang paling dikenal adalah Saluran Air Romawi (Roman Aqueduct).

Bangunan sipil yang menakjubkan ini mengalirkan air sejauh 20 mil ke Roma dari mata air di Lembah Anio, dengan saluran terpanjang hingga 57 mil akibat bentuk saluran yang berkelok untuk mempertahankan aliran air yang stabil (Bell, 1882). Saluran air bawah tanah pertama yang diketahui dibangun oleh peradaban Minoa kuno di sekitar tahun 2200 dan 1400 SM.

Saluran yang terbuat dari memasok air Istana Knossos. Bangsa Minoa kuno memanfaatkan air melampaui waktu saat itu, mereka menciptakan sistem penggelontoran toilet (flushing), membuat saluran pembuangan perpipaian dan drainase, dan bahkan metode untuk mengumpulkan air hujan. Mereka dianggap

lebih maju seribu tahun dibanding peradaban lain. Bukti adanya saluran air kuno berikut adalah sekitar 1000 tahun kemudian saat Kekaisaran Romawi antara tahun 312 SM dan 500 M (Mays et al., 2007).

Sebagai penggemar kuno bir, orang Mesir Juga memprioritaskan air minum aman. Di Khem, orang-orang pertama kali mengolah air secara kimiawi menggunakan filter gravitasi untuk memurnikan air berlumpur yang diambil dari Sungai Nil dengan tawas. Efek koagulasi aluminium sulfat membuat partikel menggumpal dan mempercepat penyaringan, mempermudah produksi air bersih.

Sistem air minum kuno lain yang terekam adalah di India kuno dan Cina kuno. Seperti yang diungkapkan oleh teks-teks Hindu kuno, mereka menggunakan panas, sinar matahari, dan tembaga untuk memurnikan air. Filtrasi menggunakan kain, pasir, dan arang dulu juga digunakan untuk mengikat kontaminan lain. Air yang dimurnikan kemudian disimpan dalam bejana tanah, memperkayanya dengan mineral dan meningkatkan alkalinitasnya, dan meningkatkan ketersediaan hayatinya.

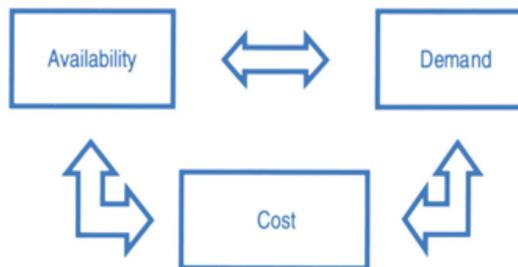
Menyimpan air seperti suatu tabungan peradaban. Bangsa Nabatean menabung air dengan menggunakan wadah tanah liat untuk membatasi penguapan saat mengairi tanaman. Di kawasan gersang, penyimpanan air dan perlindungan terhadap dilaksanakan secara bersama. Bendungan dan struktur pengendali banjir telah dibuat hampir 6.000 tahun lalu di Jawa, sekarang bagian dari negara Yordania. Bendungan *Ma'rib* yang dibangun oleh kaum Saba di Yaman mengandalkan pola drainase alami untuk membuat danau buatan, yang mengairi tanaman di tanah mereka (Khoury and Gallisdorfer, 2020).

Tidak berlebihan jika dikatakan bahwa sejarah peradaban adalah sejarah teknologi air. Untuk terus berkembang, masyarakat harus merekayasa teknologi untuk memanfaatkan sumber daya yang sangat penting yakni air. Peradaban kita mengalir seiring upaya manusia mengeksplorasi cara-cara untuk menyimpan, mengangkut, dan memurnikan minum air, dan secara cerdas menghilangkan atau mendaur ulang air limbah. Ringkasnya air adalah mata air induk dari budaya dan inovasi.

1.3 Konsep Sistem Penyediaan Air Minum

Sejak dahulu kala manusia memperoleh air dari sumber permukaan seperti sungai, danau, dan lain-lain, serta dari sumber air bawah permukaan atau air tanah seperti mata air, sumur, dan lain-lain. Karena kebutuhan air pada masa-masa awal relatif lebih sedikit, yang sebagian besar digunakan untuk keperluan rumah tangga, sumber-sumber tersebut dianggap cukup untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi. Air selanjutnya diperoleh langsung dari sumber-sumber ini oleh masyarakat sesuai kebutuhan mereka dan tidak ada sistem pasokan air umum.

Namun seiring dengan pertumbuhan penduduk, kebutuhan air juga meningkat yang menyebabkan berkembangnya sumber air baru, pembangunan saluran dan saluran air untuk mengalirkan air dari jarak jauh dan selanjutnya disimpan untuk kemudian didistribusikan ke penduduk melalui sistem perpipaan. Jika sumber air berada pada ketinggian yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah yang akan dilayani, maka perlu dilakukan pengangkatan air dengan memasang pompa, yang oleh karena itu merupakan langkah selanjutnya dalam pengembangan sistem penyediaan air publik.



Gambar 1.1: Skema Konsep Ekonomi Penyediaan Air Minum (Agthe et al, 2003)

Dengan pesatnya ekspansi di bidang industri dan perdagangan, kebutuhan akan air juga meningkat, sehingga memerlukan air dalam jumlah besar dengan tekanan pasokan yang lebih besar dan lebih dapat diandalkan. Hal ini menyebabkan perlunya membangun waduk yang ditinggikan, yang dikenal sebagai waduk layanan, terletak di jantung kota-kota yang dekat dengan daerah yang akan disuplai air. Waduk layanan, selain menyuplai air dengan tekanan

yang memadai, juga berfungsi untuk menyeimbangkan variasi kebutuhan air masyarakat.

Konsep dasar penyediaan air minum mengikuti prinsip dasar penyediaan sumber daya lainnya yang mengikuti hukum ekonomi, yakni merupakan proses yang melibatkan ketersediaan sumber daya (availability), kebutuhan atau permintaan (demand), serta biaya penyediaan (cost) sebagaimana tergambar dalam Gambar 1.1 di atas.

1.4 Persyaratan Air Minum

Air yang disediakan untuk masyarakat harus selalu bebas dari segala jenis pengotor baik yang tersuspensi dan/atau terlarut di dalamnya, segala jenis bakteri dan pencemaran lainnya yang dapat menimbulkan gangguan serius terhadap kesehatan masyarakat. Oleh karena itu penting untuk merencanakan dan membangun skema penyediaan air yang dapat menyediakan air minum yang bebas dari segala jenis kontaminasi.

Secara umum air yang diperoleh dari sumur atau mata air, misalnya air tanah, bebas dari kotoran dan dapat disuplai ke masyarakat tanpa menggunakan metode pemurnian apa pun. Hal ini terjadi karena selama pergerakannya melalui sub-strata berpori, air benar-benar terbebas dari kotoran-kotoran yang tersuspensi. Namun, sebelum disuplai ke publik, air ini mungkin harus di desinfeksi dengan klorinasi (yaitu dengan menambahkan klorin atau senyawa klorin ke dalam air) atau metode lain, untuk menghilangkan patogen berbahaya yang menyebabkan penyakit.

Pasal 5 Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan menyebutkan bahwa air minum disediakan dengan prinsip hygiene dan sanitasi, yang merupakan kegiatan untuk memastikan kualitas air minum tidak mengandung unsur mikrobiologi, fisika, kimia, dan radioaktif yang dapat membahayakan kesehatan.

Air yang diperoleh dari sumber air permukaan mana pun perlu dimurnikan sebelum dapat disuplai ke masyarakat. Metode pemurnian air yang paling umum digunakan adalah penyaringan atau filtrasi. Dalam proses penyaringan, air dibiarkan melewati lapisan pasir dan kerikil sehingga partikel-partikel kecil

yang tersuspensi dan terlarut dihilangkan. Telah ditemukan bahwa proses penyaringan sangat besar dipercepat jika air diolah terlebih dahulu dengan zat-zat tertentu yang bila ditambahkan ke dalam air akan membentuk endapan dalam jumlah besar atau gumpalan dari pengotor yang ada, yang dalam proses tersebut mengendap dan pada akhirnya dihilangkan. Pengolahan air pra-filtrasi ini dikenal sebagai koagulasi yang melibatkan penggunaan tawas.

Air yang telah melalui proses penyaringan bisa saja masih mengandung beberapa jenis patogen berbahaya yang merupakan organisme hidup berukuran sangat kecil yang tidak terlihat dengan mata telanjang. Oleh karena itu, untuk memastikan persediaan air terlindungi dan bebas dari bahaya kesehatan, bakteri ini perlu dibunuh dengan mendesinfeksi air. Metode desinfeksi yang paling umum dilakukan adalah klorinasi, yaitu proses penambahan klorin atau senyawa klor ke dalam air.

Metode lain untuk mendesinfeksi air yaitu pengolahan melalui ozon atau sinar ultra-violet atau kapur berlebih juga digunakan. Bahan organik mempunyai pengaruh yang besar terhadap proses pengolahan air, khususnya proses membran. Ada banyak jenis zat organik dalam air alami dengan sifat yang berbeda-beda. Mereka biasanya dikategorikan berdasarkan sifatnya, yaitu berat molekul, *hidrofobitas/hidrofilitas* dan spektrum fluoresens bahan organik. Bahan organik yang berukuran besar dapat disadap oleh membran. Berat molekul bahan organik dapat digunakan untuk menentukan ukuran bahan organik dan jangkauan distribusinya, sehingga memberikan dasar untuk pemilihan membran dan proses yang sesuai (Dong and Li, 2021).

Dalam proses yang lebih lengkap, hal-hal seperti karakteristik dan reaksi koagulan, pembentukan *flock* dan struktur *flock*, flotasi udara terlarut dalam pengolahan air minum, proses filtrasi dan pengotoran membran, penghapusan bahan organik alami dan metabolit alga menggunakan karbon aktif, efek kimia permukaan dalam adsorpsi karbon aktif pada polutan industri, penghapusan mangan, penghapusan arsenik, pengeringan lumpur instalasi pengolahan air, biokorosi pada sistem distribusi air minum menjadi hal-hal yang perlu diperhatikan (Newcombe and Dixon, 2006).

Dengan demikian dapat dilihat bahwa sistem pasokan air publik harus dirancang dan dibangun sedemikian rupa sehingga mampu menyediakan pasokan air yang memadai dan dapat diandalkan untuk memenuhi semua kebutuhan masyarakat dan juga memastikan bahwa pasokan yang dihasilkan tidak hanya dapat diminum tetapi juga sepenuhnya terlindungi dari benih penyakit. Setiap infeksi

yang dapat mencemari air dan menyebabkan epidemi yang mengakibatkan penderitaan dan kerugian manusia.

1.5 Tujuan Sistem Penyediaan Air Umum

Tujuan utama dari sistem penyediaan air publik adalah sebagai berikut:

1. menyediakan air yang aman dan sehat bagi konsumen;
2. menyediakan air dalam jumlah yang cukup;
3. menyediakan air yang mudah dijangkau oleh konsumen sehingga mendorong kebersihan secara umum.

Masing-masing tujuan tersebut dibahas secara singkat di bawah ini. Air yang aman dan sehat adalah air yang tidak tercemar, bebas bakteri patogen, zat beracun serta mineral dan bahan organik dalam jumlah berlebihan yang dapat mengganggu kualitas air. Dengan demikian air akan aman dan menyehatkan dan tidak berbahaya saat dikonsumsi. Untuk memastikan bahwa air yang dipasok aman dan sehat, standar kualitas air minum harus ditetapkan. Dengan menyediakan air yang memenuhi standar kualitas, maka tujuan pertama dari sistem penyediaan air bersih dapat tercapai.

Untuk dapat menyediakan air dalam jumlah yang cukup, perlu dilakukan pemilihan sumber air yang dapat menjamin tersedianya jumlah air yang dibutuhkan oleh konsumen. Selain itu, unit-unit yang diperlukan untuk menyimpan jumlah air yang diperlukan untuk pasokan berkelanjutan juga harus memiliki kapasitas yang memadai. Selain itu, perlu disediakan sistem distribusi yang ditata dengan baik dan memiliki kapasitas yang memadai dan dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan sepanjang waktu baik domestik maupun non-domestik.

Dua tujuan terakhir dari sistem penyediaan air publik harus dipelajari dalam kaitannya dengan bentuk kewilayahan yang akan dilayani, apakah perkotaan atau pedesaan. Daerah perkotaan sudah berkembang dengan baik dan biasanya dipastikan bahwa air akan tersedia dalam jumlah yang cukup melalui sistem distribusi yang ditata dengan baik. Di sisi lain, daerah pedesaan masih

terbelakang dan karena kurangnya dana, tidak mungkin menyediakan air dalam jumlah yang cukup bagi seluruh penduduk pedesaan.

Hasil akhir dari hal ini adalah jumlah air yang dapat disediakan bagi penduduk pedesaan adalah jumlah minimum yang diperlukan untuk kelangsungan hidup mereka, yaitu untuk minum, memasak, dan lain-lain, dan sangat sedikit air yang tersisa untuk keperluan kebersihan umum.

Oleh karena itu, kedua tujuan sistem penyediaan air publik ini harus dilihat dari sudut pandang kebutuhan kesehatan masyarakat dan juga pertimbangan ekonomi. Namun, apabila kebutuhan pasokan air tidak dapat dipenuhi dengan mudah karena kurangnya dana yang tersedia dari lembaga pelaksana, maka kompromi di antara keduanya dapat memberikan solusi yang memuaskan.

Misalnya, dalam kasus sistem pasokan air pedesaan, sebuah sumur dapat dibangun dan satu atau dua hidran dapat disediakan di dekat sumur atau sejumlah hidran dapat disediakan di dekat rumah penduduk. Dalam praktik di Indonesia, telah digagas dan dilaksanakan program nasional yang dikenal dengan nama PAMSIMAS.

1.6 Perencanaan Skema Penyediaan Air Minum

Dalam merencanakan skema penyediaan air untuk suatu kota, hal-hal berikut perlu dipertimbangkan (Modi, 2018):

1. Sumber air

Pencarian harus dilakukan untuk mencari sumber air yang berkelanjutan yang baik di sekitar kota atau kawasan di mana skema penyediaan air sedang direncanakan. Sering kali sumber air tidak tersedia di daerah sekitar sehingga air harus diperoleh dari tempat yang jauh, bahkan mungkin melintasi wilayah administrasi negara. Oleh karena itu, sumber air harus dipilih dengan mempertimbangkan kuantitas, kualitas dan biaya.

2. Kualitas air

Berdasarkan kualitas air yang tersedia dari sumbernya, proses pengolahan air akan ditentukan. Air yang bersumber dari mata air tak terganggu akan berbeda jika diambil dari sungai dengan muatan sedimen yang besar terlebih jika mengandung banyak unsur organik dan patogen. Jika air yang tersedia relatif murni maka biaya pengolahannya akan lebih sedikit dan sebaliknya. Proses perbaikan kualitas air dapat dianggap sebagai proses yang paling rumit dari penyediaan air bersih.

3. Populasi

Populasi atau jumlah penduduk calon pemakai air menjadi aspek penting yang harus dihitung. Dari data sensus beberapa dekade terakhir yang tersedia, populasi masa depan dapat diprediksi. Berbagai unit skema harus dirancang sedemikian rupa sehingga skema tersebut mampu memenuhi kebutuhan penduduk di masa depan. Terdapat berbagai metode perkiraan jumlah penduduk, antara lain metode aritmatik dan eksponensial. Di banyak negara berkembang penduduk berkembang secara eksponensial. Hal ini merupakan tantangan bagi penyediaan air yang cukup dengan biaya terjangkau. Hubungan antara populasi dan kebutuhan air bukan hubungan linear semata sehingga peningkatan populasi juga menjadi penyebab terganggunya siklus hidrologis alami (Selintung, 2011).

4. Tingkat konsumsi

Permintaan air akan bergantung pada berbagai penggunaan seperti keperluan rumah tangga, komersial dan industri, masyarakat atau umum, dan lain-lain. Tingkat konsumsi per kapita per hari harus ditentukan dengan mempertimbangkan seluruh penggunaan ini secara hati-hati. Angka ini jika dikalikan dengan jumlah penduduk akan menghasilkan jumlah total air yang dibutuhkan untuk skema penyediaan air.

5. Topografi wilayah

Peta topografi wilayah yang akan dilayani oleh skema penyediaan air harus disiapkan. Peta ini akan sangat berguna dalam menentukan

lokasi berbagai unit skema, dan membantu dalam perumusan skema yang paling ekonomis. Wilayah dengan kemiringan yang cukup tinggi akan memudahkan pengaliran jika sumber air dapat ditemukan di wilayah yang tinggi. Namun sebaliknya jika sumber air yang dapat diandalkan berada di dataran rendah, tantangan akan menjadi berat untuk sistem transmisi maupun distribusi.

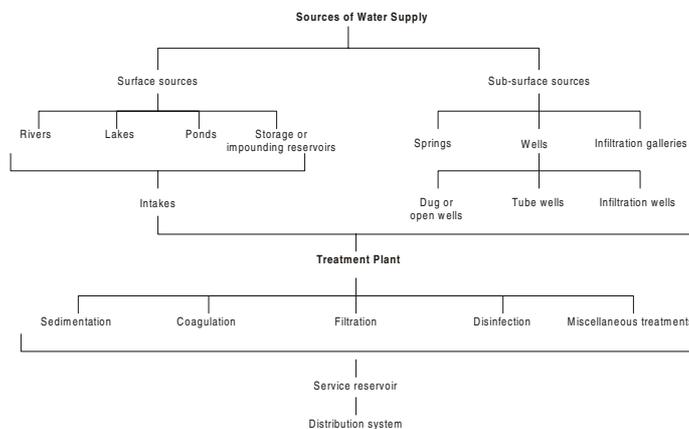
6. Aspek keuangan

Hal ini melibatkan pertimbangan total dana yang akan tersedia untuk skema penyediaan air. Skema ini harus direncanakan sedemikian rupa sehingga seekonomis mungkin dan keseluruhan skema disesuaikan dengan dana yang tersedia. Kebanyakan pendanaan di sektor publik menggunakan dana negara yang dikelola pemerintah, namun terbuka kemungkinan keterlibatan sektor swasta untuk berinvestasi dalam sektor penyediaan air minum.

7. Tren perkembangan masa depan

Tren perkembangan kota di masa depan harus diprediksi dan disesuaikan dengan baik ketika merencanakan skema penyediaan air. Beberapa kemungkinan tren perkembangan masa depan dapat berupa industri baru, lembaga publik, pusat rekreasi publik, blok perumahan baru, dan sebagainya yang mungkin akan terjadi di masa depan.

Berbagai komponen skema penyediaan air publik, dimulai dari sumber pasokan air, baik itu sumber permukaan dan bawah permukaan, *intake* untuk menampung air permukaan, instalasi pengolahan air yang memiliki unit penyaringan, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan sebagainya, waduk layanan (*service reservoir*) berikut perlengkapannya, sistem distribusi yang terdiri dari saluran utama, sub saluran, saluran pipa cabang, dan sebagainya, serta hidran untuk pemadam kebakaran, penyiraman jalan, dan sebagainya, yang digambarkan dalam Gambar 1.2 berikut:



Gambar 1.2: Skema Penyediaan Air Publik (Modi, 2018)

Dalam konteks Indonesia, sebagaimana jauh telah dilansir dalam Rencana Pembangunan Jangka menengah Indonesia 2004-2009, terdapat setidaknya lima isu yang berkaitan dengan penyediaan air minum di negara kita.

Isu-isu tersebut antara lain (Mungkasa, 2008):

1. Stagnasi dalam penyediaan air minum.
2. Rendahnya kualitas pengelolaan pelayanan air minum yang dilakukan oleh perusahaan daerah air minum.
3. Stagnasi dalam penurunan tingkat kehilangan air minum.
4. Meningkatnya kecenderungan kabupaten/kota hasil pemekaran untuk membentuk perusahaan daerah air minum yang terpisah dari perusahaan di daerah induk.
5. Permasalahan tarif yang tidak dapat mencapai kondisi pemulihan biaya (cost recovery).

Kondisi di dekade terakhir rupanya tidak jauh berubah, meski dalam beberapa hal terjadi perbaikan. Target pemenuhan cakupan layanan 100% terus dikejar oleh semua daerah, sesuai dengan target nasional.

Aspek penting lain dalam isu penyediaan air minum adalah tingginya tingkat kehilangan air atau *non-revenue water*. Tingkat kehilangan air merupakan suatu indikator yang baik untuk menunjukkan keadaan manajemen internal dan operasional dari Perumdam dan sekaligus mengindikasikan juga kebijakan dan

insentif yang ada. Sayangnya, pada berbagai layanan publik sangat sedikit insentif yang disiapkan untuk memperbaiki efisiensi, yang digambarkan oleh kenyataan bahwa harga atau tarif tidak melulu sama dengan biaya penyediaan yang sesungguhnya.

Langkah pertama dalam mengurangi tingkat kehilangan air adalah dengan mengembangkan satu pemahaman tentang sistem air yang mencakup penyusunan satu neraca air. Asosiasi Air Internasional (International Water Association/IWA) telah mengembangkan satu struktur dan terminologi baku untuk neraca air internasional yang telah diadopsi oleh asosiasi-asosiasi nasional di banyak negara di seluruh dunia sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1.3.

Volume Input Sistem	Konsumsi Resmi	Konsumsi Resmi Berekening	Konsumsi Bermeter Berekening	Air Berekening	
			Konsumsi Tak Bermeter Berekening		
		Konsumsi Resmi Tak Berekening	Konsumsi Bermeter Tak Berekening	Air Tak Berekening (NRW)	
			Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening		
	Kehilangan Air	Kehilangan Air Non-Fisik			Konsumsi Tak Resmi
					Ketidakakuratan Meter Pelanggan dan Kesalahan Penanganan Data
		Kehilangan Air Fisik			Kebocoran pada Pipa Distribusi dan Transmisi
					Kebocoran dan Luapan dari Tangki-Tangki Penyimpanan Perusahaan Air Minum
		Kebocoran di Pipa Dinas hingga ke Meter Pelanggan			

Gambar 1.3: Neraca Air Yang Menunjukkan Komponen TKA (Farley et al., 2008)

Berbagai aspek dalam teknologi penyediaan air minum akan dibahas dalam bab-bab selanjutnya dalam buku ini.

Bab 2

Standar Kualitas Air dan Peraturan yang Berlaku

2.1 Standar Kualitas Air Minum Indonesia

Air merupakan kebutuhan utama bagi setiap manusia bahkan juga kebutuhan utama semua makhluk hidup di atas bumi. Kebutuhan air bagi manusia tidak sebatas kuantitas tetapi juga kualitas, oleh karena itu kebutuhan air harus tersedia dengan cukup dengan baik untuk kelangsungan hidup manusia.

Kebutuhan air berbeda-beda di setiap tempat dan di setiap tingkatan masyarakat. Semakin tinggi taraf kehidupan seseorang semakin meningkat kebutuhan air, di mana taraf hidup dapat dilihat dari kondisi sosial ekonomi masyarakat seperti tingkat pendidikan, tingkat pendapatan, jumlah anggota keluarga, keinginan dan kemampuan membayar air, dan yang lainnya.

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan tingkat sosial ekonomi masyarakat meningkat maka kebutuhan akan air terutama air bersih akan semakin meningkat pula, untuk itu ketersediaan air minum harus dijaga, baik kuantitas maupun kualitasnya. Air merupakan kebutuhan pokok manusia dan makhluk hidup lainnya. Air menjadi elemen penting bagi keberlangsungan

metabolisme makhluk hidup. Air berada hampir di mana pun didunia namun kuantitas dan kualitasnya sangat bergantung kepada waktu dan tempat.

Di gurun keberadaan air sangat sedikit sedang di lautan air tersedia dengan jumlah yang sangat banyak. Air hujan adalah air yang sangat murni yang hampir 100% merupakan senyawa H₂O, sedangkan air laut adalah air yang banyak mengandung berbagai macam garam dengan jumlah yang besar. Senyawa garam terbesar di laut adalah NaCl yang terurai menjadi ion-ion Na⁺ dan Cl⁻. Keberadaan garam, bahan terlarut lainnya dan bahan tak terlarut menentukan kualitas air tersebut. Keberadaan makhluk hidup sangat tergantung dari ketersediaan air dengan kualitas yang tertentu.

Pada mulanya manusia dapat memanfaatkan air langsung dari sumbernya, yaitu tempat berkumpul air. Pada perkembangannya kemudian manusia merasa bahwa kualitas dan kuantitas air pada sumbernya dianggap tidak mencukupi. Dari aspek kuantitas perkembangan jumlah penduduk dan peningkatan kualitas hidup manusia telah meningkatkan kebutuhan akan kuantitas air secara eksponensial.

Pada saat ini dianggap bahwa kebutuhan manusia untuk kehidupannya yang layak adalah ketika terpenuhi ketersediaan air sebanyak 2.000 m³ /kapita/ tahun. Dengan kuantitas itu maka kebutuhan manusia akan air untuk kegunaan air minum, pertanian, pertanian, energi, rekreasi dan sebagainya. dapat dipenuhi.

Penyedia sumber air bersih di Indonesia dan melayani pendistribusian air bersih adalah Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumda) yang berada di hampir seluruh daerah. Perusahaan umum Daerah Air Minum adalah sebagai penyelenggara utama pelayanan air bersih milik pemerintah kota /Kabupaten sesuai dengan UU nomor 12 tahun 2004, bahwa tanggung jawab perencanaan, konstruksi, dan operasi serta pemeliharaan sarana dan prasarana air minum berada ditangan pemerintah Kota/ Kabupaten.

Standar Kualitas Air

Dari aspek kualitas perkembangan jumlah penduduk manusia telah memberikan tekanan kepada kualitas air pada sumbernya sehingga air yang sebelumnya dapat aman dikonsumsi sekarang ini sudah tidak dapat lagi karena tercemar. Peningkatan kualitas hidup manusia juga telah mendorong peningkatan kebutuhan kualitas air. Jika dahulu manusia dapat langsung mengonsumsi air dari sumbernya yang asli dan belum tercemar maka pada saat ini manusia hanya mau mengonsumsi air yang terjamin dengan kualitas tinggi.

Kebutuhan air minum di Indonesia terutama di perkotaan akhir-akhir ini cenderung terus meningkat akibat perkembangan penduduk maupun tingkat kehidupan sosial yang semakin meningkat serta aktivitas ekonomi yang semakin meningkat pula. Sebagai konsekuensi logis kebutuhan akan air minum yang cenderung meningkat, maka dapat dikatakan terdapat hubungan yang sangat erat antara air dan manusia pada aktivitas industri, rumah tangga maupun pertanian.

Berbagai sumber air untuk kebutuhan, namun khusus kebutuhan manusia tidak semua sumber air secara langsung memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air minum sesuai standar kesehatan. Oleh karena itu untuk menghasilkan air yang memenuhi syarat minum perlu dilakukan pengolahan atau penjernihan dengan baik.

Penjernihan air untuk menjadi air minum yang memenuhi standar air minum lebih menekankan pada proses pembersihan air dari pencemaran berupa, perubahan warna, kandungan mineral, mikroba, dan kekeruhan, jadi pengolahan air proses kombinasi secara fisik, kimia dan biologi. Sedangkan pengolahan air lebih ditekankan pada proses pembersihan air dari kandungan zat pencemar bahan organik, radioaktif dan kontaminasi.

Guna menghasilkan air minum dengan kualitas yang nyaman untuk dikonsumsi manusia adalah dengan menggunakan cara-cara sedimentasi, filtrasi dan klorinasi (Hadioetomo, 1993) Sedangkan Winarno (1986), mengatakan bahwa proses untuk menghasilkan air minum yang layak dikonsumsi manusia adalah tergantung kepada kualitas air, cara pengolahan serta penjernihan air yang dapat dilakukan cara yaitu pengendapan, penggumpalan, penyaringan, aerasi, klorinasi dan pelunakan air.

Apabila air berasal dari sungai, maka proses pengolahan dapat dilakukan koagulasi, *flokulasi*, pengendapan, penyaringan dan desinfeksi. Koagulasi bertujuan untuk membubuhkan koagulan dan mengaduknya dengan cepat sehingga tersebar ke dalam air dan terjadi kumparan partikel-partikel menjadi mendelta sehingga mudah diendapkan atau disaring pada proses pengendapan. Sedangkan desinfeksi bertujuan mematikan mikroorganisme yang terdapat dalam air.

Pengolahan air yang bersumber dari mata air untuk menjadi air minum layak konsumsi, proses pengolahan dilakukan, yaitu pengkondisian dan desinfeksi, sedangkan pengolahan air sumur artesis dilakukan dengan yaitu aerasi, saringan pasir dan diinfeksi.

Kualitas air adalah karakteristik mutu yang dibutuhkan dalam pemanfaatan tertentu dari sumber-sumber air, kita dapat mengukur kualitas dari berbagai macam air. Setiap jenis air dapat diukur konsentrasi kandungan unsur yang tercantum dalam standar kualitas, dapat digunakan sebagai tolak ukur kelayakan air untuk dimanfaatkan manusia (Effendi, 2003).

Berdasarkan Permenkes No. 492 Tahun 2010, standar kualitas air minum diartikan sebagai ketentuan yang biasanya dituangkan dalam bentuk pernyataan atau angka yang menunjukkan persyaratan yang harus dipenuhi agar air tidak menimbulkan gangguan kesehatan, penyakit, gangguan teknis, serta gangguan dalam segi estetika. Sedangkan yang disebut sebagai air minum adalah air yang melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Sedangkan air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.

Peraturan ini dibuat dengan maksud bahwa air minum yang memenuhi syarat kesehatan mempunyai peranan penting dalam rangka pemeliharaan, perlindungan serta mempertinggi derajat kesehatan masyarakat. Dengan peraturan ini telah diperoleh landasan hukum dan landasan teknis dalam hal pengawasan kualitas air bersih. Demikian pula halnya dengan air yang digunakan sebagai kebutuhan air bersih sehari-hari, sebaiknya air tersebut tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, jernih, dan mempunyai suhu yang sesuai dengan standar yang ditetapkan sehingga menimbulkan rasa nyaman.

Standar kualitas air minum di Indonesia ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan melalui Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang persyaratan kesehatan lingkungan fisik air minum.

Berikut adalah beberapa parameter dan batasan standar kualitas air minum di Indonesia:

1. Parameter mikrobiologi yang terdiri atas keberadaan bakteri *Coliform* (*E. coli*) serta tidak boleh ada keberadaan bakteri *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae*, dan *Staphylococcus aureus*.
2. Parameter fisik, terdiri atas warna, bau dan ras.
3. Parameter kimia tentang pH, zat terlarut, besi, mangan, arsenik, flurid, bahan organik terlarut, seperti COD (Chemical Oxygen Demand), bahan kimia lain seperti nitrat, nitrit, sulfat, dan amonium harus berada dalam batasan yang aman.

4. Parameter radiologi, yakni tentang keberadaan radionuklida yang menghasilkan radiasi alfa, beta, atau gamma harus berada dalam batasan yang aman.

Standar kualitas air minum, memastikan bahwa air minum yang disediakan kepada masyarakat aman dan tidak membahayakan kesehatan. Penting untuk memantau kualitas air secara teratur guna memastikan kesesuaian dengan standar ini dan mengambil langkah-langkah yang diperlukan jika terdapat ketidaksesuaian.

2.2 Parameter Kualitas Air

Berdasarkan standar kualitas air maka dibuat sebuah aturan tentang standar air minum yaitu suatu peraturan yang memberi petunjuk tentang konsentrasi berbagai parameter yang sebaiknya diperbolehkan ada dalam minum agar tujuan penyediaan air bersih dapat tercapai. Standar demikian akan berlain dari negara ke negara, tergantung pada keadaan sosio-kultural termasuk kemajuan teknologi suatu negara.

Akan tetapi, dari mana pun asalnya suatu standar parameter kualitas air selalu dibagi dalam beberapa bagian, antara lain:

Parameter Fisik

Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum menyatakan bahwa air yang layak dikonsumsi dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah air yang mempunyai kualitas yang baik sebagai sumber air minum maupun air baku (air bersih), antara lain harus memenuhi persyaratan secara fisik, tidak berbau, tidak berasa, tidak keruh, serta tidak berwarna.

Adapun sifat-sifat air secara fisik dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya sebagai berikut:

1. Bau dan rasa

Bau dan rasa biasanya terjadi secara bersamaan dan biasanya disebabkan oleh adanya bahan organik yang membusuk, tipe-tipe tertentu organisme mikroskopis, serta persenyawaan kimia seperti

fenol. Bahan-bahan yang menyebabkan bau dan rasa ini berasal dari berbagai sumber. Intensitas bau dan rasa dapat meningkat bila terdapat klorinasi. Bau air dapat memberi petunjuk akan kualitas air. Misalnya, bau amis dapat disebabkan oleh tumbuhnya alga. Karena pengukuran bau dan rasa ini tergantung pada reaksi individu maka hasil yang dilaporkan juga tidak mutlak. Untuk standar air minum dan air bersih diharapkan air tidak berbau dan tidak berasa.

2. Zat Padat Terlarut atau Total Dissolved Solid (TDS)

Zat padat terlarut dalam air dapat terdiri dari partikel anorganik dan organik atau zat cair yang tidak bercampur. Padatan anorganik seperti lumpur, lempung dan komponen tanah lain yang umum pada air permukaan. Bahan organik seperti serat tumbuhan dan padatan biologi (sel alga, bakteri, dll) juga komponen umum dari air permukaan. Bahan-bahan ini adalah kontaminasi yang secara alami dihasilkan dari aksi erosi aliran air permukaan. Zat padat terlarut secara estetika tidak menyenangkan dan menyediakan tempat adsorpsi untuk zat kimia dan biologi.

Zat padat terlarut organik mungkin didegradasi secara biologi untuk menghasilkan produk samping yang tidak diinginkan. Padatan terlarut yang secara biologi aktif (hidup) termasuk organisme penyebab penyakit dan penghasil racun dari alga. Parameter zat padat terlarut digunakan untuk mengukur jumlah influen limbah, mengawasi beberapa proses pengolahan dan mengukur jumlah efluen. Jumlah zat terlarut ditentukan dengan cara pemanasan secara perlahan-lahan dan penguapan sejumlah kecil air sampel (50-100 ml), kemudian sisa garam kering ditimbang. Hasilnya dinyatakan sebagai mg/l atau ppm.

3. Kekeruhan

Air dikatakan keruh apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa yang berlumpur dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar dari partikel-partikel kecil yang tersuspensi. Kekeruhan pada air bagian umum, mengingatkan bahwa kekeruhan tersebut akan

mengurangi segi estetika, menyulitkan dalam usaha penyaringan, dan akan mengurangi efektivitas usaha desinfeksi. Tingkat kekeruhan air dapat diketahui melalui pemeriksaan laboratorium dengan alat ukur turbidimeter. Untuk standar air bersih kekeruhan yang diperbolehkan maksimum 25 NTU dan ≤ 5 NTU untuk standar air minum.

4. Suhu

Temperatur air akan mempengaruhi penerimaan masyarakat akan air tersebut dan dapat pula mempengaruhi reaksi kimia dalam pengolahannya terutama apabila temperatur sangat tinggi. Di samping itu, temperatur pada air mempengaruhi secara langsung toksisitas banyaknya bahan kimia pencemar, pertumbuhan mikroorganisme, virus, dan pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan. Temperatur atau suhu air diukur dengan menggunakan termometer air. Temperatur yang diinginkan adalah $\pm 30^\circ\text{C}$ suhu udara di sekitarnya yang dapat memberikan rasa segar, akan tetapi iklim setempat dan jenis dari sumber-sumber air dapat mempengaruhi temperatur air.

5. Warna

Warna air dapat berasal dari limbah buangan industri. Warna pada air dapat menimbulkan buih dalam ketel, dan menghambat proses pengendapan.

6. Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya hantar listrik (DHL) merupakan kemampuan suatu cairan untuk menghantarkan arus listrik (konduktivitas). Tujuan pengukuran DHL berguna dalam hal:

- a. menetapkan tingkat mineralisasi dan derajat disosiasi dari air distilasi;
- b. memperkirakan efek total dari konsentrasi ion;
- c. mengevaluasi pengolahan yang cocok dengan kondisi mineral air;
- d. memperkirakan jumlah zat padat terlarut dalam air, dan;
- e. menentukan air layak dikonsumsi atau tidak.

7. Salinitas

Salinitas air adalah konsentrasi dari total ion yang terdapat dalam perairan. Pengertian salinitas air yang sangat mudah dipahami adalah jumlah kadar garam yang terdapat pada air. Hal ini dikarenakan salinitas air ini merupakan gambaran tentang padatan total dalam air setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan iodida digantikan oleh klorida dan semua bahan organik telah dioksidasi. Pengertian salinitas air yang lainnya adalah jumlah segala macam garam yang terdapat dalam 1.000 gram air. Salinitas air dapat dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat yang disebut dengan refraktometer atau salinometer. Salinitas dinyatakan dalam gram garam per kilogram air, atau dalam bagian per seribu (ppt atau ‰). Sebagai contoh, jika kita memiliki 1 gram garam, dan 1.000 gram air, salinitas kita adalah 1 g/kg, atau 1 ppt. Nilai salinitas air untuk perairan tawar biasanya berkisar antara 0-5 ppt.

Parameter Kimia

Air bersih yang baik adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain Besi (Fe), Fluorida (F), Mangan (Mn), Derajat keasaman (pH), Nitrit (NO₂), Nitrat (NO₃) dan zat-zat kimia lainnya.

Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan sehari-hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan untuk standar baku mutu air minum dan air bersih.

1. Derajat Keasaman atau pH

Derajat keasaman atau pH (singkatan dari "Puissance Negative de H⁺"), yaitu logaritma negatif dari kepekatan ion-ion H yang terlepas dalam suatu zat cair. pH juga dapat diartikan sebagai intensitas keasaman atau alkalinitas dan suatu cairan encer dan mewakili konsentrasi hidrogen ionnya. Dalam skala air minum, pH yang terkandung sebaiknya netral, tidak asam/basa, untuk mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi di jaringan distribusi air minum. Besarnya pH dapat diukur menggunakan pH meter atau dapat juga dengan kertas lakmus. Klasifikasi nilai pH air dapat dikelompokkan menjadi tiga, netral

dengan indeks pH air sebesar 7, alkalis (basa) indeks pH air lebih besar dari 7 kurang dari 14, dan asam indeks pH lebih dari 0 kurang dari 7.

2. Zat Organik

Zat organik (KMnO_4) merupakan indikator umum bagi pencemaran. Tingginya zat organik yang dapat dioksidasi menunjukkan adanya pencemaran. Zat organik mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Oleh sebab itu, bila zat organik banyak terdapat di badan air, dapat menyebabkan jumlah oksigen dalam air berkurang. Bila keadaan ini terus berlanjut, maka jumlah oksigen akan semakin menipis sehingga kondisi menjadi anaerob dan dapat menimbulkan bau.

3. Karbondioksida (CO_2) Agresif

Air yang banyak mengandung CO_2 akan bersifat korosif karena dapat melarutkan logam yang terdapat pada pipa penyaluran air sehingga dapat terjadi korosi pada pipa distribusi air minum. Korosi disebabkan air mempunyai pH rendah, yang disebabkan adanya kandungan CO_2 agresif yang tinggi.

4. Kesadahan (CaCO_3)

Kesadahan air adalah kandungan mineral-mineral tertentu dalam air, umumnya ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbonat. Air sadah atau air keras adalah air yang memiliki kadar mineral yang tinggi, sedangkan air lunak adalah air dengan kadar mineral yang rendah. Selain ion kalsium dan magnesium, penyebab kesadahan juga bisa merupakan ion logam lain maupun garam-garam bikarbonat dan sulfat.

Nilai kesadahan air diperlukan dalam penilaian kelayakan perairan untuk kepentingan industri dan domestik. Effendi (2003), mengemukakan bahwa nilai kesadahan tidak memiliki pengaruh langsung terhadap kesehatan manusia. Nilai kesadahan juga digunakan sebagai dasar bagi pemilihan metode yang diterapkan dalam proses pelunakan air. Dampak dari air sadah diantaranya:

- a. sabun sulit berbusa;
- b. pembentukan kerak pada boiler, dan;
- c. kerak pada pipa penyaluran air.

5. Kalsium (Ca)

Kalsium merupakan salah satu mineral yang banyak ditemui di kandungan air mana pun. Kalsium umumnya merupakan kandungan mineral yang penting dalam makanan. Namun, kandungan kalsium dianggap sebagai masalah utama di beberapa wilayah di Indonesia karena dipercaya berkaitan dengan batu ginjal. Air keras dapat menimbulkan skala pada ketel uap dan membuat sabut menjadi lebih sulit untuk larut. Pengendapan kalsium dari air keras juga dapat menghambat pipa dan merusak unsur-unsur pemanas mesin cuci. Namun berdasarkan kajian literatur yang dilakukan oleh WHO, kalsium diet dapat mengurangi timbulnya batu ginjal. Para ilmuwan tidak yakin bahwa dengan memakan makanan khusus dapat menyebabkan penyakit batu ginjal pada orang yang rentan. Orang-orang yang tidak cukup minum cukup cairan juga dapat terkena risiko batu ginjal karena urinenya lebih pekat.

Meskipun mengonsumsi kalsium yang banyak pada makanan dan minuman tidak ada hubungannya dengan risiko kesehatan, namun mengonsumsi kalsium yang terlalu sedikit juga berpengaruh terhadap risiko osteoporosis, *nefrolitiasis* (batu ginjal), kanker kolorektal, hipertensi dan stroke, penyakit jantung koroner, resistensi insulin dan obesitas.

Kalsium yang terkandung dalam air akan diserap secara efektif oleh tubuh dan sifatnya seefektif kalsium dari susu untuk pembentukan tulang serta dapat mengurangi osteoporosis. Karena begitu pentingnya kalsium dan akan menjadi masalah besar jika kekurangan kalsium, maka sumber air yang kaya akan kalsium dapat dianggap sebagai faktor yang paling penting. Organisasi kesehatan dunia WHO tidak menetapkan standar kadar kalsium dan/atau magnesium dalam air minum karena tidak ada dampak kesehatan yang merugikan.

6. Magnesium (Mg)

Organisasi kesehatan dunia WHO tidak menetapkan standar kadar kalsium dan magnesium dalam air, karena tidak ada dampak kesehatan yang merugikan. Namun magnesium dalam hal ini merupakan salah

satu unsur yang dapat menimbulkan kesadahan dan menyebabkan adanya rasa pada air.

7. Alkalinitas

Alkalinitas adalah kapasitas air untuk menetralkan tambahan asam tanpa menurunkan pH larutan atau dikenal dengan sebutan *Acid Neutralizing Capacity* (ANC) atau kuantitas anion dalam air yang dapat menetralkan kation hidrogen. Air memerlukan ion alkalinitas dalam konsentrasi tertentu. Jika kadar alkalinitas terlalu tinggi dibanding kadar Ca^{2+} dan Mg^{2+} , air menjadi agresif dan menyebabkan karat pada pipa. Alkalinitas yang rendah dan tidak seimbang dengan kesadahan dapat menyebabkan timbulnya kerak CaCO_3 pada dinding pipa yang memperkecil diameter atau penampang basah pipa.

8. Besi atau Ferum (Fe)

Kandungan besi dalam air adalah bersumber dari dalam tanah sendiri di samping dapat pula berasal dari sumber lain, diantaranya dari larutnya pipa besi, reservoir air dari besi atau endapan-endapan buangan industri. Adapun besi terlarut yang berasal dari pipa atau tangki-tangki besi adalah akibat dari beberapa kondisi, diantaranya:

- a. akibat pengaruh pH yang rendah (bersifat asam) sehingga dapat melarutkan logam besi;
- b. pengaruh akibat adanya CO_2 agresif yang menyebabkan larutnya logam besi;
- c. banyaknya O_2 yang terlarut dalam air;
- d. tingginya temperatur air akan melarutkan besi dalam air;
- e. kuatnya daya hantar listrik akan melarutkan besi, dan;
- f. adanya bakteri besi dalam air akan memakan besi.

Kandungan besi dapat diukur dengan menggunakan AAS dengan metode spektrofotometri. Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas, maka akan menyebabkan berbagai masalah, diantaranya:

- a. Gangguan teknis, di mana endapan $\text{Fe}(\text{OH})$ bersifat korosif terhadap pipa, sehingga mengakibatkan pembuntuan dan efek-

efek yang dapat merugikan seperti mengotori bak yang terbuat dari seng, mengotori wastafel dan kloset.

- b. Gangguan fisik, di mana dapat menimbulkan adanya besi terlarut dalam air akan menimbulkan warna, bau, rasa, Air akan terasa tidak enak bila konsentrasi besi terlarutnya $> 1,0$ mg/l. Selain itu besi juga memberikan warna kekuning-kuningan sehingga membuat penampilan air menjadi kurang baik.
- c. Gangguan kesehatan, dimana senyawa besi dalam jumlah kecil dalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel-sel darah merah, di mana tubuh memerlukan 7-35 mg/hari yang sebagian diperoleh dari air. Tetapi zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh manusia tidak dapat menyekresi Fe, sehingga bagi mereka yang sering mendapat transfusi darah warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe. Air minum yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering kali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1 mg/l akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit.

Pada hemokromatosis primer besi yang diserap dan disimpan dalam jumlah yang berlebihan dalam tubuh. Feritin berada dalam keadaan jenuh akan besi sehingga kelebihan mineral ini akan disimpan dalam bentuk kompleks dengan mineral lain yaitu *hemosiderin*. Akibatnya terjadilah sirosis hati dan kerusakan pankreas sehingga menimbulkan diabetes. Hemokromatosis sekunder terjadi karena transfusi yang berulang-ulang. Dalam keadaan ini besi masuk ke dalam tubuh sebagai hemoglobin dari darah yang ditransfusikan dan kelebihan besi ini tidak disekresikan.

9. Mangan

Meskipun tidak bersifat toksik, mangan dapat mengendalikan kadar unsur toksik di perairan, misalnya logam berat. Jika dibiarkan di udara terbuka dan mendapat cukup oksigen, air dengan kadar mangan

(Mn^{2+}) tinggi (lebih dari 0,01 mg/liter) akan membentuk koloid karena terjadinya proses oksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{4+} . Koloid ini mengalami presipitasi membentuk warna coklat gelap sehingga air menjadi keruh. Kadar mangan dapat ditentukan dengan metode AAS atau spektrofotometri.

10. Tembaga

Tembaga sebetulnya diperlukan bagi perkembangan tubuh manusia. Tetapi dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gejala muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, koma, dan dapat menimbulkan kematian. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna, dan korosi pada pipa sambungan, dan peralatan dapur. Penentuan kandungan tembaga lebih disarankan dengan menggunakan metode AAS, namun metode spektrofotometri juga dapat menjadi alternatif yang disarankan.

11. Seng (Zn)

Tubuh memerlukan Zn untuk proses metabolisme, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat racun. Dalam air minum akan menimbulkan rasa kesat, dan dapat menimbulkan gejala muntaber. Seng menimbulkan endapan pada air bila dimasak. Kelebihan seng (Zn) hingga dua sampai tiga kali AKG menurunkan absorpsi tembaga. Kelebihan sampai sepuluh kali AKG mempengaruhi metabolisme kolesterol, mengubah nilai lipoprotein, dan tampaknya dapat mempercepat timbulnya *aterosklerosis*. Dosis konsumsi seng (Zn) sebanyak 2 gram atau lebih dapat menyebabkan muntah, diare, demam, kelelahan yang sangat, anemia, dan gangguan reproduksi. Suplemen seng (Zn) dapat menyebabkan keracunan, begitu pun makanan yang asam dan disimpan dalam kaleng yang dilapisi seng (Zn) (Almatsier, 2001). Penentuan kandungan seng dalam air lebih disarankan dengan metode AAS, namun metode spektrofotometri juga dapat menjadi alternatif yang disarankan

12. Klorida (Cl)

Klorida ini adalah senyawa halogen klor. Klorida tidak bersifat toksik bagi makhluk hidup, bahkan klorida berperan dalam pengaturan tekanan osmotik sel. Perairan yang diperuntukkan bagi keperluan

domestik, termasuk air minum, pertanian, dan industri, sebaiknya memiliki kadar klorida lebih kecil dari 100 mg/l (Effendi, 2003). Klorin sering digunakan sebagai desinfektan untuk menghilangkan mikroorganisme yang dibutuhkan, terutama bagi air yang diperuntukkan untuk kepentingan domestik. Penambahan klor dikenal dengan istilah klorinasi. Klorin yang digunakan sebagai desinfektan adalah gas klor yang berupa molekul klor (Cl_2) atau *calciumhypoklorit* [$Ca(OCl)_2$].

Namun, penambahan klor secara kurang tepat akan menimbulkan bau dan rasa pada air. Beberapa alasan yang menyebabkan klorin sering digunakan sebagai desinfektan sebagai berikut:

- a. Dapat dikemas dalam bentuk gas, larutan, dan bubuk (powder).
- b. Relatif murah.
- c. Memiliki daya larut yang tinggi serta dapat larut pada kadar yang tinggi (7000 mg/liter).
- d. Residu klorin dalam bentuk larutan tidak berbahaya bagi manusia, jika terdapat dalam kadar yang tidak berlebihan.
- e. bersifat sangat toksik bagi mikroorganisme dengan cara menghambat aktivitas metabolisme mikroorganisme tersebut (Efendi, 2003).

Efendi (2003), juga mengungkapkan bahwa kadar klorida umumnya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar mineral. Kadar klorida yang tinggi, yang diikuti oleh kadar kalsium dan magnesium yang juga tinggi, dapat meningkatkan sifat korosifitas air. Hal ini mengakibatkan terjadinya perkaratan peralatan logam. Kadar klorida > 250 mg/l dapat memberikan rasa asin pada air karena nilai tersebut merupakan batas klorida untuk suplai air, yakni sebesar 250 mg/l.

13. Sulfat

Ion sulfat (SO_4) adalah anion utama yang terdapat dalam air. Jumlah ion sulfat yang berlebih dalam air minum menyebabkan terjadinya efek cuci perut pada manusia yang dibatasi sebesar 250 mg/l yang dapat dikonsumsi manusia. Penentuan kadar sulfat dilakukan dengan metode spektrofotometri.

14. Ammonia

Selain menimbulkan bau, amonia adalah penyebab iritasi dan korosi, meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme, dan mengganggu proses desinfeksi dengan klor. Jika kadar amonia terlalu tinggi dalam air minum maka akan menyebabkan gangguan pencernaan seperti muntah, mual, dan diare. Kadar amonia dapat ditentukan menggunakan ISE (Ion Selective Electrode) *probe*. Prinsip kerja dari elektroda selektif ion ini menggunakan membran gas permeabel yang hidrofobik untuk memisahkan larutan sampel dari larutan internal elektroda. Amonia terlarut ($\text{NH}_3(\text{ag})$ dan NH_4^+) diubah menjadi $\text{NH}_3(\text{ag})$ dengan penambahan NaOH yang menaikkan pH lebih dari 11 $\text{NH}_3(\text{ag})$ kemudian terdifusi melalui membran elektroda dan mengubah pH larutan internal. Perubahan pH ini akan sebanding dengan konsentrasi amonia.

15. Nitrat

Nitrat merupakan salah satu sumber utama nitrogen di perairan. Kadar nitrat pada perairan alami tidak pernah lebih dari 0,1 mg/liter. Kadar nitrat lebih dari 5 mg/liter menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Kadar nitrat lebih dari 0,2 mg/liter dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi (pengayaan) perairan, yang selanjutnya menstimulasi pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat (bloom). Kadar nitrat tidak boleh lebih dari 10 mg NO_3/l atau 50 (MME) mg No_3/l . Effendi (2003) juga mengungkapkan bahwa nitrat tidak bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Konsumsi air yang mengandung kadar nitrat yang tinggi akan menurunkan kapasitas darah untuk mengikat oksigen, terutama pada bayi yang berumur kurang dari lima bulan. Keadaan ini dikenal sebagai *methemoglobinemia* atau *blue baby disease* yang mengakibatkan kulit bayi berwarna kebiruan (cyanosis).

16. Nitrit

Di perairan alami, nitrit (NO_2) ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit, lebih sedikit daripada nitrat, karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Pada manusia, konsumsi nitrit yang berlebihan

dapat mengakibatkan terganggunya proses pengikatan oksigen oleh hemoglobin darah, yang selanjutnya membentuk *methemoglobin* yang tidak mampu mengikat oksigen. Selain itu, nitrit (NO₂) juga dapat menimbulkan nitrosamin (RR'N - NO) pada air buangan tertentu yang dapat menyebabkan kanker.

Parameter Mikrobiologis

Pemeriksaan air secara biologis sangat penting untuk mengetahui keberadaan mikroorganisme yang terdapat dalam air. Berbagai jenis bakteri patogen dapat ditemukan dalam sistem penyediaan air bersih, walaupun dalam konsentrasi yang rendah. Air yang tercemar oleh kotoran manusia maupun hewan tidak dapat digunakan untuk keperluan minum, mencuci makanan atau memasak karena dianggap mengandung mikroorganisme patogen yang berbahaya bagi kesehatan, terutama patogen penyebab infeksi saluran pencernaan.

Dalam parameter mikrobiologis digunakan bakteri indikator polusi atau bakteri indikator sanitasi. Bakteri indikator sanitasi adalah bakteri yang dapat digunakan sebagai petunjuk adanya polusi feces dari manusia maupun dari hewan, karena organisme tersebut merupakan organisme yang terdapat dalam saluran pencernaan manusia maupun hewan.

Bakteri *coliform* adalah jenis bakteri yang umum digunakan sebagai indikator penentuan kualitas sanitasi makanan dan air. *Coliform* sendiri sebenarnya bukan penyebab dari penyakit-penyakit bawaan air, namun bakteri jenis ini mudah untuk di kultur dan keberadaannya dapat digunakan sebagai indikator keberadaan organisme patogen seperti bakteri lain, virus atau protozoa yang banyak merupakan parasit yang hidup dalam sistem pencernaan manusia serta terkandung dalam feces.

Organisme indikator digunakan karena ketika seseorang terinfeksi oleh bakteri patogen, orang tersebut akan mengekskresi organisme indikator jutaan kali lebih banyak dari pada organisme patogen. Hal inilah yang menjadi alasan untuk menyimpulkan bila tingkat keberadaan organisme indikator rendah maka organisme patogen akan jauh lebih rendah atau bahkan tidak ada sama sekali (Suriawiria, 1996).

Ciri-ciri bakteri *coliform* antara lain bersifat aerob atau anaerob fakultatif, termasuk ke dalam bakteri gram negatif, tidak membentuk spora, dan dapat memfermentasi laktosa untuk menghasilkan asam dan gas pada suhu 35°C-

370C, Contoh bakteri *coliform* antara lain *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, dan lain-lain. Bakteri *coliform* dapat dibedakan menjadi dua: (i) bakteri *coliform* golongan *fekal* misalnya *Escherichia coli*; dan (ii) bakteri *coliform* golongan non *fekal* misalnya *Enterobacter aerogenes*

Escherichia coli, merupakan anggota *coliform* yang dapat dibedakan dari bakteri *coliform* lain karena kemampuannya memfermentasikan laktosa pada suhu 440C (pada JPT hal ini dilakukan pada tahap akhir atau saat uji kelengkapan). Pengidentifikasi dapat dilihat dari pertumbuhan dan reaksi yang memberikan warna berbeda pada media kultur khusus.

Saat di kultur pada media EMB, hasil positif *E. coli* adalah koloni berwarna hijau metalik. Tidak seperti golongan-golongan *coliform* pada umumnya, *E. coli* merupakan bakteri yang berasal dari feses dan kehadirannya efektif mengkonfirmasi adanya kontaminasi *fekal* pada badan air. Umumnya, pada feses, *E. coli* ada sebanyak 11% dari *coliform* (Slamet, 2004).

Untuk kepraktisan dalam pemanfaatan dan pelestarian sumber air maka air sesuai peruntukannya digolongkan ke dalam beberapa kelas. Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 20 tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air maka air digolongkan menurut peruntukannya menjadi empat golongan terdiri atas:

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

Kualitas air Golongan B yaitu air untuk air baku untuk air minum adalah sebagaimana Tabel 2.1:

Tabel 2.1: Kriteria Kualitas Air Golongan B (Kementerian PUPR, 2023)

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Keterangan
1	2	3	4	5
Fisika				
1	Suhu	OC	Suhu air normal	
2	Zat padat terlarut	mg/L	1.000	
Kimia				
a. Kimia Anorganik				
1	Air raksa	mg/L	0,001	
2	Amoniak bebas	mg/L	0,5	
3	Arsen	mg/L	0,05	
4	Barium	mg/L	1,0	
5	Besi	mg/L	5,0	
6	Fluorida	mg/L	1,5	
7	Kadmium	mg/L	0,01	
8	Klorida	mg/L	600	
9	Kromium	mg/L	0,05	
10	Mangan	mg/L	0,5	
1	2	3	4	5
11	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	11
12	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
13	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	>6	dianjurkan
14	pH		5 – 9	
15	Selenium	mg/L	0,01	
16	Seng	mg/L	5	
17	Sianida	mg/L	0,1	
18	Sulfat	mg/L	400	
19	Sulfida, sebagai H ₂ S	mg/L	0,1	
20	Tembaga	mg/L	1,0	
21	Timbal	mg/L	0,1	
b. Kimia Organik				
1	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,017	
2	Chlordane	mg/L	0,003	
3	DDT	mg/L	0,042	
4	Endrine	mg/L	0,001	
5	Fenol	mg/L	0,002	
6	Heptachlor dan Heptachlore Epoxide	mg/L	0,018	
7	Karbon Kloroform ekstrak	mg/L	0,5	
8	Lindane	mg/L	0,056	
9	Methoxychlor	mg/L	0,035	
10	Minyak dan lemak	mg/L	Nihil	
11	Organofosfat dan carbamate	mg/L	0,1	

12	PCB	mg/L	0,1	
13	Senyawa aktif biru metilen (surfaktan)	mg/L	0,5	
14	Toxafen	mg/L	0,005	
Mikrobiologi				
1	Koliform tinja	Jumlah/100 ml	2.000	
2	Total koliform	Jumlah/100 ml	10.000	
1	2	3	4	5
Radioaktivitas				
1	Aktivitas Alpha (<i>Gross Alpha Activity</i>)	Bq/L	0,1	
2	Aktivitas Beta (<i>Gross Beta Activity</i>)	Bq/L	1,0	

Keterangan: mg = miligram; mL=mililiter L=liter Bq=Becquerel

Standar air minum merupakan angka-angka batasan pada beberapa parameter air yang menjadi acuan bagi para praktisi dalam mengolah dan membagikan air minum. Air minum yang merupakan air olahan harus memenuhi persyaratan tertentu dalam standar sehingga dapat dikonsumsi langsung oleh manusia. Persyaratan tertentu tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010, seperti diuraikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Parameter Wajib Persyaratan Kualitas Air Minum (Permenkes No. 492 tahun 2010)

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	2	3	4
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
1)	Escherichia Coli	Jumlah/100 ML	0
2)	Total Bakteri Coliform	Jumlah/100 ML	0
	b. Kimia Anorganik		
1)	Arsen	mg/L	0,01
2)	Flourida	mg/L	1,5
3)	Total Kromium	mg/L	0,05
4)	Kadmium	mg/L	0,003
5)	Nitrit (sebagai NO ₂)	mg/L	3,0
6)	Nitrat (sebagai NO ₃)	mg/L	50
7)	Sianida	mg/L	0,07
8)	Selenium	mg/L	0,1
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		

a. Parameter Fisik			
1)	Bau		Tak berbau
2)	Warna	TCU	15
1	2	3	4
3)	Total Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	500
4)	Kekeruhan	NTU	5
5)	Rasa		Tidak berasa
6)	Suhu	°C	Suhu udara +3
b. Parameter Kimiawi			
1)	Alumunium	mg/L	0,2
2)	Besi	mg/L	0,3
3)	Kesadahan	mg/L	500
4)	Khlorida	mg/L	5,0
5)	Mangan	mg/L	0,4
6)	pH		6,5 – 8,5
7)	Seng	mg/L	3,0
8)	Sulfat	mg/L	250
9)	Tembaga	mg/L	2,0
10)	Amonia	mg/L	1,5

2.3 Peraturan Kualitas Air Minum

Beberapa peraturan yang mendukung kualitas air minum di Indonesia antara lain:

1. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Fisik Air Minum. Peraturan ini menetapkan standar kualitas air minum yang harus dipenuhi untuk memastikan air minum yang aman dan berkualitas bagi masyarakat.
2. Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Undang-undang ini mendukung dan mengatur perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, termasuk pengelolaan sumber daya air, yang berkontribusi pada kualitas air minum yang baik dan berkelanjutan.
3. Undang-Undang No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja. Undang-undang ini memiliki beberapa pasal yang berkaitan dengan

pengelolaan lingkungan hidup, termasuk pengelolaan air. Tujuannya adalah untuk memperbaiki dan mempermudah proses pengelolaan lingkungan hidup yang berkaitan dengan air minum, serta mendorong investasi dalam penyediaan air minum yang berkualitas.

4. Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Peraturan ini mengatur pengelolaan dan pengendalian kualitas air, termasuk air minum, serta menetapkan batasan dan parameter kualitas air yang harus dipenuhi.
5. Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2016 tentang Penyediaan Air Minum. Peraturan ini mengatur tentang penyediaan air minum yang aman, berkualitas, dan terjangkau bagi masyarakat. Dalam peraturan ini diatur mengenai pengelolaan serta persyaratan teknis dan administratif penyediaan air minum.

Peraturan-peraturan ini bertujuan untuk melindungi dan menjaga kualitas air minum serta memastikan bahwa masyarakat mendapatkan akses yang aman dan berkualitas terhadap air minum.

Bab 3

Peranan dan Fungsi Air Bagi Kehidupan

3.1 Pendahuluan

Air merupakan komponen penting bagi kehidupan. Tanpa air, seluruh kehidupan di bumi akan musnah. Semua makhluk hidup memerlukan air. Dan air merupakan komponen penyusun utama yang dominan pada makhluk hidup. Sekitar 60 – 90% dari suatu makhluk hidup tersusun atas air. Oleh karena itu kondisi dehidrasi akan sangat berpengaruh bagi kehidupan.

Seperti yang sudah kita ketahui, bahwa 72% komponen penyusun bumi adalah air. Dan sekitar 96% dari jumlah air ini adalah air yang tersimpan di lautan. Berarti hanya sekitar 4% saja air di bumi ini yang berupa air tawar. Air tawar umumnya terdapat di dalam tanah, danau, sungai, rawa, mata air, dan juga ada yang berupa lapisan es di daerah kutub. Dan air tawar adalah bentuk air yang dibutuhkan oleh manusia dan hewan darat lainnya untuk keberlangsungan hidupnya (Zulfikar, 2022).

Air memiliki peranan yang penting bagi kehidupan. Mulai dari komponen penting untuk menyusun sel, jaringan, organ, juga berperan penting dalam proses metabolisme tubuh. Misalkan saja tanpa air maka proses respirasi tidak akan berlangsung, proses fotosintesis akan terhenti, proses pencernaan tidak

akan berjalan, sistem transportasi akan terhenti, dan organ-organ vital tubuh akan berhenti bekerja.

Selain itu air juga penting untuk menyokong kehidupan makhluk hidup. Misalnya semua makhluk yang bernafas dengan insang membutuhkan air untuk mendapatkan oksigennya. Air sebagai faktor penyokong juga perlu untuk mandi, membersihkan pakaian, mencuci piring, mengatur suhu lingkungan, dan juga sebagai sarana transportasi. Dengan demikian, baik secara biologis maupun sebagai faktor penyokong kehidupan, air memang sangat diperlukan untuk menyokong kehidupan ini.

Secara kimiawi, molekul air tersusun atas dua atom hidrogen dan satu atom oksigen yang saling berikatan dengan ikatan kovalen yang sangat polar. Air yang baik adalah air yang tidak berasa, tidak berwarna, dan tidak beraroma. Gaya tarik menarik antara dua molekul air atau lebih berlangsung sangat kuat, sehingga ikatan antara molekul-molekul air sangat sulit untuk dipisahkan. Kekuatan menempel sesama molekul air ini disebut dengan kohesi.

Sifat kohesi pada air menyebabkan air memiliki tegangan permukaan. Air juga memiliki kemampuan untuk menempel pada permukaan zat lain yang bukan air yang diistilahkan dengan sebutan adhesi. Sifat kimia dan fisik air ini perlu diketahui karena sangat berhubungan dengan fungsi-fungsi air dalam kehidupan.

3.2 Peranan dan Fungsi Air Dalam Kehidupan Sehari-hari

Air adalah salah satu kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya dalam kehidupan sehari-hari. Tanpa air, kita tidak akan bisa memasak makanan kita. Air sangat dibutuhkan tatkala kita merasa dahaga. Kita tidak akan bisa membersihkan rumah, perabot-perabot, kendaraan, dan yang lainnya tanpa air. Bahkan air juga diperlukan untuk memasak makanan kita. Tanpa air, hampir mustahil bagi kita untuk mempersiapkan makanan kita.

Sumber kebutuhan air bagi manusia dan hewan serta tumbuhan tentu berbeda-beda. Manusia membutuhkan air yang bersih untuk melaksanakan kegiatan sehari-harinya. Air yang terkontaminasi dengan bahan-bahan polutan akan mengganggu kehidupan itu sendiri. Misalnya, air yang telah terkontaminasi oleh

logam-logam berat, tentu saja tidak dapat dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan air makhluk hidup (Sukartini and Saleh, 2016).

Air juga harus bebas dari berbagai bibit penyakit. Berbagai penyakit akan muncul bila air yang dipergunakan telah terkontaminasi. Berbagai macam penyakit seperti tifus, diare, cacangan, dan yang lainnya adalah beberapa contoh penyakit yang berasal dari air yang kotor. Bagi manusia, air yang akan digunakan untuk minum atau masak harus bebas dari berbagai macam bibit penyakit dan bahan polutan. Bahkan air yang akan dipergunakan oleh manusia juga harus dimasak terlebih dahulu, atau difiltrasi agar bahan-bahan polutan dan bibit penyakit yang ada di dalamnya mati (Alamsyah, 2006).

Air juga dalam kehidupan sehari-hari dipergunakan sebagai bahan pendingin. Dalam dunia industri, air digunakan untuk mendinginkan mesin produksi. Banyak mesin-mesin industri yang akan rusak bila tidak didinginkan. Mobil kendaraan bermotor juga menggunakan air untuk mendinginkan mesinnya yang sudah dipakai dalam beberapa jam. Tanpa air, akan banyak mesin industri dan kendaraan yang mengalami kerusakan.

3.3 Peranan dan Fungsi Ekologi Air

Fungsi ekologi air adalah suatu tinjauan fungsi air untuk menyokong kehidupan. Secara ekologi air adalah komponen abiotik. Sebagai komponen abiotik, air akan berinteraksi dan saling membutuhkan dalam hubungannya dengan makhluk hidup yang lain.

Ketersediaan air di suatu ekosistem sangat bergantung pada siklus air yang berada di lingkungan atau daerah tersebut. Air yang berada di laut, danau, sungai, atau yang berasal dari respirasi tumbuhan akan naik ke atmosfer untuk membentuk awan hujan. Selanjutnya awan hujan ini akan dibawa ke daratan dan jatuh ke daratan dalam bentuk tetes-tetes hujan. Sebagian dari air ini akan jatuh dan masuk ke dalam tanah dan tersimpan menjadi air tanah atau menjadi aliran sungai bawah tanah.

Air bawah tanah ini menjadi sumber utama air bagi tumbuhan. Tumbuhan akan mengambil air tanah serta mineral yang terlarut di dalamnya melalui rambut-rambut akar. Dan air yang sudah diserap oleh akar ini selanjutnya dibawa ke daun yang sebagian akan digunakan untuk proses fotosintesis, dan sebagian lagi

akan diuapkan dalam bentuk uap air melalui proses transpirasi (Notohadiprawiro, 1998).

Manusia dapat menggunakan air tanah sebagai sumber airnya. Air yang berasal dari sumur bor atau aliran sungai bawah tanah, atau juga sumber mata air akan diambil dan digunakan untuk keperluan sehari-hari, seperti untuk memasak, air minum, mencuci, membersihkan lingkungan, dan mandi. Air tanah juga sering dipergunakan oleh para petani sebagai sumber air untuk mengairi sawah dan menyirami tanaman. Juga air tanah sering dipergunakan sebagai sumber air untuk perikanan dan peternakan. Beberapa sumber mata air tanah di beberapa tempat sering dipergunakan sebagai sumber air minum mineral.

Air hujan juga sebagian ada yang mengalir kembali ke danau, rawa, sungai, dan lautan. Air sungai dan air danau dapat dipergunakan oleh manusia sebagai sumber air untuk kehidupan sehari-hari. Namun air laut yang bersifat asin tidak dapat dipergunakan sebagai sumber air minum atau untuk memasak, atau untuk irigasi. Air laut bisa dipergunakan bila kadar garamnya bisa dibuat serendah mungkin melalui proses desalinasi. Beberapa negara telah menggunakan teknologi ini untuk mendapatkan air tawar (Dewantara, Suyitno and Lesmana, 2018).

Beberapa aliran sungai akan membentuk aliran berupa air terjun. Bila air terjun ini menumpahkan air dalam jumlah yang besar akan dapat dipergunakan sebagai pembangkit tenaga listrik tenaga air. Demikian pula halnya dengan gelombang air laut. Gelombang air laut yang besar dapat juga dipergunakan sebagai sarana untuk menggerakkan turbin listrik bertenaga air (Paryono, Giyanto and Budi Santoso, 2022).

Ada juga air yang membeku menjadi lapisan es, seperti yang terjadi di puncak-puncak gunung yang tinggi, dan di wilayah kutub utara dan selatan. Lapisan es berfungsi sebagai sarana tempat hidup beberapa makhluk hidup dengan membentuk satu ekosistem, yakni ekosistem kutub. Menipisnya lapisan es di kutub memberikan dampak yang serius terhadap ekosistem setempat. Misalnya, beruang kutub sangat membutuhkan lapisan es yang tebal sebagai tempat persembunyiannya untuk memburu mangsanya. Dengan menipisnya lapisan es di beberapa daerah di kutub utara akan mengancam kelestarian beruang kutub, dan juga kepada beberapa predator lainnya.

Lapisan es di kutub juga berfungsi sebagai pengatur iklim global. Lapisan permukaan es adalah pemantul cahaya matahari alami. Setiap sinar matahari yang mencapai permukaan lapisan es akan dipantulkan kembali ke atmosfer.

Dan pantulan sinar matahari ini membantu pengaturan suhu bumi. Lapisan es ini juga mengatur tingginya air permukaan laut. Bila lapisan es mencair, diperkirakan permukaan air laut akan naik sekitar 60 meter. Kenaikan permukaan air laut ini akan menenggelamkan beberapa pulau dan kota-kota di beberapa tempat. Perbedaan suhu yang antara wilayah tropis dan kutub juga menjadi salah satu penyebab terjadinya perputaran air laut dari utara ke selatan dan sebaliknya. Perputaran air laut ini sekaligus juga mengatur iklim di bumi (Hakim and Anjasmara, 2016).

Selain es yang ada di kutub, air di tempat lain juga berfungsi untuk mengatur suhu lingkungan di suatu tempat. Tumbuhan akan menyerap air dari tanah dan akan menguapkannya melalui stomata ke udara dalam bentuk uap air melalui proses yang disebut dengan transpirasi. Pengaturan suhu ini disebut dengan iklim mikro. Dan pengaturan suhu oleh iklim mikro ini akan mempengaruhi pergerakan organisme yang hidup di lingkungan tersebut.

Air yang ada di laut, danau, sungai, rawa, dan sumber-sumber air lainnya memegang peranan penting sebagai tempat tinggalnya berbagai macam organisme, baik hewan maupun tumbuhan. Dan tempat-tempat ini akan membentuk berbagai ekosistem, seperti ekosistem air tawar, air laut, rawa, benthos, batu karang, dan lain sebagainya.

Pada ekosistem-ekosistem air ini hidup berbagai jenis fauna seperti ikan, reptil, amfibi, *coelenterata*, *echinodermata*, vermes, moluska, dan mamalia. Juga menjadi beberapa tempat hidup bagi tumbuhan air seperti teratai, lotus, eceng gondok, dan berbagai jenis tumbuhan lainnya. Dan di ekosistem air juga banyak tumbuh berbagai jenis alga, mulai dari alga hijau hingga alga merah, kuning dan coklat. Air juga merupakan tempat hidup berbagai jenis bakteri dan alga hijau-biru. Dengan demikian keberadaan air pada ekosistem ini menjadi penunjang kehidupan bagi makhluk hidup lainnya (Utomo and Chalif, 2014).

Air juga berperan sebagai tempat penyimpanan berbagai jenis garam mineral dan gas. Laut merupakan sumber utama penghasil garam dapur (natrium klorida). Laut juga berperan menyimpan banyak gas oksigen dan karbon dioksida dan gas-gas lainnya. Laut juga penting sebagai tempat penyimpanan kalsium. Mineral ini sangat penting untuk pembentukan cangkang luar beberapa organisme seperti *coelenterata* dan *arthropoda*. Tanpa keberadaan mineral ini, cangkang hewan-hewan *coelenterata* dan *arthropoda* akan rapuh.

Di dalam perairan terjadi proses rantai makanan dan jaring-jaring makanan. Sinar matahari yang masuk ke perairan akan diserap oleh *fitoplankton* dan tanaman air lainnya. Dengan demikian *fitoplankton* akan menjadi sumber makanan utama bagi zooplankton. Zooplankton akan dimakan oleh ikan-ikan kecil, dan ikan-ikan kecil akan dimakan oleh ikan yang lebih besar, dan akhirnya ikan yang lebih besar ini akan dimakan oleh top predator di perairan. Dengan demikian perairan merupakan ekosistem yang menyediakan sumber makanan bagi makhluk lain, termasuk hewan-hewan yang hidup di darat.

Misalnya burung elang, burung camar, bangau, beruang, ular, kodok, berang-berang dan yang lainnya sangat menggantungkan hidupnya dengan sumber makanan yang berasal dari laut. Berbagai jenis ikan dan invertebrata yang hidup di laut merupakan sumber makanan utama bagi makhluk-makhluk tersebut. Dengan demikian, selain sebagai tempat hidup berbagai makhluk hidup, air di perairan juga berguna untuk menyediakan berbagai sumber makanan bagi makhluk hidup lainnya (Muhammad, 2021).

3.4 Peranan dan Fungsi Air Pada Metabolisme Tumbuhan

Air merupakan komponen penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanpa air tumbuhan akan segera mati. Untuk itu ketersediaan air merupakan hal yang krusial bagi tanaman. Ada berbagai macam fungsi air bagi tanaman.

Berikut ini akan dibahas beberapa fungsi penting air bagi tanaman. Beberapa di antaranya akan dibahas pada bagian berikut:

Peranan dan Fungsi Air Dalam Fotosintesis

Tumbuhan hijau merupakan produsen zat makanan bagi semua makhluk hidup di bumi, baik yang ada di darat, perairan, dan di dalam tanah. Zat makanan ini diperoleh melalui proses fotosintesis. Fotosintesis adalah proses penyerapan energi sinar matahari oleh tumbuhan untuk membentuk zat makanan dalam bentuk glukosa dan karbohidrat. Komponen penting yang dibutuhkan dalam fotosintesis adalah klorofil, gas karbon dioksida, air, dan sinar matahari. Secara garis besar reaksi fotosintesis digambarkan sebagai berikut:



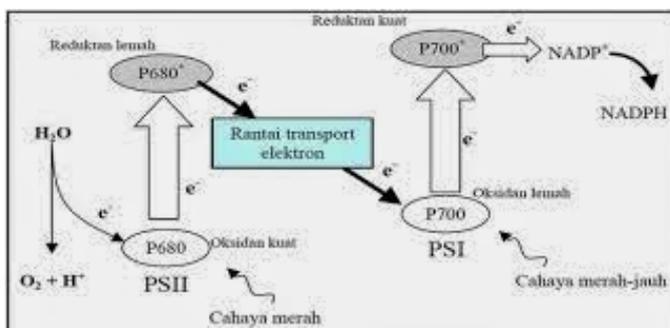
Ada dua tahap reaksi fotosintesis. Tahap pertama disebut dengan reaksi terang, dan tahap kedua disebut dengan reaksi gelap. Reaksi terang inilah yang sebenarnya disebut dengan fotosintesis. Sebab reaksi terang ini adalah reaksi dimana klorofil menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi elektron berenergi tinggi, dan berlangsung pada siang hari. Sedangkan reaksi gelap adalah reaksi penggunaan senyawa berenergi tinggi tersebut untuk membentuk glukosa yang berlangsung di *stroma* kloroplas.

Ada dua tahap reaksi fotosintesis, yakni tahap foto sistem II yang mampu menangkap sinar matahari dengan panjang gelombang 680 nm, dan foto sistem I yang mampu menangkap sinar matahari dengan panjang gelombang 700 nm. Awal reaksi fotosintesis terjadi pada foto sistem II, dimana energi dari sinar matahari ditangkap oleh klorofil. Teraktivasinya klorofil menyebabkan terlepasnya elektron-elektron pada foto sistem II. Kehilangan elektron-elektron dari foto sistem II ini akan digantikan oleh elektron-elektron yang berasal dari reaksi fotolisis air (Sularno, 2018).



Dan ion Hidrogen yang terbentuk akan dipergunakan untuk mereduksi NADP menjadi NADPH. Dengan demikian molekul air berguna bagi tumbuhan untuk menyumbangkan elektron pada foto sistem II dan pembentukan NADPH pada proses reaksi terang fotosintesis. Bila tidak ada air, maka proses fotosintesis tidak akan berlangsung dan tumbuhan akan mati. Bila tumbuhan mati, maka semua makhluk di bumi juga akan musnah, karena tidak memperoleh makanan.

Skema reaksi terang tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1: Reaksi Terang Pada Fotosintesis (Yog, 2014).

Difusi dan Osmosis Pada Sel Tumbuhan

Osmosis adalah proses perpindahan larutan air dari lingkungan yang hipotonik ke lingkungan yang hipertonik melalui membran sel semipermeabel. Membran semipermeabel adalah membran yang hanya dapat dilalui oleh air dan zat-zat yang terlarut di dalamnya. Sedangkan difusi adalah proses penyebaran zat dari tempat yang hipertonik ke lingkungan yang hipotonik.

Pada kedua peristiwa ini air merupakan komponen utamanya agar kedua proses dapat berlangsung. Agar kedua proses dapat berlangsung, ketersediaan air di lingkungan eksternal dan internal menjadi krusial. Dengan demikian air pada sel dan luar sel penting untuk menjaga tekanan sel dengan lingkungannya.

Ketika sel-sel akar berada di lingkungan yang hipertonik, maka secara otomatis air dan semua zat yang terlarut di dalamnya yang dibutuhkan oleh tumbuhan akan merembes masuk ke ruang antar sel untuk seterusnya akan masuk ke dalam sel-sel akar secara osmosis.

Selanjutnya melalui pembuluh angkut xilem air dan mineral yang terlarut akan dibawa ke daun. Di daun air akan digunakan untuk fotosintesis dan sebagian lagi akan keluar melalui stomata dalam bentuk uap air. Demikian pula sebaliknya, hasil fotosintesis dalam bentuk larutan gula akan masuk ke dalam sel-sel pembuluh angkut floem untuk disimpan ke beberapa tempat di jaringan tanaman (Silaen, 2021).

Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan air dapat tiba di kloroplas daun. Faktor yang pertama adalah adanya tekanan akar. Akar dapat menekan air agar naik ke bagian atas batang untuk mencapai daun. Namun yang tidak kalah pentingnya adalah karena sifat molekul air itu sendiri. Misalnya kemampuan molekul air untuk melakukan adhesi, atau kemampuan molekul air untuk berikatan dengan senyawa lain, dalam hal ini dinding sel xilem, untuk membawa air naik ke bagian atas tanaman yang tinggi sekalipun.

Sifat yang lain ialah kemampuan air untuk berkoheksi, di mana molekul air akan saling berikatan sesama molekul air. Kemampuan kohesi dan adhesi ini pada akhirnya yang berkombinasi dengan tekanan akar akan memungkinkan air yang membawa garam mineral untuk naik ke bagian atas menuju daun (Advinda, 2018).

Peranan Air Pada Sel dan Vakuola Sel

Vakuola adalah suatu struktur di dalam sel tumbuhan yang penting dalam penyimpanan beberapa produk metabolisme dan zat-zat buangan. Komponen utama pengisi vakuola adalah air. Air berperan penting di dalam vakuola, terutama untuk memperbesar ukuran sel. Sehingga ukuran sel semakin besar dan sekaligus untuk menambahkan ukuran tinggi tanaman.

Air yang berada di vakuola juga berfungsi untuk mengatur dan meregulasi derajat keasaman sel. Sering terjadi proses pertukaran ion-ion antara sel dengan lingkungannya, sehingga merubah nilai derajat keasaman sel. Dalam hal ini vakuola juga akan berperan aktif untuk menyerap ion hidrogen dan ion-ion lainnya yang menyebabkan perubahan pH sel tersebut. Dan proses pertukaran ion-ion ini dilakukan melalui suatu sistem transportasi sel dengan menggunakan medium air (Dhaniputra, 2016).

Peranan dan Fungsi Air Pada Perkecambahan

Perkecambahan adalah proses mulainya bertumbuh dan berkembang embrio di dalam biji. Air sangat diperlukan dalam perkecambahan ini. Tanpa kehadiran air di tahap awal perkecambahan, maka perkecambahan itu tidak akan terjadi. Jadi awal dari perkecambahan itu ialah proses penyerapan air oleh biji melalui proses imbibisi.

Air yang masuk ke jaringan biji akan merangsang enzim *giberelin* untuk mengaktifkan butir aleuron untuk menyintesis enzim alfa amilase dan *protease*. Enzim amilase dan *protease* akan memulai proses pemecahan amilum dan protein dalam endosperm menjadi glukosa dan asam amino untuk memulai metabolisme respirasi jaringan embrio. Hasil metabolisme ini akan menghasilkan energi ATP yang cukup untuk memecah biji dan mengeluarkan embrio (Ai and Ballo, 2010).

3.5 Peranan dan Fungsi Air Pada Metabolisme Hewan dan Manusia

Anatomi dan fisiologi hewan dan manusia hampir sama. Untuk itu kebutuhan air untuk kedua jenis makhluk ini juga hampir sama. Oleh karena itu, pada bagian ini kita akan lebih banyak membicarakan kebutuhan air pada metabolisme manusia. Karena dengan membahas metabolisme manusia, kita juga pada saat yang sama membicarakan metabolisme hewan.

Sekitar 55% dari zat-zat penyusun tubuh manusia adalah air. Atau 65-70% dari berat badan manusia dewasa. Ada dua jenis air penyusun tubuh manusia, yakni air yang terdapat di dalam sel (*intracellular fluid*), dan air yang berada di luar sel (*extracellular fluid*). Air yang berada di luar sel terbagi lagi menjadi dua macam, yakni cairan yang langsung membasahi sel bagian luar (*interstitial fluid*) dan plasma darah yang berada di pembuluh darah (Lin et al., 2003).

Peranan Air Sebagai Sarana Transportasi

Air yang berada di sekitar sel mengandung zat-zat *nutrien* yang dibutuhkan oleh sel. Proses penyerapan air serta zat-zat yang dibutuhkan sel akan berlangsung secara osmosis, difusi, difusi terfasilitasi, dan transpor aktif. Demikian pula halnya dengan pembuangan sisa metabolisme sel. Semua sisa-sisa metabolisme akan diangkut oleh cairan *interstitial* untuk selanjutnya dibawa ke pembuluh darah.

Air yang berada pada cairan darah (plasma darah) berfungsi untuk mengangkut zat-zat nutrisi, gas-gas yang penting untuk kehidupan ke seluruh sel-sel jaringan tubuh. Dan sebaliknya mengumpulkan seluruh sisa-sisa metabolisme yang diangkut dari sel-sel jaringan tubuh untuk dibawa ke organ-organ ekskresi tubuh (Rohmah and Khumaera, 2019). Air juga membasahi permukaan lapisan epitel alveolus di paru-paru untuk membantu difusi gas oksigen ke pembuluh kapiler.

Peranan Air Pada Sistem Ekskresi

Ekskresi adalah proses pembuangan zat-zat sisa metabolisme dari tubuh melalui alat-alat ekskresi. Beberapa alat ekskresi pada manusia adalah ginjal, paru-paru, hati, kulit, dan saluran pencernaan. Semua proses ekskresi ini memerlukan air. Misalnya ginjal akan membuang sisa-sisa metabolisme protein, karbohidrat, lemak, dan beberapa elektrolit dalam bentuk urine. Kandungan utama urine

adalah air. Juga kulit, mengeluarkan sisa-sisa metabolisme berupa garam dapur, urea, dan zat buangan lainnya dalam bentuk air keringat.

Paru-paru penting untuk pembuangan gas karbon dioksida dan uap air. Hasil metabolisme pada jaringan tubuh akan menghasilkan gas karbon dioksida. Karbon dioksida ini akan larut terlebih dahulu di cairan darah menjadi asam bikarbonat (H_2CO_3). Dalam plasma darah asam bikarbonat ini akan terurai menjadi ion H^+ dan HCO_3^- .

Selanjutnya ion-ion ini akan dibawa ke paru-paru oleh plasma darah dan bergabung kembali membentuk asam bikarbonat dan uap air, dan dilepaskan ke luar tubuh melalui paru-paru. Jadi dalam hal ini keberadaan air pada plasma berguna untuk melarutkan gas karbon dioksida yang selanjutnya akan diangkut ke luar tubuh melalui paru-paru (Viswanatha and Putra, 2017).

Peranan Air Pada Sistem Pencernaan

Zat makanan yang kita makan harus dicerna oleh alat-alat pencernaan menjadi bentuk yang sangat sederhana. Misalnya karbohidrat harus dicerna menjadi glukosa, lemak dicerna menjadi asam lemak dan gliserol, protein dicerna menjadi asam amino. Proses pencernaan harus melibatkan enzim-enzim pencernaan.

Di rongga mulut makanan terlebih dahulu dihancurkan secara mekanik oleh gigi dengan bantuan air liur, dan juga enzim ptialin untuk merombak karbohidrat. Kondisi rongga mulut dan seluruh saluran pencernaan harus selalu dalam kondisi lembab agar proses pencernaan berlangsung dengan baik. Semua kerja air liur, enzim, dan kelembaban saluran pencernaan memerlukan air.

Demikian juga halnya proses pencernaan mekanik dan enzimatik yang berlangsung di lambung, usus halus, dan usus tebal, semuanya membutuhkan air untuk memperlancar proses pencernaan tersebut. Proses pencernaan yang kekurangan air akan menyebabkan proses pencernaan terganggu, bahkan bisa menyebabkan kontraksi usus tebal menjadi terganggu dan menimbulkan sembelit. Dan hampir semua bahan makanan yang dicerna harus terlebih dahulu dapat larut dalam air agar bisa dicerna oleh enzim pencernaan. Banyak jenis enzim-enzim pencernaan yang menjadi nonaktif bila tubuh kekurangan cairan.

Peranan Air Pada Respirasi

Respirasi adalah proses pemecahan molekul glukosa menjadi energi. Proses ini terjadi di *mitokondria*. Reaksi pemecahannya adalah sebagai berikut:



Pada reaksi ini setiap 1 mol glukosa akan dipecah melalui serangkaian reaksi, yakni glikolisis, siklus krebs, dan transpor elektron untuk membentuk energi. Dalam rangkaian reaksi ini, dibutuhkan 6 mol oksigen untuk menangkap ion hidrogen untuk membentuk air, dengan hasil sampingan gas karbon dioksida. Jadi dari reaksi ini kita melihat bahwa molekul air merupakan komponen penting sebagai komponen akhir dari reaksi katabolisme respirasi (Wijayanti, 2017).

Peranan Air Sebagai Pelarut

Air sangat dibutuhkan sebagai pelarut beberapa vitamin sebelum diserap oleh dinding usus halus. Beberapa diantaranya ialah vitamin B, dan C. Kedua vitamin ini diperlukan untuk berbagai macam reaksi metabolisme, kerja saraf, pembentukan sel darah, dan pembentukan jaringan, dan pertahanan tubuh. Banyak gangguan dan penyakit yang akan muncul bila tubuh kekurangan kedua vitamin ini. Misalnya kekurangan vitamin B6 dapat memicu kambuhnya penyakit anemia.

Air juga menjadi komponen penting untuk penyerapan beberapa mineral untuk bisa masuk ke dalam sel, baik melalui proses osmosis, difusi, difusi terfasilitasi, dan transpor aktif. Beberapa mineral harus berada dalam bentuk ion dan larut dalam air agar bisa masuk ke dalam sel. Demikian juga halnya untuk proses pembuangan, zat-zat buangan harus dapat larut dalam air agar dapat diangkut oleh organ ekskresi ke luar tubuh.

Bab 4

Sumber Air, Karakteristik, dan Sarana Air Bersih

4.1 Pendahuluan

Air merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan bagi kelangsungan kehidupan sehari-hari manusia. Tanpa air, manusia tidak dapat melakukan kegiatannya seperti memasak, minum, mandi, mencuci dan sebagainya. Air memiliki sifat dinamis dengan arti mengalir dan bergolak dari daerah dengan elevasi tinggi menuju elevasi rendah dan juga mengisi ruang yang kosong.

Salah satu bagian pada pembangunan berkelanjutan/SDGS (Sustainable development goals) dalam sektor lingkungan hidup yaitu SDGS ke-6 dengan tujuan Air Bersih dan Sanitasi Layak (Syabil, 2022). Tujuan SDGS ini memiliki maksud untuk menjamin ketersediaan air dan pengelolaan air untuk semua. Kebutuhan sumber air yang layak dan sesuai dengan karakteristik air bersih mengalami peningkatan setiap tahunnya dengan ditandai air yang tersedia masih rendah untuk melayani 87,75% jumlah penduduk (Bappenas, 2023).

Di chapter ini akan membahas mengenai sumber-sumber air dari berbagai asalnya, karakteristik air bersih yang dapat digunakan, serta sarana air bersih. Di bagian ini juga akan menjelajahi berbagai sumber air mulai dari aliran di atas permukaan berupa air hujan, air sungai, air danau, dan air laut hingga

pembahasan mengenai air yang berada di bawah permukaan bumi (air sumur dan mata air).

Dengan memahami betapa sulitnya ketersediaan air bersih, kita dapat merasa terdorong untuk melakukan kegiatan-kegiatan yang dapat mengelola sumber daya air. Sehingga, air yang sedang dimiliki tetap terjaga ketersediaannya.

4.2 Sumber Air

Dalam berbagai bentuknya, dari air tawar yang mengalir di sungai-sungai hingga es yang membeku di kutub, air menjadi inti dari semua kehidupan di bumi. Sebagai manusia, kita sering menganggap air sebagai sesuatu yang biasa dan selalu tersedia, tetapi kita mungkin kurang menyadari betapa pentingnya peran air dalam menjaga eksistensi ketersediaan air menghadapi problematik. Berbagai tempat permasalahan kelangkaan air sering tak terhindarkan.

Pemakaian yang tidak sesuai dan kurangnya optimalisasi penyimpanan air ketika musim kemarau mengakibatkan krisis air bersih, seperti ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Krisis Air Bersih di Salah Satu Sumber Air (Tribunnews.com)

Sumber air cukup berkaitan dengan ketersediaan air. Air yang ada di bumi berasal dari proses siklus hidrologi. Siklus hidrologi yang atau lebih dikenal dengan siklus air di bumi merupakan suatu proses alam yang berputar dan terus menerus membentuk *circle* (Salsabila, 2020).

Siklus ini dimulai dengan proses Penguapan di hilir lalu mengalami proses kondensasi – air dibawa dalam bentuk awan sampai ke daerah hulu dan jatuh sebagai hujan, meresap ke tanah menjadi infiltrasi, dan mengalir lagi ke hilir sebagai aliran bawah tanah (Yang, 2021). Untuk terus menjaga potensi-potensi sumber air dan keberlangsungan siklus hidrologi ini diperlukan upaya Pengelolaan sumber daya air terpadu (Purwadi, 2020) dalam mencapai keberlanjutan di berbagai sektor, salah satunya dengan merekayasa ketersediaan air.

Suatu rekayasa terhadap air perlu memastikan keberadaan air yang terjamin kuantitas, kualitas, dan kontinuitasnya. Di awal peradaban manusia, air yang digunakan sering sekali berasal langsung dari sumber air. Seiring perkembangan waktu, konsumsi air per hari dan kualitas air dari sumbernya tidak mencukupi. Dari sudut pandang kuantitas, peningkatan populasi dan peningkatan kualitas hidup manusia telah meningkatkan kebutuhan air secara signifikan.

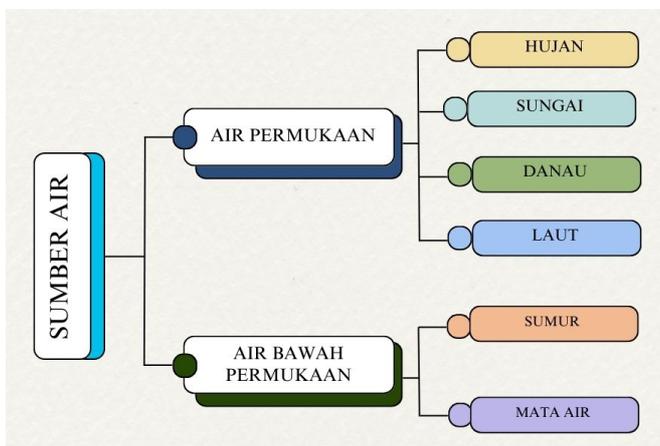
Dengan meningkatnya jumlah penduduk berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, maka akan meningkat pula keseluruhan kegiatan pangan dan aktivitas sehari-hari untuk air bersih. Di Indonesia, beberapa kota besar telah terjadi fenomena ini yaitu di Kota Semarang. Kota ini terus mengalami peningkatan jumlah populasi penduduk (Alihar, 2018) mengakibatkan sulitnya akses air bersih.

Dari segi aspek kualitas air, parameter yang menjadi acuannya berada pada pertumbuhan penduduk, penggunaan lahan, sumber air, dan pengelolaan sumber daya air (Noeraga, 2020). Salah satu yang menjadi peran utamanya yaitu pertumbuhan penduduk memberikan tekanan pada kualitas air di berbagai sumber.

Air yang dulunya aman untuk diminum kini diragukan untuk dikonsumsi karena kemungkinan sudah tercemar akibat penyalahgunaan lahan. Kebutuhan air dengan kualitas lebih tinggi terutama didorong oleh gaya hidup manusia dalam memanfaatkan lingkungan sekitarnya. Masyarakat saat ini hanya ingin meminum air yang terjamin kualitasnya, dibandingkan dengan di masa lalu yang dapat konsumsi secara langsung air dari sumbernya dan belum tercemar.

Selain itu, air tentu terus selalu digunakan dan diambil untuk mencukupi kebutuhan manusia baik di musim hujan maupun musim kemarau. Aspek ini termasuk pada aspek kontinuitas, dicirikan dengan air yang digunakan tetap selalu ada ketika diperlukan.

Oleh karena itu, kita harus mengetahui berbagai macam sumber air yang dapat digunakan agar pengelolaan sumber daya air ini dapat dikelola dengan baik. Berikut ditampilkan sumber-sumber air berdasarkan jenisnya (Radianta, 2014) yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Sumber Air Berdasarkan Jenisnya

Berdasarkan Gambar 4.2, Sumber-sumber air dapat dikategorikan menjadi dua jenis yaitu air permukaan dan air bawah permukaan. Dari kedua jenis ini memiliki sistem pengaliran dan terjaminnya ketiga aspek (kualitas, kuantitas, dan kontinuitas).

4.2.1 Air Permukaan

Air permukaan diartikan sebagai air yang mengalir di atas permukaan bumi melalui suatu saluran baik alamiah maupun buatan. Air permukaan biasanya terkontaminasi selama alirannya oleh puing-puing seperti lumpur, batang kayu, dedaunan, limbah industri kota, dan sebagainya.

Berikut ini klasifikasi air permukaan berdasarkan sumber air bersih yaitu:

Sungai

Salah satu saluran alamiah yang mengalirkan aliran air permukaan yaitu Sungai. Saluran dengan kapasitas besar ini dapat diperkirakan kontinuitas yang dapat dipastikan terjaga ketersediaannya. Di berbagai belahan dunia, banyak Sungai yang digunakan sebagai sumber air baku bagi air minum atau PDAM. Sungai

Krueng Tiro, Krueng Baro, dan Krueng Kalee adalah sumber air untuk melayani Sistem Pelayanan Air Minum di Kabupaten Pidie (Hartati, 2015).

Indonesia terdiri dari lima pulau besar memiliki sungai yang telah dibagi pada Keputusan Presiden RI Nomor 12 Tahun 2012 menjadi 131 Wilayah Sungai (WS). Daerah-daerah yang telah dikelompokkan menjadi WS maka dapat dikembangkan, dikonservasi, dan dikelola sesuai kebutuhan (PUPR, 2014). Salah satu Wilayah Sungai yaitu WS Bengawan Solo dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Bendung Tirtanadi di Wilayah Sungai Bengawan Solo
(sda.pu.go.id)

Air yang berada di sungai berasal dari beberapa sumber, yaitu pertama berasal dari hujan yang merupakan sublimasi awan atau uap air murni ketika jatuh dan mengalir melalui atmosfer, atau dari aliran tanah, atau dari kombinasi keduanya.

Air Hujan

Hasil dari proses presipitasi dimulai dari pelepasan bulir air yang ada di awan ke atas permukaan akan berakhir menjadi hujan, embun, dan salju (untuk wilayah empat musim). Jika di wilayah tropis, hujan menjadi sumber air untuk seluruh komponen penampung pada saluran.

Di beberapa tempat ditemukan air hujan telah dilakukan sistem pemanenan (rain water harvesting) sebagai alternatif memenuhi kebutuhan air seperti di Permukiman Pesisir Jakarta (Huwaina, 2022), Bone (Ali, 2017), dan lain-lain. Panen hujan memiliki dampak positif terutama bagi penduduk yang mendiami wilayah perkotaan. Sistem pemanenan hujan ini dilakukan dengan memasang instalasi di tempat fasilitas umum maupun skala individu (Rosadi, 2023).

Danau

Air yang berada di dalam danau berasal dari air hujan, sungai, mata air, ataupun dari ketiga sumber tersebut. Fungsi dari Danau dapat menjadi potensi alternatif sumber air baku untuk daerah lingkungannya. Salah satu Danau yang digunakan sebagai sumber air pada PERUMDA Tirta Aneuk Laot adalah Danau Aneuk Laot yang berlokasi di Pulau Sabang, Aceh (Widiyanto, 2017).

Danau tersebut merupakan salah satu sumber air tawar yang ada di Pulau Sabang, hal ini dikarenakan luas wilayahnya yang kecil dan dikelilingi oleh laut. Danau Aneuk Laot dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4: Danau Aneuk Laot, Pulau Sabang (pdamsabang.co.id)

Asal mula danau yaitu bagian rekahan hasil aktivitas tektonik di masa lampau dengan air yang muncul berasal dari bawah permukaan. Pemanfaatan air danau sebagai air bersih menjadi pilihan tepat untuk menghadapi krisis ketersediaan air.

Laut/Rawa

Sebagian besar 70% Komposisi air di bumi adalah air laut yang mengelilingi setiap pulau dan benua. Utamanya, sumber air bersih adalah sumber air dengan rasa tawar yang berasal dari sungai, hujan, dan danau. Akan tetapi, tidak menutup kemungkinan jika air laut dapat menjadi sumber air bagi kehidupan.

Air laut yang memiliki rasa asin dapat dilakukan distilasi, di mana proses penyulingan air dengan prosedur termal atau membran (Sawant, 2022). Adapun cara destilasi yaitu menguapkan air laut serta memisahkan kandungan garam yang ada di air laut.

4.2.2 Air Bawah Permukaan

Sumber utama dari air ini adalah air yang jatuh ke bumi dan mengalami proses infiltrasi masuk ke dalam tanah dan mengalir sebagai aliran air bawah permukaan. Adapun yang termasuk air bawa permukaan yaitu air sumur dan mata air.

Sumur

Sumber air pada jenis ini adalah air tanah. Air sumur ini dapat dibagi menjadi sumur dangkal dan sumur dalam. Sumber air ini berada tersembunyi dan mengalir di dalam lapisan tanah akibat proses akumulasi air di atas lapisannya. Perbedaan mendasar dari kedua jenis sumur ini adalah lokasi kedalaman ditemukan sumber air, kondisi lapisan tanah, dan kejernihan air.

Pengambilan air tanah melalui cara sumur ini sering sekali ditemukan di berbagai tempat. Hal ini dikarenakan masyarakat lebih praktis ketika mengambil air dari sumber sumur tanpa memikirkan biaya pemakaian bulanan dan pemeliharannya.

Mata Air

Umumnya, sumber air dengan pemenuhan syarat yang direkomendasikan sebagai air bersih maupun air minum adalah sumber mata air. Sumber air ini biasanya terletak di daerah pegunungan hingga pegunungan vulkanik. Banyak perusahaan air mineral yang dipasarkan di tengah masyarakat menggunakan air yang berasal dari mata air.



Gambar 4.5: Mata Air Baumata (kompas.com)

Selain itu, sumber air ini juga memenuhi kebutuhan air bersih di PDAM (Rengganis, 2015), salah satu contohnya adalah PERUMDA Air Minum Kabupaten Kupang, NTT. Mata air Baumata dapat menyuplai air kebutuhan PDAM sebesar 40 lt/dtk. Mata air Baumata yang terletak di Nusa Tenggara Timur dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Jika dilihat dari kualitas air ini, maka mata air memiliki kualitas air jernih dibandingkan daripada air permukaan. Akan tetapi, sumber air dari mata air mengalami tantangan tersendiri dengan akses yang jauh yang berlokasi di pegunungan serta kelangkaan akibat penggunaan lahan hutan yang tidak terorganisir dengan baik.

4.3 Karakteristik Air Bersih

Sebagai manusia yang terus-menerus mengonsumsi air, tentu memiliki kualitas tertentu sehingga aman untuk dikonsumsi manusia serta digunakan dalam berbagai keperluan rumah tangga (domestik) dan industri disebut sebagai air bersih.

Berikut ini adalah beberapa karakteristik air bersih, yaitu:

1. Kejernihan (Clarity)

Air bersih harus bening dan bebas dari partikel-partikel padat yang terlihat dengan mata telanjang. Air yang keruh atau berawan mungkin mengandung zat-zat yang tidak diinginkan atau bahkan berbahaya.

2. Bau dan Rasa (Odor and Taste)

Air bersih seharusnya tidak memiliki bau yang tidak sedap atau rasa yang aneh. Bau dan rasa yang tidak biasa dapat mengindikasikan adanya kontaminan dalam air.

3. Konsentrasi Zat Kimia (Chemical Composition)

Air bersih yang bagus untuk kesehatan yaitu memiliki konsentrasi yang aman dari berbagai zat kimia. Parameter yang terkandung seperti kandungan logam berat (timbal, merkuri, arsenik), bahan kimia organik (pestisida), dan senyawa lain yang dapat membahayakan kesehatan manusia.

4. **Kadar Mikroorganisme (Microorganism Content)**
Air bersih seharusnya bebas dari mikroorganisme patogen, seperti bakteri *E. coli* (Winandar, 2020), virus, dan protozoa yang dapat menyebabkan penyakit seperti diare, kolera, atau penyakit lainnya.
5. **Kadar Aliran Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen)**
Air bersih yang mendukung kehidupan akuatik (seperti sungai, danau, dan laut) harus mengandung oksigen yang cukup untuk mendukung organisme hidup di dalamnya. Kadar oksigen terlarut yang rendah dapat merusak ekosistem air.
6. **pH (Potensi Hidrogen)**
pH adalah ukuran keasaman atau kebasaan air. Air bersih seharusnya memiliki pH yang mendukung kehidupan dan keseimbangan ekosistem yang ada di dalamnya. Rentang pH air yang digunakan berkisar 6 hingga 8.
7. **Kadar Total Padatan Terlarut (Total Dissolved Solids, TDS)**
TDS mengukur jumlah padatan terlarut dalam air, termasuk mineral dan garam. Kadar TDS yang tinggi dapat mempengaruhi rasa air dan efisiensi proses industri.
8. **Temperatur**
Suhu air dapat mempengaruhi kemampuan air untuk menampung oksigen dan ekosistem di dalamnya. Perubahan suhu yang ekstrem dapat merusak organisme akuatik.

Penting untuk memantau dan menjaga karakteristik air bersih ini agar kita dapat memastikan air yang aman dan berkualitas dalam konsumsi dan pemenuhan kebutuhan lainnya.

Sarana Air Bersih

Fasilitas yang memberikan pelayanan kepada masyarakat terhadap akses ke air bersih yang aman dan berkualitas disebut sarana air bersih. Sarana dengan akses terhadap air bersih sangat penting untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia seperti minum, mandi, mencuci, dan memasak.

Adapun fasilitas air bersih yang sering dimanfaatkan dalam pemanfaatannya sebagai Penyediaan air minum antara lain sebagai berikut:

1. Sumur Gali (Dug Well)
Sumur gali adalah sumur yang digali ke dalam tanah untuk mencapai air tanah yang bersih. Sumur ini dapat digunakan untuk mendapatkan air bersih.
2. Sumur Bor (Borehole)
Sumur bor adalah sumur yang dibuat dengan menggunakan bor untuk mencapai lapisan air bawah tanah. Sumur bor ini umumnya lebih dalam daripada sumur gali dan biasanya menghasilkan air bersih.
3. Pompa Air (Water Pump)
Pompa air digunakan untuk mengangkat air dari dalam sumur gali, sumur bor, atau sumber air bawah tanah lainnya ke permukaan. Ini memudahkan akses ke air bersih.
4. Sistem Penyediaan Air (Water Supply System)
Sistem penyediaan air adalah infrastruktur yang mencakup pipa-pipa dan instalasi yang mengangkut air bersih dari sumber-sumbernya (seperti sungai, danau, atau mata air) ke pemukiman manusia. Ini melibatkan pemrosesan dan distribusi air untuk rumah tangga, industri, dan fasilitas umum.
5. Saluran Air (Canals)
Saluran air adalah jalur buatan yang digunakan untuk mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lain, biasanya digunakan untuk irigasi pertanian.
6. Sumber Air Alam (Natural Springs)
Sumber air alam adalah mata air yang mengalir secara alami dari dalam tanah ke permukaan. Mereka sering digunakan sebagai sumber air bersih.
7. Sistem Penyulingan Air (Water Filtration Systems)
Sistem penyulingan air adalah fasilitas yang digunakan untuk membersihkan air dari kontaminan, seperti bakteri, virus, dan bahan kimia, sehingga air tersebut aman untuk dikonsumsi.

Bab 5

Syarat Air Bersih Untuk Minum

5.1 Pendahuluan

Air minum didefinisikan sebagai air yang memiliki standar yang aman untuk dikonsumsi. Air minum harus memenuhi standar kualitas, yang meliputi kriteria fisik, kimia, dan bakteriologis, untuk mencegah penyakit. Byna (2009) menyebutkan warna, bau, rasa, dan kekeruhan sebagai persyaratan kualitas fisik.

Berdasarkan peraturan pemerintah republik Indonesia nomor 122 tahun 2015 dijelaskan tentang Standar sistem penyediaan air minum. Air minum yang telah melalui proses pengolahan atau tidak melalui proses pengolahan, sepanjang memenuhi syarat-syarat kesehatan dan dapat langsung diminum, sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum.

5.2 Sumber Air Bersih

Mata Air

Sumber air alami yang muncul di atas bumi disebut mata air. Sumber air ini adanya dalam berbagai ukuran, mulai dari mata air kecil yang hanya menghasilkan beberapa tetes air per menit hingga mata air besar yang dapat menghasilkan aliran air yang signifikan.

Karena sering digunakan untuk irigasi ladang pertanian, pasokan air minum, dan berbagai penggunaan lainnya, maka mata air merupakan sumber air yang penting bagi kehidupan manusia. Karena air dari mata air sudah mengalami proses penyaringan alami yaitu melalui lapisan batuan atau tanah, sehingga air tersebut dianggap murni dan aman untuk dikonsumsi.

Lapisan mineral tanah yang dilalui air dan mata air akan menentukan kualitasnya. Hal ini menunjukkan sifat khas mata air tersebut. Karena sebagian besar mata air berkualitas tinggi, lingkungan sekitar sering menggunakannya sebagai sumber air minum. Mata air tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain kuantitas, kualitas, dan kontinuitas sebagai sumber air minum bagi masyarakat.

Berdasarkan sumber mata air, ada dua jenis mata air yang berbeda: mata air gravitasi, yang muncul dari dalam tanah sebagai akibat dari gravitasi, dan mata air artesis, yang muncul dari dalam tanah sebagai akibat dari artesis atau tekanan (WHO, 2004).

Sungai

Air sungai adalah jenis air permukaan yang menyediakan air bersih untuk kebutuhan dasar manusia. Mengonsumsi air lebih penting daripada makan. Oleh karena itu, metode pengolahan yang memadai diperlukan untuk pasokan air ini. 75% air sungai di Indonesia telah terkontaminasi. Kerusakan air sungai biasanya disebabkan oleh manusia yang bertindak seolah-olah sungai adalah tempat sampah bebas. Pasokan air bersih yang diperlukan untuk kehidupan terancam oleh pola pikir yang tidak sehat ini.

Dengan memurnikan komponen sumber air sungai, maka kebutuhan akan air bersih dapat dipenuhi. Air yang tercemar dapat diproses dengan menggunakan sejumlah teknik sebelum dikonsumsi. Mengingat buruknya kualitas air sungai saat ini, pengolahan air sungai menjadi sangat penting. Air sungai harus diolah

terlebih dahulu sebelum dapat digunakan untuk aktivitas. Jika perlu, gunakan perangkat pengolahan air yang menggabungkan teknologi mutakhir.

Air sungai saat ini tidak memiliki kualitas yang baik. Selain itu, sampah dari industri dan rumah tangga telah mencemari beberapa saluran air. Air sungai dapat dibuat lebih bersih dan jernih dengan cara mengolahnya sehingga dapat dimanfaatkan untuk beraktivitas dan menjadi lebih steril.

Danau

Danau adalah kumpulan air tawar dan air asin yang berkumpul di suatu area di permukaan bumi dan dikelilingi oleh daratan. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan terbentuknya sebuah danau, termasuk mencairnya gletser, mata air, dan sungai. Didaerah Pegunungan ditemukan danau, yang sebagian besar adalah air tawar.

Di Indonesia, terdapat ratusan danau, dimana 735 di antaranya merupakan danau kecil (sering disebut situ) dan 840 danau besar. Danau Toba di Sumatera Utara adalah salah satu danau terbesar dan paling terkenal di negara kita. Kapasitas air danau ini melebihi 240 km³ dan luas permukaannya sekitar 1.130 km².

5.3 Kriteria Air Bersih Untuk Minum

Dalam kehidupan sehari-hari, mendapatkan air bersih sangatlah penting. Air yang digunakan harus bersih. Banyak orang percaya bahwa air yang terlihat jernih adalah air yang aman untuk digunakan. Namun, tidak semua air bersih dapat digunakan. Air harus diuji di laboratorium untuk memastikan bahwa air tersebut aman untuk digunakan. Namun jika hal tersebut terlalu sulit, maka harus melakukan penyelidikan sendiri terhadap air yang akan digunakan.

Sebelum menggunakan air, sangat penting untuk mengetahui persyaratan air bersih berikut ini:

5.3.1 Kriteria Fisik

Kekeruhan

Air yang jernih dan bebas dari keruh memenuhi kebutuhan pertama akan air bersih yang dapat dilihat dengan kasat mata. Air yang jernih menandakan bahwa

air tersebut bebas dari polutan dan zat berbahaya lainnya bagi tubuh. Komponen zat-zat yang tidak larut, seperti debu dan tanah, dapat menghasilkan air yang keruh, yang kemudian menjadi berkabut oleh bakteri di dalam air. Kehadiran komponen organik dan anorganik dalam air, seperti kotoran dan produk limbah, juga dapat berkontribusi terhadap kekeruhan air.

Ada kemungkinan bahwa air tersebut tidak layak untuk digunakan atau dikonsumsi jika tampak keruh. Kementerian Kesehatan telah menetapkan batas maksimum skala 5 NTU untuk kekeruhan pada air minum dan batas maksimum skala 25 NTU untuk kekeruhan pada air bersih.

Warna

Kriteria berikutnya adalah air yang tidak berwarna, yang berarti tidak ada warna yang ditambahkan ke dalam air. Air yang ditambahkan warna bisa jadi mengandung zat berbahaya yang mempengaruhi kesehatan. Beberapa situasi yang dapat mengubah warna air antara lain limbah pabrik yang langsung dibuang ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu atau pemilik rumah yang sering membuang sampah dan bangkai hewan ke sungai secara sembarangan.

Ada dua kategori warna untuk air: warna asli dan warna semu. Senyawa organik penyebab warna semu, zat non-organik anorganik penyebab warna sesungguhnya. Lebih mudah bekerja dengan air berwarna daripada air berwarna yang benar-benar berwarna. Contohnya, air sungai bisa menjadi jernih jika kotoran yang membuatnya tampak cokelat diendapkan.

Bau

Bahkan bau yang kuat pun tidak boleh ada dalam air bersih. Tidak mungkin untuk mengatakan bahwa air itu bersih jika berada di area dengan bau yang tidak sedap atau asam. Penggunaan air yang mengandung bau akan bermasalah terutama bagi kesehatan tubuh.

Air ini dapat merusak kain yang sedang dicuci jika Anda menggunakannya untuk mencuci pakaian. Jika menggunakannya untuk mandi, ada kemungkinan kulit akan mengalami komplikasi termasuk infeksi dan iritasi. Yang lebih berbahaya lagi adalah kemungkinan keracunan dan masalah kesehatan lainnya jika air masuk ke dalam tubuh.

Rasa

Air bersih yang dapat diminum sering kali tidak berasa atau hambar tanpa rasa pahit, asin, atau asam. Jika Anda menemukan air yang terasa asin atau pahit, Anda harus mengolahnya sebelum menggunakannya.

5.3.2 Kriteria Kimia

Aspek Kimiawi

Kecenderungan bahan kimia untuk memiliki konsekuensi kesehatan yang negatif dalam jangka waktu yang lama membedakan masalah kesehatan yang terkait dengan bahan kimia dari air minum dengan masalah kesehatan yang terkait dengan kontaminasi mikroba. Beberapa polutan air, dengan pengecualian pencemaran besar yang tidak disengaja pada sistem air minum, dapat membahayakan manusia setelah satu kali kontak. Selain itu, telah dibuktikan bahwa beberapa situasi menyebabkan air kehilangan kelayakannya untuk diminum karena rasa, aroma, dan tampilannya.

Sering kali lebih efisien untuk memfokuskan sumber daya yang tersedia pada tindakan perbaikan untuk menemukan dan menghilangkan sumber kontaminasi daripada menggunakan pengolahan air minum yang mahal untuk menghilangkan zat kimiawi dalam situasi paparan jangka pendek yang tidak mungkin menyebabkan gangguan kesehatan.

Ada beberapa bahan kimia yang mungkin ada dalam air minum, tetapi hanya sebagian kecil saja yang secara langsung berbahaya bagi kesehatan manusia dalam beberapa situasi. Untuk menghindari pemborosan sumber daya yang terbatas pada polutan yang hanya sedikit atau bahkan tidak menimbulkan risiko kesehatan, penting untuk memprioritaskan pemantauan dan tindakan perbaikan untuk kontaminan kimiawi dalam air minum.

Komponen penting dalam pencegahan penyakit adalah kontribusi sejumlah bahan kimia dari air minum terhadap total konsumsi. Salah satu adalah bagaimana fluoride dalam air minum dapat membantu mencegah gigi berlubang.

Aspek kimiawi tersebut berupa:

1. Kadar zat tercemar

Banyak bahan kimia yang bermanfaat sering kali terdapat dalam air yang bersih dan menyehatkan. Namun, kadar yang tidak memadai atau

berlebihan dari beberapa senyawa dapat menyebabkan masalah fisiologis pada manusia. Misalnya, tembaga membantu tubuh membuat sel darah merah. Namun, tembaga dapat membahayakan hati jika tertelan dalam jumlah besar. Tidak semua bahan kimia berbahaya. Zat-zat ini benar-benar sangat bermanfaat bagi kesehatan jika digunakan dalam jumlah yang normal dan dengan secukupnya.

2. Ph

Skala pH menunjukkan seberapa asam atau basa suatu bahan. Skala pH ditentukan dari 1 (sangat asam) hingga 14 (sangat basa). Meskipun pH air dapat mengindikasikan apakah air tersebut terkontaminasi atau tidak, banyak yang masih mengabaikan keasaman air yang akan digunakan. pH air di lingkungan yang terkontaminasi berkisar antara 4 hingga 6 atau 8 hingga 9. Untuk air bersih dan air yang dapat diminum, kisaran pH yang ideal adalah 6,5 hingga 9,0. Sementara pH 7 atau netral dianggap optimal untuk air.

5.3.3 Kriteria Mikrobiologi (Mikroorganisme Patogen)

Tidak adanya kehadiran bakteri, terutama bakteri *Escherichia coli* atau *E. coli*, adalah merupakan kebutuhan lain untuk air bersih. Biasanya, usus manusia dan hewan memiliki bakteri ini. Hal dapat berisiko tertular penyakit bakteri yang menyebabkan diare sedang jika minum air yang mengandung kuman *E. coli*. Bakteri *E. coli* dapat menyebabkan demam, diare, dan sakit perut yang parah.

5.4 Metode Pengujian Air Bersih

Kualitas air mengacu pada sifat air yang ditentukan oleh nilai fisik, kimia, dan biologis dari berbagai variabel, ciri-ciri, dan komponen kualitas air. Berikut parameter yang diukur dalam yang digunakan untuk menentukan kualitas air bersih:

5.4.1 Pengujian Lapangan

Pendekatan organoleptik digunakan untuk melakukan pengujian parameter bau dan rasa dengan pengamatan melalui indera penciuman dan perasa. Pengujian

organoleptik/indera menilai kualitas produk makanan atau minuman dengan menggunakan indera tubuh manusia. Selain aspek-aspek lain yang diperlukan untuk menilai produk, penilaian alat indrawi ini berisi persyaratan mutu untuk penampilan, bau, rasa, konsistensi, dan tekstur produk (SNI 01-2346-2006). Ganggang dan tanaman air lainnya serta hewan yang masuk sebagai kontaminan dalam sampel air, senyawa kimia, dan bahan-bahan organik yang membusuk, semuanya dapat mempengaruhi rasa dan bau air.

5.4.2 Pengujian Laboratorium

Uji Kekeruhan (Turbidity)

Berdasarkan seberapa banyak cahaya yang ditransmisikan melalui air setelah diserap oleh partikel-partikel yang ada, kekeruhan menggambarkan karakteristik optik air. Zat-zat tersuspensi termasuk lumpur, pasir, bahan organik (plankton, detritus), dan bahan anorganik lainnya memiliki dampak besar pada kekeruhan. Kekeruhan dapat menghalangi kemampuan *fitoplankton* untuk melakukan fotosintesis serta mengganggu insang ikan.

Kekeruhan dapat secara langsung mempengaruhi kemampuan organisme air untuk bernapas, seperti insang ikan. Selain itu, kekeruhan dapat mempersulit cahaya untuk mencapai air.

Alat "Turbidity meter" digunakan untuk mengukur kekeruhan. Unit kekeruhan *nefelometrik* (NTU) atau Unit Kekeruhan Formazin (FTU) digunakan untuk mengukur kekeruhan. Satuannya adalah JTU (satuan kekeruhan Jackson) jika pengukur kekeruhan Jackson tradisional digunakan.

Uji Kualitas Kimia

Aluminium (Al), NH₃, Arsen (As), Fluorida (F), Kesadahan (CaCO₃), Klorida (Cl), Mangan (Mn), Nitrat (NO₃), Nitrit (NO₂), Seng (Zn), Sianida (CN), Sulfat (SO₄), Tembaga (Cu), Bahan Organik (KMnO₄), dan Krom (Cr), derajat keasaman (pH) merupakan beberapa karakteristik kimia.

Zat yang tersisa setelah air sampel menguap dan mengering pada suhu tertentu dikenal sebagai padatan total (residu) (APHA, 2005). Seluruh jumlah zat terlarut dan tersuspensi dalam air disebut sebagai residu. Mayoritas bikarbonat, anion utama dalam air, diubah menjadi karbon dioksida selama pengukuran residu ini, oleh karena itu karbon dioksida dan gas-gas lain yang hilang selama pemanasan tidak termasuk dalam nilai total padatan (Boyd, 1988).

Istilah padatan terlarut (TDS: total padatan terlarut), padatan tersuspensi (TSS: total padatan tersuspensi), dan TDS (TVS: total padatan mudah menguap), semuanya mengacu pada jenis partikel yang berbeda di dalam air. Padatan terlarut (TDS), juga dikenal sebagai padatan terlarut total, adalah zat yang terlarut dalam air tetapi tidak tersaring menggunakan kertas saring dengan pori-pori berukuran 0,45 m.

Uji Mikrobiologi

Kriteria kualitas air minum, bakteri *Escherichia coli* dan *coliform*, merupakan bagian dari bakteri alami dalam usus manusia. Tidak akan ada bakteri *Escherichia coli* yang melimpah di usus besar karena bakteri ini akan hidup berdampingan secara harmonis dengan manusia di sana dan karena manusia juga akan mengeluarkan bakteri *Escherichia coli* dengan kotoran mereka. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa mikroba yang melimpah, termasuk yang merupakan bagian dari mikroba alami, dapat menyebabkan infeksi pada manusia.

Uji mikrobiologi dapat digunakan untuk menilai kualitas air untuk diminum. Pengujian mikroorganisme adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengukur kualitas air minum. Menurut standar uji mikrobiologi air minum, tidak ada air minum yang diizinkan atau diperbolehkan mengandung bakteri.

Teknik *Most Probable Number* (MPN) dapat digunakan untuk menilai kualitas mikrobiologis air. Teknik MPN adalah cara yang telah teruji dan benar untuk mengukur kemurnian air. Pendekatan MPN untuk deteksi *coliform* dan *Escherichia coli* menggunakan media kultur tertentu dan prosedur isolasi pada suhu tinggi.

Teknik MPN terdiri dari tiga uji: uji penduga, yang menggunakan tiga tabung reaksi media *Lactose Broth* (LB), uji penegasan, yang menggunakan media *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB), uji lengkap, yang menggunakan media endo agar, dan uji identifikasi, yang menggunakan media uji biokimia.

5.5 Pengolahan Air Minum

5.5.1 Penyaringan

Tanpa pengolahan sebelumnya, air baku dapat dengan cepat disaring menggunakan filter gravitasi, horizontal, dan tekanan. Filter gravitasi dan tekanan cepat sering digunakan untuk menangani air yang telah mengalami koagulasi dan sedimentasi sebelum penyaringan. Kemampuan filter untuk menahan padatan membatasi penggunaan penyaringan langsung. Flok yang mengendap (mengandung polutan) dihilangkan dari air menggunakan prosedur alternatif ini, yang melibatkan penambahan koagulasi ke air sebelum dialirkan langsung ke filter.

Penerapan penyaringan langsung dibatasi oleh kapasitas filter untuk menampung padatan. Dalam prosedur alternatif ini, koagulasi dimasukkan ke dalam air, yang kemudian melewati filter di mana flok yang diendapkan (dengan kotoran) dihilangkan.

Aerasi

Proses aerasi dimaksudkan untuk menghilangkan gas dan zat yang mudah menguap. Biasanya, transfer dapat dilakukan tanpa peralatan yang rumit hanya dengan menyebarkan udara ke dalam air. Namun, mungkin perlu menggunakan fasilitas khusus yang menggunakan transfer massa tingkat tinggi dari fase cair ke fase gas untuk penghilangan gas atau bahan kimia yang mudah menguap.

Penghilangan bahan organik yang mudah menguap, seperti pelarut dan zat penyebab rasa dan bau lainnya, dapat dilakukan dengan proses aerasi. Untuk memberikan interaksi yang diperlukan antara udara dan air, prosedur aerasi yang diperlukan untuk mencapai pelepasan udara harus secara substansial lebih kompleks.

Metode yang paling populer adalah aerasi bertingkat, yang sering dilakukan dalam paket menara dan melibatkan membiarkan air mengalir di atas media plastik dalam lapisan tipis sambil meniupkan udara berlawanan arah. Tinggi, diameter, dan laju aliran menara yang dibutuhkan tergantung pada konsentrasi, volatilitas, dan laju aliran bahan kimia yang akan dihilangkan. Ketika mempertimbangkan aerasi sebagai metode pengolahan, penting untuk diingat bahwa meningkatkan tingkat oksigen terlarut dalam air juga dapat

meningkatkan korosivitasnya terhadap berbagai bahan logam yang digunakan dalam pipa distribusi dan pipa ledeng.

Koagulasi Kimiawi

Metode yang paling populer untuk mengolah air permukaan adalah pengolahan berbasis koagulasi kimia, yang bergantung pada proses unit yang tercantum di bawah ini.

Dalam keadaan yang diatur dengan hati-hati, koagulan kimia, berupa garam aluminium atau besi, ditambahkan ke bahan baku berair untuk menghasilkan hidroksida logam flokulan padat. Dosis standar koagulan adalah 2-5 mg/l aluminium atau 4-10 mg/l besi. Proses netralisasi muatan, adsorpsi, dan perangkap flok yang diendapkan menghilangkan polutan terlarut dan tersuspensi. Kualitas air sumber, koagulan atau alat bantu koagulan yang digunakan, dan aspek operasional, seperti keadaan pencampuran, dosis koagulasi, dan pH, semuanya mempengaruhi seberapa baik proses koagulasi bekerja. Mengikuti teknik pemisahan padat-cair seperti sedimentasi flotasi dan / atau penyaringan gravitasi atau tekanan cepat menghilangkan flok dari air yang diolah.

Pemilihan dosis koagulan yang ideal dan tingkat pH keduanya diperlukan agar proses koagulasi berfungsi dengan baik. Uji koagulasi *batch* skala kecil-sering disebut sebagai "uji tabung"-dapat digunakan untuk menentukan dosis dan pH yang dibutuhkan. Sampel air baku diolah dengan koagulan dalam jumlah yang meningkat, diaduk, dan kemudian dibiarkan mengendap. Dosis yang dapat menghilangkan warna dan kekeruhan secara memadai dipilih sebagai dosis optimal, dan pH yang ideal dapat dipilih dengan cara yang sama.

Ketika koagulasi berlangsung, arang aktif bubuk (PAC) dapat ditambahkan untuk membantu menyerap senyawa organik seperti insektisida *hidrofobik* tertentu. PAC akan dihilangkan sebagai komponen flok dan dilepaskan bersama lumpur dari saluran pembuangan.

Sedimentasi dapat menghilangkan flok, menurunkan beban padatan pada filter gravitasi cepat berikutnya. Aliran horizontal atau penjernih flok adalah tempat sedimentasi yang paling sering dilakukan. Metode yang berbeda untuk menghilangkan flok adalah flotasi udara terlarut, di mana padatan bersentuhan dengan gelembung udara kecil yang menempel pada flok dan menyebabkannya mengapung ke permukaan tangki di mana flok kemudian dikikis secara teratur sebagai lapisan lumpur.

Kedua metode ini menghasilkan air bersih yang kemudian dialirkan melalui filter gravitasi cepat untuk menghilangkan *partikulat* yang tersisa. Air yang telah disaring kemudian dapat menjalani tahap pengolahan tambahan, seperti oksidasi dan penyaringan lebih lanjut (untuk menghilangkan mangan), ozonisasi, dan/atau adsorpsi GAC (untuk menghilangkan pestisida dan jenis organik lainnya), sebelum didesinfeksi secara menyeluruh dan sebelum masuk ke dalam pasokan.

Partikulat, mikroba yang terikat, logam berat tertentu, dan senyawa organik dengan kelarutan terbatas, seperti beberapa insektisida *organoklorin*, semuanya dapat dihilangkan dengan menggunakan koagulasi. Koagulasi sering kali tidak berhasil untuk senyawa organik lainnya kecuali jika senyawa tersebut terikat pada zat *humat* atau teradsorpsi pada partikel.

Adsorpsi Karbon Aktif

Termalisasi yang menghasilkan bahan berkarbon-biasanya kayu, batu bara, batok kelapa, atau gambut-menghasilkan karbon aktif. Area permukaan yang sangat luas dan afinitas yang tinggi terhadap molekul organik dihasilkan oleh aktivasi ini dalam bentuk lubang berpori. Karbon ini sering digunakan dalam bentuk *granular* (GAC) atau bubuk (PAC). Ketika kemampuan karbon untuk menyerap habis, karbon dapat diregenerasi dengan membakar bahan organik secara hati-hati. Namun, PAC (dan GAC tertentu) sering kali hanya digunakan sekali sebelum dibuang. Afinitas berbagai bentuk karbon aktif untuk berbagai polutan bervariasi.

Tergantung pada efektivitas biaya relatif, persyaratan dosis, dan frekuensi, PAC atau GAC akan dipilih. Dalam situasi yang melibatkan kontaminasi musiman atau sesekali atau ketika tingkat dosis sederhana diperlukan, PAC akan sering dipilih.

PAC ditambahkan ke air sebagai bubur dan dikumpulkan bersama dengan lumpur dari sungai selama prosedur pengolahan selanjutnya. Oleh karena itu, penggunaannya terbatas pada operasi permukaan pengolahan air dengan menggunakan filter saat ini. Penggunaan karbon yang efektif per volume air yang diolah akan jauh lebih rendah daripada dosis PAC yang diperlukan untuk mencapai penyisihan yang sama karena GAC dalam penyerap unggul tetap umumnya digunakan lebih efektif daripada PAC yang dimasukkan ke dalam air.

GAC digunakan untuk mengatur bau dan rasa. Hal ini sering digunakan dalam lapisan tetap, baik dalam penyerap yang dirancang khusus untuk bahan kimia

atau dalam cangkang filter yang ada di mana GAC dengan ukuran partikel yang sama digunakan sebagai pengganti pasir. Meskipun sering kali akan lebih murah untuk mengganti filter yang ada saat ini daripada mengembangkan penyerap baru, menggunakan filter yang ada biasanya hanya memungkinkan untuk periode kontak yang singkat dan sulit untuk diaktifkan kembali.

Sebagai hasilnya, biasanya menambahkan penyerap GAC kedua (sering didahului dengan ozonisasi) antara filter gravitasi cepat dan tahap terakhir desinfeksi. Karena sebagian besar sumber air tanah tidak memiliki filter, penyerap tambahan harus dipasang.

Kapasitas karbon yang digunakan dan jumlah waktu yang dibutuhkan air untuk bersentuhan dengan karbon merupakan dua faktor yang mempengaruhi masa pakai GAC. Waktu kontak yang umum adalah antara lima sampai tiga puluh menit. Kemampuan GAC untuk bahan organik tertentu sangat bervariasi, yang mungkin memiliki dampak yang cukup besar pada masa pakai. Pasokan air memiliki dampak yang signifikan terhadap kapasitas karbon, dan keberadaan molekul organik secara signifikan menurunkannya. Kelarutan dalam air dan koefisien partisi *oktanol*-air adalah dua karakteristik zat yang mempengaruhi absorpsinya ke karbon aktif. Bahan kimia yang sulit larut dan memiliki koefisien partisi *oktanol*-air yang tinggi cenderung menyerap dengan baik.

Pestisida, polutan organik lainnya, zat-zat penyebab rasa dan bau, racun *sianobakteri*, dan total karbon organik semuanya dihilangkan dengan menggunakan karbon aktif.

Pertukaran Ion

Proses yang dikenal sebagai pertukaran ion melibatkan pertukaran ion dengan muatan yang sama antara fase resin padat dan fase air. Penukaran kation digunakan untuk melunakkan air. Ketika air dilewatkan di atas lapisan resin *kationik*, ion natrium menggantikan ion kalsium dan ion magnesium yang seharusnya masuk ke dalam air. Larutan natrium klorida digunakan untuk memperbarui resin penukar ion setelah ion natrium habis.

Prosedur "delokalisasi" juga memiliki kemampuan untuk melunakkan air. Ion hidrogen menggantikan ion kalsium dan akhirnya ion magnesium ketika air dialirkan melalui lapisan resin yang agak asam. Karbon dioksida tercipta ketika ion hidrogen berinteraksi dengan ion karbonat dan bikarbonat. Dengan demikian, kesadahan air berkurang tanpa meningkatkan kadar garam.

Hasilnya, kesadahan air berkurang tanpa meningkatkan kadar garam. Nitrat, *fluorida*, *arsenat*, dan uranium (sebagai anion uranyl), yang ditukar dengan klorida, semuanya dapat dihilangkan dengan penukaran anion. Untuk tujuan ini, berbagai resin yang sesuai tersedia.

Penukar ion umumnya mencakup dua atau lebih lapisan resin yang tertutup dalam cangkang bertekanan dengan pompa, saluran pipa, dan peralatan bantu regenerasi yang diperlukan. Tabung bertekanan umumnya memiliki diameter hingga 4 m dan kedalaman resin 0,6 hingga 1,5 m. Logam berat tertentu dapat dihilangkan melalui pertukaran kation. Selain penghilangan nitrat, penghilangan spesies arsenik dan selenium adalah penggunaan lain yang mungkin untuk resin *anionik*.

Proses Membran

Proses *reverse osmosis*, *ultrafiltrasi*, *mikrofiltrasi*, dan *nanofiltrasi* adalah empat proses membran yang paling signifikan dalam pengolahan air. Prosedur-prosedur ini sebelumnya digunakan untuk memproduksi air untuk keperluan industri atau pengobatan, tetapi saat ini digunakan untuk memurnikan air minum.

5.5.2 Desinfeksi

Cara lain untuk disinfeksi termasuk klorinasi, penggunaan klorin dioksida dan sinar UV, serta beberapa cara disinfeksi yang dapat diterapkan dalam pengaturan skala kecil, seperti untuk air rumah tangga.

Klorin encer bereaksi dengan amonia membentuk *kloramin* (monokloramin, dikloramin, dan trichloramin, atau nitrogen triklorida). Satu-satunya desinfektan *kloramin* yang efektif adalah *monokloramin*, dan proses *kloraminasi* diatur untuk secara eksklusif menciptakan *monokloramin*. *Monokloramin* adalah desinfektan sekunder yang menarik untuk pengawetan residu sistem distribusi yang stabil karena tahan lama namun kurang efisien dibandingkan klorin bebas dalam mencegah penyakit.

Dengan menambahkan gas klorin atau larutan klorin encer ke natrium klorit encer, klorin dioksida sering kali diproduksi sebelum aplikasi. Di dalam air, klorin dioksida terurai menghasilkan klorit dan klorat. Antara 180 dan 320 nm dalam panjang gelombang, radiasi UV yang dipancarkan oleh lampu busur merkuri bertekanan rendah atau sedang bersifat *biosidal*. Protozoa, bakteri, bakteriofag, ragi, virus, jamur, dan ganggang dapat dibunuh dengan radiasi ini.

Desinfeksi UV dapat terhambat oleh kekeruhan. Ketika dikombinasikan dengan ozon atau hidrogen peroksida, sinar UV dapat berfungsi sebagai katalisator dalam proses oksidasi.

Banyak metode desinfeksi sedang dikembangkan, dan metode ini sering digunakan dalam pengaturan skala kecil seperti rumah dan jalur masuk sistem pengolahan air. Beberapa di antaranya, seperti bromin dan yodium, tampaknya memiliki potensi untuk digunakan secara luas. Seperti klorin, bromin dan yodium adalah halogen dan merupakan biosida yang terkenal. Yodium sering digunakan untuk tujuan jangka pendek, seperti oleh pengguna di lokasi dengan kualitas air yang tidak menentu.

Untuk beberapa mikroba, berbagai bentuk perak dapat digunakan sebagai *bakteriostat* atau bahkan sebagai desinfektan yang bekerja lambat; namun, tidak ada penelitian yang dipublikasikan dengan tinjauan sejawat yang dapat diandalkan untuk mengukur penggunaan yang terakhir ini. Untuk memberikan saran yang tepat tentang potensi penggunaan yang lebih luas, diperlukan pemeriksaan yang lebih rinci tentang efektivitas *biosidal*, kemungkinan produk sampingan desinfeksi, bahaya dari paparan jangka panjang, dan situasi aplikasi untuk bahan kimia pengolahan yang jarang digunakan ini.

5.5.3 Ozonisasi

Ozon adalah oksidan kuat yang dapat digunakan untuk memurnikan air dengan berbagai cara, termasuk dengan mengoksidasi senyawa organik. Salah satu pilihan desinfektan utama adalah ozon. Udara kering atau oksigen dilewatkan melalui medan listrik bertegangan tinggi untuk menghasilkan gas ozon (O₃).

Melalui *diffuser* berpori di bagian bawah tangki kontak tertutup, udara yang diperkaya ozon yang dihasilkan segera disuntikkan ke dalam air. Masa kontak 10-20 menit dilakukan oleh tangki kontak, yang biasanya sedalam 5 m. Seharusnya memungkinkan untuk melarutkan setidaknya 80% dari ozon yang diterapkan, dengan 20% sisanya terkandung dalam gas yang dikirim melalui perusak ozon dan dilepaskan ke atmosfer.

Konsentrasi target harus dicapai setelah interaksi kontak tertentu agar ozonisasi menjadi efektif. Ini adalah praktik umum untuk menggunakan residu sekitar 0,5 mg / l setelah waktu kontak hingga 20 menit untuk oksidasi senyawa organik, seperti insektisida yang dapat dioksidasi. Tergantung pada jenis air yang digunakan, dosis 2 hingga 5 mg/l biasanya diperlukan untuk mencapai hal ini.

Karena kebutuhan ozon dari bahan latar belakang organik, dosis yang lebih tinggi diperlukan untuk air yang tidak diolah.

Seperti yang diukur oleh karbon organik yang dapat diasimilasi, ozon berinteraksi dengan bahan organik alami untuk meningkatkan kemampuannya terurai secara hayati. Karena ozon tidak meninggalkan desinfeksi, ozon biasanya digunakan bersama dengan pengolahan lain, seperti penyaringan biologis atau karbon aktif *granular* (GAC), untuk menghilangkan bahan organik yang dapat terurai secara hayati dan mencegah pembentukan mikroorganisme yang tidak diinginkan dalam distribusi. Banyak insektisida dan senyawa organik lainnya yang berbeda dapat didegradasi menggunakan ozon.

Air minum tidak boleh mengandung bakteri berbahaya yang dapat menyebabkan penyakit, terutama gangguan pada sistem pencernaan, seperti bakteri coliform, sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 907/Menkes/SK/VII/2002. Air minum tidak boleh mengandung lebih dari 0 bakteri coliform per 100 ml.

Jenis Air Minum

Sebagaimana ditetapkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum.

1. Air yang disalurkan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga.
2. Air yang disalurkan dari tangki air.
3. Air dalam kemasan.
4. Air yang digunakan untuk memproduksi makanan dan minuman yang didistribusikan kepada masyarakat umum.

Persyaratan Air Minum

Keadaan di setiap negara, serta kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, berdampak pada jumlah air minum yang dibutuhkan. Standar persyaratan kualitas air minum dibuat ketika dunia mengalami krisis air sebagai akibat dari penurunan kualitas air yang disebabkan oleh polusi. Departemen Kesehatan menetapkan persyaratan kualitas air di Indonesia mulai tahun 1975, yang kemudian disempurnakan pada tahun 1990 dan 2002.

Persyaratan Bakteriologis, Kimiawi, Radioaktif, dan Fisik termasuk dalam persyaratan kualitas air minum dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik

Indonesia Nomor: 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum.

Kualitas Air Minum

Air minum yang jernih, tidak berasa, tidak berbau, dan tidak berwarna sangat ideal. Selain itu, air minum harus bebas dari mikroorganisme patogen dan makhluk hidup lain yang berbahaya bagi kesehatan manusia, tidak mengandung bahan kimia yang dapat mengganggu proses fisik, enak dipandang, dan tidak merugikan secara ekonomi.

Diperlukan untuk menetapkan standar air minum, yang merupakan undang-undang yang memberikan saran tentang kontaminasi berbagai kriteria yang seharusnya diizinkan dalam air minum, berdasarkan pembenaran ini. Tergantung pada perkembangan sosiokultural dan teknis masing-masing negara, persyaratan ini ditetapkan secara berbeda.

Menemukan metode pengolahan air dengan harga yang terjangkau sangat penting bagi negara berkembang seperti Indonesia agar pasokan air masyarakat dapat dianggap layak dan berkualitas. Karakteristik fisik, kimia, biologi, dan radiologi semuanya diperlukan.

Standard Air Minum

Persyaratan kualitas air minum umumnya didasarkan pada keadaan di setiap negara, kemajuan penelitian, dan kemajuan teknologi. Standar air minum yang relevan di Indonesia dibuat pada tahun 1975 dan kemudian disempurnakan pada tahun 1990 dan 2002. Banyak pihak berwenang menyatakan bahwa banyak sumber air minum yang masih belum memenuhi persyaratan ini. Hal ini mungkin disebabkan oleh keterbatasan teknologi, pengetahuan, sosial ekonomi, atau budaya.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 01 3553 - 1996 dari Departemen Perindustrian dan Perdagangan menyatakan bahwa batas maksimum angka bakteri total adalah 100 koloni/ml, dan Peraturan Menteri Kesehatan nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 menyatakan bahwa air minum harus memenuhi persyaratan termasuk tingkat kontaminasi 0 koloni/100 ml untuk keberadaan bakteri *coliform*. Kedua standar nasional ini mengatur kualitas air minum.

5.5.4 Kualitas Air Minum

Aturan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/PER/IV/2010 untuk menentukan standar minimum air minum di Indonesia.

Tabel 5.1: Aturan Menteri Tentang Standar Air Minum

Parameter	Satuan	Persyaratan
Kimia		
Besi	mg/L	0,3
Kesadahan Sebagai CaCO ₃	mg/L	500
Klorida	mg/L	250
Mangan	mg/L	0,1
Seng	mg/L	3
Sulfat	mg/L	250
Tembaga	mg/L	1
Klorin	mg/L	5
Amonium	mg/L	0,15
Amonia	mg/L	1,5
Arsen	mg/L	0,01
Fluorida	mg/L	1,5
Krom heksavalen	mg/L	0,05
Kadmium	mg/L	0,003
Nitrat	mg/L	50
Nitrit	mg/L	3
Sianida	mg/L	0,07
Timbal	mg/L	0,01
Raksa	mg/L	0,001
Selenium	mg/L	0,010
Fisika		
pH		6,5-8,5
Bau		Tidak berbau
Rasa		Tidak berasa
Warna	Cu	15
TDS	mg/L	500
Kekeruhan	NTU	5
Suhu	0C	Suhu Udara +-30C
Mikrobiologi		
Ecoli	Jumlah/100 m	0
Total Koliform	Jumlah/100 m	0

Bab 6

Permasalahan Pengadaan Air Bersih

6.1 Pendahuluan

Air adalah salah satu unsur esensial dalam kehidupan manusia dan ekosistem. Ketersediaan air bersih yang memadai adalah faktor penting dalam mendukung kehidupan manusia, pertanian, industri, dan keberlanjutan lingkungan. Namun, di banyak bagian dunia pengadaan air bersih menjadi permasalahan yang serius. Permasalahan pengadaan air bersih melibatkan sejumlah tantangan kompleks yang meliputi ketersediaan sumber daya air, kualitas air, distribusi yang adil, pengelolaan yang efisien, dan dampak perubahan iklim.

Pemerintah Daerah maupun Pemerintah Pusat telah berupaya menyelenggarakan pengadaan air bersih untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi seluruh masyarakat bekerja sama dengan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dalam meningkatkan kinerja pelayanannya termasuk kinerjanya secara keseluruhan (Nasution, A., dkk, 2021).

Namun, dalam implementasinya, berbagai permasalahan yang terjadi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:

1. kelangkaan air;
2. pertumbuhan penduduk dan permintaan air yang meningkat;
3. perubahan iklim;
4. kurangnya kesadaran masyarakat terhadap air bersih;
5. ketersediaan sumber air alternatif;
6. infrastruktur yang tidak memadai, dan;
7. kesehatan masyarakat dan lingkungan.

Dalam pembahasan ini, kita akan menjelajahi berbagai aspek terkait dengan pengadaan air bersih, termasuk permasalahan yang muncul, penyebabnya dan solusi yang dapat diambil untuk menjaga akses masyarakat terhadap air bersih yang aman dan berkelanjutan. Dengan pemahaman yang lebih dalam tentang permasalahan ini, kita dapat bekerja bersama untuk mengatasi tantangan pengadaan air bersih dan menjaga sumber daya berharga ini agar tetap tersedia bagi generasi masa depan. Permasalahan pengadaan air bersih yang sering terjadi akan dibahas pada bab ini.

6.2 Kelangkaan Air Bersih

Kelangkaan air adalah kondisi dimana ketersediaan air bersih tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan manusia, ekosistem dan sektor lainnya yang bergantung pada air. Kelangkaan air terjadi ketika permintaan akan air melebihi jumlah air yang tersedia dalam suatu wilayah atau ketika kualitas air tidak memenuhi standar yang diperlukan untuk penggunaan yang aman dan berkelanjutan.

Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk pertumbuhan populasi, perubahan iklim, penggunaan air yang tidak berkelanjutan, dan polusi air. Kelangkaan air dapat berdampak serius pada kesehatan manusia, pertanian industri dan lingkungan, sehingga menjadi tantangan utama dalam pengelolaan sumber daya air di seluruh dunia.

Kelangkaan air dapat bersifat jangka pendek maupun jangka panjang tergantung pada faktor-faktor seperti perubahan iklim, pertumbuhan penduduk, dan

penggunaan air yang berlebihan. Kondisi kelangkaan air Kondisi kelangkaan air ditunjukkan oleh jumlah kebutuhan yang melebihi kemampuan penyediaannya serta tidak terpenuhinya persyaratan layanan air bersih sehingga berpotensi menimbulkan dampak negatif (Ninin Gusdini, N., dkk, 2016).

Kelangkaan air dapat bersifat jangka pendek atau jangka panjang, tergantung pada faktor-faktor seperti perubahan iklim, pertumbuhan penduduk, dan penggunaan air yang berlebihan

Berikut adalah beberapa aspek yang menyebabkan masalah kelangkaan air:

1. Pertumbuhan penduduk dan permintaan air yang meningkat
Pertumbuhan populasi manusia yang cepat dapat mengakibatkan peningkatan permintaan air untuk konsumsi, pertanian, dan industri. Permintaan air yang terus meningkat dapat melampaui kapasitas pasokan air yang tersedia.
2. Penggunaan air yang tidak berkelanjutan
Praktik penggunaan air yang tidak efisien dan berkelanjutan dalam sektor pertanian, industri, dan domestik dapat menguras pasokan air. Kegiatan pertambangan, industri besar, dan irigasi yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan air.
3. Perubahan iklim dan variabilitas curah hujan
Perubahan iklim dapat mempengaruhi pola curah hujan dan menyebabkan kekeringan atau peningkatan kejadian banjir yang dapat mengganggu pasokan air. Variabilitas musiman dan fluktuasi cuaca juga dapat mempengaruhi ketersediaan air.
4. Degradasi sumber air
Deforestasi, degradasi lahan, dan pencemaran lingkungan dapat mengurangi kapasitas ekosistem untuk menyimpan dan mengalirkan air. Pencemaran air oleh limbah industri, pertanian, dan domestik dapat membuat air sulit atau tidak layak untuk dikonsumsi.
5. Pengelolaan sumber daya air yang buruk
Manajemen yang tidak efektif terhadap sumber daya air, termasuk kebijakan yang tidak sesuai dan kurangnya perencanaan, dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan air.

Konflik antara berbagai sektor yang bersaing untuk sumber daya air juga dapat mengakibatkan kelangkaan.

6. Kehilangan air melalui penguapan dan evaporasi
Penguapan air dari permukaan tanah dan permukaan air dapat menyebabkan hilangnya air tanpa dimanfaatkan oleh manusia atau ekosistem. Pemanasan global dapat meningkatkan tingkat penguapan, yang dapat memperburuk kelangkaan air.
7. Ketergantungan pada sumber air tertentu
Ketergantungan yang berlebihan pada satu atau beberapa sumber air tertentu, seperti sungai atau akuifer, dapat mengakibatkan penurunan kualitas dan kuantitas air.
8. Krisis air dalam konflik
Konflik politik atau sosial dapat mempengaruhi akses dan distribusi air, mengakibatkan kelangkaan air sebagai alat tekanan atau bentuk pengendalian.
9. Kesadaran dan edukasi masyarakat
Kurangnya kesadaran akan pentingnya pengelolaan air bersih dan praktik penghematan air di kalangan masyarakat dapat memperburuk kelangkaan air.
10. Pertumbuhan ekonomi yang cepat
Pertumbuhan industri dan urbanisasi yang cepat dapat memicu permintaan air yang tinggi, mengakibatkan tekanan pada pasokan air yang ada.

6.3 Pertumbuhan Penduduk dan Permintaan Air yang Meningkat

Pertumbuhan penduduk dan peningkatan permintaan air adalah dua faktor utama yang menyebabkan permasalahan dalam pengadaan air bersih. Berikut adalah penjelasan mengenai bagaimana kedua faktor ini dapat memengaruhi ketersediaan air bersih:

Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk yang pesat merupakan salah satu faktor penyebab permasalahan dalam pengadaan air bersih. Bertambahnya penduduk suatu daerah menyebabkan meningkatnya permintaan air bersih. Ketika populasi suatu wilayah tumbuh, permintaan akan air bersih juga meningkat. Lebih banyak orang membutuhkan air untuk minum, memasak, mandi, sanitasi, dan kebutuhan sehari-hari lainnya.

Pertumbuhan penduduk yang cepat dapat memberikan tekanan besar pada sumber daya air di suatu daerah. Sumber-sumber air yang ada mungkin tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan semua orang, terutama jika tidak ada manajemen yang efisien. Selain itu, untuk mencukupi kebutuhan air yang meningkat, sering kali sumber daya air dieksploitasi secara berlebihan. Hal ini dapat menyebabkan penurunan tingkat air tanah, kekeringan, dan penurunan kualitas air.

Permintaan Air yang Meningkat

Meningkatnya permintaan air merupakan permasalahan yang dihadapi dalam penyediaan air bersih. Peningkatan permintaan air biasanya dipengaruhi oleh pertumbuhan ekonomi. Ketika ekonomi suatu wilayah berkembang, sektor-sektor seperti industri, pertanian, dan perumahan membutuhkan lebih banyak air untuk keperluan produksi dan konsumsi.

Sebagai contoh dalam bidang pertanian, untuk memenuhi kebutuhan manusia maka bidang pertanian memperluas dan meningkatkan produksi hasil pertanian. Pertanian adalah salah satu sektor terbesar yang menggunakan air. Permintaan air yang tinggi dalam pertanian, terutama pada sistem irigasi, dapat bersaing dengan kebutuhan air bersih untuk konsumsi manusia. Faktor urbanisasi juga dapat meningkatkan jumlah permintaan akan air bersih.

Peningkatan urbanisasi berarti lebih banyak orang tinggal di perkotaan yang sering kali membutuhkan infrastruktur air bersih yang memadai. Air juga dibutuhkan untuk memadamkan kebakaran dan memberikan layanan publik lainnya. Sektor lainnya adalah bidang industri. Industri memerlukan air dalam berbagai proses produksi. Permintaan air industri dapat sangat tinggi terutama dalam sektor-sektor yang berat seperti kimia dan manufaktur.

Dalam situasi di mana pertumbuhan penduduk dan permintaan air meningkat tanpa pengelolaan yang efisien dan konservasi yang memadai, terjadi tekanan besar pada sumber daya air. Hal ini dapat mengakibatkan kelangkaan air, yang

pada gilirannya dapat memengaruhi ketersediaan air bersih untuk minum, sanitasi, pertanian, dan industri.

Oleh karena itu, manajemen yang bijaksana dalam penggunaan sumber daya air, termasuk pengembangan sumber air alternatif dan praktik konservasi, sangat penting untuk mengatasi permasalahan dalam pengadaan air bersih yang disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan permintaan yang meningkat.

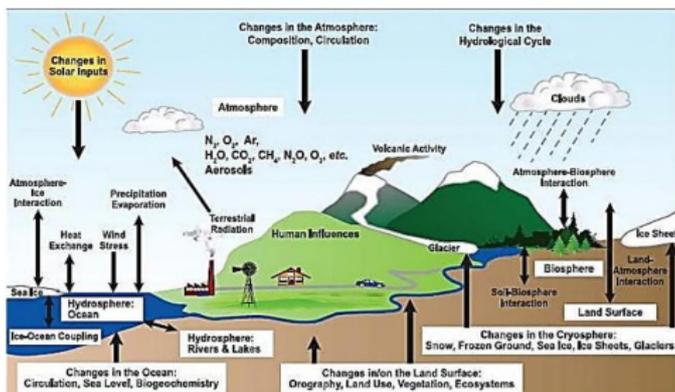
6.4 Perubahan Iklim

Perubahan iklim merupakan perubahan baik pola intensitas unsur iklim pada periode waktu yang dapat dibandingkan dalam kurun waktu tertentu berupa perubahan rata-rata cuaca ekstrem, berubahnya pola musim dan peningkatan luasan daerah kekeringan (Sumampouw, O. J., 2019). Perubahan iklim merujuk pada perubahan dalam pola cuaca jangka panjang di seluruh dunia. Ini mencakup berbagai perubahan, seperti peningkatan suhu rata-rata global, perubahan pola hujan, peningkatan intensitas cuaca ekstrem seperti badai, kekeringan, dan banjir, serta perubahan dalam musim dan tingkat air laut.

Perubahan iklim terutama disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca dalam atmosfer, yang menyebabkan efek pemanasan global. Aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil (seperti minyak, batu bara, dan gas alam), deforestasi, dan pertanian intensif, telah meningkatkan konsentrasi gas-gas ini dalam atmosfer.

Akibatnya, energi matahari yang biasanya dipantulkan kembali ke luar angkasa oleh bumi sebagian besar tertahan di atmosfer, menyebabkan suhu rata-rata global meningkat. Pemanasan global terjadi sebagai akibat meningkatnya emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer yang menyerap sinar ultraviolet dari matahari yang dipancarkan oleh bumi sehingga menyebabkan perubahan iklim global.

Mekanisme sistem iklim di bumi diilustrasikan seperti pada gambar 6.1 berikut ini:



Gambar 6.1: Mekanisme Sistem Iklim (Sumampouw, O. J., 2019)

Siklus dalam sistem iklim akan terjadi perubahan jika bertambahnya bahan-bahan pencemar berupa gas rumah kaca yang berasal dari pencemaran lingkungan oleh aktivitas manusia. Hal ini akan menyebabkan jumlah gas rumah kaca yang menyerap sinar panas yang dipantulkan oleh bumi yang berdampak pada suhu bumi meningkat.

Dampak perubahan iklim mencakup:

1. Pemanasan global: Peningkatan suhu rata-rata global, yang berdampak pada iklim regional dan lokal.
2. Perubahan pola hujan: Perubahan dalam musim hujan dan kemarau yang dapat mengganggu pertanian dan pasokan air.
3. Cuaca ekstrem: Peningkatan kejadian cuaca ekstrem, seperti badai tropis yang lebih kuat, banjir yang lebih sering, dan kekeringan yang lebih parah.
4. Peningkatan volume air laut: Pemanasan global menyebabkan pencairan es kutub dan peningkatan tingkat air laut, yang mengancam pesisir dan kawasan pesisir.
5. Pengaruh pada ekosistem: Perubahan iklim memengaruhi ekosistem darat dan air tawar, yang dapat berdampak pada keberlanjutan sumber daya alam dan kehidupan satwa liar.

6. Ancaman pada keamanan pangan: Perubahan dalam musim tanam dan panen, serta kekeringan dan banjir yang lebih sering, dapat mengganggu pasokan pangan.

Perubahan iklim akan berpengaruh terhadap pasokan air bersih, karena terjadinya perubahan musim kemarau dan musim hujan yang tidak menentu, misalnya terjadi musim kemarau berkepanjangan sehingga jumlah air berkurang, begitu pula sebaliknya pada musim hujan akan terjadi banjir yang mempengaruhi kualitas air bersih.

6.5 Kurangnya Kesadaran Masyarakat Terhadap Air Bersih

Partisipasi Masyarakat dalam menjaga dan mengelola air bersih sangat diperlukan untuk keberlanjutan program pengadaan air bersih. Konsep kesadaran dan edukasi masyarakat tentang pentingnya pengelolaan air bersih merupakan upaya untuk mengubah pola pikir dan perilaku masyarakat terkait penggunaan dan pelestarian sumber daya air. Untuk meningkatkan ketersediaan air bersih perlu adanya partisipasi masyarakat dalam pengelolaan air bersih berkelanjutan (Permatasari, C., dkk, 2018).

Partisipasi masyarakat merupakan ujung tombak dalam keberlanjutan program pengadaan air bersih, karena masyarakat yang berhubungan langsung dalam hal pemanfaatan, pengelolaan dan pemantauan. Tanpa adanya partisipasi masyarakat dalam menjaga, memanfaatkan secara efisien air bersih ini menjadi masalah dan mempengaruhi tersedianya air bersih.

Berikut adalah beberapa aspek yang perlu disosialisasikan kepada masyarakat untuk meningkatkan kesadarannya dalam pengadaan air bersih:

1. Pendidikan lingkungan
 - a. Integrasikan pendidikan lingkungan dan konservasi air dalam kurikulum pendidikan formal dan informal.
 - b. Ajarkan siswa tentang siklus air, sumber daya air, dan dampak buruk dari praktik penggunaan air yang tidak bijak.

2. Kampanye publik
 - a. Lakukan kampanye publik melalui media massa, sosial media, dan acara komunitas untuk menyampaikan pesan tentang pentingnya air bersih.
 - b. Gunakan narasi yang kuat dan data ilmiah untuk mendukung pesan.
3. Partisipasi masyarakat
 - a. Libatkan masyarakat dalam program-program konservasi air dan pengelolaan sumber daya air.
 - b. Berikan ruang bagi masyarakat untuk memberikan masukan dan berkolaborasi dalam perencanaan pengelolaan air.
4. Pelatihan dan workshop
 - a. Selenggarakan pelatihan dan workshop tentang pengelolaan air bersih, konservasi air, dan praktik penggunaan air yang efisien.
 - b. Ajarkan keterampilan praktis seperti memperbaiki kebocoran atau mengatur penggunaan air di rumah.
5. Contoh perilaku positif
 - a. Berikan contoh perilaku positif dalam pengelolaan air kepada masyarakat.
 - b. Libatkan tokoh masyarakat atau selebriti untuk menjadi duta lingkungan yang mengampanyekan pengelolaan air yang bijak.
6. Penyuluhan di komunitas
 - a. Sediakan penyuluhan dan ceramah di komunitas untuk menjelaskan dampak dari praktik penggunaan air yang buruk.
 - b. Diskusikan solusi sederhana yang dapat diimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari.
7. Penyampaian informasi yang mudah dipahami
 - a. Gunakan bahasa yang sederhana dan jelas dalam menyampaikan informasi tentang pentingnya air bersih.
 - b. Gunakan gambar, grafik, dan ilustrasi untuk memudahkan pemahaman.

8. Program inisiatif sekolah
 - a. Libatkan sekolah dalam program-program konservasi air seperti kompetisi penghematan air atau penanaman pohon.
 - b. Dukung siswa dalam mengadopsi praktik penggunaan air yang baik di lingkungan sekolah dan rumah.
9. Kemitraan dan kolaborasi
 - a. Bekerja sama dengan lembaga pendidikan, lsm, perusahaan, dan pemerintah untuk menyebarkan pesan tentang pentingnya pengelolaan air bersih.
 - b. Bangun jaringan yang kuat untuk meningkatkan dampak kampanye.
10. Edukasi teknologi dan inovasi
 - a. Edukasi masyarakat tentang teknologi inovatif yang dapat membantu dalam konservasi air, seperti alat penghemat air dan teknologi desalinasi.
 - b. Tunjukkan manfaat teknologi ini dalam jangka panjang.
11. Pengakuan terhadap distribusi masyarakat
 - a. Akui peran masyarakat dalam menjaga ketersediaan air bersih dan pertahankan apresiasi atas usaha mereka.
 - b. Berikan penghargaan bagi yang berperan aktif dalam menjaga dan mempertahankan ketersediaan air bersih
12. Monitoring dan evaluasi dampak
 - a. Lakukan pemantauan dan evaluasi terhadap kesadaran dan perilaku masyarakat terkait pengelolaan air bersih.
 - b. Gunakan hasil evaluasi untuk melakukan penyesuaian strategi edukasi.

6.6 Ketersediaan Sumber Air Alternatif

Perkembangan suatu daerah menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan air bersih, hal ini seiring dengan pertumbuhan penduduk. Oleh karena itu, sangat penting untuk mencari alternatif sumber air untuk memenuhi kebutuhan

Masyarakat. Untuk mencapai keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air di masa mendatang, diperlukan upaya pengkajian komponen-komponen kebutuhan air, serta efisiensi penggunaan air (Damayanti, Y., 2015).

Konsep ketersediaan sumber air alternatif melibatkan identifikasi dan pemanfaatan sumber daya air yang tidak konvensional atau tidak biasa untuk memenuhi kebutuhan air dalam situasi di mana sumber air tradisional terbatas atau terganggu.

Berikut adalah beberapa jenis sumber air alternatif dan aspek yang terkait dengan konsep ini:

1. Desalinasi air laut
 - a. Desalinasi melibatkan proses menghilangkan garam dari air laut untuk menghasilkan air tawar yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan.
 - b. Teknologi desalinasi semakin berkembang dan dapat menjadi pilihan penting di daerah-daerah yang memiliki akses terbatas terhadap air tawar.
2. Air hujan.
 - a. Pengumpulan dan penyimpanan air hujan dapat menjadi sumber air alternatif yang efektif, terutama di daerah yang memiliki curah hujan yang cukup tinggi.
 - b. Sistem pengumpulan air hujan dapat dibangun di rumah tangga, sekolah, atau bangunan komersial.
3. Air limbah yang dapat didaur ulang (reclaimed water)

Air limbah yang telah melalui proses pengolahan dan penyaringan yang cermat dapat diolah menjadi air yang aman untuk digunakan kembali, seperti irigasi tanaman atau dalam industri.
4. Air tanah dangkal
 - a. Sumber air dari sumur dangkal atau akuifer dangkal dapat dimanfaatkan untuk pasokan air, terutama di daerah pedesaan.
 - b. Perlu memastikan bahwa pengeboran sumur tidak mengganggu ekosistem dan kualitas air tanah tetap terjaga.

5. Air lumpur atau air sungai yang diolah
Pengolahan air lumpur atau air sungai melalui teknologi pengolahan air yang canggih dapat menghasilkan air bersih yang aman untuk digunakan.
6. Pemanfaatan air bekas
Air yang digunakan dalam proses industri atau domestik dapat diolah dan didaur ulang untuk penggunaan kembali dalam keperluan lain.
7. Teknologi penyimpanan air
Pengembangan teknologi penyimpanan air, seperti tangki air berteknologi canggih, dapat membantu mengatasi fluktuasi pasokan air.
8. Pemanfaatan sumber daya alam
Kolaborasi dengan lembaga pelestarian alam untuk memanfaatkan dan mengelola sumber daya air alam seperti danau, rawa, dan sungai dengan bijak.
9. Pembangunan waduk dan bendungan
Pembangunan waduk dan bendungan dapat membantu menyimpan air untuk penggunaan di masa depan, serta mengatur pasokan air.
10. Reklamasi air laut
Proses reklamasi mengambil air dari laut atau air asin lainnya dan menghilangkan garam untuk penggunaan air tawar.
11. Inovasi teknologi
Terus mengembangkan teknologi inovatif untuk mendapatkan air dari sumber yang tidak biasa, seperti teknologi pengumpulan air dari embun, udara, atau kondensasi.
12. Konservasi dan efisiensi air.
 - a. Salah satu sumber air alternatif yang paling kuat adalah konservasi dan penggunaan air yang lebih efisien.
 - b. Melibatkan masyarakat dalam upaya mengurangi pemborosan air dan menggunakan air dengan bijak.

Ketersediaan sumber air alternatif penting untuk mengatasi tantangan ketersediaan air bersih, terutama di daerah yang menghadapi tekanan terhadap sumber daya air konvensional. Namun, pemanfaatan sumber air alternatif juga

memerlukan teknologi yang canggih, perlindungan lingkungan, dan pendekatan berkelanjutan dalam pengelolaan.

6.7 Infrastruktur yang Tidak Memadai

Infrastruktur sangat dibutuhkan dalam pengadaan air bersih, karena infrastruktur merupakan penentu dalam keberhasilan suatu program atau pembangunan (Rifai, B., 2014). Demikian pula dalam pengadaan air bersih, ketersediaan infrastruktur yang memadai sangat menentukan untuk keberlanjutannya.

Infrastruktur yang tidak memadai dalam pengolahan dan distribusi air bersih merujuk pada kondisi di mana sistem dan fasilitas yang digunakan untuk mengolah, menyimpan, dan mendistribusikan air bersih kepada masyarakat tidak efisien, tidak terawat, atau tidak sesuai dengan kebutuhan. Hal ini dapat mengakibatkan permasalahan dalam penyediaan air bersih yang memadai dan berkualitas.

Berikut adalah beberapa aspek yang terkait dengan konsep infrastruktur yang tidak memadai dalam pengolahan dan distribusi air bersih:

1. Kurangnya kapasitas pengolahan air
 - a. Infrastruktur pengolahan air yang tidak cukup mampu mengolah volume air yang dibutuhkan oleh masyarakat dan industri.
 - b. Pengolahan yang tidak memadai dapat mengakibatkan air yang tidak memenuhi standar kualitas.
2. Peralatan tua dan rusak
 - a. Peralatan dan fasilitas yang usang atau rusak dapat menghambat efisiensi operasional dan kualitas pengolahan air.
 - b. Keterlambatan perbaikan dan pemeliharaan peralatan juga dapat mempengaruhi kinerja infrastruktur.
3. Kapasitas penyimpanan yang terbatas
 - a. Kurangnya kapasitas waduk atau tangki penyimpanan air dapat menyebabkan pasokan air yang tidak cukup di saat puncak permintaan.
 - b. Ketidacukupan penyimpanan air juga dapat menyulitkan pengaturan aliran air yang stabil.

4. Kerusakan pipa dan saluran distribusi
 - a. Pipa dan saluran distribusi yang bocor, retak, atau rusak dapat mengakibatkan kebocoran air yang signifikan dan kerugian pasokan.
 - b. Kerusakan juga dapat menyebabkan kontaminasi air oleh masuknya kotoran dari luar.
5. Keterbatasan jangkauan distribusi
 - a. Infrastruktur distribusi yang terbatas dan tidak merata dapat menyebabkan beberapa wilayah atau penduduk sulit mendapatkan pasokan air bersih.
 - b. Wilayah terpencil atau daerah yang sulit diakses mungkin mengalami kesulitan dalam mendapatkan air.
6. Tidak adanya sistem monitoring
 - a. Kurangnya sistem pemantauan yang efektif terhadap kualitas air dan kinerja infrastruktur dapat menghambat deteksi masalah secara dini.
 - b. Tidak adanya informasi *real-time* juga menghambat tindakan respons yang cepat.
7. Ketidacukupan investasi dan pendanaan
 - a. Tidak adanya dana yang memadai untuk investasi dalam pembaruan dan perbaikan infrastruktur dapat menghambat perbaikan yang diperlukan.
 - b. Penghematan dalam investasi infrastruktur dapat berujung pada penurunan kualitas dan ketersediaan air bersih.
8. Kurangnya pengelolaan data dan informasi
Tidak adanya sistem informasi terpadu untuk mengumpulkan dan menganalisis data tentang pasokan dan permintaan air dapat mengakibatkan pengambilan keputusan yang kurang efektif.
9. Kurangnya keterampilan dan pelatihan tenaga kerja
Tenaga kerja yang tidak terlatih atau tidak memiliki keterampilan dalam mengoperasikan infrastruktur pengolahan dan distribusi air dapat mengakibatkan efisiensi rendah dan masalah teknis.

10. Ketergantungan pada teknologi tertentu

Ketergantungan pada teknologi tertentu yang rentan terhadap gangguan atau kegagalan dapat menghambat kelancaran operasi infrastruktur.

11. Kurangnya integrasi dan koordinasi

Tidak adanya koordinasi yang baik antara berbagai elemen infrastruktur dan pihak yang terlibat dalam pengelolaan air bersih.

6.8 Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan

Kesehatan masyarakat dan lingkungan yang berhubungan dengan air bersih memerlukan pendekatan yang terintegrasi, berkelanjutan, dan melibatkan berbagai pihak, dari pemerintah hingga masyarakat, untuk menjaga keberlanjutan dan kesejahteraan bersama. Kesehatan masyarakat diartikan sebagai aplikasi dan kegiatan terpadu antara sanitasi dan pengobatan dalam mencegah penyakit yang melanda penduduk atau masyarakat (Erlina, dkk., 2016).

Konsep kesehatan masyarakat dan lingkungan yang berhubungan dengan air bersih melibatkan interaksi kompleks antara manusia, lingkungan, dan sumber daya air. Kesehatan masyarakat dan lingkungan sangat dipengaruhi oleh kualitas dan ketersediaan air bersih.

Berikut adalah aspek-aspek penting dalam konsep ini:

1. Akses terhadap air bersih

Akses yang merata terhadap air bersih yang aman dan layak sangat penting untuk mencegah penyakit dan memastikan kehidupan yang sehat.

2. Pencegahan penyakit berbasis air

Air bersih yang tidak terkontaminasi mencegah penyebaran penyakit seperti diare, kolera, dan infeksi saluran kemih yang disebabkan oleh air dan sanitasi yang buruk.

3. **Kualitas air yang aman**
Pemantauan dan pemeliharaan kualitas air yang ketat diperlukan untuk mencegah kontaminasi oleh bahan kimia, mikroorganisme patogen, dan polutan lainnya.
4. **Sanitasi yang layak**
Fasilitas sanitasi yang baik seperti toilet dan tempat cuci tangan mendukung kebersihan dan mencegah penyebaran penyakit melalui kontak dengan limbah manusia.
5. **Keselamatan air minum**
Sistem penyediaan air minum yang aman dan terjaga kebersihannya adalah bagian penting dari kesehatan masyarakat untuk mencegah penyakit yang terkait dengan air.
6. **Dampak lingkungan**
Pengambilan air yang berlebihan atau polusi air dapat merusak ekosistem air, mengancam keberlanjutan lingkungan, dan mempengaruhi keseimbangan ekosistem.
7. **Pengelolaan air secara berkelanjutan**
Pengelolaan yang baik terhadap sumber daya air, seperti sungai dan danau, penting untuk memastikan ketersediaan air dalam jangka panjang.
8. **Keseimbangan ekosistem air**
Ketersediaan air bersih yang mencukupi dan kualitas air yang baik penting untuk menjaga ekosistem air, termasuk habitat organisme air dan populasi ikan.
9. **Pengaruh perubahan iklim**
Perubahan iklim dapat mempengaruhi pola curah hujan dan siklus air, yang dapat berdampak pada ketersediaan air dan kesehatan masyarakat.
10. **Kemitraan multi sektor**
Kerja sama antara sektor kesehatan, lingkungan, dan air diperlukan untuk mengatasi kompleksitas isu kesehatan masyarakat dan lingkungan yang terkait dengan air bersih.

11. Pendidikan dan kesadaran masyarakat

Meningkatkan pemahaman masyarakat tentang pentingnya air bersih, praktik sanitasi yang baik, dan perlunya menjaga lingkungan air bersih.

12. Pengurangan pencemaran air

Mengurangi pencemaran air dari sumber-sumber industri, pertanian, dan domestik untuk menjaga kualitas air dan kesehatan manusia.

13. Pengendalian vektor penyakit

Air yang tergenang dapat menjadi tempat perkembangbiakan nyamuk dan vektor penyakit lainnya. Pengelolaan air tergenang penting untuk pencegahan penyakit.

14. Rencana darurat dan respons

Menyiapkan rencana darurat untuk mengatasi ancaman penyakit yang berkaitan dengan air, seperti wabah penyakit terkait air.

Bab 7

Pengolahan Air Sederhana

7.1 Pendahuluan

Seluruh peradaban manusia dan makhluk hidup lainnya dapat lenyap karena kurangnya air yang disebabkan berbagai faktor terutama akibat dari perubahan iklim. Kuantitas dan kualitas air yang sesuai dengan kebutuhan manusia merupakan faktor penting yang menentukan kesehatan hidup manusia.

Kuantitas air berhubungan dengan adanya bahan-bahan lain terutama senyawa-senyawa kimia baik dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik juga adanya mikroorganisme yang memegang peranan penting dalam menentukan komposisi kimia air. Kualitas air yang buruk yang disebabkan adanya berbagai jenis bakteri patogen dan kandungan bahan-bahan kimia berbahaya dapat membunuh berjuta manusia terutama di negara-negara sedang berkembang.

Air dikenal sebagai pelarut universal karena air merupakan pelarut yang sangat baik bagi berbagai jenis zat, baik yang dibutuhkan maupun yang berbahaya bagi kehidupan. Hal tersebut menyebabkan air yang ada di bumi tidak pernah terdapat dalam keadaan murni, tetapi selalu ada senyawa atau mineral/unsur lain yang terkandung di dalamnya. Tergantung pada konsentrasi zat berbahaya yang dikandungnya, air sering kali perlu diolah terlebih dahulu sebelum digunakan untuk keperluan tertentu.

Pengolahan air adalah sejumlah proses yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas air baku baik secara fisika, kimia, maupun biologi, menjadi air yang dapat diterima untuk keperluan atau penggunaan tertentu. Penggunaan air yang dimaksud dapat berupa air minum, air baku untuk air bersih, air untuk proses industri, air untuk kebutuhan medis, rekreasi air, irigasi, dan berbagai penggunaan lainnya.

Pengolahan air sederhana adalah pengolahan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat dengan memanfaatkan bahan-bahan baku dan bahan-bahan untuk proses pengolahan yang tersedia, dapat diperoleh atau dapat dibeli di daerah setempat dengan harga yang terjangkau oleh masyarakat. Begitu pula peralatan yang digunakan bersifat sederhana yang dapat diadakan atau dibuat sendiri oleh masyarakat setempat.

Instalasi Pengolahan Air Sederhana (IPAS) adalah proses penjernihan air minum secara sederhana dengan cara penyaringan melalui antara lain batu, pasir, kerikil, arang tempurung kelapa, arang sekam padi, tanah liat, ijuk, kaporit, kapur, tawas, biji kelor, dan lain-lain dengan sumber air baku berasal dari air permukaan (bukan payau/ laut), air tanah, maupun air hujan, dan air lainnya.

7.2 Air Baku

Air baku adalah air yang tersedia di alam atau lingkungan sekitar yang memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku penyediaan air untuk keperluan atau penggunaan tertentu melalui suatu proses pengolahan yang sesuai. Air baku dapat berupa air sungai, air danau, air sumur, air tanah, air hujan, dan sebagainya, bahkan air laut.

Berdasarkan SNI 6773:2008 tentang Spesifikasi Unit Paket Instalasi Pengolahan Air dan SNI 6774:2008 tentang Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, yang disebut air baku adalah: “air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum”. Sumber air baku bisa berasal dari sungai, danau, sumur air dalam, mata air dan bisa juga dibuat dengan cara membendung air buangan atau air laut (Novia, dkk 2019).

Menurut Budiono dan Sumardiono (2013), sebenarnya 80% dari permukaan bumi ini tertutup oleh air sehingga persediaan air di bumi sangat melimpah.

Namun demikian, sebagian besar dari persediaan tersebut yaitu 96,5% berupa air laut dan hanya sekitar 2,5% yang berupa air tawar. Dari persediaan air tawar tersebut, ternyata 68,7% berupa salju yang terjebak di kutub bumi dan hanya sekitar 31 % saja yang berupa air tanah. Oleh karena itu, dari keseluruhan jumlah air yang tersedia di bumi, hanya sekitar 0,8% saja yang bisa digunakan secara langsung untuk keperluan manusia.

Tabel 7.1: Distribusi Jumlah Air yang Terdapat di Bumi (Budiyono dan Sumardiono, 2013)

Jenis Air	Jumlah Km ³	Persentase %
Air laut	1.338x10 ⁶	96,5
Air tawar	35,03x10 ⁶	2,53(100)*)
Salju	24,06x10 ⁶	1,74(68,7)
Air tanah	10,85x10 ⁶	0,78(31,0)
Uap air (di udara)	0,01x10 ⁶	0,0007 (0,03)
Danau	0,108x10 ⁶	0,008(0,29)
Sungai	0,002x10 ⁶	0,00015(0,006)
Lain-lain	12,97x10 ⁶	0,97
Total	1.386x10 ⁶	100

*Keterangan: *) = persentase relatif terhadap jumlah air tawar*

Semua jenis air yang terdapat pada tabel 7.1 diatas pada dasarnya dapat digunakan sebagai bahan baku untuk diolah menjadi air minum atau air untuk penggunaan/keperluan lainnya. Akan tetapi, setiap air tersebut memiliki karakteristik dan kualitas yang berbeda-beda tergantung kondisi lingkungan dimana air tersebut berada sehingga proses pengolahan yang dibutuhkan untuk menjadikannya air minum pun tentu akan berbeda pula.

Dengan demikian karakterisasi terhadap air yang akan digunakan sebagai air baku untuk proses pengolahan air sederhana perlu dilakukan guna mengetahui jenis proses pengolahan yang sesuai untuk diterapkan, begitu pula alat pengolahan sederhana yang perlu dibuat/digunakan.

Adapun karakteristik berbagai jenis air parameter uji untuk mengetahui karakteristik berbagai jenis air disajikan dalam tabel 7.2 berikut:

Tabel 7.2: Analisis Kimia yang Umum Untuk Uji Karakteristik Kimia Air (Budiyono dan Sumardiono, 2013)

No.	Uji	Keterangan/Symbol	Penggunaan Hasil Pengujian
1	pH	$\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+]$	Untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasahan suatu larutan encer
2	Kation terlarut:		Untuk menentukan komposisi kimia ionik air dan untuk mengkaji kelayakan air untuk berbagai alternatif penggunaan.
	Kalsium	Ca^{2+}	
	Magnesium	Mg^{2+}	
	Kalium	K^+	
	Natrium	Na^+	
3.	Anion terlarut:		Untuk menentukan komposisi kimia ionik air dan untuk mengkaji kelayakan air untuk berbagai alternatif penggunaan.
	Bikarbonat	HCO_3^-	
	Karbonat	$\text{CO}_3^{=}$	
	Klorida	Cl^-	
	Hidroksida	OH^-	
	Nitrat	NO_3^-	
	Sulfat	$\text{SO}_4^{=}$	
4.	Alkalinitas	$\Sigma \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=} + \text{OH}^-$	Untuk mengukur kapasitas air untuk menetralkan asam.
5.	Keasaman (acidity)		Untuk mengukur jumlah basa yang diperlukan untuk menetralkan air.
6.	Karbon dioksida	CO_2	Untuk mengkaji tingkat <i>korositas</i> air dan keperluan dosis bahan kimia pada pengolahan secara kimia, dapat digunakan untuk memperkirakan pH bila konsentrasi bikarbonat diketahui.
7.	Kesadahan	Σ kation multivalensi	Untuk mengukur kapasitas konsumsi sabun dan kecenderungan air untuk membentuk kerak.
8.	Konduktivitas	Σ mhos (micromhos)/cm pada 25°C	Untuk memperkirakan total padatan terlarut atau <i>check</i> terhadap hasil analisa lengkap (TDS) = 0,55-0,7 x konduktivitas sampel.

7.3 Bahan Pengolahan Air

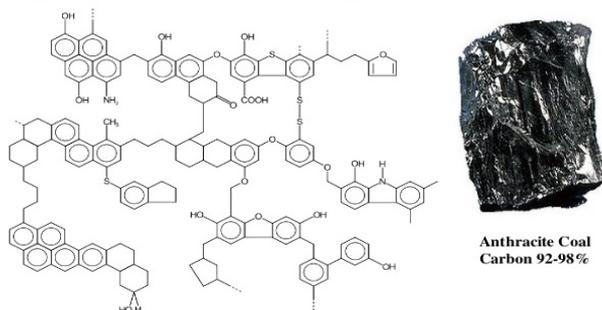
Berbagai jenis bahan baik bahan alamiah maupun sintetik dapat menjadi pilihan dalam pengolahan air termasuk dalam pengolahan air sederhana. Pemilihan bahan tergantung terutama pada kualitas air baku dan teknologi yang diterapkan.

Mashuri (2017) menguraikan beberapa bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan air yakni karbon aktif, kapur, tawas, zeolit, kaporit, dan pasir silika. Sutikno, dkk. (2022) menggunakan material filter terdiri dari batu koral, ijuk, batu zeolite, batu split, ijuk, karbon aktif dan pasir. Sedangkan Manurung, dkk. (2020) menggunakan beberapa bahan sebagai media filter yakni batu zeolit, karbon aktif, kerikil/pasir silika, dan kapas.

Karbon Aktif

Menurut Mashuri (2017), karbon aktif dapat didefinisikan dalam tiga kategori, yakni berdasarkan komponen penyusunnya, berdasarkan pada strukturnya, dan berdasarkan pada proses pembuatannya. Berdasarkan bahan penyusunnya, yang dimaksud dengan karbon aktif adalah suatu padatan yang tersusun dari hampir 100% unsur karbon.

(Depending upon source, structure may be widely different)



Gambar 7.1: Struktur Kimia Karbon Aktif (Shalahuddin, 2016)

Berdasarkan strukturnya, karbon aktif merupakan suatu jaringan karbon amorf berwarna hitam dengan luas permukaan pori mencapai $3.500 \text{ m}^2/\text{gram}$ dan dapat berbentuk serbuk, butiran, maupun bongkahan. Sedangkan berdasarkan proses pembuatannya, yang dimaksud dengan karbon aktif adalah bahan karbon yang dibentuk melalui proses fisika maupun kimia agar memiliki sifat adsorpsi

tertentu untuk dapat dipergunakan dalam berbagai keperluan khususnya bidang industri.

Karbon aktif adalah karbon yang sudah diaktifkan sehingga pori-porinya terbuka dengan demikian daya serapnya semakin tinggi. Karbon aktif terdiri dari pelat-pelat datar, yang disusun oleh atom-atom karbon (C) yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagon. Karbon aktif dapat dibuat dari hampir semua bahan yang mengandung unsur karbon, baik itu dari tumbuhan, binatang, dan limbah buangan dari industri.

Kapur

Kapur merupakan salah satu bahan penting dalam proses dahulu kala. Masyarakat Mesir kuno mempergunakan kapur untuk memperkuat dinding bangunan mereka. Di Indonesia kapur juga sudah lama dikenal sebagai bahan ikat dalam pembuatan tembok, pilar, dan lainnya (proses pembangunan). Kapur yang dipergunakan sebagai bahan bangunan terbagi menjadi dua jenis, yaitu kapur pemutih dan kapur aduk. Kedua macam kapur tersebut terdapat dalam bentuk kapur tohor maupun kapur padam.

Bahan dasar kapur adalah batu kapur. Batu kapur mengandung kalsium karbonat (CaCO_3). Dengan pemanasan kira-kira 980°C karbon oksida dari kalsium karbonat akan terpisah dan menyisakan CaO . Sifat kimia maupun fisika bahan dasar yang mengandung kapur akan memiliki perbedaan antara yang satu dengan lainnya. Bahkan dalam satu tempat (lokasi) pembuatan kapur pun sifatnya belum tentu sama. CaO yang dihasilkan melalui proses pemanasan ini selanjutnya disebut '*quicklime*'.

Penambahan kapur pada air baku dapat meningkatkan kadar kebasaaan air baku tersebut. Untuk itu penggunaan kapur dalam pengolahan air baku biasanya dilakukan untuk air dengan kadar keasaman yang tinggi atau dengan pH rendah (pH di bawah 7 atau kondisi netral). Penambahan kapur harus ditakar dengan baik untuk mempertimbangkan berbagai pengaruh yang dapat dihasilkan dalam pengolahan air baku menjadi air layak konsumsi. Jika kapur yang ditambahkan terlalu banyak maka air baku yang dimiliki dapat bersifat terlalu basa sehingga air baku tersebut akan rusak dan tidak dapat dipergunakan pada tahapan selanjutnya.

Tawas

Tawas atau biasa disebut dengan alum, merupakan suatu senyawa aluminium sulfat dengan rumus kimia $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Pembuatan tawas dapat

dilaksanakan dengan melarutkan material yang mengandung aluminium oksida (Al_2O_3) dalam larutan asam sulfat. Salah satu sumber Al_2O_3 di alam terdapat dalam tanah kaolin. Reaksi antara kaolin dengan larutan asam sulfat akan menghasilkan larutan aluminium sulfat.

Tawas padat diperoleh dari proses kristalisasi larutan jenuh aluminium sulfat. Kaolin adalah bahan tambang alam yang merupakan salah satu jenis tanah lempung (clay) yang tersusun berwarna putih keabu-abuan. Sebagai salah satu bahan tambang, oksida, magnesium oksida, kalium oksida, natrium oksida, besi oksida, dan lain-lain (Othmer, 1993 dalam Mashuri, 2017).

Kaolin banyak dipergunakan pada industri kertas. Pada industri kertas, kaolin berfungsi sebagai bahan pengisi pulp yang akan menambah berat, memberikan warna yang lebih putih, memberikan kekuatan pada kertas sehingga tidak mudah koyak, dan memberikan efek transparan. Pada kertas koran terkandung kira-kira 2% komposisi kaolin, sedangkan pada kertas yang lebih baik bisa mengandung kaolin sampai dengan 30%. Sudah sejak lama tanah kaolin digunakan pada industri seperti industri kertas, keramik, cat karet, tinta, kulit sintetis, dan minyak kelapa sawit. Bahkan kaolin telah banyak dipergunakan pada insektisida, pupuk, dan plastik.

Proses pembuatan tawas dari kaolin akan menghasilkan produk samping berupa padatan atau residu dalam jumlah yang cukup besar, yaitu 60% lebih dari jumlah kaolin yang dilarutkan dalam asam sulfat. Hal ini terjadi karena kadar alumina dalam kaolin relatif rendah, kurang dari 40%. Pembuatan tawas dari kaolin dilakukan dengan cara mereaksikan kaolin dengan asam sulfat, kemudian disaring dan dipisahkan filtratnya sebagai aluminium sulfat cair. Tawas padat diperoleh dengan cara mengupaskan tawas cair sampai pada kekentalan tertentu dan kemudian didinginkan pada suhu kamar, sehingga membentuk kristal.

Selain kaolin, tawas juga dapat dibuat dari bahan bauksit yang mengandung aluminium lebih tinggi dibandingkan dengan kaolin. Selain menggunakan bahan tanah kaolin, pembuatan tawas juga dapat dilakukan dengan menggunakan sumber aluminium yang ada.

Pasir Aktif

Menurut Manurung, dkk. (2020), pasir aktif berfungsi untuk menghilangkan kandungan besi (Fe^{2+}), menghilangkan sedikit Mangan (Mn^{2+}) dan warna kuning pada air tanah atau sumber air lainnya. Fe dan Mn dalam air biasanya

diturunkan dengan cara aerasi air pada $\text{pH} > 7$ sehingga kedua logam ini mengendap sebagai oksidanya.

Zeolit

Zeolit adalah senyawa zat kimia *alumino-silikat* berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Zeolit juga sering disebut sebagai *molecular sieve*' atau *molecular mesh*' (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler sehingga mampu memisahkan atau menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Zeolit mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misalnya zeolit melepas natrium dan digantikan kalsium atau magnesium pada proses pelunakan air.

Zeolite merupakan salah satu bahan yang dapat menjernihkan air. Upaya penjernihan air tersebut merujuk pada *treatment* menghilangkan dan memfilter partikel ketidakmurnian pada air, seperti mikroorganisme, *Suspended Solids* atau *Dissolved Substances* pada berbagai jenis air.

Berdasarkan proses terbentuknya, zeolit dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu zeolit alami dan zeolit sintetik atau buatan. Zeolit alami terbentuk selama ribuan tahun dalam bentuk sedimen yang terjadi karena pencampuran debu-debu vulkanis dengan air atau larutan basa dari air danau. Zeolit alami yang telah ditambang secara intensif di Indonesia diantaranya terdapat di Lampung, dengan kelimpahan mencapai 30.000 ton.

Umumnya zeolit alami digunakan untuk pupuk, penjernihan air, dan dimanfaatkan sebagai katalis dan adsorben. Sedangkan zeolit sintetik adalah zeolit yang dibuat di laboratorium. Zeolit sintetik sudah banyak digunakan di industri namun di Indonesia belum banyak diproduksi dan umumnya diperoleh Zeolit sintetik memiliki kelemahan yaitu secara impor. Komposisinya sangat dipengaruhi oleh reaktan yang digunakan. di industri seperti sebagai katalis, penukar ion, dan adsorben dalam pengolahan limbah (Mashuri, 2017).

Kristal zeolit mempunyai susunan yang berpori, banyak saluran, dan rongga yang teratur serta saling berhubungan. Molekul-molekul air dan molekul-molekul lain yang berukuran lebih kecil dari pori dapat terperangkap dalam kerangka zeolit. Zeolit sebagai bahan penyerap didehidrasikan melalui pemanasan untuk menghilangkan molekul air. Ion-ion pada rongga zeolit seperti Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Sr^{2+} berguna untuk memelihara sifat netral dari zeolit itu sendiri. Ion-ion tersebut dapat bergerak bebas sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran ion. Kemampuan pertukaran ion pada zeolit merupakan

salah satu parameter untuk menentukan kualitas zeolit itu sendiri. Zeolit yang baik memiliki kemampuan mengadakan pertukaran ion yang tinggi sehingga lebih baik bila digunakan (Mashuri, 2017).

Fungsi zeolit di dalam sistem penjernihan air sederhana adalah untuk menghilangkan kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Air yang mengandung Ca^{2+} dan Mg^{2+} berlebih menyebabkan kualitas air menurun, atau dengan bahasa sederhana biasa disebut dengan “Air Sadah”. Air sadah biasanya berbau dan rasanya seperti kapur (Manurung, dkk., 2020).

Kaporit

Kaporit atau kalsium hipoklorit adalah senyawa kimia yang memiliki rumus kimia $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Kaporit biasanya digunakan sebagai zat desinfektan air. Senyawa ini relatif stabil dan memiliki klorin bebas yang lebih banyak daripada natrium *hipoklorit*.

Kaporit dipergunakan terutama sebagai desinfektan. Kaporit dapat membunuh bakteri, virus, dan protozoa. Metode penggunaan bahan kaporit disebut dengan istilah klorinasi. Klorinasi merupakan metode yang banyak digunakan karena klor efektif sebagai desinfektan dan harganya cukup terjangkau. Klorinasi bertujuan untuk mengurangi dan membunuh mikroorganisme patogen (berbahaya) yang ada di dalam air limbah.

Kaporit dapat membunuh mikroorganisme patogen (penyebab penyakit) seperti *Escherichia coli*, *Legionella*, *Pneumophila*, *Streptococcus*, *Faecalis*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Amoeba*, *Cryptosporidium*, *Giardia*, dan *Pseudomonas*. Kaporit ketika dilarutkan di dalam air akan berubah menjadi asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl^-) yang memiliki sifat desinfektan. HOCl dan ion OCl^- biasa disebut sebagai klor aktif. HOCl dan ion OCl^- bersifat sangat reaktif terhadap berbagai komponen sel bakteri (Mashuri, 2017).

Pasir Silika

Pasir pada filter air yang digunakan adalah pasir silika. Pasir silika merupakan bahan galian yang terdiri dari kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Secara umum, pasir silika di Indonesia, mempunyai komposisi yaitu SiO_2 (55.3-99.87%), Fe_2O_3 (0.01-9.14%), Al_2O_3 (0.01-18%), TiO_2 (0.01-0.49%), CaO (0.01-3.24%), MgO (0.01-0.26%), dan K_2O (0.01-17%) (Fairus dkk., 2018).

Kandungan dalam pasir ini didominasi oleh mineral kuarsa yang mengandung mineral silika (SiO_2), maka pasir tersebut dinamakan pasir silika. Pasir silika memiliki kekerasan 7 skala Mohs, berat jenis 2.65, titik lebur 1715°C , bentuk kristal hexagonal, konduktivitas panas $12\text{-}100^\circ\text{C}$ (Mashuri, 2017). Di dalam sistem penjernihan air sederhana, fungsi pasir silika adalah untuk menyaring kotoran berukuran kecil yang terbawa bersama air (Manurung dkk, 2020).

Kerikil

Kerikil berasal dari sebuah batu yang berukuran besar, tetapi hancur karena reaksi alam, atau biasa disebut pelapukan yang terjadi karena perubahan suhu alam yang mendadak atau lumutan. Kerikil memiliki fungsi sebagai penyaring dari kotoran-kotoran besar pada air dan membantu proses aerasi.

Ijuk

Ijuk merupakan serabut hitam dan keras pelindung pangkal pelepah daun enau atau aren (*Arenga pinnata*). Aren yang merupakan tumbuhan penghasil ijuk tumbuh hampir seluruh daratan di Indonesia dengan baik, terutama di ketinggian 400-1000 meter dpl. Kegunaan ijuk adalah bisa menjadi sapu, sikat, tali, atap, dan sebagai penyaring kotoran halus pada air. Keistimewaan ijuk antara lain; tahan lama hingga ratusan bahkan ribuan tahun lebih, tahan terhadap asam dan garam laut, mencegah penembusan rayap tanah dan menyebabkan kematian yang tinggi hingga 100%, dan sebagai perisai radiasi nuklir.

7.4 Teknik Pengolahan Air Sederhana

Cara pengolahan air pada umumnya dikategorikan menjadi beberapa teknik dan beberapa jenis berdasarkan pada konsep dasar yang dipergunakan. Setiap jenis dari teknik pengolahan air tersebut dapat dilakukan secara terpisah dan dapat pula dilakukan secara bersamaan. Hal ini bergantung pada kondisi air baku yang dipergunakan.

Air yang telah memenuhi parameter fisik dan kimiawi namun tidak memenuhi parameter mikrobiologis tentunya hanya membutuhkan proses pemurnian dari sisi mikrobiologisnya saja, namun untuk air yang tidak memenuhi parameter fisik, kimiawi, maupun mikrobiologis maka membutuhkan proses pengolahan dari ketiga sisi tersebut.

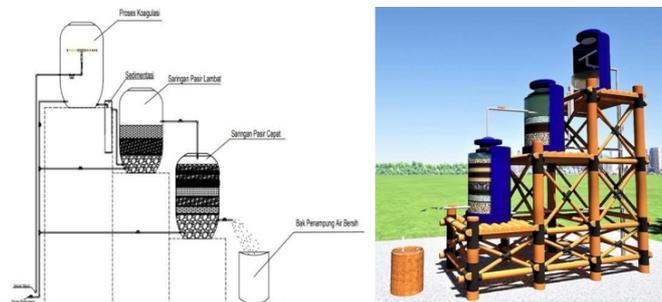
Adapun beberapa teknik pengolahan air yang umum diuraikan berikut ini:

7.4.1 Teknik Filtrasi

Menurut Mashuri (2017) filtrasi adalah teknik pertama yang umumnya dilakukan dalam proses penjernihan air. Filtrasi atau biasa disebut penyaringan adalah proses pemisahan zat berdasarkan pada perbedaan ukuran masing-masing zat yang akan dipisahkan. Di alam, filtrasi terjadi secara alami oleh tanah dan batuan yang ada di dalam lapisan tanah. Batuan dan tanah memiliki pori dengan ukuran yang beragam. Hal ini mengakibatkan terbentuknya air tanah dengan tingkat kejernihan dan kandungan kimiawi yang beragam pula. Umumnya air tanah akan memiliki kualitas air yang lebih baik bila dibandingkan dengan air tanah dangkal.

Filtrasi adalah teknik pertama yang umumnya dilakukan dalam proses penjernihan air. Filtrasi atau biasa disebut penyaringan adalah proses pemisahan zat berdasarkan pada perbedaan ukuran masing-masing zat yang akan dipisahkan. Di alam, filtrasi terjadi secara alami oleh tanah dan batuan yang ada di dalam lapisan tanah. Batuan dan tanah memiliki pori dengan ukuran yang beragam.

Hal ini mengakibatkan terbentuknya air tanah dengan tingkat kejernihan dan kandungan kimiawi yang beragam pula. Umumnya air tanah akan memiliki kualitas air yang lebih baik bila dibandingkan dengan air tanah dangkal. Hal ini terjadi karena air tanah dalam merupakan air yang telah mengalami proses filtrasi alami dengan kedalaman yang lebih difiltrasi oleh media alami dengan jenis batuan yang lebih banyak dan lebih variatif.



Gambar 7.2: Desain Alat Pengolahan Air Sederhana (Sutikno, dkk. 2022)

Dalam proses pengolahan air secara sederhana, filtrasi biasanya dilakukan dengan memanfaatkan kerikil, pasir halus, ijuk, spon, atau bahkan kain (umumnya kain katun). Fungsinya adalah untuk menciptakan media penghalang bagi partikel kontaminan dari air yang akan diolah sehingga menghasilkan air yang lebih baik. Partikel kontaminan yang dimaksud di sini adalah partikel tersuspensi.

Perbedaan fase dan ukuran air, zat terlarut, dan partikel tersuspensi memungkinkan air dan zat terlarutnya untuk dapat terpisah dengan partikel tersuspensi. Gambaran sederhana mengenai proses filtrasi adalah seperti proses pengayakan pasir. Batu dan kerikil besar akan tertinggal sementara untuk partikel pasir yang halus dapat melewati ayakan tersebut.

Gambar 7.2 di atas menunjukkan desain alat pengolahan air sederhana yang dibuat oleh Sutikno, dkk. (2017), dan digunakan untuk mengolah air keruh yang ternyata menghasilkan air yang jernih.

7.4.2 Teknik Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penyerapan yang terjadi pada suatu bidang permukaan. Bidang permukaan yang dimaksud dalam hal ini adalah bidang permukaan zat yang akan dipergunakan untuk menangkap (menjerap) kontaminan yang terlarut dalam air. Zat ini selanjutnya disebut adsorben. Sedangkan zat yang dijerat (kontaminan yang ingin dipisahkan dalam air disebut dengan adsorbat (Mashuri, dkk., 2017).

Adsorben yang biasa digunakan dalam proses adsorpsi adalah karbon aktif, zeolit, dan resin. Dalam proses pemurnian air menggunakan teknik adsorpsi berbahan karbon aktif umumnya digunakan untuk memisahkan kandungan mikroorganisme, logam, detergen, bahkan fenol yang tercampur (sebagai kontaminan) dalam air.

Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap karbon aktif dilepaskan dalam proses adsorpsi kimia, terbentuk ikatan kuat antara adsorben dan adsorbat bolak-balik sehingga tidak memungkinkan bagi adsorbat (pengotor di dalam air) untuk bersatu kembali dengan pelarutnya.

Beberapa Sifat fisik dan kimia dari adsorben dan adsorbat antara lain:

1. Sifat fasa cair (pH dan suhunya).
2. Konsentrasi adsorbat.
3. Waktu kontak dari adsorben dan adsorbat.

Sifat fisik dan kimia dari adsorben sangat berpengaruh terhadap kemampuannya dalam menyerap adsorbat. Sifat fisik adsorben yang sangat berpengaruh dalam menyerap diantaranya adalah; total *surface area* (luas permukaan), partikel *density* (kerapatan partikel), dan *effective size* (ukuran efektif) dari adsorben tersebut.

Sedangkan sifat kimia dari adsorbat yang disebut dengan *activated*. Site (sisi aktif) sangat menentukan proses adsorpsi yaitu cenderung untuk lebih mudah mengikat partikel yang mempunyai sifat sejenis (*like dissolve like*), misalnya kontaminan polar akan sangat cocok dengan adsorben yang juga bersifat polar namun tidak cocok untuk adsorben yang bersifat non-polar.

7.4.3 Teknik Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi biasa didefinisikan sebagai sebuah proses pembentukan endapan. Koagulasi umumnya memanfaatkan senyawa yang dapat mengikat zat tertentu yang ingin dipisahkan. Dalam pemurnian air, koagulasi digunakan untuk memisahkan zat pengotor yang mengontaminasi atau mengotori air. Zat yang dipergunakan dalam proses koagulasi disebut koagulan.

Beberapa contoh koagulan adalah *kitosan* yang bersumber dari cangkang udang atau kepiting. Prinsip koagulasi *kitosan* adalah sebagai penukar ion dimana garam amina yang terbentuk karena reaksi amina dengan asam akan mempertukarkan proton yang dimiliki logam pencemar elektron yang dimiliki oleh nitrogen. *Kitosan* sebagai suatu polimer dapat juga berperan sebagai anti bakteri dimana *kitosan* tersebut dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif (Mashuri, 2017).

Koagulasi saat ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan energi listrik dan dikenal dengan istilah elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi adalah proses penggumpalan dan pengendapan partikel-partikel halus yang terdapat dalam air dengan menggunakan bantuan energi listrik. Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat dua buah penghantar arus listrik (elektroda).

Adapun bagian dari elektroda yang tercelup ke larutan limbah akan dijadikan sebagai elektrolit. Apabila dalam satu larutan elektrolit ditempatkan dua elektroda kemudian elektroda tersebut dialiri oleh arus listrik searah maka akan terjadi suatu proses elektrokimia yang berupa gejala dekomposisi elektrolit, yaitu ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron

yang dioksidasi. Proses ini akan mengakibatkan terbentuknya flok yang mampu mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam air.

Elektrokoagulasi dikenal juga sebagai elektrolisis gelombang pendek. Elektrokoagulasi merupakan suatu proses yang melewatkan arus listrik ke dalam air. Proses ini juga sangat efektif untuk memindahkan bahan pengkontaminasi yang terdapat dalam air. Proses ini sangat efektif dan dapat mengurangi lebih dari 99% kation logam berat.

Flokulasi adalah suatu proses yang melibatkan pembentukan flok. Flokulasi adalah penggabungan dari partikel-partikel hasil koagulasi menjadi partikel yang lebih besar. Dhasilkannya partikel koagulasi yang lebih besar memungkinkan partikel tersebut untuk dapat diendapkan. Pengendapan yang dilakukan dapat menggunakan pengadukan, penyaringan (filtrasi) atau aerasi (dibiarkan di udara terbuka selama beberapa saat).

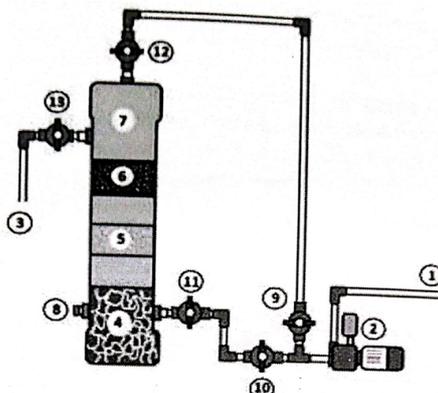
Dalam hal ini proses koagulasi harus diikuti flokulasi yaitu pengumpulan koloid terkoagulasi sehingga membentuk flok yang mudah terendapkan atau transportasi partikel tidak stabil, sehingga kontak antar artikel dapat terjadi.

7.5 Mekanisme Pengolahan Air

Pembuatan alat pengolahan air baku sederhana menggunakan sistem filtrasi diharapkan dapat membantu masyarakat untuk mengolah air kotor menjadi air baku dalam skala kebutuhan rumah tangga. Alat tersebut mudah dioperasikan, dengan bahan yang murah dan mudah didapatkan, serta dapat dipindahkan karena memiliki dimensi yang tidak terlalu besar (Novia, dkk. 2019)

7.5.1 Kolom Tunggal

Penggunaan kolom tunggal dalam pengolahan air bertujuan untuk menghemat bahan baku pengolahan air. Hal ini karena dengan menggunakan kolom tunggal, proses penjernihan air dilakukan dalam satu kolom secara langsung. Kolom umumnya dibuat dari pipa PVC dengan ukuran 3 inci atau lebih. Penggunaan kolom tunggal dalam proses penjernihan air juga bergantung pada perbedaan kondisi bahan baku dan tujuan proses pengolahan yang diinginkan.



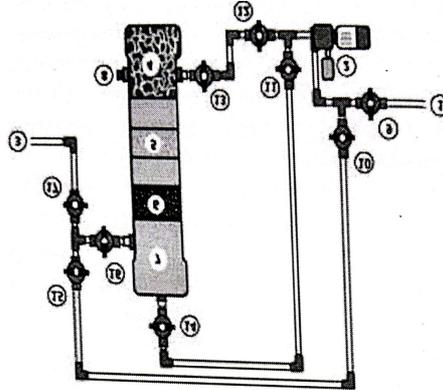
Gambar 7.3: Skema Kolom Tunggal Jenis A (Mashuri, 2017)

Keterangan gambar:

1. Jalur air yang bersumber dari intake.
2. Mesin pompa air (pompa jet).
3. Jalur keluaran air bersih setelah proses.
4. Batu zeolit.
5. Pasir silika.
6. Karbon (arang) aktif.
7. Spon pembatas/penyaring (kertas saringan air).
8. Katub keluaran air jalur pembersihan (backwash).
9. Katub jalur pembersihan kolom air (backwash column).
10. Katub jalur penjernihan air.
11. Katub jalur penjernihan air.
12. Katun jalur pembersihan kolom air (backwash column).
13. Katub keluaran air bersih.

Prosedur *backwash* pada kolom tunggal jenis A memiliki satu kelemahan besar, yaitu air yang digunakan dalam proses *backwash* adalah berasal dari air baku yang juga akan diolah. Untuk air baku kelas I atau I hal ini tidak begitu bermasalah. Namun, untuk air baku kelas III proses ini malah akan berdampak buruk. Proses *backwash* tidak akan mampu membersihkan kolom dan bahan secara maksimal malah akan menambah tumbukan pengotor pada kolom itu sendiri.

Salah satu cara untuk menanggulangi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan kolom tunggal jenis B dengan skema kolom sebagai berikut:



Gambar 7.4: Skema Kolom Tunggal Jenis B (Mashuri, 2017)

Keterangan gambar:

1. Jalur air yang bersumber dari intake.
2. Mesin pompa air (pompa jet).
3. Jalur keluaran air bersih setelah proses.
4. Batu zeolit.
5. Pasir silika.
6. Karbon aktif.
7. Spon pembatas/penyaring (kertas saringan air).
8. Katub keluaran air jalur pembersihan (backwash).
9. Katub jalur air yang berasal dari intake.
10. Katub jalur air pembersihan (backwash).
11. Katub jalur air pembersihan (backwash).
12. Katub jalur penjernihan air.
13. Katub jalur penjernihan air.
14. Katub jalur air pembersihan (backwash).
15. Katub jalur air pembersihan (backwash).
16. Katub jalur keluaran air bersih setelah proses.
17. Katub jalur keluaran air bersih setelah proses.

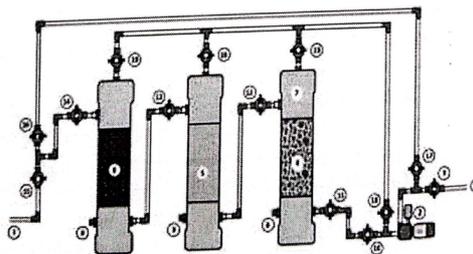
Sedikit berbeda dengan kolom tunggal jenis A, kolom tunggal jenis B membutuhkan biaya pembuatan yang lebih besar karena adanya jalur tambahan untuk proses pencucian kembali (*backwash*). Namun, jika diperhatikan secara seksama, dengan penggunaan kolom tunggal jenis B kita dapat berhemat biaya operasional yang nantinya akan terpakai untuk pembelian bahan penjernih air.

Hal ini karena, dalam proses *backwash*, air yang digunakan tidak lain adalah air bersih yang sebelumnya telah dihasilkan melalui proses penjernihan. Jadi, anda tidak perlu khawatir bahwa air dari proses *backwash* akan meningkatkan jumlah pengotor pada kolom penjernih air yang anda miliki.

7.5.2 Kolom Terpisah

Selain menggunakan kolom tunggal dalam proses penjernihan, kita juga dapat menggunakan kolom terpisah. Tujuannya adalah untuk menghasilkan air dengan kualitas yang lebih jernih karena proses pengeringannya akan dilakukan tahap demi tahap secara terpisah untuk masing-masing bahan penjernih. Namun, penggunaan kolom jenis ini akan memakan biaya yang lebih besar karena membutuhkan 3 kolom penyaringan dan lebih banyak jalur pipa dalam prosesnya.

Secara sederhana proses pengolahan air dengan kolom terpisah adalah sebagai berikut:



Gambar 7.5: Skema Kolom Terpisah (Mashuri, 2017)

Keterangan:

1. Jalur air yang bersumber dari intake.
2. Mesin pompa air (pompa jet).
3. Jalur keluaran air bersih setelah proses.
4. Batu zeolit.
5. Pasir silika.

6. Karbon aktif.
7. Spon pembatas/penyaring (kertas saringan air).
8. Katub keluaran air jalur pembersihan (backwash).
9. Katub jalur air yang berasal dari intake.
10. Katub jalur air proses penjernihan.
11. Katub jalur air proses penjernihan.
12. Katub jalur air proses penjernihan.
13. Katub jalur air proses penjernihan.
14. Katub jalur keluaran air bersih setelah proses.
15. Katub jalur keluaran air bersih setelah proses.
16. Katub jalur air untuk proses pembersihan kembali (backwash).
17. Katub jalur air untuk proses pembersihan kembali(backwash).
18. Katub jalur air untuk proses pembersihan kembali (backwash).
19. Katub jalur air untuk proses pembersihan kembali (backwash).

Pada dasarnya tahapan atau prosedur penjernihan air pada kolom terpisah adalah sama dengan kolom tunggal. Hal ini terlihat dari jenis bahan yang dipergunakan. Setiap bahan penjernih yang digunakan dalam tahapan ini akan jauh lebih banyak dari kolom tunggal. Karena setiap kolom hanya berisikan 1 jenis bahan pembersih, sedangkan untuk kolom tunggal seluruh bahan penjernih digabungkan.



Gambar 7.6: Sampel Air Sebelum dan Sesudah Pengolahan Sederhana
(Novia, 2019)

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Novia, dkk (2017) membuktikan bahwa air keruh dan terlihat berwarna pada Gambar 7.6 dapat diubah menjadi air jernih yang tidak berwarna melalui proses pengolahan sederhana.

Bab 8

Distribusi Air Minum

8.1 Pendahuluan

Air merupakan sumber energi yang sangat berharga di antara seluruh zat cair yang terdapat di muka bumi. Hingga kala ini belum terdapat zat cair yang bisa menggantikannya, air diperlukan seluruh makhluk untuk dapat bertahan hidup. Kelangkaan air di sesuatu tempat kerap kali kita dengar serta saksikan betapa memprihatinkannya akibat yang ditimbulkan dari kelangkaan air. Banyak negeri yang terus berjuang menghadapi kelangkaan air yang menimpa warga masyarakat bertahun-tahun demi mendukung kelangsungan hidup (Sukri, 2020).

Kita semua sepakat bahwa air sebagai sumber kehidupan dan menjadi kebutuhan yang sangat penting, artinya tidak ada yang dapat menggantikannya. Padahal, situasi riil saat ini sudah berada pada tahap yang memprihatinkan baik secara kuantitas maupun kualitas. Jika situasi ini tidak segera diantisipasi sejak saat ini, dapat menjadi potensi konflik di masa depan.

Pengertian dan Syarat Air Minum

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan ataupun tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (Kepmenkes Nomor 907 Tahun 2002).

Adapun persyaratan air minum menurut P2PTM Kemenkes RI (2018) :

1. tidak berasa;
2. tidak berbau;
3. tidak berwarna;
4. tidak mengandung mikroorganisme yang berbahaya, dan;
5. tidak mengandung logam berat.

Pedoman kualitas air minum yang ditetapkan oleh badan pengawas kesehatan untuk menjamin bahwa air yang digunakan oleh masyarakat aman untuk dikonsumsi manusia dikenal sebagai standar air minum.

Berikut ini adalah beberapa variasi utama dalam standar air minum:

1. Parameter kualitas
Standar air minum mengatur parameter kualitas air yang berkaitan dengan kesehatan manusia, seperti kandungan mikroorganisme patogen, bahan kimia berbahaya, dan zat pencemar lainnya.
2. Kandungan mikroorganisme
Standar air minum mengatur batas maksimum untuk mikroorganisme berbahaya seperti bakteri, virus, dan parasit. Jumlah mikroorganisme ini harus dijaga pada tingkat yang aman untuk dikonsumsi.
3. Bahan kimia berbahaya
Standar air minum mengatur batas maksimum untuk bahan kimia berbahaya seperti logam berat, pestisida, zat organik terlarut, dan bahan pencemar lainnya yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika dikonsumsi dalam jumlah yang berlebihan.
4. Penyaringan dan pengolahan
Untuk memenuhi standar air minum, air harus melalui proses penyaringan, pengolahan, dan desinfeksi yang memadai untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan mikroorganisme dan bahan berbahaya.

8.2 Rencana Distribusi Air Minum

Perencanaan distribusi air minum merupakan langkah penting dalam memastikan bahwa penduduk mempunyai akses terhadap pasokan air yang aman dan berkualitas tinggi. Tindakan yang harus dilakukan dalam proses perencanaan pendistribusian air minum kepada warga adalah sebagai berikut:

1. Analisis kebutuhan: Identifikasi jumlah penduduk yang akan dilayani dan perkiraan konsumsi air per kapita. Ini akan membantu menentukan kapasitas dan ukuran sistem distribusi yang dibutuhkan.
2. Penentuan sumber air: Pilih dan evaluasi sumber air yang akan digunakan untuk pasokan air minum. Pastikan bahwa sumber air tersebut aman, berkualitas, dan berkelanjutan.
3. Perencanaan infrastruktur: Rencanakan desain dan ukuran infrastruktur distribusi, termasuk pipa-pipa, tangki penyimpanan, dan fasilitas pengolahan air jika diperlukan. Perhitungkan juga topografi daerah untuk menentukan rute pipa yang optimal.
4. Izin dan regulasi: Pastikan bahwa proyek distribusi air minum memenuhi semua izin dan regulasi yang berlaku, termasuk perizinan lingkungan dan kesehatan.
5. Pengolahan air: Jika diperlukan, perencanaan pengolahan air untuk menjaga kualitas air minum. Ini mungkin melibatkan proses seperti filtrasi, koagulasi, flokulasi, dan desinfeksi.
6. Desain jaringan distribusi: Rancang jaringan pipa distribusi air minum dengan mempertimbangkan kebutuhan aliran, tekanan, dan kapasitas. Pilih bahan pipa yang sesuai dan sesuai dengan standar kualitas.
7. Konstruksi infrastruktur: Lakukan konstruksi sesuai dengan rencana desain yang telah dibuat. Pastikan bahwa instalasi dilakukan dengan benar dan sesuai dengan standar keselamatan dan kualitas.
8. Uji kelayakan: Setelah konstruksi selesai dibangun, maka dilakukan uji kelayakan pada sistem distribusi untuk memastikan bahwa air dapat mengalir dengan baik dan kualitas air tetap terjaga.
9. Operasi dan pemeliharaan: Tetapkan rencana operasi dan pemeliharaan untuk menjaga kinerja sistem distribusi dalam jangka

- panjang. Ini melibatkan pemeriksaan rutin, perawatan, dan perbaikan jika diperlukan.
10. Sosialisasi dan pendidikan masyarakat: Edukasi masyarakat tentang penggunaan air yang bijak, menjaga kebersihan air, dan pentingnya menjaga sistem distribusi agar tetap berfungsi dengan baik.
 11. Pemantauan kualitas air: Lakukan pemantauan rutin terhadap kualitas air yang ada di sistem distribusi untuk memastikan air tetap aman dan sesuai standar kesehatan.
 12. Penanganan krisis: Siapkan rencana tanggap darurat dalam kasus gangguan pasokan air atau kontaminasi. Pastikan bahwa masyarakat tahu cara bertindak dalam situasi darurat.
 13. Pelaporan dan pengawasan: Lakukan pelaporan rutin kepada otoritas terkait dan lakukan pengawasan terhadap operasi sistem distribusi secara keseluruhan.
 14. Evaluasi dan peningkatan: Lakukan evaluasi periodik terhadap kinerja sistem distribusi dan identifikasi area-area yang perlu ditingkatkan atau diperbaiki.

Dalam semua tahapan ini, kolaborasi dengan berbagai pihak seperti ahli teknik, ahli lingkungan, ahli kesehatan masyarakat, dan warga setempat sangat penting untuk memastikan keberhasilan perencanaan dan distribusi air minum yang efektif.

8.3 Pendistribusian Air Minum

Rancangan penyediaan air minum masyarakat mencakup distribusi air minum sebagai elemen kuncinya. Prosedur berikut ini harus dipertimbangkan ketika mengembangkan distribusi air minum dalam proyek penyaluran air minum ke masyarakat:

1. Penentuan wilayah layanan
Menentukan wilayah layanan yang akan dilayani oleh sistem distribusi air minum. Ini mencakup pemetaan lokasi pelanggan, area industri, komersial, dan residensial yang akan tercakup.

2. Desain jaringan pipa

Rancangan jaringan pipa distribusi air minum berdasarkan kebutuhan aliran air, tekanan, topografi, dan jenis penggunaan. Pertimbangkan pemilihan bahan pipa yang sesuai untuk lingkungan dan kondisi setempat.

3. Titik sumber air baku

Identifikasi titik sumber air, baik dari sumber alami (seperti sungai, danau, atau sumur) maupun dari fasilitas pengolahan air. Pastikan pasokan air memadai dan sesuai dengan standar kualitas air minum.

4. Pompa dan tangki

Jika diperlukan, pilih lokasi strategis untuk pompa dan tangki penyimpanan. Pompa diperlukan untuk mendorong air melalui jaringan pipa, sementara tangki penyimpanan digunakan untuk menjaga pasokan air stabil dan mengatasi fluktuasi permintaan.

5. Pengaturan tekanan

Pertimbangkan pengaturan tekanan air dalam jaringan distribusi. Ini penting untuk memastikan air mencapai semua titik pelanggan dengan cukup tekanan.

6. Pengaturan valve dan hidran

Pasang valve dan hidran di titik-titik strategis dalam jaringan pipa untuk memungkinkan pengaturan aliran, pemeliharaan, dan akses dalam situasi darurat.

7. Pemisahan pipa

Pisahkan pipa-pipa untuk air minum dari pipa-pipa untuk keperluan lain seperti irigasi atau industri. Ini dapat membantu menghindari kontaminasi silang.

8. Rencana darurat

Siapkan rencana darurat yang mencakup tindakan-tindakan yang harus diambil dalam situasi seperti bocornya pipa besar atau gangguan pasokan air.

9. Sistem pengendalian kualitas

Pertimbangkan sistem pengendalian kualitas yang melibatkan pemantauan kualitas air di berbagai titik dalam jaringan distribusi.

Pastikan air yang disalurkan tetap memenuhi standar kesehatan dan kualitas.

10. Pelatihan dan edukasi

Edukasi masyarakat tentang penggunaan air yang bijak, penyelenggaraan pemeliharaan, serta tindakan yang harus diambil dalam menghadapi situasi darurat.

11. Pemeliharaan rutin

Tetapkan jadwal pemeliharaan rutin untuk membersihkan, memeriksa, dan memperbaiki jaringan pipa serta fasilitas lainnya agar kinerja sistem tetap optimal.

12. Pemanfaatan teknologi

Manfaatkan teknologi terkini seperti sistem pemantauan jarak jauh (remote monitoring), sensor kualitas air, dan sistem informasi geografis (GIS) untuk memantau dan mengelola jaringan distribusi.

13. Evaluasi dan peningkatan

Lakukan evaluasi berkala terhadap kinerja sistem distribusi dan identifikasi area-area yang perlu ditingkatkan atau diperbaiki.

14. Konsultasi dengan ahli

Konsultasikan perancangan dan rencana distribusi dengan ahli teknik sipil, ahli lingkungan, dan pihak berwenang setempat untuk memastikan keberhasilan implementasi.

Rancangan distribusi air minum harus selalu memprioritaskan kesehatan, keamanan, dan kenyamanan masyarakat yang dilayani. Kolaborasi yang baik dengan berbagai pihak terkait akan membantu memastikan keberhasilan proyek distribusi air minum yang efektif.

Bab 9

Pemeliharaan Sistem Penyediaan Air Minum

9.1 Pendahuluan

Umumnya setelah sebuah infrastruktur selesai dibangun, maka akan segera dilakukan kegiatan operasional bangunan tersebut. Konsekuensi yang muncul dari menjalankan operasional ini adalah kebutuhan akan kegiatan pemeliharaan selain pengoperasian itu sendiri. Pemeliharaan dapat diartikan sebagai kegiatan perawatan dan perbaikan dari tiap unit sarana yang dibangun baik secara rutin maupun berkala dengan tujuan prasarana yang ada tersebut dapat berfungsi secara maksimal dan berkesinambungan sepanjang atau bahkan melebihi usia guna yang direncanakan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 122 tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum, bahwa penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) dalam memenuhi kebutuhan pokok air minum sehari-hari bagi masyarakat harus dapat menjamin kepastian kuantitas dan kualitas air minum yang dihasilkan serta kontinuitas pengalirannya. Yang termasuk dalam kategori kebutuhan pokok air minum ini adalah kebutuhan untuk minum, masak, mandi, cuci dan juga keperluan ibadah (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015, 2015).

Jaminan kuantitas dapat diartikan sebagai kemampuan SPAM dalam menghasilkan air minum setidaknya mampu mencukupi kebutuhan pokok air minum sehari-hari. Jaminan kualitas berarti bahwa air minum yang dihasilkan mampu memenuhi standar baku mutu kualitas yang ditetapkan dalam perundang-undangan. Sedangkan jaminan kontinuitas mengandung makna adanya kemampuan SPAM menyediakan air minum bagi masyarakat sepanjang hari (24 jam per hari).

Mengingat peran SPAM yang begitu krusial, maka sudah selayaknya SPAM membutuhkan serangkaian pemeliharaan kontinu guna memastikan proses penyediaan air minum berjalan dengan baik dan menghasilkan air yang bersih, sehat dan sesuai standar yang telah ditetapkan sehingga aman untuk dikonsumsi masyarakat. Pemeliharaan meliputi seluruh komponen SPAM diantaranya adalah sumber air, unit pengolahan air, fasilitas pelengkap seperti tandon, bak pelepas tekan, menara air, stasiun pompa, dan sebagainya, jaringan pendistribusian airnya hingga menjangkau konsumen serta jaringan pelayanannya.

Pemeliharaan dapat diartikan sebagai kegiatan perawatan serta perbaikan atas komponen sistem penyediaan air minum yang kurang berfungsi sebagaimana mestinya agar keberlangsungan proses penyediaan air minum dapat diandalkan. Kegiatan pemeliharaan ini menjadi satu dengan kegiatan operasional, sehingga tanggung jawab pemeliharaan berada di tangan pihak penyelenggara SPAM.

Sebelum membahas tentang aspek pemeliharaan unit dalam Sistem Penyediaan Air Minum, buku ini akan mengulas terlebih dahulu komponen yang ada dalam SPAM, dan pembahasan tentang pemeliharaan SPAM ada pada sub bab selanjutnya.

9.2 Komponen SPAM

Pada umumnya komponen utama yang bekerja dalam sistem penyediaan air minum terdiri dari instalasi pengolah air (IPA) dan jaringan pipa. Bangunan pengolah air sendiri merupakan satu unit instalasi yang bertugas mengolah air baku hingga menjadi air minum yang siap didistribusikan ke konsumen melalui jaringan pipa distribusi.

Dari hulu sampai hilir secara keseluruhan komponen SPAM dibagi dalam beberapa unit, meliputi:

Unit Air Baku

Unit air baku, adalah satu kesatuan unit bangunan yang berada pada bagian hulu dari sistem penyediaan air minum. Secara umum unit ini terdiri dari *intake* atau bangunan penyadap dan jaringan pipa transmisi air baku yang akan membawa air baku menuju instalasi pengolah air. Bangunan penyadap dilengkapi juga dengan bak penangkap pasir dan alat ukur debit.

Bangunan penyadap diartikan sebagai bangunan penangkap air baku dari sumber air seperti air tanah, sungai, danau, mata air, atau lainnya. Tipe bangunan pengambilan dari yang berasal dari air permukaan biasa disebut *intake*, sedangkan bangunan penangkap air dari sumber air atau mata air biasa disebut dengan Penangkap Mata Air (PMA) atau *broncaptering*.

Beberapa tipe *intake* untuk penyadapan air permukaan diantaranya adalah *intake* bebas (air mengalir bebas menuju bak), *intake* dengan bendung (air dinaikkan hingga elevasi tertentu menggunakan bendung), *intake* ponton (model ponton digunakan pada sumber air dengan fluktuasi tinggi), *intake* jembatan dan *intake infiltration galleries* (digunakan pada air sungai yang kedalamannya sangat kecil dan tanah dasarnya *porous*)

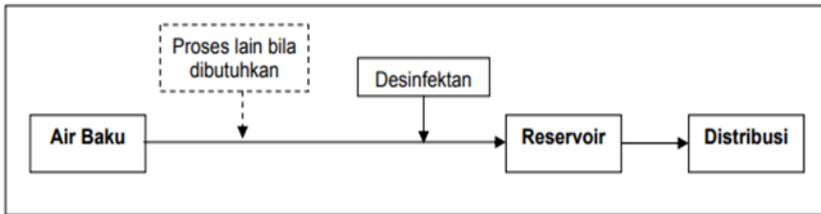
Bangunan PMA sendiri merupakan bak yang tidak memiliki ketentuan yang tetap dalam bentuk dan dimensi melainkan sangat tergantung kondisi sebaran mata air dan topografi lahan. Tetapi biasanya memiliki bentuk bak segi empat bersudut tumpul (persegi panjang atau juga elips) yang kedap dan tahan longsor, memiliki permukaan yang licin serta bertutup (DPUPKP, 2022). *Broncaptering* biasanya dibuat dari pasangan bata yang disemen halus pada bagian permukaan yang dilengkapi penyaring pasir kerikil dan ijuk sebagai media penyaring (Gambar 9.1).



Gambar 9.1: Contoh Bangunan Broncaptering (Kustamar, 2017)

Perencanaan bangunan penangkap mata air ini perlu dilakukan dengan hati-hati agar tidak menimbulkan tekanan yang berlebihan yang dapat menyebabkan mata air bergeser atau bahkan hilang. Cara paling aman dalam membangun bangunan penangkap mata air adalah dengan mempertahankan ketinggian muka air mata air yang ada. Terdapat beberapa tipe konstruksi *broncaptering*, yang pemilihannya disesuaikan dengan jenis mata airnya.

Bagian pada unit air baku sering kali dilengkapi dengan reservoir atau tandon air, yang berfungsi sebagai tempat penampungan air dari *broncaptering*. Reservoir ini diletakkan pada jarak yang relatif dekat dengan bangunan *broncaptering* dan terbuat dari pasangan bata semen yang kedap dengan ukuran konstruksi yang lebih besar sesuai dengan fungsinya yaitu sebagai bak penampungan.



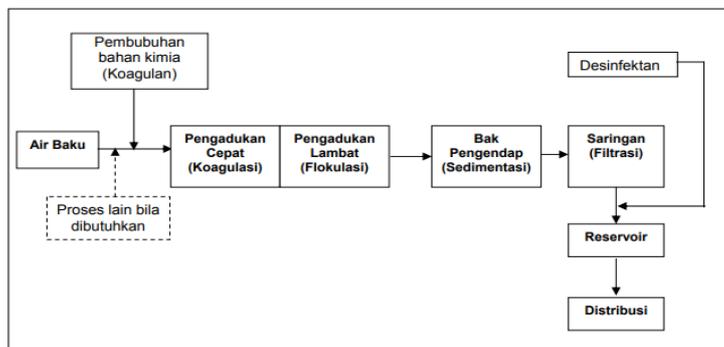
Gambar 9.2: Skema Sistem Penyediaan Air Minum Dengan Sumber Air Baku Mata Air (Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum, 2007)

Unit Produksi

Unit produksi bertugas untuk mengolah air baku sesuai kapasitas rencana hingga menghasilkan air minum yang memenuhi syarat kualitas dan siap didistribusikan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 18/PRT/M/2007, 2007). Pada sistem penyediaan air minum, unit ini berupa instalasi pengolahan air (IPA). Secara umum dibagi dalam dua kelompok yaitu pengolahan lengkap dan sebagian.

Bagian utama dalam unit produksi, meliputi:

1. Bak pengadukan cepat (koagulasi).
2. Bak pengadukan lambat (flokulasi).
3. Bak pengendap (sedimentasi).
4. Bak Saringan (filtrasi).
5. Reservoir.

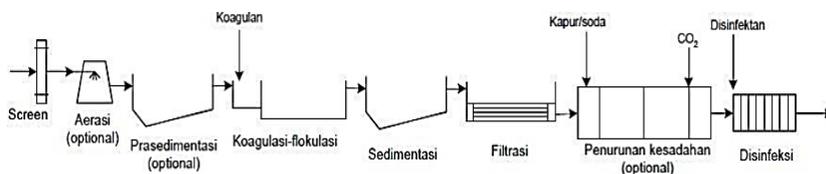


Gambar 9.3: Skema Sistem Penyediaan Air Minum Untuk Air Baku Yang Berasal Dari Air Permukaan (Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum, 2007)

Dan pada beberapa kasus air permukaan yang memiliki kandungan tertentu melewati standar yang dapat mengganggu proses pengolahan pada unit utama maka dapat ditambahkan unit sebelum pengolahan (pretreatment unit). Pada air sungai dengan kandungan kekeruhan tinggi dapat ditambahkan bak pra sedimentasi, untuk mengurangi kandungan lumpur yang terbawa.

Jika air sungai memiliki kandungan oksigen yang terlalu rendah maka dapat dilakukan proses aerasi untuk menambahkan kandungan oksigen terlarut. Jika air baku mengandung unsur logam Mn dan Fe, maka diperlukan proses penghilangan unsur logam tersebut (Fe&Mn removal) melalui proses oksidasi, dan dapat dilakukan salah satunya dengan cara aerasi. Bila kandungan kesadahan (hardness) air baku terlalu tinggi, maka dapat dilakukan pelunakan dengan menambahkan unit penurun kesadahan (presipitasi dengan kapur/soda-sedimentasi-rekarbonasi) untuk menghilangkan unsur kalsium dan magnesium (Assomadi and Masduqi, 2016).

Skema instalasi pengolahan air dengan beberapa unit tambahan disajikan pada gambar 9.4:



Gambar 9.4: Instalasi Pengolahan Air (Assomadi and Masduqi, 2016)

1. Bak koagulasi

Bak koagulasi difungsikan untuk mencampurkan bahan koagulan ke dalam air baku untuk menangkap material koloid yang terangkut dalam air baku. Bahan koagulan yang ditambahkan ini akan dapat bekerja secara efektif jika disebarakan secara merata dan diaduk dengan cepat. Pencampuran dapat dilakukan dengan alat pengaduk hidrolis, mekanis atau pneumatis. Bahan koagulan yang sering digunakan diantaranya garam Al, garam Fe, Lime, CaO, Ca(OH)₂, NaOH, Natrium aluminat, dan Polimer.

Bak flokulasi didesain untuk membantu partikel yang sudah terdestabilisasi pada bak koagulasi untuk saling bersentuhan dan bertumbukan satu sama lain sehingga terbentuk flok yang lebih besar (makroflok) sehingga mencapai ukuran maksimum dan berat yang cukup untuk mengendap. Pada bagian ini kecepatan pengadukan harus dilakukan secara perlahan dan tidak boleh terlalu tinggi agar tidak menghancurkan flok yang sudah terbentuk. Proses flokulasi biasanya membutuhkan waktu antara 15 atau 20 menit hingga 1 jam atau bahkan lebih.

2. Bak sedimentasi

Bak sedimentasi dirancang untuk memberi kesempatan flok yang terbentuk pada bak koagulasi dan flokulasi. Proses ini bekerja memisahkan padatan (flok) dengan cairan (air bersih) secara gravitasi. Bangunan sedimentasi terdiri dari empat zona yaitu *inlet*, *settling*, *sludge*, dan *outlet*. Zona inlet merupakan tempat terjadinya distribusi aliran menuju zona *settling*, dimana pada zona *settling* ini terjadinya proses pengendapan yang sebenarnya.

Zona *sludge* adalah tempat yang disediakan untuk menampung lumpur yang konfigurasi dasar serta kedalaman baknya tergantung metode pengurasan dan jumlah endapan yang dihasilkan. Zona *outlet* merupakan tempat mengalirnya air bersih tanpa angkutan suspensi. Zona *outlet* berada di bagian atas, dimana air dibuat mengalir secara *overflow* sementara gumpalan flok telah mengendap di zona *sludge* di

bagian dasar bak. Proses pengendapan pada bak sedimentasi ini membutuhkan waktu antara 1-4 jam.

3. Bak filtrasi

Bak Filtrasi berfungsi untuk menyempurnakan kinerja bak sedimentasi, dimana bak filtrasi akan menyaring partikel koloid yang masih terbawa dan tidak terendapkan secara sempurna pada proses sebelumnya. Proses filtrasi dilakukan dengan melewati air melalui pasir dan dikombinasikan dengan kerikil. Terdapat dua tipe utama bak filtrasi yaitu jenis saringan pasir cepat (rapid sand filter) dan saringan pasir lambat (slow sand filter). Pemilihannya tergantung banyak pertimbangan seperti volume air yang hendak disaring, luas area yang tersedia, waktu, hingga dana operasional yang dialokasikan (Assomadi and Masduqi, 2016).

4. Desinfeksi

Desinfeksi adalah tahap pemberian bahan desinfektan ke dalam air minum untuk menghindarkan konsumen dari kandungan mikroorganisme patogen yang masih terkandung di dalam air. Desinfeksi dapat dilakukan dengan metode fisis, kimiawi, dan radiasi. Metode fisis dilakukan dengan melewati air melalui membran khusus yang mampu menyaring mikroba (Romli and Indrasti, 2007). Metode kimiawi dilakukan dengan membubuhkan bahan kimia tertentu, diantaranya yang paling banyak digunakan adalah senyawa klor (klorin) atau kaporit.

Desinfeksi menggunakan senyawa klor harus diberikan dalam dosis yang tepat mengingat pada konsentrasi berlebih akan menimbulkan aroma yang tajam, selain itu klor juga dapat menyebabkan terbentuknya senyawa *Trihalometan* (THMs) yang bersifat karsinogenik. Pilihan desinfeksi lain adalah ozonisasi. Bahan Ozon (O₃) ini dihasilkan melalui proses elektrolisis, termal atau fotokimia, kimiawi, serta melalui peluahan muatan listrik. Pencampuran ozon dapat dilakukan sejak dalam proses koagulasi-flokulasi hingga sedimentasi atau dilakukan pada tahap terpisah seperti cara yang lain. Ozonisasi banyak dipilih di banyak negara sejak lama karena sifatnya

yang tidak meninggalkan bau dan bahkan membuat air terasa lebih segar.

Namun jika ditinjau dari biaya konstruksi maupun operasional dan pemeliharannya, desinfeksi menggunakan ozon membutuhkan biaya yang lebih mahal dibandingkan dengan klorinasi maupun dengan sinar UV. Sedangkan metode radiasi biasa dilakukan dengan penyinaran menggunakan sinar UV, yang dihasilkan oleh lampu merkuri tekanan rendah yang tertutup dalam tabung *quartz*. Sinar UV yang dihasilkan memiliki Panjang gelombang 2.537A yang berkemampuan sebagai *germicidal*.

5. Reservoir air

Reservoir air diperlukan untuk menampung hasil produksi dari unit pengolah air, untuk membantuantisipasi kebutuhan pada jam puncak.

Umumnya reservoir dibuat dengan konstruksi baja maupun beton bertulang, berbentuk tandon tanah atau bisa juga menara air.

Unit Distribusi

Unit ini bertugas mengantarkan air minum dari bagian produksi menuju reservoir (jaringan pipa transmisi) dan menjangkau seluruh jaringan pelayanan yaitu pelanggan atau konsumen (jaringan pipa distribusi). Unit ini terdiri dari jaringan pipa distribusi dan pelengkapannya, bangunan penampung air, alat ukur debit serta alat pemantau. Jika *head* yang tersedia memadai maka unit distribusi dalam membawa air menuju pelanggan dilakukan dengan pengaliran secara gravitasi, namun jika tidak maka dapat menggunakan pompa.

Unit Pelayanan

Unit pelayanan adalah bagian paling hilir dari SPAM yang merupakan titik pengambilan air bagi masyarakat. Titik ini dapat berupa sambungan rumah, hidran umum dan juga hidran kebakaran.

9.3 Pemeliharaan SPAM

Kegiatan pemeliharaan sistem penyediaan air minum harus dilakukan secara terus menerus sebelum keberlangsungan proses penyediaan air minum terganggu serta membutuhkan penanganan yang lebih sulit dan biaya yang lebih mahal. Kegiatan pemeliharaan ini oleh penyelenggara dapat saja dilimpahkan kepada pihak ketiga yang memiliki keahlian dan bergerak dalam pemeliharaan unit SPAM.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum pada Lampiran VI yang memuat Pedoman Pemeliharaan dan Rehabilitasi Sistem Penyediaan Air Minum, disebutkan bahwa pemeliharaan rutin adalah pemeliharaan yang dilakukan secara rutin dengan tujuan untuk menjaga keberlangsungan unit SPAM selama usia guna rencananya tanpa harus melakukan penggantian alat/suku cadang (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 18/PRT/M/2007, 2007).

Pemeliharaan merupakan kegiatan perawatan dan upaya perbaikan agar suatu prasarana dan sarana dapat diandalkan keberlangsungannya. Kegiatan pemeliharaan sistem penyediaan air minum secara umum dapat dibedakan ke dalam dua kelompok kegiatan, yaitu:

1. Pemeliharaan rutin.
2. Pemeliharaan berkala.

Berikut ini dijabarkan pengertian dan jenis kegiatan pemeliharaan rutin dan berkala yang dilakukan pada masing-masing unit dalam SPAM.

9.3.1 Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin diartikan sebagai kegiatan pemeliharaan yang secara rutin dilakukan untuk mempertahankan usia guna unit SPAM yang diperhitungkan jika tanpa ada penggantian alat maupun bagian-bagiannya. Pemeliharaan rutin meliputi keseluruhan unit, yaitu unit air baku, unit produksi, unit distribusi dan unit pelayanan berdasarkan ketentuan yang berlaku.

Unit Air Baku

Beberapa kegiatan yang dilakukan dalam pemeliharaan rutin dalam unit air baku dari setiap bagiannya diantaranya:

1. Konstruksi unit air baku
 - a. Pembersihan lingkungan dari rumput liar dan sampah
 - b. Pembersihan endapan lumpur dan pasir yang ada pada bak maupun saluran pembuang
2. Pompa
 - a. Pemeriksaan dan pembersihan saringan pompa dan bagian penyadap
 - b. Pemeriksaan pada bagian perpipaan jika ada bagian yang bocor yang dapat saja diakibatkan mur dan baut yang longgar, proses pengawatan pipa, katup (valve) yang terbuka/tertutup.
 - c. Pemeriksaan *water level control* untuk memastikan pompa *submersible* cukup terendam dalam air baku
3. Alat ukur debit
 - a. Melakukan tera alat ukur.
 - b. Menyiapkan selalu alat ukur cadangan.
 - c. Selalu memelihara kebersihan Manometer, Volt Meter, dan Ampere Meter pada pompa.
4. Peralatan mekanikal
 - a. Pembersihan pada pintu sampah
 - b. Membuka-menutup pintu air dan memastikan pintu air berfungsi baik.
 - c. Pemberian pelumas
5. Peralatan elektrikal
 - a. Pemeriksaan alat penangkal petir dengan memastikan kabelnya mencapai muka tanah.
 - b. Panel pompa dijaga bersih, kering, cukup penerangan dan ventilasi, serta terhindar dari gangguan tikus dan serangga yang lain.
 - c. Pemeriksaan ketersediaan komponen cadangan secara berkala.

Unit Produksi

Beberapa kegiatan pemeliharaan rutin pada bagian unit produksi yang dilakukan diantaranya:

1. Bak pra sedimentasi:
 - a. Pemeriksaan dan pembersihan lingkungan dari rumput liar, sampah dan kotoran.
 - b. Pemeriksaan dan pembersihan kotoran di permukaan air dari sampah yang mungkin lolos saringan dan masuk ke dalam bak.
 - c. Pemeriksaan inlet dan outlet dari kemungkinan penyumbatan.
 - d. Pemeriksaan kondisi fisik konstruksi bangunan bak.
 - e. Pembersihan lumut dan tanaman air dari badan bak.
 - f. Pembersihan endapan lumpur yang tertangkap.
 - g. Pemeriksaan katup pembuangan lumpur.
 - h. Pemberian pelumas pada ulir katup.
2. Bak pencampur bahan kimia
 - a. Pemeriksaan secara rutin pompa *dosing* mulai dari *power* input, sekering hingga putaran motornya.
 - b. Pengecekan konsentrasi bahan untuk koagulan.
 - c. Pengecekan dan pembersihan pada bagian pembubuh bahan kimia beserta ruangnya.
 - d. Pemeriksaan ketersediaan bahan kimia yang dibutuhkan.
 - e. Pembilasan alat pembubuh dan saluran larutan bahan kimia menggunakan air minum beberapa saat sebelum pembubuhan dihentikan.
 - f. Pemeriksaan dan pembersihan katup, penyaring, titik injeksi dan saluran pada alat pembubuh dari kemungkinan penyumbatan oleh kotoran dan endapan.
 - g. Pemeriksaan memastikan tidak adanya kebocoran pada alat dan saluran pembubuh.
 - h. Pengecekan kapasitas pompa pembubuh.
 - i. Pembersihan ruang penyimpanan dan pembubuhan bahan kimia dari kotoran dan tumpahan bahan kimia.
 - j. Pemeriksaan fungsi alat mekanis dan elektrik.

3. Bak koagulasi
 - a. Pemeriksaan kadar konsentrasi bahan koagulan.
 - b. Pemeliharaan saluran air minum dan aksesorinya dari kemacetan dan kebocoran.
 - c. Pemeriksaan dan pembersihan pada titik pembubuhan.
 - d. Pembersihan kotoran dan busa yang mengapung di permukaan air.
 - e. Pembersihan lumut pada bak jika ada serta tambahkan kaporit atau desinfektan lain untuk mencegah tumbuhnya lumut.
 - f. Pemeriksaan fungsi alat pengaduk dan penggantian bagian yang tidak berfungsi.
4. Bak flokulasi
 - a. Pemeriksaan kadar konsentrasi bahan kimia.
 - b. Pemeliharaan saluran air minum dan aksesorinya dari kemacetan dan kebocoran.
 - c. Pemeriksaan dan pembersihan pintu-pintu serta ruang alat flokulasi.
 - d. Pembersihan kotoran dan busa yang mengapung di permukaan air.
 - e. Katup-katup penguras perlu dibuka beberapa detik untuk membuang lumpur yang mungkin mengendap.
 - f. Pembersihan lumut pada dinding bak jika ada serta tambahkan kaporit atau desinfektan lain untuk mencegah tumbuhnya lumut.
 - g. Katup-katup pembuangan lumpur perlu diperiksa dan dilakukan perbaikan.
 - h. Pemeriksaan fungsi alat pengaduk dan penggantian bagian yang tidak berfungsi.
5. Bak sedimentasi
 - a. Pemeriksaan dan pembersihan plat pengendap dengan penyemprotan air.
 - b. Pemeriksaan kebocoran dan fungsi pipa dan katup penguras lumpur.
 - c. Pemeriksaan katup-katup pembuangan lumpur.
 - d. Pembersihan kotoran dan busa yang mengapung di permukaan air.
 - e. Pembersihan lumut pada dinding bak sedimentasi.

6. Bak filtrasi

- a. Periksa dan bersihkan sisi ruang alat penyaring.
- b. Bersihkan buih dan kotoran-kotoran yang mengapung.
- c. Periksa pertumbuhan lumut dan bersihkan.
- d. Periksa ketebalan media penyaringan dan tambah kekurangannya, bila perlu.

Unit Distribusi

Unit distribusi dimulai dari air hasil olahan dari unit produksi melalui pipa transmisi menuju reservoir hingga ke jaringan pipa distribusi yang mengantarkan air ke pelanggan.

Berikut ini beberapa kegiatan pemeliharaan rutin yang dilakukan pada unit distribusi:

1. Perawatan kebersihan tangki *hydrophor* (tangki anti water hammer) untuk mencegah timbulnya karat, serta pemantauan kebocoran jika ada.
2. Pemantauan tekanan air pada pipa transmisi melalui Manometer tekanan air.
3. Pembersihan pada reservoir dan pemeriksaan kebocoran pada bagian inlet dan pipa outlet (pipa drain)
4. Pemeriksaan kualitas air berkala setiap jam 06.00, 12.00 dan 18.00 atau pada waktu yang lain yang ditetapkan dalam manual operasi.
5. Pemeriksaan tekanan dan kebocoran pada jaringan pipa distribusi utama (primer), jaringan pipa distribusi pembawa (sekunder) dan jaringan distribusi pembagi (tersier).
6. Pemantauan tekanan air di ujung distribusi tersier.

Unit Pelayanan

Kegiatan pemeliharaan rutin pada Sambungan Rumah (SR):

1. Pemeriksaan Water meter pelanggan, kebocoran, jaga kebersihan, tumbuh-tumbuhan liar harus dibersihkan.
2. Pemeriksaan tekanan air di SR terjauh setidaknya masih memiliki tekanan sebesar 0.5-1 atm.

3. Pengambilan sampel secara acak dan terencana untuk pemeriksaan kualitas air diantaranya pH, sisa chlor, dan kekeruhan.

Kegiatan Pemeliharaan rutin pada Hidran Umum/Public Hydrant (HU):

1. Pemeriksaan Water meter hidran, kebocoran, jaga kebersihan, tumbuh-tumbuhan liar harus segera dimusnahkan.
2. Pemeriksaan tekanan air di HU terjauh setidaknya masih memiliki 1 atm.
3. Pemeriksaan kualitas dan kontinuitas air.

Kegiatan pemeliharaan rutin pada Hidran Kebakaran:

Tekanan air hidran kebakaran harus selalu dipantau dan dijaga agar sesuai tekanan yang direncanakan atau setidaknya mencapai 1 atm.

9.3.2 Pemeliharaan Berkala

Pemeliharaan berkala adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal dalam periode waktu tertentu, biasanya lebih lama dari pemeliharaan rutin, guna memperpanjang usia pakai unit SPAM yang biasanya diikuti dengan penggantian suku cadang. Pemeliharaan berkala biasa dilakukan dalam periode bulanan, triwulan atau tahunan.

Berikut ini kegiatan pemeliharaan berkala yang dilakukan pada SPAM:

1. Unit Air Baku
 - a. Pemeliharaan dan pembersihan bangunan intake dan bronjong penahan dinding di sekitar bendung dari sampah, gulma, batang pohon yang terbawa aliran serta material longsoran tebing
 - b. Pada bangunan PMA perlu dilakukan pembersihan lumpur/endapan dari *chamber*, casing pipa dan di saluran pembuang.
 - c. Perawatan pada alat mekanikal dengan pemberian pelumas, pengecatan kembali untuk mencegah karat serta pembersihan dari sampah.
 - d. Perawatan pada peralatan elektrik dilakukan dengan memberi sirkulasi udara dan penerangan yang cukup agar ruangan yang

menyimpan peralatan elektrikal tidak lembab, serta memberi pengaman agar peralatan listrik dan kabel-kabel tidak rusak oleh binatang (semut, tikus, dan lain-lain).

2. Unit Produksi

a. Bak Pra sedimentasi

Kegiatan pemeliharaan berkala yang dilakukan pada bak pra sedimentasi diantaranya:

- Pembersihan pada saluran terbuka dan alat ukur dari endapan lumpur dan sampah, agar aliran air tetap lancar.
- Pembersihan dinding-dinding bak pembagi dari lumut.
- Pembersihan endapan lumpur yang tertangkap di bak pembagi, bak penangkap lumpur, pipa saluran pembuang.
- Pemeriksaan katup pembuang dari kebocoran.
- Pemeriksaan alat mekanik dan elektrik seperti alat kontrol. kadar lumpur, penggerak valve otomatis, dan alat duga tinggi muka air, agar terjaga kebersihannya dan terlindung dari cuaca.

b. Bak Koagulasi

- Monitoring kualitas dan kuantitas dosis koagulan.
- Pengecatan unit jika bahan terbuat dari logam.

c. Bak Flokulasi

- Monitoring kualitas dan kuantitas dosis flokulan.
- Pemeriksaan dan pembersihan unit alat pengaduk.
- Pengecatan unit jika bahan terbuat dari logam.
- Pemeriksaan katup-katup.

d. Bak sedimentasi

- Pemeriksaan pada bagian *plate* dan tube *settler* dan dilakukan penggantian jika pecah
- Pembersihan kotoran dan sampah yang menyumbat *plate* dan tube *settler*.
- Pengosongan lumpur pada bak pengendap sesuai jadwal.

- Pemeriksaan pipa pembuang dan valve agar tidak macet dan atau bocor.
 - Pembersihan busa yang mengambang dan lumut di dinding bak.
 - Pengecatan dengan epoxy anti karat untuk alat yang terbuat dari logam.
 - Pemeriksaan katup-katup.
- e. Bak filtrasi
- Pemeriksaan pompa *backwash*, pada bagian motor penggerak stator, rotor dan rumah pompa, serta pembersihan filter.
 - Pemeriksaan *water level indicator*.
 - Pemeriksaan ketebalan media pasir penyaring agar sesuai dengan perencanaan, dan jika ada media terbuang saat *back wash* maka dilakukan penggantian.
 - Pemeriksaan sistem *underdrain* dan *nozzle* dan dilakukan penggantian jika ada yang patah atau bocor.
3. Unit Distribusi
- a. Perawatan kebersihan dan pemeriksaan kebocoran tangki anti *water hammer*.
 - b. Pemeriksaan jalur pipa transmisi, dari longsor, rembesan dan kebocoran serta pembersihan sampah dan timbunan tanah untuk pipa transmisi yang tidak tertanam.
 - c. Pemeliharaan reservoir air dengan pembersihan lingkungan dan dinding tandon, pemeriksaan kebocoran dan melakukan pengurasan berkala 8-12 bulan sekali. Setelah pengurasan dilakukan kegiatan sterilisasi tandon.
 - d. Pemeriksaan pipa distribusi utama (primer) yaitu pemeriksaan kelancaran kran *wash out*, air valve, *gate valve* (untuk aliran searah), dan katup-katup *wash out*.
 - e. pengurasan pipa distribusi utama (3 bulan sekali).
 - f. Pemeriksaan jaringan distribusi pembawa (sekunder) dan pembagi (tersier).

4. Unit Pelayanan

- a. Pemeliharaan berkala untuk sambungan rumah dan hidran umum:
 - Pembersihan area water meter dari rumput dan sampah.
 - Pemeriksaan tekanan pada titik terjauh, setidaknya ada tekanan 1 atm.
 - Pemeriksaan kualitas air dalam hal kekeruhan, pH dan sisa klorin.
 - Pemeriksaan kelancaran kontinuitas air.
 - Pemeriksaan kebocoran.
- b. Pemeliharaan berkala hidran kebakaran
 - Pemeriksaan tekanan air agar melebihi 1 atm pada titik terjauh.

Bab 10

Pendugaan Air Tanah

10.1 Pendahuluan

Air tanah adalah air yang terdapat di zona jenuh dengan batas paling bawah dilapisi oleh lapisan *impermeable* (lapisan kedap air) dan bagian atas dibatasi oleh muka air tanah (water tabel). Air tanah merupakan bagian dari siklus hidrologi yang terletak di bawah permukaan tanah dan keberadaannya sangat tergantung pada besarnya curah hujan, debit air yang dapat terserap oleh tanah, serta kondisi litologi dan geologi setempat (Nanda et al., 2021).

Ketersediaan air bersih berkaitan erat dengan kondisi kependudukan di suatu wilayah. Tingkat pertumbuhan dan kepadatan penduduk dapat berdampak pada akses ketersediaan air bersih (Alihar, 2018). Semakin padatnya jumlah penduduk maka masyarakat harus memulai mencari metode-metode untuk memenuhi kebutuhan air dalam kehidupan sehari-hari. Dalam kegiatan untuk menemukan letak dan posisi air tanah yang tepat dan akurat memerlukan identifikasi dan eksplorasi potensi air tanah untuk mendukung kecukupan sumber air bersih bagi Masyarakat (Nanda et al., 2022).

Kegiatan yang padat dilaksanakan untuk mempermudah eksplorasi air tanah dapat dilakukan dengan kegiatan eksplorasi geofisika. Tujuan dari kegiatan eksplorasi geofisika adalah untuk membuat model permukaan bumi dengan mengolah hasil pengambilan data dari lapangan dengan mengukur permukaan

atau di dalam bumi dengan ketinggian dan kedalaman tertentu (BPSDM Kementerian PUPR, 2019). Sehingga titik lokasi keberadaan air tanah diketahui untuk memudahkan pelaksanaan pengeboran.

Pengertian Pendugaan Air Tanah

Air tanah banyak digunakan oleh masyarakat karena cukup mudah untuk didapatkan dan kualitas air yang didapatkan sebagian besar memenuhi baku mutu air bersih jika dibandingkan dengan sumber-sumber yang lain. Sebelum pengambilan air tanah terutama dengan sumur dalam (bor dalam), terlebih dulu harus dilakukan penyelidikan awal di atas permukaan tanah untuk mengetahui ada tidaknya lapisan pembawa air (akuifer).

Akuifer adalah lapisan bawah tanah yang mengandung air dan mampu mengalirkan air dengan baik karena adanya pori-pori pada lapisan tersebut ataupun memang bawaan dari sifat lapisan tertentu. Beberapa batuan yang ada di lapisan akuifer seperti pasir, kerikil, batu pasir, batu gamping rekah. Penyelidikan air dilakukan selain untuk mengetahui ada atau tidaknya lapisan-lapisan akuifer, dapat juga digunakan untuk mengetahui ketebalan dan kedalaman serta dapat digunakan untuk mengambil contoh air untuk dianalisis kualitas airnya (Hasan, 2021).

Pendugaan air tanah, juga dikenal sebagai estimasi air tanah atau perkiraan air tanah, merujuk pada proses identifikasi, pengukuran, dan perkiraan ketersediaan dan karakteristik air yang ada di bawah permukaan bumi. Pendugaan air tanah bertujuan untuk memahami potensi sumber air tanah dalam suatu wilayah atau lokasi tertentu. Proses ini melibatkan berbagai metode dan teknik untuk mengumpulkan data yang dapat digunakan untuk mengestimasi jumlah air tanah yang tersedia, kedalaman akuifer, kualitas air, dan faktor-faktor lain yang berkaitan dengan air (Kustanto, 2020).

Pendugaan air tanah penting dalam banyak hal seperti manajemen sumber daya air, perencanaan pengembangan, penyediaan air bersih, eksplorasi mineral. Metode yang digunakan dalam pendugaan air tanah meliputi eksplorasi geofisika seperti metode geolistrik, seismik, dan elektromagnetik, pengukuran air tanah di lapangan, analisis data hidrogeologi, serta penggunaan model matematika untuk mengestimasi sumber daya air tanah.

Tujuan akhir dari pendugaan air tanah adalah untuk menghasilkan informasi yang dapat digunakan oleh para ahli dan pengambil keputusan untuk

merencanakan dan mengelola penggunaan air tanah yang berkelanjutan dan efisien (BPSDM Kementerian PUPR, 2019).

10.2 Metode Pendugaan Air Tanah

Pendugaan air tanah dapat dilakukan dengan berbagai cara dan metode baik yang sederhana dengan alat dan bahan yang ada di sekitar kita maupun menggunakan peralatan dan metode khusus.

Berikut ini beberapa metode yang dapat digunakan untuk pendugaan air tanah:

10.2.1 Tradisional atau Konvensional

Metode tradisional atau konvensional yang digunakan untuk pendugaan air tanah adalah metode yang sering digunakan dan membutuhkan peralatan dan bahan-bahan yang dapat ditemui atau didapatkan di sekeliling kita seperti dedaunan, ranting pohon, dan garam.

Beberapa metode tradisional/konvensional yang sering digunakan masyarakat seperti menggunakan daun pisang yang ditengkurapkan atau dibalik pada titik dimana diduga memiliki kandungan air, daun pisang tersebut didiamkan selama semalam suntuk dan apabila terdapat banyak embun air pada daun pisang tersebut dapat dinyatakan bahwa di titik tersebut berpotensi terdapat air tanah. Metode dengan daun pisang paling optimal digunakan pada saat puncak musim kemarau atau pada Bulan Juli – September (BMKG, 2023).

Garam adalah salah satu bahan yang dapat digunakan untuk pendugaan air tanah dengan cara meletakkan garam ke dalam kaleng dan ditempatkan di beberapa titik yang diduga memiliki potensi keberadaan air tanah dan diamkan semalam. Keesokan harinya dilihat kembali dan dibandingkan kaleng mana yang sisa garamnya paling sedikit atau garam yang berkurang paling banyak. Kaleng yang mengalami kehilangan garam paling banyak adalah titik dimana kandungan air tanahnya paling banyak.

Metode tradisional/konvensional yang paling sering digunakan oleh masyarakat dan paling cepat dilakukan adalah menggunakan *revealer* dengan menggunakan dua buah ranting kering. Metode ini digunakan dengan cara memegang ranting/lidi di tangan kanan dan kiri dan berjalan menuju titik yang diperkirakan

terdapat air tanah, jika ranting/lidi tersebut bersilangan atau berimpit maka diperkirakan di sana terdapat air tanah.

Metode *revealer* menganggap bahwa tubuh manusia adalah seperti halnya dengan dioda. Tubuh manusia bila menginjak tanah akan mengalirkan listrik dengan muatan listrik tertentu (+/-) yang kemudian dialirkan ke ujung *revealer*. Bila bermuatan kembar akan tolak-menolak (ujung *revealer* akan membuka) dan menunjukkan bahwa tanah yang diinjak di bawahnya tidak ada air. Pengguna *revealer* disyaratkan harus memiliki hambatan jenis tertentu (1k Ohm). Media pada metode *revealer* selain menggunakan ranting/lidi, juga dapat menggunakan kawat.



Gambar 10.1: Metode Revealer (Joko M, 2016)

10.2.2 Indikator Lingkungan

Indikator lingkungan adalah tanda-tanda yang diberikan oleh alam untuk menunjukkan keberadaan sumber air yang berada di dalam tanah. Beberapa indikator lingkungan yang menunjukkan keberadaan air tanah adalah elevasi tanah, burung, serta pepohonan. Elevasi atau beda tinggi permukaan tanah dengan permukaan air laut digunakan untuk menentukan tingkat kemiringan suatu tempat.

Sifat air permukaan dan air tanah memiliki hubungan yang sangat erat satu sama lain yaitu mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah (Mukhlis Arief Irvandi, 2022). Berdasarkan sifat air tersebut kemungkinan menemukan sumber air tanah adalah dengan membuat sumur di titik yang paling rendah (lembah) karena banyak mengandung tampungan air tanah.

Burung-burung yang terbang termasuk salah satu indikator keberadaan air tanah. Dimana jika terdapat banyak burung yang terbang berputar di atas suatu padang tandus atau padang pasir, di titik ini kemungkinan besar terdapat air tanah. Selanjutnya adalah tanda-tanda keberadaan air tanah yang ditunjukkan oleh pepohonan atau tumbuhan yang ada di lingkungan. Ciri utama yang dapat diketahui jika tempat tersebut mengandung banyak air tanah adalah banyak tumbuhan atau tanaman hijau yang tumbuh di sekitar tempat tersebut.

Sama halnya dengan pohon kelapa juga dapat digunakan sebagai petunjuk keberadaan air tanah hal ini ditunjukkan dengan banyaknya pohon kelapa yang memiliki patah pangkal pelepah (Sengkleh) dapat menunjukkan bahwa di sekitar pohon kelapa tersebut terdapat air tanah yang memiliki kedalaman kurang dari 10 meter.

10.2.3 Metode Sonar (Radar)

Metode sonar atau radar adalah suatu metode untuk mengetahui air tanah dengan menggunakan instrumen pembangkit dan penangkap gelombang yang hasilnya ditampilkan pada grafik kerapatan batuan. Metode *Ground Peretraining Radar* (GPR) atau bisa disebut georadar. Georadar dapat diaplikasikan untuk eksplorasi dangkal (near surface) dengan ketelitian sangat tinggi sehingga dapat mendeteksi benda di bawah permukaan bumi hingga dimensi beberapa puluh meter (Arief and Sumargana, 2021).

GPR merupakan metode Geofisika yang dapat digunakan untuk menyelidiki keadaan lereng dan metode ini tergolong *non-destructive field soil investigation* (tidak merusak) karena menggunakan sumber gelombang elektromagnetik. Hal ini sangat tepat digunakan pada saat tidak bisa dilaksanakan menggunakan metode pengeboran dikarenakan lokasi terlalu berbahaya dan dilakukan pada tingkat lokasi dengan tingkat kesulitan yang tidak bisa di jangkau atau kritis kestabilannya (Tronics and Ivan Bahder, 2019).

Keuntungan dari metode *Ground Peretraining Radar* (GPR) adalah memiliki biaya operasional rendah, pengerjaan mudah serta memiliki hasil dengan ketelitian atau resolusi yang tinggi (Tronics and Ivan Bahder, 2019).

10.2.4 Metode Resistivity Meter atau Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah ataupun akibat

injeksi arus ke dalam bumi. Metode geolistrik secara garis besar dibagi menjadi dua jenis, yaitu geolistrik yang bersifat pasif dan geolistrik yang bersifat aktif.

Pada geolistrik yang bersifat pasif, energi yang dibutuhkan telah ada terlebih dahulu sehingga tidak diperlukan adanya injeksi atau pemasukan arus terlebih dahulu. Geolistrik jenis ini disebut *Self Potential* (SP). Pada geolistrik yang bersifat aktif, energi yang dibutuhkan ada karena menginjeksikan arus ke dalam bumi terlebih dahulu. Geolistrik jenis ini dibagi menjadi dua metode, yaitu metode resistivitas (tahanan jenis) dan polarisasi terimbas (*induced polarization*). Tiap-tiap media mempunyai sifat yang berbeda terhadap aliran listrik yang melaluinya, hal ini tergantung pada tahanan jenisnya (Hasan, 2021).

Pada metode geolistrik, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda kemudian dapat diturunkan nilai variasi hambatan jenis masing-masing lapisan bawah permukaan bumi di bawah titik ukur (*sounding point*).

Metode geolistrik lebih efektif bila dipakai untuk eksplorasi yang sifatnya relatif dangkal. Metode ini jarang memberikan informasi lapisan kedalaman yang lebih dari 300 atau 450 meter (BPSDM Kementerian PUPR, 2019). Oleh karena itu, metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi hidrokarbon, tetapi lebih banyak digunakan untuk bidang Engineering geologi seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, eksplorasi geotermal, dan juga untuk geofisika lingkungan.

Metode geolistrik dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik dengan frekuensi rendah ke permukaan bumi yang kemudian diukur beda potensial antara dua buah elektroda potensial. Pada keadaan tertentu, pengukuran bawah permukaan dengan arus yang tetap akan diperoleh suatu variasi beda tegangan yang mengakibatkan variasi nilai resistansi. Nilai resistansi akan membawa suatu informasi tentang struktur dan material yang dilewatinya.

Dalam metode pendugaan air tanah menggunakan metode geolistrik memiliki tiga konfigurasi yaitu konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Wenner, dan Konfigurasi Pole-Dipole (BPSDM Kementerian PUPR, 2019).



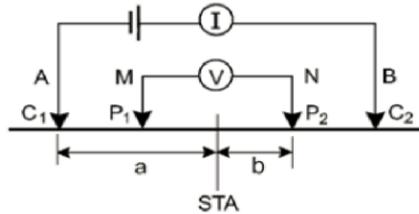
Gambar 10.2: Resistivity Meter Naniura NRD 300Hf (Ibnu Rois, 2020)

Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi Schlumberger merupakan teknik *sounding*, jarak antar arus dan elektroda bervariasi, sehingga yang dipindah-pindahkan hanya batang 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 (Potensial) hendaknya tidak lebih besar seperlima dari jarak AB (arus).

Kelebihan konfigurasi Schlumberger adalah mampu mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan dengan cara membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda MN/2. Mudah digunakan atau dioperasikan oleh pemula karena hanya tinggal memindahkan elektroda pada saat pengukuran atau pengoperasian

Kelemahan konfigurasi Schlumberger adalah pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih kecil ketika jarak AB relatif jauh, sehingga diperlukan multimeter yang mempunyai karakteristik *high impedance* dengan akurasi tinggi dengan membaca tegangan di layar monitor tegangan nominal 4 digit atau 2 digit di belakang koma. Konfigurasi Schlumberger membutuhkan peralatan pengiriman arus bertegangan listrik DC yang sangat tinggi untuk mengatasi pembacaan tegangan MN yang kecil (Prabawa, 2020).



Schlumberger

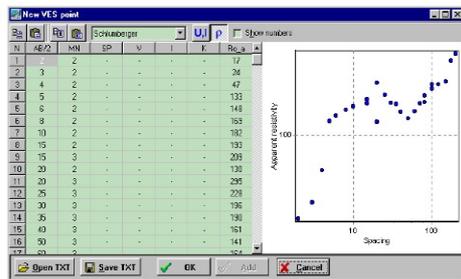
Gambar 10.3: Konfigurasi Elektroda Schlumberger (PUPR, 2019)

Data dari hasil pendugaan air tanah menggunakan metode konfigurasi Schlumberger selanjutnya dianalisis untuk menarik kesimpulannya dengan bantuan aplikasi IPI2WIN. Aplikasi IPI2WIN adalah program interpretasi *curve matching* secara komputer, merupakan salah satu software yang dirancang untuk menginterpretasikan data pengukuran listrik secara *sounding*, dimana kurvanya ditampilkan dan diinterpretasikan dalam bentuk profil tunggal.

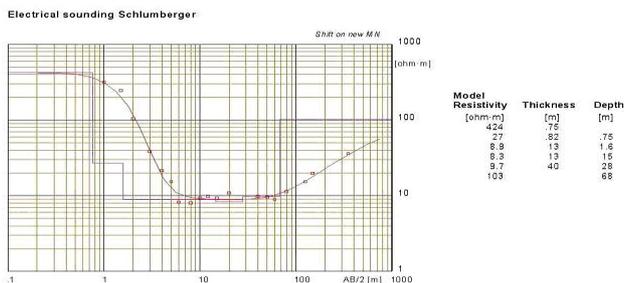
Hal pertama yang kita lakukan dalam menggunakan program ini adalah menginputkan data-data hasil pengukuran seperti jarak elektroda arus, nilai arus yang diinjeksikan, serta potensial terukur (Kurniawan, 2009). IPI2WIN akan langsung mengalkulasi nilai faktor geometri dan resistivitas semu dan menggambarkan bentuk kurva lapangan.

Setelah input data ini selesai dan disimpan, program akan langsung menampilkan suatu jendela kurva beserta tabel yang berisi parameter nilai error, jumlah lapisan (n), resistivitas, kedalaman, dan ketebalan tiap lapisan. Setelah diperoleh pencocokan kurva yang baik, kita pun dapat melihat kurva lapangan hasil inversi serta dapat menampilkan nilai resistivitas dari *pseudo cross-section* dan *resistivity cross section*. Perbedaan variasi warna menunjukkan variasi nilai resistivitasnya dimana variasi warna ini dapat diatur sesuai dengan keinginan dan kebutuhan melalui menu *section option* (Kurniawan, 2009).

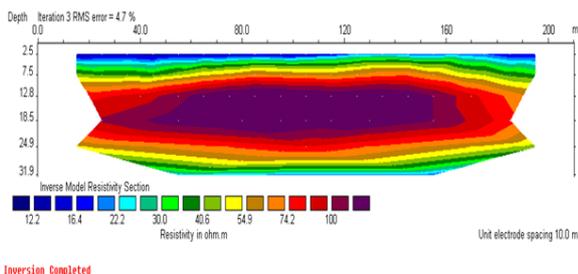
Beberapa penyebab kurva yang dihasilkan tidak halus seperti jarak elektroda arus (AB) yang tidak sama antara kiri dan kanan. Kondisi geologi lokasi pengukuran tidak homogen serta besar beda potensial yang diukur sangat kecil kurang dari 1 milivolt (Ibnu Rois, 2020).



Gambar 10.4: Contoh Lembar Kerja IPI2WIN (Rois, 2020)



Gambar 10.5: Hasil Pengukuran Geolistrik Vertical Sounding (Rois, 2020)



Gambar 10.6: Hasil Pengukuran Geolistrik 2D (Rois, 2020)

Konfigurasi Wenner

Konfigurasi Wenner adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan profil dari permukaan tanah yang biasa disebut dengan teknik mapping. Jarak antar arus dan elektroda sama sehingga ketika ingin dipindahkan semua dipindahkan. Dengan demikian metode konfigurasi Wenner adalah metode yang paling sering digunakan untuk mencari bahan – bahan tambang.

Kelebihan dari konfigurasi Wenner adalah memiliki sinyal yang kuat hal ini dapat menjadi faktor penting jika melakukan survei di daerah yang memiliki tingkat *noise* tinggi. Serta ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda MN (Potensial) lebih baik meski jarak relatif besar karena elektroda lebih dekat dengan elektroda AB (Arus). Sehingga dapat menggunakan multimeter dengan impedansi yang relatif lebih kecil (Tanesib et al., 2017).

Kekurangan dari konfigurasi Wenner adalah cakupan horizontal relatif buruk seiring meningkatnya jarak elektroda. Akibatnya tidak mendeteksi homogenitas batuan yang ada di dekat permukaan dan berdampak pada hasil perhitungan. Data yang didapat dari cara konfigurasi Wenner sangat sulit untuk menghilangkan faktor non homogenitas lapisan batuan sehingga hasil perhitungan menjadi kurang akurat. Serta memiliki kedalaman yang cukup sedang dan kekuatan sinyal yang berbanding terbalik dengan faktor geometris yang digunakan untuk menghitung nilai resistivitas (Santjoko and Ibnu Rois, 2021).

Konfigurasi Pole-Dipole

Konfigurasi pole-dipole merupakan salah satu konfigurasi yang digunakan untuk pendugaan air tanah dengan kedalaman kurang dari 500 meter di bawah permukaan tanah. konfigurasi pole-dipole memiliki penetrasi lebih dalam kurang lebih 65% dibandingkan dengan konfigurasi dipole-dipole. Konfigurasi ini memiliki kelemahan tingkat akurasi posisi benda atau objek kurang akurat jika dibandingkan dengan konfigurasi dipole-dipole, ini disebabkan karena konfigurasi elektroda tidak simetris (BPSDM Kementerian PUPR, 2019a).

10.2.5 Metode Geo Electromagnetic Satellite Scan

Metode Geo Electromagnetic Satellite Scan atau (Belah Bumi) adalah Penentuan titik pengeboran sumber air tanah yang lebih akurat jika dibandingkan dengan menggunakan peralatan Geolistrik. Karena metode Geo Electromagnetic Satellite Scan dapat melacak lebar sungai bawah tanah, arah aliran sungai bawah tanah, membaca hingga kedalaman 400 meter di bawah tanah, mengetahui struktur tanah secara detail, mengetahui frekuensi aliran air tanah, mengetahui kedalaman jalur sungai bawah tanah, serta mengetahui *conductivity* struktur tanah.

Akurasi ketepatan geolistrik hanya 50% sedangkan Geo Electromagnetic Satellite Scan mencapai 90%. sering kali Clay basah dibaca air oleh peralatan Geolistrik. Geo Electromagnetic Satellite Scan hanya membaca air yang

mengalir di dalam tanah sehingga untuk pengeboran jarang sekali mengalami kekeringan air setelah proses pengeboran selesai (Wakil Pemula, 2018b).

10.2.6 Metode Aplikasi Android

Dengan majunya teknologi yang ada saat ini pendugaan air tanah dapat dilakukan dengan bantuan aplikasi berbasis android yang dapat diinstal dalam smartphone sehingga memudahkan masyarakat untuk mengaksesnya. Aplikasi akan bekerja dengan sensor untuk menunjukkan titik lokasi air tanah. Di Play Store terdapat 3 aplikasi android untuk mencari sumber air dengan rating tertinggi yaitu aplikasi *find water*, aplikasi *water detector simulator*, aplikasi *mwater explorer* (Wakil Pemula, 2018a).

1. Aplikasi Find Water

Aplikasi Find Water adalah aplikasi untuk menemukan sumber air dan untuk keperluan lainnya. Aplikasi ini akan menunjukkan titik – titik lokasi sumber air berupa simbol tetesan air kelebihan dari aplikasi adalah lokasi sumber air akan ditunjukkan dengan alamat dan lokasi yang jelas. Aplikasi Find Water terakhir diperbarui pada tahun 2016 sudah mendapatkan rating 3 dari 5 bintang di Playstore.

2. Aplikasi Water Detektor Simulator

Aplikasi Water Detector simulator adalah aplikasi untuk menunjukkan lokasi sumber air serta memungkinkan mendeteksi keasinannya. Aplikasi ini akan mendeteksi dan menggambarkan kedalaman sumber air, kualitas air, dan proporsinya di area sekitar dengan sensor magnetik, medan magnet, fluktuasi dan interferensi. Aplikasi Water Detector simulator ini terakhir diperbarui pada bulan Agustus 2017 serta telah diunduh lebih dari 10.000 kali di Playstore

3. Aplikasi Mwater Explorer

Aplikasi Mwater explorer dapat membantu memetakan sumber air yang ada di suatu tempat serta dapat mengirimkan informasi penambahan sumber air baru yang muncul di sekitar. Aplikasi ini menggunakan pengaturan GPS otomatis dan dilengkapi dengan fitur *Push Notification*. aplikasi Mwater explorer ini terakhir diperbarui pada bulan Maret tahun 2017 serta sudah di pasang oleh lebih dari 1.000 pengguna, serta sudah mendapatkan rating 3 dari 5 bintang di Google Playstore.

Bab 11

Teknik Pengeboran dan Pengelolaan Air Tanah

11.1 Pendahuluan

Sumur merupakan salah satu infrastruktur vital bagi kehidupan manusia. Sumur berperan dalam menyediakan akses air bersih yang sangat dibutuhkan untuk keperluan sehari-hari, seperti minum, memasak, MCK (mandi, cuci, kakus), dan irigasi. Sumur juga menjadi sumber air bersih bagi rumah sakit, industri, dan beberapa kegiatan komersial lainnya. Dalam proses pembuatan sumur, teknik pengeboran sumur sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal.

Pengeboran sumur merupakan proses yang kompleks dan memerlukan pemahaman tentang geologi, hidrogeologi, dan teknik pengeboran itu sendiri. Meskipun demikian pengeboran sumur masih dapat dilakukan dengan proses yang sederhana. Hal ini karena metode pengeboran sumur dapat disesuaikan dengan karakteristik geologi lokasi dan rencana pemanfaatan sumur bor tersebut. Pertimbangan yang utama adalah bisa mencapai sumber air yang memadai dengan efisien dan ekonomis sesuai peruntukannya (Utomo, Siregar and Tanjung, 2020).

Seiring perkembangan teknologi dan kebutuhan air bersih yang terus meningkat di semua sektor kehidupan, pembuatan sumur bor juga terus mengalami

peningkatan. Sebagai contoh selain kebutuhan di tingkat rumah tangga yang terus meningkat, instansi rumah sakit juga membangun sumur bor sendiri sebagai sumber air bersihnya dan PDAM yang menambah sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan konsumennya. Kebijakan Pemerintah Indonesia yang menetapkan target akses universal (100%) pada sektor air minum tercapai pada tahun 2024 juga sangat berperan dalam peningkatan pembuatan sumur bor. Hal ini tentunya akan berdampak pada ketersediaan air tanah di Indonesia (PUSLITBANGPUPR, 2014).

Upaya pengamanan air tanah supaya dapat berkelanjutan menjadi tantangan bagi Pemerintah Indonesia. Peran Pemerintah Indonesia sangat penting dalam pengelolaan air tanah yang meliputi penetapan peraturan, kebijakan, praktik penggunaan air, dan pelestarian lingkungan. Hal ini bukan berarti membatasi masyarakat Indonesia memperoleh akses air bersih melainkan untuk menjaga dan melestarikan air tanah supaya dapat dimanfaatkan secara terus-menerus. Air tanah memang merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, tapi prosesnya membutuhkan waktu yang sangat lama (Menteri ESDM, 2018).

Pengelolaan air tanah di Indonesia menjadi isu yang sangat penting karena mengingat dampaknya terhadap kehidupan, lingkungan dan ekonomi. Peningkatan kesadaran, pemantauan yang lebih baik, serta implementasi kebijakan yang efektif adalah langkah-langkah penting dalam menjaga sumber daya air tanah yang berkelanjutan bagi generasi mendatang (Zaman et al., 2023).

11.2 Sumur Bor

Sumur bor adalah sumur yang dibuat dengan ketentuan dan pedoman teknis sebagai sarana eksplorasi pengambilan, pemakaian dan pengusahaannya, pemantauan atau imbuhan air tanah. Sedangkan pengeboran air tanah adalah kegiatan membuat sumur bor air tanah yang dilaksanakan sesuai dengan pedoman teknis sebagai sarana eksplorasi, pengambilan, pemakaian dan pengusahaannya, pemantauan, atau imbuhan air tanah (PermenRI, 2008). Pengambilan air tanah dengan sumur bor dilakukan di satu atau beberapa lapisan akuifer atau di daerah Cekungan Air Tanah (CAT) (PAMSIMAS, 2021).

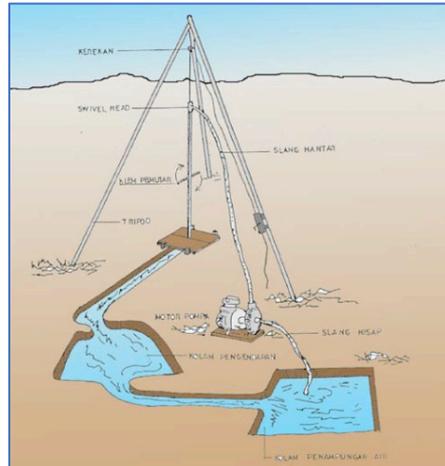
Jenis-jenis sumur bor adalah (Sudarmo and Yatnawijaya, 2018):

1. Sumur dangkal (shallow well)
Pengambilan air tanah pada kedalaman berkisar antara 5-15 meter, debit air hanya mencukupi untuk kebutuhan rumah tangga. Pembuatan dapat dilakukan secara manual dengan alat yang sederhana (Siahaan, 2014). Contoh sumur dangkal ini bisa berupa sumur gali, sumur pompa tangan, dan sumur pompa mesin kecil.
2. Sumur pompa mesin
Pengambilan air tanah pada kedalaman antara 15-40 meter, debit air mencukupi untuk kebutuhan rumah tangga, perkantoran dan sekolah. Pembuatan dapat dilakukan dengan bor jetting, hydra drill, CTM 5000, dan CTM 10.000.
3. Sumur pompa mesin/semi deep well
Pengambilan air tanah pada kedalaman 50-100 meter, debit air cukup untuk memenuhi kebutuhan rumah sakit, hotel, pariwisata dan industri. Pembuatannya dengan alat bor mesin seperti CTM 10.000 atau alat bor mesin lainnya.
4. Sumur pompa dalam (deep well)
Pengambilan air tanah pada kedalaman lebih dari 100 meter, mampu menghasilkan debit air yang besar sehingga dapat digunakan untuk sumber PDAM dan perusahaan air minum lainnya. Pembuatannya dengan metode yang sangat kompleks dan membutuhkan alat yang lebih modern.

Pada sistem penyediaan air bersih di masyarakat, pengeboran dapat dilakukan dengan alat-alat berikut:

1. Alat bor jetting
Alat bor jetting sangat sederhana karena tidak menggunakan mesin penggerak mata bor. Untuk menggerakkan memutar, menekan ke bawah dan menarik ke atas mata bor menggunakan tenaga manusia. Mesin yang digunakan hanya pompa air yang berfungsi untuk menyemprotkan air pada lapisan tanah dengan tujuan melunakkan lapisan tanah dan mengangkat cutting keluar dari dalam sumur bor. Air

pengeboran ditampung dalam bak sirkulasi dan dilengkapi juga dengan bak pengendap cutting. Sistem pengeboran dengan alat jetting seperti pada gambar berikut:



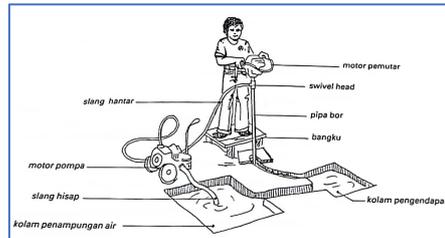
Gambar 11.1: Sistem Pengeboran Dengan Alat Bor Jetting (Siahaan, 2014)



Gambar 11.2: Proses Pengeboran Sumur dengan Alat Jetting (Dokumentasi Kegiatan Praktik Penyediaan Air Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta)

2. Alat bor hidradrill P.200

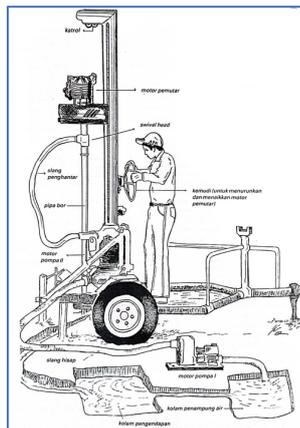
Alat bor jenis ini menggunakan mesin penggerak untuk memutar mata bor, sedangkan untuk menekan ke bawah dan menarik ke atas dengan tenaga manusia. Peralatan lain sama dengan alat yang digunakan pada pengeboran jetting.



Gambar 11.3: Sistem Pengeboran Dengan Alat Hidradrill P.200
(Sanitasi and UNICEF, 1983)

3. Alat bor hidradrill CTM 5.000

Alat bor jenis ini menggunakan mesin penggerak untuk memutar mata bor dan menggunakan sistem lift untuk menurunkan dan menaikkan mata bor yang digerakkan secara manual dengan tenaga manusia. Alat jenis ini masih banyak digunakan oleh jasa pembuatan sumur bor karena dapat dirangkai sendiri menggunakan bahan-bahan plat besi yang dimodifikasi. Berikut contoh alat bor hidradrill CTM 5.000:



Gambar 11.4: Sistem Pengeboran Dengan Alat Hidradrill CTM
5.000 (Sanitasi and UNICEF, 1983)

4. Alat bor CTM 10.000

Proses pengeboran dengan alat bor CTM 10.000 sudah menggunakan mesin dengan tenaga penggerak hidrolik. Dengan demikian tidak membutuhkan tenaga kerja yang banyak. Sistem kerja pengeboran sama dengan jenis lainnya, menggunakan pompa air dan harus menggunakan air selama pengeboran. Berikut contoh pengeboran dengan CTM 10.000:



Gambar 11.5: Proses Pengeboran Sumur dengan Alat CTM 10.000
(Dokumentasi Pengabmas Poltekkes Kemenkes Yogyakarta)



Gambar 11.6: Proses Pemasangan Alat CTM 10.000 di Lokasi
(Dokumentasi Kegiatan Praktik Penyediaan Air Jurusan Kesehatan
Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta)

Keuntungan menggunakan sumur bor yaitu (PinHome, 2020):

1. Tidak membutuhkan lahan yang luas karena diameter kecil, dapat ditempatkan di dalam rumah, dan sekitar bangunan.
2. Proses pembuatan lebih cepat dibandingkan dengan menggali sumur.
3. Air tanah lebih kaya mineral dan aman dari cemaran.
4. Diameter kecil dan mudah ditutup sehingga tidak menjadi risiko bahaya.

Berdasarkan tenaga yang dibutuhkan untuk melakukan pengeboran, pembuatan sumur bor dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Manual, yaitu pengeboran dilakukan dengan memanfaatkan tenaga manusia di semua prosesnya. Pengeboran secara manual dilakukan di air tanah dangkal dan dengan kondisi lapisan tanah yang lunak. Contoh metode pengeboran manual adalah rojok, auger, dan pantek.
2. Manual dan mekanis, yaitu pengeboran dilakukan dengan gabungan tenaga manusia dan mesin. Tenaga manusia digunakan pada proses penekanan, pemutaran, dan pengangkatan kembali mata bor. Tenaga mesin biasanya hanya penggunaan pompa air untuk menyemprotkan air ke lapisan tanah melalui ujung mata bor yang bertujuan untuk melunakkan lapisan tanah dan mengeluarkan cutting. Sumur bor yang dibuat dengan metode ini berkisar antara 10 – 20 meter. Akan tetapi juga tergantung dari jenis lapisan tanahnya. Semakin lunak lapisan tanah maka kemampuan pengeboran juga semakin dalam. Contoh metode pengeboran ini adalah pengeboran sistem jetting.
3. Mekanis, yaitu pengeboran dilakukan dengan tenaga mesin di semua prosesnya. Tenaga manusia hanya sebatas pengoperasian alat, pemasangan dan pelepasan stang bor. Karena menggunakan mesin, maka sumur bor yang dibuat dapat mencapai pada lapisan akuifer dalam. Pada umumnya mesin bor ini berjenis hidrolik, yaitu mesin dengan media penggerak berupa minyak atau cairan. Dengan prinsip kerja ketika tekanan diberikan pada cairan hidrolis dalam sistem tertutup, maka tekanan ini dapat digunakan untuk menggerakkan piston atau silinder, sehingga mampu melakukan pekerjaan mekanis.

Contoh metode pengeboran ini adalah pengeboran DeepRock CTM 10.000 dan beberapa tipe *Deep Well Drilling Machine* lainnya.

11.3 Teknik Pengeboran Sumur

Teknik pengeboran sumur adalah proses menggali lubang dalam tanah atau batuan dengan menggunakan alat khusus yang disebut bor. Tujuan utama dari pengeboran sumur adalah untuk mencapai lapisan air bawah tanah yang mengandung air bersih atau untuk mengeksplorasi sumber daya mineral atau energi yang terdapat di dalam bumi.

Berikut ini adalah langkah-langkah pengeboran sumur secara umum (PAMSIMAS, 2021):

Perencanaan

Tahap awal pengeboran adalah merencanakan lokasi pengeboran, mendapatkan izin yang diperlukan, dan menentukan kedalaman serta jenis sumur yang akan dibuat (misalnya sumur bor dangkal atau dalam). Penentuan lokasi melalui survei pendugaan air tanah yang bisa dilakukan secara konvensional maupun dengan geolistrik (Purecont.com, 2018) (BPSDM KemenPUPR, 2019).

Perizinan sering diperlukan untuk pengeboran sumur dalam dan pengambilan debit air yang banyak. Proses perizinan di setiap daerah berbeda-beda sesuai kebijakan pemerintah daerah tersebut. Menyiapkan tenaga kerja dan penghitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) juga sangat penting untuk dilakukan. Di lokasi pengeboran juga harus memiliki sumber air yang akan digunakan untuk sirkulasi pengeboran. Buatlah bak penampung air (bak sirkulasi) dan bak pengendap lumpur terlebih dahulu.

Persiapan Alat

Persiapan alat bor yang sesuai dengan tipe sumur yang akan dibuat dan rencana kedalaman pengeboran. Alat ini dapat berupa bor mesin dan bor tangan. Peralatan pendukung lainnya juga sangat penting untuk disiapkan. Proses pengangkutan alat ke lokasi pengeboran juga perlu diperhitungkan supaya semua alat dapat terangkut dengan baik. Mata bor disiapkan sesuai dengan kondisi lapisan tanah dan ke dalam sumur yang akan dicapai.

Berikut jenis-jenis mata bor (Pompair.com, 2016):

1. Mata bor drag bit

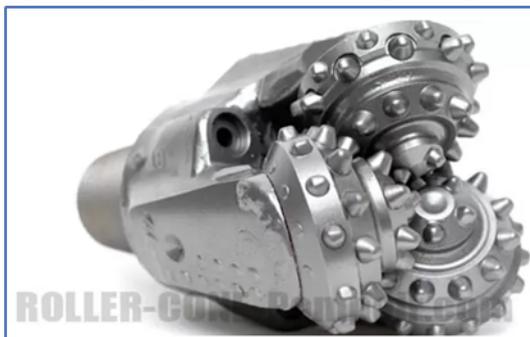
Model ini sering digunakan untuk membuat lubang pada lapisan formasi lunak dengan dilengkapi nozel jet yang berfungsi menyembrotkan cairan pengeboran. Mata bor terbuat dari campuran baja dan bagian muka dilengkapi dengan tungsten *carbide*. Kekurangan mata bor ini adalah lubang sumur sering tidak tegak lurus vertikal (bengkok) dan diameter sumur tidak simetris.



Gambar 11.7: Jenis Mata Bor Drag Bit (Pompair.com, 2016)

2. Mata bor roller cone

Mata bor ini memiliki kerucut yang dapat bergerak memutar yang berfungsi untuk memecah lapisan batuan. Mata bor ini cocok untuk pengeboran sumur dalam atau pengeboran minyak. Mata gigi terbuat dari karbit tungsten yang tahan keausan dengan fungsi yang berbeda.



Gambar 11.8: Mata Bor Roller Cone (Pompair.com, 2016)

Untuk pengeboran pada lapisan lunak menggunakan mata bor yang bergigi panjang dan jumlah yang sedikit. Sebaliknya untuk pengeboran

pada lapisan batuan keras menggunakan mata bor dengan gigi pendek dan rapat. Bagian gigi yang tajam komposisi materialnya dibedakan menjadi steel tooth bit (milled tooth bit) dan insert bit (tungsten carbide bit).

3. Mata bor diamond bit

Mata bor jenis ini bekerjanya tidak mengeruk atau gigi berputar, akan tetapi bekerja secara menggores lapisan tanah atau batuan sehingga proses pengeboran berjalan sangat lambat. Mata bor berupa butir-butir intan yang terpasang pada sebuah besi silinder. Penggunaan material intan masih sangat populer hingga saat ini karena sifatnya sangat keras melebihi baja. Mata bor jenis ini sangat awet, akan tetapi sudah mulai ditinggalkan karena proses pengeborannya lama.

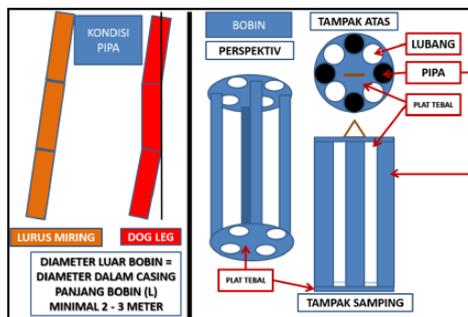


Gambar 11.9: Mata Bor Diamond Bit (Pompair.com, 2016)

Pengeboran

Alat bor diatur supaya tegak lurus vertikal dan dijaga kestabilannya dengan tujuan tidak membentuk *dogleg/zig-zag*. Lubang sumur yang berbentuk dog leg dapat menyebabkan proses *development* sumur tidak sempurna bahkan tidak dapat dipasang casing. Proses pengeboran dimulai dengan memasukkan alat bor ke dalam tanah atau batuan. Bor akan terus bergerak ke bawah sambil memotong dan mengangkat material yang dibor.

Ini bisa dilakukan secara vertikal atau miring, tergantung pada tujuan pengeboran dan kondisi lapisan tanah. Selama proses pengeboran dilakukan pengambilan sampel pecahan formasi lapisan tanah (*cutting*) setiap penambahan 1 meter kedalaman. Sampel *cutting* tersebut digunakan sebagai indikator untuk mendeteksi lapisan akuifer dengan melihat ciri-ciri dan teksturnya (PAMSIMAS, 2021).



Gambar 11.10: Bentuk Lubang Sumur yang Tidak Normal dan Alat Vertically Test (PAMSIMAS, 2021).

Pengendalian Lumpur Bor

Selama pengeboran, lumpur bor atau cairan khusus digunakan untuk mendinginkan bor, mengangkat material bor, dan menjaga kestabilan lubang bor. Lumpur ini sangat penting selama proses pengeboran dan tingkat kekentalannya (viskositas) harus diperhatikan (Anonim, 2018).

Jika sirkulasi air yang digunakan sangat encer atau bahkan tidak mengandung lumpur, maka diperlukan tambahan pengental menggunakan polimer sintesis seperti *poliakrilamida* atau garam polimer. Cairan yang kental ini akan berfungsi untuk mendorong cutting keluar dari dalam sumur bor dan jika lapisan tanah sangat *porous* (berpori) akan berfungsi menutup pori-pori lapisan tanah tersebut.

Pemasangan Casing dan Finishing

Pemasangan casing dilakukan setelah pengeboran sumur selesai hingga mencapai lapisan akuifer yang diinginkan. Pada sumur bor dalam, sebelum pemasangan casing perlu dilakukan *geophysical logging* untuk mendapatkan gambaran sifat fisik batuan di dalam lubang bor (PAMSIMAS, 2021).

Casing dapat menggunakan pipa PVC dengan diameter disesuaikan dengan diameter sumur bor yang dibuat. Casing paling bawah sekaligus dijadikan filter dengan cara diberi lubang-lubang kecil untuk memfilter pasir-pasir halus. Kerikil penyaring (*gravel pack*) dimasukkan di luar casing sedikit demi sedikit supaya mencapai dasar sumur disertai dengan sirkulasi (*spulling*) air yang encer supaya *gravel pack* dapat tersusun dengan sempurna pada rongga antara casing dengan dinding sumur bor.

Fungsi gravel pack adalah menyaring partikel kecil seperti pasir dan masuknya air dari akuifer ke dalam saringan (screen) (Anonim, 2010). Sirkulasi air (spulling) ini juga sekaligus sebagai pencucian dan pembersihan sumur bor (well development).

Manfaat well development adalah (Anonim, 2018):

1. mengurangi clogging (penyumbatan) akuifer;
2. menaikkan porositas dan permeabilitas akuifer;
3. stabilisasi formasi lapisan pasir di sekitar casing.



Gambar 11.11: Proses Memasukkan Gravel Pack dan Spulling (Dokumentasi Kegiatan Praktik Penyediaan Air Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta)



Gambar 11.12: Proses Pemasangan Casing Sumur Bor (Dokumentasi Kegiatan Praktik Penyediaan Air Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta)

Pengujian dan Pengamatan

Selama proses pengeboran, pengujian dan pengamatan dilakukan untuk menilai karakteristik geologis dan hidrogeologi lubang bor, termasuk kedalaman air tanah, kualitas air, dan kemungkinan keberadaan sumber daya lainnya. Pengujian lebih lanjut dilakukan untuk mengukur debit air, tekanan, dan kualitas air untuk memastikan bahwa sumur dapat digunakan sesuai kebutuhan (Suchy, Buchanan and Sophocleous, 2011).

Penutupan Lubang Sumur

Setelah sumur berfungsi dengan baik, lubang sumur ditutup dengan aman untuk mencegah kontaminasi dan menjaga keamanan. Instalasi pompa air dan plambing dilakukan setelah air di dalam sumur sudah bersih dan jernih.

11.4 Pengelolaan Air Tanah

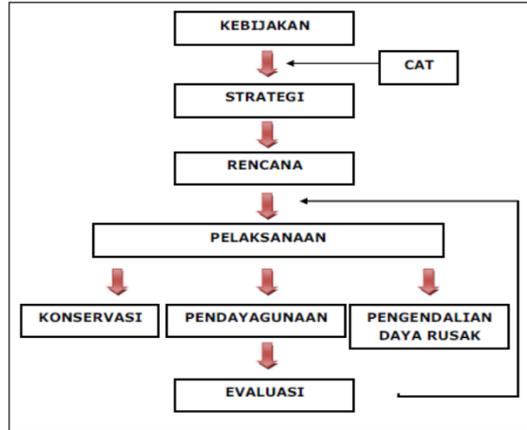
Air bawah tanah memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari dan penghidupan penduduk Indonesia. Keberadaan air tanah di Indonesia cukup beragam, namun tidak setiap wilayah memiliki pasokan air tanah yang memadai, bergantung pada geologi setempat dan tingkat curah hujan. Air tanah ini terletak di bawah permukaan tanah, baik di daratan maupun di bawah dasar laut, mengikuti penyebaran dan sifat-sifat lapisan tanah atau batuan di dalam cekungan air tanah (Menteri ESDM, 2018).

Air tanah dapat ditemukan di dalam lapisan yang jenuh dengan air (saturated zone), lapisan yang tidak jenuh dengan air (unsaturated zone), atau dalam bentuk rongga-rongga dan aliran sungai bawah tanah dalam formasi batu gamping (Indriani, Zaenudin and Antosia, 2019). Dalam suatu cekungan, air tanah dapat mengisi sungai, waduk, atau danau, dan sebaliknya air sungai, waduk, atau danau juga dapat mengisi akuifer.

Oleh karena itu, pengelolaan air tanah harus diintegrasikan dengan pengelolaan air permukaan secara holistik. Perihal penggunaan dan izin pengelolaan air diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 121 Tahun 2015 mengenai Pengusahaan Sumber Daya Air.

Pengelolaan air tanah adalah tindakan yang melibatkan pelaksanaan, perencanaan, pemantauan, dan evaluasi terhadap pelaksanaan praktik pelestarian air tanah, pemanfaatan air tanah, dan pengendalian kerusakan air

tanah. Pengaturan manajemen air tanah dijelaskan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 2008 yang mengatur cara pengelolaan air tanah. Fokus utama dalam manajemen ini adalah memastikan ketersediaan pasokan air bersih, yang sangat penting untuk keperluan air minum masyarakat (Hendrayana, 2014).



Gambar 11.13: Alur Pengelolaan Air Tanah (Hendrayana, 2014)

Penatagunaan air tanah bertujuan untuk menentukan penggunaan dan tujuan penggunaan air tanah dalam cekungan air tanah, dengan merujuk pada zona pelestarian air tanah sebagai dasar.

Pertimbangan dalam penetapan zona pemanfaatan air tanah dengan memperhatikan hal berikut:

1. Sebaran dan karakteristik akuifer, kelulusan dan *sustainability* akuifer.
2. Kondisi hidrogeologi, sistem akuifer, dan pola aliran air tanah.
3. Kondisi dan lingkungan air tanah, kuantitas, dan kualitas.
4. Kawasan lindung air tanah, daerah imbuhan, zona kritis dan zona rusak.
5. Kebutuhan air bagi masyarakat dan pembangunan.
6. Ketersediaan air permukaan.
7. Ketersediaan air permukaan.

Zona Pemanfaatan air tanah digunakan sebagai pedoman dalam merencanakan kegiatan pengeboran, penggalian, penggunaan, eksploitasi dan pengembangan sumber daya air tanah, serta dalam perencanaan tata ruang wilayah. Sementara

itu, penentuan tujuan penggunaan air tanah dalam cekungan air tanah dilakukan dengan mempertimbangkan:

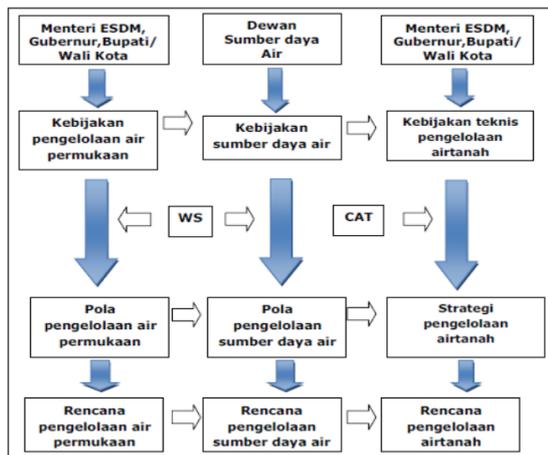
1. Kuantitas dan kualitas air tanah.
2. Daya dukung akuifer terhadap pengambilan air tanah.
3. Jumlah dan sebaran penduduk dan laju pertumbuhannya.
4. Proyeksi kebutuhan air tanah.
5. Pemanfaatan air tanah yang sudah ada.

Ruang lingkup pengelolaan air tanah terdiri dari penetapan kebijakan pengelolaan air tanah, penetapan cekungan air tanah, penetapan strategi pengelolaan air tanah, pengelolaan sistem informasi air tanah, dan pemberdayaan, pengendalian serta pengawasan pengelolaan air tanah.

11.4.1 Penetapan Kebijakan Pengelolaan Air Tanah

Kebijakan pengelolaan air tanah bertujuan sebagai arahan dalam penyelenggaraan konservasi air tanah, pendayagunaan air tanah, pengendalian kerusakan air tanah, dan sistem informasi air tanah. Kebijakan bersifat mendasar yang ditetapkan oleh Menteri Energi dan Sumber daya Mineral, Gubernur, atau Bupati/Walikota yang dijadikan sebagai landasan dalam pengelolaan air tanah.

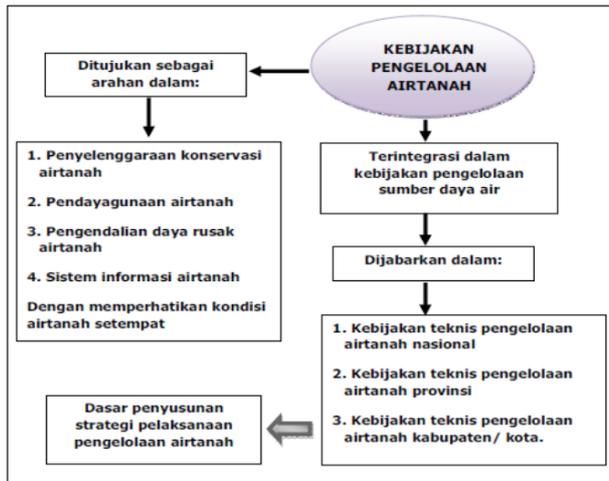
Kebijakan pengelolaan air tanah dapat dilihat pada gambar integrasi pengelolaan sumber daya air berikut:



Gambar 11.14: Integrasi Pengelolaan Sumber Daya Air (Hendrayana, 2014)

Kebijakan teknis pengelolaan air tanah di tingkat nasional yang digarap dan diresmikan oleh Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral merujuk pada kebijakan teknis pengelolaan air tanah secara nasional dan mengikuti pedoman yang ditetapkan dalam kebijakan pengelolaan sumber daya air di tingkat provinsi.

Sementara itu, kebijakan teknis pengelolaan air tanah di tingkat kabupaten/kota yang disusun dan diresmikan oleh bupati/wali kota juga mengacu pada kebijakan teknis pengelolaan air tanah tingkat provinsi dan sesuai dengan pedoman yang ditetapkan dalam kebijakan pengelolaan sumber daya air di tingkat kabupaten/kota. Alur kebijakan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 11.15: Diagram Alir Kebijakan Pengelolaan Air Tanah (Hendrayana, 2014)

11.4.2 Penetapan Cekungan Air Tanah

Suatu lapisan tanah dapat dianggap sebagai cekungan air tanah jika memenuhi persyaratan berikut: memiliki batas hidrogeologis yang terpengaruh oleh faktor geologis dan/atau karakteristik hidraulik air tanah, memiliki daerah pemasukan dan penyaluran air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah, serta membentuk satu kesatuan sistem akuifer.

Berdasarkan persyaratan tersebut, sesuai dengan ketentuan dalam Pasal 12 ayat (2) Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, cekungan air tanah ditetapkan sebagai landasan untuk pengelolaan sumber daya air tanah. Penetapan cekungan air tanah adalah langkah penting dalam memastikan pengelolaan sumber daya air tanah yang baik dan berkelanjutan serta melindungi lingkungan dan kepentingan masyarakat. Tujuan penetapan cekungan air tanah adalah untuk mengatur dan mengelola sumber daya air tanah secara efisien, berkelanjutan, dan berwawasan lingkungan.

Beberapa tujuan utama penetapan cekungan air tanah meliputi:

1. Konservasi Sumber Daya Air Tanah

Melindungi dan menjaga kualitas serta kuantitas air tanah agar tetap berkelanjutan dan tidak terdegradasi. Ini termasuk upaya untuk mencegah penurunan tingkat air tanah, intrusi air laut, pencemaran air tanah, dan kerusakan lainnya. Zona konservasi air tanah secara lengkap tertuang dalam Peraturan Menteri ESDM No. 31 tahun 2018 tentang Pedoman Penetapan Zona Konservasi Air Tanah.

2. Pengelolaan Berkelanjutan

Memastikan bahwa sumber daya air tanah digunakan secara berkelanjutan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan memenuhi kebutuhan generasi mendatang.

3. Pemberian Izin Penggunaan Air Tanah

Membuat kerangka hukum dan administratif untuk memberikan izin penggunaan air tanah kepada berbagai pihak, termasuk industri, pertanian, dan masyarakat umum, dengan memperhatikan prinsip keseimbangan antara pemanfaatan dan konservasi air tanah.

4. Pengendalian Daya Rusak Air Tanah

Mencegah atau mengurangi dampak negatif yang dapat muncul akibat eksploitasi berlebihan atau penggunaan yang tidak bijaksana dari air tanah, seperti penurunan tingkat air tanah atau intrusi air laut.

5. Perlindungan Lingkungan

Menjaga dan melindungi ekosistem yang terkait dengan cekungan air tanah, termasuk sungai, danau, dan kehidupan akuatik lainnya yang bergantung pada air tanah.

6. Pengembangan Kebijakan dan Perencanaan

Membantu dalam pembuatan kebijakan dan perencanaan pengelolaan air yang efektif dan berkelanjutan di wilayah cekungan air tanah tersebut.

7. Mengatur Konflik

Mencegah atau menyelesaikan konflik yang mungkin timbul terkait dengan penggunaan air tanah di wilayah tersebut, dengan mengatur penggunaan dan alokasi sumber daya air tanah secara adil dan berdasarkan prinsip-prinsip keberlanjutan.

11.4.3 Penetapan Strategi Pengelolaan Air Tanah

Pengelolaan air tanah dilaksanakan berdasarkan suatu strategi yang menitikberatkan pada menjaga keseimbangan antara usaha konservasi dan pemanfaatan air tanah. Strategi pengelolaan ini diterapkan secara komprehensif, dengan keselarasan antara upaya konservasi dan pemanfaatan air tanah, serta integrasi dalam penggunaan air yang saling mendukung, dan melibatkan peran serta masyarakat. Strategi pengelolaan air tanah mencakup tujuan jangka panjang, aturan dasar pengelolaan, kebijakan umum dalam pengelolaan, dan pendekatan yang digunakan dalam manajemen air tanah. Ini menjadi landasan penting dalam merencanakan, melaksanakan, memonitor, dan mengevaluasi upaya konservasi air tanah, pemanfaatan air tanah, serta pengendalian kerusakan air tanah di dalam cekungan air tanah.

Strategi pengelolaan air tanah yang disusun dan ditetapkan pada setiap cekungan air tanah dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 11.16: Diagram Alir Strategi Pengelolaan Air Tanah (Hendrayana, 2014)

11.4.4 Pengelolaan Sistem Informasi Air Tanah

Tujuan dari pengelolaan sistem informasi air tanah adalah untuk menyimpan, memproses, menyediakan, dan mendistribusikan data dan informasi seputar air tanah guna mendukung upaya pengelolaan air tanah. Informasi dan data tersebut mencakup berbagai aspek, seperti karakteristik cekungan air tanah, geologi air tanah, potensi air tanah, langkah-langkah pelestarian air tanah, pemanfaatan air tanah, status dan lingkungan air tanah, pengawasan dan tindakan pengendalian air tanah, regulasi dan aturan yang berkaitan dengan air tanah, serta aspek sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat yang terhubung dengan air tanah.

Informasi dan data ini diperoleh melalui sejumlah kegiatan seperti survei lapangan, pemetaan, riset, pengeboran, eksplorasi, dan evaluasi data.

11.4.5 Pemberdayaan, Pengendalian, Serta Pengawasan Pengelolaan Air Tanah

Pemerintah dan pemerintah daerah menyelenggarakan pemberdayaan para pemilik kepentingan dan kelembagaan sumber daya air secara terencana dan sistematis untuk meningkatkan kinerja pengelolaan sumber daya air. Pemberdayaan dilaksanakan pada kegiatan perencanaan, pelaksanaan konstruksi, pengawasan, operasi dan pemeliharaan sumber daya air dengan melibatkan peran masyarakat.

Kelompok masyarakat atas prakarsa sendiri dapat melaksanakan upaya pemberdayaan untuk kepentingan masing-masing dengan berpedoman pada tujuan pemberdayaan tersebut. Penyelenggaraan pemberdayaan dilakukan dalam bentuk pendidikan dan pelatihan, penelitian dan pengembangan, serta pendampingan.

Bab 12

Teknik Perpipaan dan Pompa

12.1 Dasar-dasar Perpipaan

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk transportasi fluida antar peralatan (equipment) dalam suatu pabrik atau dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga proses produksi dapat berlangsung. Sistem perpipaan (piping system) secara umum terdiri dari komponen-komponen seperti pipa, katup, *fitting* (elbow, reducer, tee), flange, nozzle, instrumentasi (peralatan untuk mengukur dan mengendalikan parameter aliran fluida, seperti temperatur, tekanan, laju aliran massa, level ketinggian), peralatan atau *equipment* (alat penukar kalor, bejana tekan, pompa kompresor), penyangga pipa (pipe support dan pipe hanger) dan komponen khusus (strainer, drain, vent).

Dalam dunia industri, biasanya dikenal beberapa istilah mengenai sistem perpipaan seperti *piping* dan *pipeline*. Piping adalah sistem perpipaan di suatu *plant*, sebagai fasilitas untuk mengantarkan fluida (cair atau gas) antara satu peralatan ke peralatan lainnya untuk melewati proses-proses tertentu. *Piping* ini tidak akan keluar dari satu wilayah *plant*. Sedangkan *pipeline* adalah sistem perpipaan untuk mengantarkan atau mengalirkan fluida antara satu *plant* ke *plant* lainnya yang biasanya melewati beberapa daerah (Babcock & Wilcox).

Sistem perpipaan dapat ditemukan hampir pada semua jenis industri, dari sistem pipa tunggal sederhana sampai sistem bercabang yang sangat kompleks. Contoh

sistem perpipaan adalah sistem distribusi air bersih pada gedung atau kota, sistem pengangkutan minyak dari sumur ke tandon atau tangki penyimpanan, sistem distribusi udara pendingin pada suatu gedung, sistem distribusi uap pada proses pengeringan dan lain sebagainya. Sistem perpipaan meliputi semua komponen dari lokasi awal sampai dengan lokasi tujuan, yaitu saringan (strainer), katup (valve), sambungan (fitting), nozzle dan lain sebagainya. Untuk sistem perpipaan yang menggunakan fluida cair umumnya dari lokasi awal fluida dipasang saringan untuk menyaring kotoran agar tidak menyumbat aliran fluida.



Gambar 12.1: Desain Awal Sistem Perpipaan Ditentukan Oleh Persyaratan Fungsional Pemipaan Fluida Dari Satu Titik Ke Titik Lainnya. Desain Rinci Ditentukan Oleh Kriteria (Cheremisinoff, N. P)

Saringan (strainer) dilengkapi dengan katup searah (foot valve) yang berfungsi mencegah aliran kembali ke lokasi awal atau tandon. Sedangkan sambungan dapat berupa sambungan penampang tetap, sambungan penampang berubah, belokan (elbow) atau sambungan bentuk T (tee) dan masih banyak komponen-komponen yang digunakan dalam sistem perpipaan.

12.2 Jenis-jenis Pipa

Jenis Pipa: Klasifikasi Pipa

Pipa didefinisikan sebagai produk berbentuk tabung melingkar yang digunakan untuk mengalirkan fluida (cairan, gas, dan padatan terfluidisasi). Pipa dirancang untuk tekanan desain tertentu yang sesuai dengan suhu desain. (general physics). Berbagai parameter yang terkait dengan pipa adalah ukuran pipa, jadwal atau ketebalan pipa, bahan pipa, kemampuan untuk menahan tekanan, kemampuan untuk menahan suhu, dll.

Berbagai jenis pipa digunakan di sektor industri untuk tujuan yang berbeda. Industri umum yang banyak menggunakan pipa adalah minyak dan gas, industri proses, kompleks kimia dan petrokimia, industri makanan dan minuman, sektor listrik, industri baja, industri HVAC, industri pipa, kilang, dll.

Saat ini, penggunaan pipa sangat luas sehingga pabrik industri modern tidak dapat dibayangkan tanpa pipa. (general physics corporation,) jenis pipa diputuskan berdasarkan berbagai faktor. Pada artikel ini, kita akan membahas berbagai jenis pipa yang banyak digunakan dalam industri.

Jenis pipa yang terbuat dari bahan besi:

Jenis pipa ini lebih kuat dan lebih berat. Pipa-pipa ini memiliki besi sebagai elemen penyusun utamanya. Contoh umum pipa yang terbuat dari bahan besi adalah:

1. Pipa baja karbon.
2. Pipa baja tahan karat.
3. Pipa baja paduan.
4. pipa DSS.
5. Pipa Besi Cor.
6. Pipa besi ulet, dll

Jenis-jenis pipa berdasarkan bahan:

Dilihat dari struktur bahan baku yang digunakan secara umum kita mengenal jenis-jenis pipa sebagai berikut:

1. Pipa carbon steel.
2. Pipa carbon moly.

3. Pipa stainless steel.
4. Pipa duplex (biasa digunakan di proyek migas).
5. Pipa galvanis.
6. Pipa ferro nikel.
7. Pipa chrom moly.
8. Pipa PVC.
9. Pipa HDPE (High Density PolyEthylene).

Selain itu ada juga jenis pipa dari bahan khusus antara lain:

1. Pipa fiber (FRP).
2. Pipa aluminium.
3. Pipa wrought iron (pipa besi tempa).
4. Pipa copper (tembaga).
5. Pipa nickel copper.
6. Pipa nickel chrom iron / inconnel (besi krom nikel).
7. Pipa red brass.

Jenis-jenis pipa berdasarkan proses pembuatannya:

Proses pembuatan pipa dilakukan dengan berbagai cara dan metode. Khusus untuk pipa dengan bahan besi secara umum kita mengenal ada 3 jenis, yaitu:

1. Pipa baja seamless
Pipa ini dibentuk dengan cara yang sangat rumit yaitu dengan menusukkan batang besi silinder untuk menghasilkan lubang pada diameter dalam pipa. Sehingga menghasilkan sebuah pipa yang tanpa ada sambungan sama sekali. Pipa *seamless* bisa digunakan pada *pressure* rendah maupun tinggi.



Gambar 12.2: Pipa Baja Seamless

2. Pipa baja welded

Pipa ini dibuat dengan cara pelengkungan plat baja hingga ujung sisinya saling bertemu untuk kemudian dilakukan pengelasan. Pipa *welded* biasanya digunakan hanya untuk aliran dengan temperatur rendah (low temperature).



Gambar 12.3: Pipa Baja Welded

12.3 Mengetahui Plumbing, Jenis, Fungsi, dan Cara Instalasinya

Sistem *plumbing* dapat didefinisikan sebagai praktik, bahan dan perlengkapan yang digunakan dalam memasang, memelihara, dan mengubah perpipaan, perlengkapan, peralatan, yang berhubungan dengan fasilitas sanitasi atau drainase. Kemudian juga sistem ventilasi, dan sistem pasokan air publik atau swasta.

Plumbing tidak termasuk pengeboran sumur air, memasang peralatan pelunak air, membuat atau menjual perlengkapan pipa, peralatan, peralatan, atau perangkat keras. Sejauh ini, sistem *plumbing* meliputi tiga bagian yakni sistem pasokan air minum yang memadai, sistem drainase yang aman dan memadai, dan perlengkapan dan peralatan yang cukup. Harus dapat dipastikan bahwa sistem *plumbing* dapat memindahkan limbah dengan aman dari rumah dan melindungi penghuni dari cadangan limbah dan gas berbahaya.

Sementara itu, fungsi utama dari sistem *plumbing* di rumah Anda adalah untuk membawa pasokan air panas dan dingin yang memadai dan dapat diminum ke penghuni sebuah rumah, serta mengalirkan semua air limbah dan pembuangan limbah dari perlengkapan ke saluran pembuangan umum atau sistem pembuangan pribadi. Oleh karena itu, sangat penting bahwa Anda harus bisa mengenali semua elemen sistem *plumbing* ini sehingga dengan mudah mendeteksi apabila ada kekurangan struktur pipa dan yang lainnya (Stewart, Harry L).

Apa itu Plumbing

Plumbing adalah sistem pipa dan perlengkapan yang dipasang di gedung untuk distribusi penggunaan air minum (minum) dan pembuangan limbah yang terbawa air. *Plumbing* biasanya dibedakan dari sistem air dan pembuangan limbah yang melayani sekelompok bangunan atau kota.

Plumbing juga adalah istilah yang digunakan untuk menyebut sistem perpipaan atau *plumbing* sendiri berasal dari bahasa Inggris yang berarti suatu sistem berisi rangkaian pipa, tangki, dan peralatan lain untuk keperluan penyediaan air, pemanas, serta sanitasi pada bangunan. Saat ini, banyak pembangunan gedung yang bermasalah dengan pengelolaan air, baik itu untuk perolehan air bersih maupun pembuangan air kotor. *Plumbing* menjadi solusi atas permasalahan tersebut.



Gambar 12.4: Plumbing

Dengan demikian, *plumbing* adalah suatu sistem pengelolaan air pada bangunan yang mengatur tentang pemasangan pipa, tangki, dan peralatan lainnya. Sistem ini mengatur penyediaan air bersih, distribusi air bersih, hingga pembuangan dan pengelolaan air kotor agar tidak mencemari lingkungan di sekitar bangunan. Sistem *plumbing* diaplikasikan pada bangunan dan berhubungan langsung

dengan saluran air daerah, baik itu saluran penyedia air bersih maupun saluran pembuangan air kotor.

Dengan instalasi *plumbing*, diharapkan kebersihan lingkungan tetap terjaga dan pengelolaan limbah bisa dilakukan secara maksimal. Untuk lebih memahami bagaimana *plumbing* bekerja, simak ulasannya dalam artikel ini!

Fungsi Plumbing

Plumbing pertama kali ditemukan oleh orang Mesir, dan orang Romawi mengembangkannya sedikit lebih jauh. Kata *plumbing* berasal dari kata Latin untuk 'plumbum.' Singkatnya, *plumbing* adalah sistem apa pun yang mengangkut cairan untuk berbagai aplikasi. *Plumbing* seperti yang dikenal sekarang, menggunakan berbagai alat, seperti pipa, katup, perlengkapan pipa, dan tangki untuk mengangkut cairan.

Selain *plumbing* tradisional (yang mengatur sistem air di rumah, *plumbing* juga digunakan untuk pemanasan dan pendinginan (HVAC), pembuangan limbah, dan pengiriman air minum. Di dunia modern saat ini, *plumbing* telah menjadi bagian penting dari infrastruktur, serta sanitasi dan kesehatan masyarakat.



Gambar 12.5: Pipa dan Kran Air

Secara lebih jelasnya, fungsi penerapan sistem *plumbing* adalah sebagai berikut:

1. menyediakan air bersih pada bangunan;
2. menyediakan sistem distribusi air bersih pada area yang dikehendaki dalam sebuah bangunan;
3. menyediakan sistem pembuangan air kotor yang aman agar tidak terjadi pencemaran pada bangunan;

4. menyediakan sistem ventilasi udara agar sirkulasi udara di dalam gedung tetap terjaga, terutama pada area pembuangan air kotor;
5. menjadi sistem pencegah kebakaran;
6. menjadi sistem distribusi air hujan, dan;
7. meningkatkan kenyamanan pengguna bangunan.

Plumbing merupakan sistem yang mengatur penyediaan air bersih, distribusi air bersih, hingga pembuangan dan pengelolaan air kotor pada sebuah bangunan, tempat tinggal, atau rumah



Gambar 12.6: Model sistem perpipaan

Sejauh ini ada beberapa alat yang paling umum digunakan dalam *plumbing*. Umumnya perbaikan *plumbing* rumah tangga tidak memerlukan alat yang paling canggih dan teknik khusus. Tetapi ada beberapa item khusus yang sangat diperlukan untuk pengerjaan *plumbing* sehari-hari. Berikut ini sejumlah peralatan *plumbing*.

12.4 Fungsi Pipa

Dalam *plumbing*, pipa berfungsi sebagai media untuk menyalurkan air. Pipa disusun sedemikian rupa agar air dapat mengalir menuju arah yang dikehendaki. Jenis pipa yang digunakan dalam sistem *plumbing* biasanya cukup tebal dan kuat. Sebab, pipa harus mampu menerima tekanan besar yang mengalirkan air.

Agar laju air dalam pipa bisa tetap terarah, dibutuhkan katup. Nah, ada beberapa jenis katup yang umum digunakan dalam sistem *plumbing*, seperti:

1. Katup gerbang (gate valve)
Sesuai namanya, katup gerbang bekerja layaknya sebuah gerbang yang bisa menutup dan membuka. Saat katup membuka, air akan mengalir dan saat katup tertutup, maka aliran air akan berhenti.
2. Katup globe (globe valve)
Fungsi katup globe pada sistem *plumbing* adalah mengalirkan dan menghentikan air, mirip seperti katup gerbang. Namun, dengan adanya steker dan cakram, aliran air yang melalui katup globe akan membentuk pola S. Dengan pola seperti ini, tekanan air bisa tetap stabil dan tidak naik.
3. Katup cek
Befungsi untuk menahan aliran balik jika pompa air tiba-tiba berhenti bekerja. Pemasangan katup cek harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak terjadi lonjakan tekanan air (water hammer).
4. Katup penurun tekanan
Katup penurun tekanan bertugas mengurangi tekanan di dalam pipa. Dengan adanya katup ini, maka tekanan yang dihasilkan air pun bisa tetap terkontrol dan tidak melampaui batas aman (4,0 kg/cm²). Instalasi katup ini biasanya dilakukan pada cabang pipa dari poros masuk.

Peralatan Tambahan

Selain pipa dan katup, instalasi *plumbing* juga membutuhkan beberapa peralatan tambahan seperti:

1. Manometer: mengatur tekanan air di dalam pipa, biasanya dipasang pada pipa pembuangan (discharge pipe).
2. Flexible Joint: meredam getaran dari pompa, dipasang pada pipa pengisap (suction pipe) dan pipa pembuangan.
3. Strainer: menyaring kotoran yang ukurannya kecil agar tidak masuk ke pipa, dipasang pada pipa pengisap.

Dari sini, bisa disimpulkan bahwa *plumbing* adalah sebuah sistem yang mengatur rangkaian pipa penyalur air di dalam sebuah bangunan. Agar instalasi

sistem *plumbing* akurat dan presisi, gunakan *scaffolding* dalam proses pemasangannya.

Sistem *plumbing* di rumah Anda terdiri dari dua sub sistem yang terpisah. Satu sub sistem membawa air tawar masuk, dan yang lainnya mengeluarkan air limbah. Air yang masuk ke rumah Anda berada di bawah tekanan yang cukup. Saat air masuk ke rumah Anda, ia melewati meteran yang mencatat jumlah air yang Anda gunakan. Katup pemutus air utama, atau stop, biasanya terletak dekat dengan meteran.

Dalam keadaan darurat *plumbing*, Anda harus segera menutup katup penutup utama. Jika tidak, ketika pipa pecah, dapat membanjiri rumah Anda dalam waktu singkat. Namun, jika keadaan darurat, seperti kebocoran, terbatas pada wastafel, pancuran, atau toilet, Anda tidak perlu mematikan seluruh pasokan air Anda. Oleh karena itu, sebagian besar perlengkapan harus memiliki katup penghenti individual.

Cara Instalasi Plumbing

Metode instalasi *plumbing* adalah suatu hal yang wajib seorang kontraktor ketahui, karena *plumbing* merupakan salah satu unsur terpenting dalam sebuah bangunan. Pemasangan *plumbing* perlu dilakukan secara sistematis dan cermat agar kebutuhan penghuni bangunan atas air dapat terpenuhi dengan baik secara berkelanjutan. Beberapa tahap penting yang dilakukan dalam instalasi *plumbing* adalah sebagai berikut.



Gambar 12.7: Pipa dan Implementasinya

Instalasi Air Bersih

Dalam instalasi air bersih hal pertama yang perlu diketahui lebih dahulu adalah denah *plumbing* dan diagram isometri untuk menentukan jalur-jalur instalasi

pipa-pipa yang akan dipasang. Pemasangan pipa dilakukan setelah pasangan bata selesai namun sebelum plesteran dan acian. Hal ini dilakukan untuk menghindari bobokan yang menyebabkan keretakan pada dinding.

Khusus pemasangan di luar bangunan (contohnya: pipa saluran air hujan), sebaiknya dikerjakan setelah pekerjaan plesteran diselesaikan. Pipa yang melalui pelat dak, balok atau kolom beton harus dipasang secara sparing atau pemipaan dilakukan terlebih dahulu sebelum dilaksanakan pengecoran.

Pipa yang telah diposisikan secara tepat harus segera ditutup dengan plug/dop yang kuat untuk menghindari kotoran/adukan masuk yang dapat menyebabkan penyumbatan. Hindari belokan pipa atau teknik pipa dari daerah pembakaran.

Posisi pipa yang hendak diletakan di kamar mandi harus disesuaikan dengan saniter. Penempatan rencana instalasi air bersih dilakukan pada perempatan nat keramik agar simetris dengan luas keramik. Setelah instalasi selesai terpasang segera lakukan uji tekanan pipa. Untuk pipa Gip maksimal 10 bar, sedangkan untuk pipa PVC maksimal 6 bar.

Instalasi Air Kotor

Hal yang perlu diketahui dalam instalasi air kotor adalah denah instalasi dan diagram isometris pipa air kotor serta jalur pembuangannya. Dalam bagian perencanaan instalasi air kotor, hindari terlalu banyak percabangan yang dapat merepotkan pada sesi pengerjaan. Pemasangan sambungan antar pipa harus betul-betul rapat. Untuk air bekas mandi atau cuci harus dibuat sebuah *manhole* untuk mengontrol pembersihan (bak kontrol) pada tempat-tempat tertentu.

Lubang saluran pembuang pun harus diberikan sebuah saringan. Selain itu, sparing harus dibuat melebihi rencana peil lantai beton & tebal beton (yang diatas plat = 25 cm, sedang yang di bawah plat = 15 cm). Posisi sparing harus disesuaikan dengan tipe saniter (jika saniter telah ditentukan). Jika saniter belum ditentukan maka dapat dipakai sistem *block out*.

Sparing *clean out* harus dipasang secara bersamaan dengan sparing closet (jika ada), di mana letak sparing *clean out* sebaiknya berada di samping atau dekat *sparing closet*. Fungsinya adalah sebagai pembersihan apabila pada kloset terjadi penyumbatan. Berikut pembahasan mengenai berbagai jenis pipa dan ukurannya. Kebutuhan akan jenis pipa dan ukurannya bisa berbeda antara satu orang dengan yang lain.

Oleh karena itu tak heran jika ada banyak orang yang ingin mengetahui hal yang satu ini untuk memenuhi kebutuhan, sehingga jenis dan ukuran pipa mereka pun bisa sesuai. Keberagaman jenis-jenis pipa dan ukurannya ini pun akan memberi kemudahan di berbagai sektor, sehingga pemenuhannya pun tak membutuhkan usaha yang sulit. Pipa pun bisa digunakan dengan mudah dan disesuaikan dengan kebutuhan.

Mengetahui Jenis Pipa Ukurannya Untuk Berbagai Kebutuhan

Seiring dengan perkembangan, telah tersedia berbagai jenis pipa dan ukurannya untuk memenuhi kebutuhan siapa pun. Pada umumnya pipa digunakan di berbagai ranah kehidupan. Mulai dari hunian, bangunan sekolah, bisnis, rekreasi, dan masih banyak lagi yang lainnya.

Maka dari itu, tak heran jika berbagai macam pipa pun tersedia untuk memenuhi kebutuhan. Jika Anda ingin menggunakan pipa untuk kepentingan tertentu, maka jenis dan ukuran sangat penting untuk diperhatikan. Mengetahui jenis pipa dan ukurannya menjadi hal yang sangat penting untuk dilakukan, sebab penggunaan pipa ini tergantung dengan kebutuhan. Ukuran dan jenisnya juga menentukan apakah pipa tersebut cocok untuk digunakan atau tidak.

Secara umum jenis pipa dan ukurannya ini sangat beragam. Ukuran pipa yang tersedia antara lain mulai dari diameter 0,5 inci sampai dengan ukuran yang begitu besar, yaitu berdiameter 72 inci atau setara dengan 1,8 meter. Penerapan penggunaan pipa ini pun sangat beragam, sehingga kita bisa menemukannya di berbagai ranah kehidupan.

12.5 Pompa

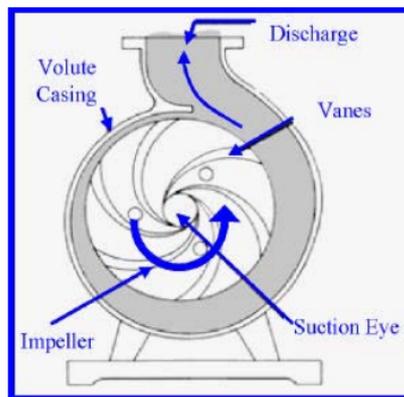
Pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek.

Klasifikasi pompa secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu pompa kerja positif (positive displacement pump) dan pompa kerja dinamis (non positive displacement pump). (Mahardika, M ;Andi; 2021).

1. Pompa pemindah positif (positive displacement pump)
Pompa jenis ini merupakan pompa dengan ruangan kerja yang secara periodik berubah dari besar ke kecil atau sebaliknya, selama pompa bekerja. Energi yang diberikan kepada cairan ialah energi potensial, sehingga cairan berpindah volume per volume. Yang termasuk dalam kelompok pompa pemindah positif antara lain:
 - a. Pompa Reciprocating - Pompa torak - Pompa plunger.
 - b. Pompa Diafragma.
 - c. Pompa Rotari.
 - d. Pompa vane.
 - e. Pompa lobe.
 - f. Pompa screw.
 - g. Pompa roda gigi.
2. Pompa kerja dinamis (non positive displacement pump)
Pompa jenis ini adalah suatu pompa dengan volume ruang yang tidak berubah pada saat pompa bekerja. Energi yang diberikan pada cairan adalah energi kecepatan, sehingga cairan berpindah karena adanya perubahan energi kecepatan yang kemudian diubah menjadi energi dinamis di dalam rumah pompa itu sendiri (Mechani, 2011).
Yang termasuk dalam kelompok pompa kerja dinamis antara lain:
 - a. Pompa kerja khusus.
 - b. Pompa Jet.
 - c. Pompa Hydrant.
 - d. Pompa Elektromagnetik.
 - e. Pompa Sentrifugal (Centrifugal Pumps).

Salah satu jenis pompa kerja dinamis adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) cairan menjadi energi potensial melalui suatu *impeller* yang berputar dalam *casing*. Gaya sentrifugal yang timbul karena adanya gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan lengkung (melingkar). Pompa sentrifugal merupakan pompa kerja dinamis yang paling banyak digunakan karena mempunyai bentuk yang sederhana dan harga yang relatif murah.

Keuntungan pompa sentrifugal dibandingkan jenis pompa perpindahan positif adalah gerakan *impeller* yang kontinu menyebabkan aliran tunak dan tidak berpulsa, keandalan operasi tinggi disebabkan gerakan elemen yang sederhana dan tidak adanya katup-katup, kemampuan untuk beroperasi pada putaran tinggi, yang dapat dikopel dengan motor listrik, motor bakar atau turbin uap ukuran kecil sehingga hanya membutuhkan ruang yang kecil, lebih ringan dan biaya instalasi ringan, harga murah dan biaya perawatan murah

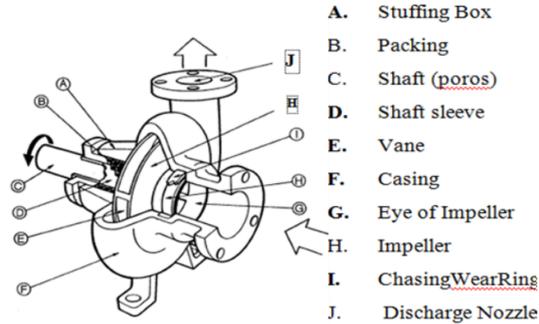


Gambar 12.8: Lintasan Aliran Cairan Pompa Sentrifugal (Nugroho, Sigit. 2014)

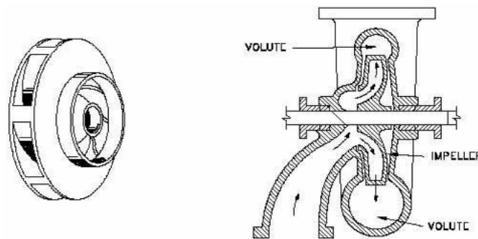
Secara umum bagian – bagian utama pompa sentrifugal dapat dilihat seperti gambar berikut:

1. Stuffing Box
Stuffing Box berfungsi untuk menerima kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus casing.
2. Packing
Digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari casing pompa melalui poros.
3. Shaft (poros)
Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan impeller dan bagian – bagian berputar lainnya.

4. Shaft sleeve
Shaft sleeve berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada stuffing box.
5. Vane
Sudu dari impeller sebagai tempat berlalunya cairan pada impeller.
6. Casing
Merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan diffuser (guide vane), inlet dan outlet nozel serta tempat memberikan arah aliran dari impeller dan mengonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (single stage).
7. Eye of Impeller
Bagian sisi masuk pada arah hisap impeller.
8. Impeller
Impeller berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontinu, sehingga cairan pada sisi hisap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.
9. Casing Wear Ring
Casing Wear Ring berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan impeller maupun bagian belakang impeller, dengan cara memperkecil celah antara casing dengan impeller.
10. Discharge Nozzle
Discharge Nozzle berfungsi untuk mengeluarkan cairan dari impeller. Di dalam nosel ini sebagian *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan.



Gambar 12.9: Komponen Utama Pompa Sentrifugal



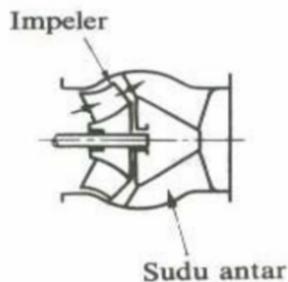
Gambar 12.10: Pompa Sentrifugal Aliran Radia (Sularso dan Tahara. 2006).

Klasifikasi Pompa Sentrifugal

1. Menurut jenis aliran dalam impeller
 - a. Pompa aliran radial

Pompa ini mempunyai konstruksi sedemikian sehingga aliran zat cair yang keluar dari impeller akan tegak lurus poros pompa (arah radial).
 - b. Pompa aliran campuran

Aliran zat cair didalam pompa waktu meninggalkan impeller akan bergerak sepanjang permukaan kerucut (miring) sehingga komponen kecepatannya berarah radial dan aksial.

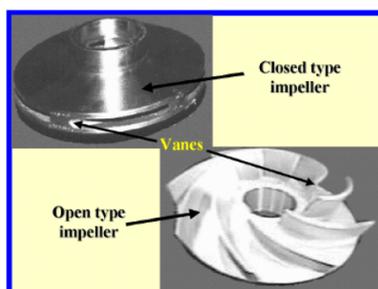


Gambar 12.11: Pompa Sentrifugal Aliran Campur

2. Menurut Jenis Impeler

a. Impeller tertutup

Sudu-sudu ditutup oleh dua buah dinding yang merupakan satu kesatuan, digunakan untuk pemompaan zat cair yang bersih atau sedikit mengandung kotoran.



Gambar 12.12: Impeler

b. Impeller setengah terbuka

Impeller jenis ini terbuka di sebelah sisi masuk (depan) dan tertutup di sebelah belakangnya. Sesuai untuk memompa zat cair yang sedikit mengandung kotoran misalnya: air yang mengandung pasir, zat cair yang mengauskan, slurry, dll.

c. Impeller terbuka

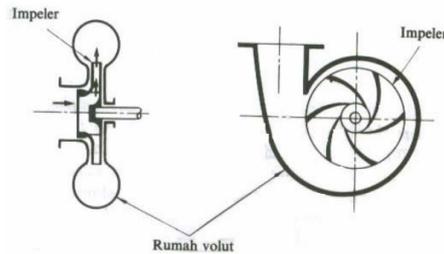
Impeller jenis ini tidak ada dindingnya di depan maupun di belakang. Bagian belakang ada sedikit dinding yang disisakan

untuk memperkuat sudu. Jenis ini banyak digunakan untuk pemompaan zat cair yang banyak mengandung kotoran.

3. Menurut Bentuk Rumah

a. Pompa volut

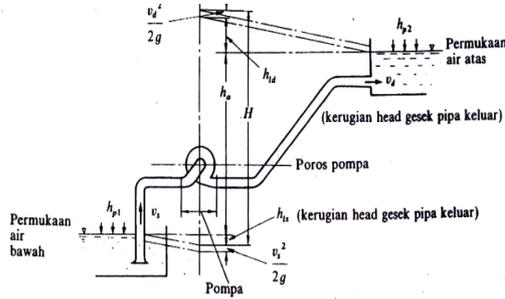
Bentuk rumah pompanya seperti rumah keong/siput (volute), sehingga kecepatan aliran keluar bisa dikurangi dan dihasilkan kenaikan tekanan.



Gambar 12.13: Pompa Volute

b. Head Total Pompa

Dalam memilih suatu pompa untuk maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui aliran serta head yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompa. Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai kondisi instalasi pompa atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. Head dapat bervariasi pada penampang yang berbeda, tetapi pada kenyataannya selalu ada rugi energi. Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa.



Gambar 12.14: Head Pompa (Supriyanto. 2020)

Dari gambar 12.14 kita dapat menentukan head total pompa dengan persamaan:

$$H_{sis} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

- Dimana :
- H_{sis} : Head sistem pompa (m)
 - h_a : Head statis total (m)
 - Δh_p : Perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan (m), $\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1}$
 - h_l : Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m) $h_l = h_{fd} + h_{fs}$
 - $v_d^2/2g$: Head kecepatan keluar (m)
 - g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Head total pompa salah satunya dipengaruhi oleh berbagai kerugian pada sistem perpipaan yaitu gesekan dalam pipa, katup, belokan, sambungan, reduser dll. Untuk menentukan head total yang harus disediakan pompa, perlu menghitung terlebih dahulu kerugian-kerugian pada instalasi. Dimana kerugian-kerugian tersebut akan dijumlahkan untuk mengetahui kerugian head yang terjadi dalam instalasi. Berikut akan dihitung kerugian head pemipaan dan instalasi pengujian pompa.

Daftar Pustaka

- Advinda, L. (2018) Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan.
- Agthe, D.E., Billings, R.B., Buras, N., (2003). *Managing Urban Water Supply*, 1st ed, Water Science and Technology Library 46. Springer Netherlands.
- Ai, N. S. and Ballo, M. (2010) 'Peranan Air Dalam Perkecambahan Biji', *Jurnal Ilmiah Sains*, 10(2), pp. 190–195.
- Alamsyah, S. (2006) *Merakit Sendiri Alat Penjernih Air Untuk Rumah Tangga*. Kawan Pustaka.
- Ali, I., Suhardjono, & Hendrawan A.P. (2017). Pemanfaatan Sistem Pemanenan Air Hujan (Rainwater Harvesting System) Di Perumahan Bone Biru Indah Permai Kota Watampone Dalam Rangka Penerapan Sistem Drainase Berkelanjutan. 8 (1): 26-37. doi: 10.21776/ub.jtp.2017.008.01.03.
- Alihar, F. (2018). Penduduk dan Akses Air Bersih Di Kota Semarang. *Jurnal Kependudukan Indonesia*. 13 (1): 67-76.
- Almatsier, S. (2001) *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Andawayanti, U. (2019). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu*. Malang: Universitas Brawijaya Press (UB Press).
- Anonim (2010) 'Wells and Well Drilling', *Water Encyclopedia*. *Water Encyclopedia*. Available at: <http://www.waterencyclopedia.com/Tw-Z/Wells-and-Well-Drilling.html>.
- Anonim (2018) *Pelaksanaan Pekerjaan Pengeboran Sumur Dalam, PT Proxisis Manajemen Internasional*. Available at: <https://surabaya.proxisisgroup.com/pelaksanaan-pekerjaan-pengeboran-sumur-dalam/> (Accessed: 2 September 2023).

- Anwar, M. R., Prastumi. (2013). *Pengembangan Sumberdaya Air*. Malang: Universitas Brawijaya Press (UB Press).
- APHA, AWWA, WEF (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21st ed. Washington, DC, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, pp. 7–15.
- Arief, M. and Sumargana, L. (2021) 'Penggunaan Metode Ground Penetrating Radar (GPR) Untuk Identifikasi Utilitas Bawah Tanah', *PRISMA FISIKA*, 9(3), pp. 244–248.
- Armus, R., Tumpu, M., Tamim, T., Affandy, N. N. A., Syam, M. A., Hamdi, F., Rustan, F. R., Mukrim, M. I., & Mansida, A. (2021). *Pengembangan Sumber Daya Air*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Assomadi, A.F., Masduqi, A., (2016). *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. ITS Press.
- Badrun, B., Zuharnah, Sukri, A. S., Yusman, Rustan, F. R., Sari, D. P., Hamkah, & Bungin, E. R., (2023). *Perencanaan Infrastruktur Sumber Daya Air*. Makassar: CV. Tohar Media.
- Bappenas, (2023). *Peta Jalan SDGs Indonesia Menuju 2030*. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional, 1-163.
- Bell, T.J., (1882). *History of the Water Supply of the World*. Peter G. Thomson Publisher.
- BPSDM Kementerian PUPR (2019a) *Desain Survei Geolistrik Untuk Airtanah*.
- BPSDM Kementerian PUPR (2019b) *Eksplorasi Geofisika Untuk Airtanah*.
- BPSDMKemenPUPR (2019) *Modul 5, Desain Survey Geolistrik untuk Air Tanah*. Jakarta: KemenPUPR.
- Budiyono, dan Siswo Sumardiono. (2013). *Teknik Pengolahan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Byna S, Krisdianto & HS Nur. (2009). *Kajian kualitas air Sungai yang melewati kecamatan Gambut dan Aluh aluh Kalimantan Selatan*. *BIOSCIENTAE* 6 (1): 40:50

- Damayanti, Y. (2015). ANALISIS KETERSEDIAAN AIR BAKU DANAU TOLIRE SEBAGAI ALTERNATIF SUMBER AIR PDAM KOTA TERNATE. *JURNAL SIPIL SAINS*, 5(9).
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2002). Syarat–syarat Pengawasan Kualitas Air Minum PerMenkes RI No.907/Menkes/SK/VII/2002. DepKes RI. Jakarta
- Dewantara, I. G. Y., Suyitno, B. M. and Lesmana, I. G. E. (2018) ‘Desalinasi Air Laut Berbasis Energi Surya Sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih’, *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1–4).
- Dhaniputra, R. (2016) Mata kuliah struktur dan fisiologi tumbuhan sebagai pengantar pemahaman proses metabolisme senyawa Fitokimia. Yogyakarta.
- Dong, B., Li, T., (2021). *Drinking Water Treatment: New Membrane Technology*. De Gruyter.
- DPUPKP, (2022). *Bangunan Penangkap Mata Air [WWW Document]*. URL <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/886/bangunan-penangkap-mata-air> (accessed 9.3.23).
- Effendi, H. (2003) *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Penerbit : Kanisius.
- Eliana, S. K. M., Eliana, S. K. M., Sumiati, S., & Sumiati, S. (2016). *Kesehatan Masyarakat*.
- F. G. Winarno, F.. (1986) *Air Untuk Industri Pangan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z.B.M., Istandar, A., Singh, S., Dijk, N., Raksakulthai, V., Kirkwood, E., (2008). *The manager’s non-revenue water handbook: a guide to understanding water losses*. Ranhill Utilities Berhad and the United States Agency for International Development, Bangkok, Thailand.
- Hadioetomo, R.S. (1993) *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek: Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hakim, L. and Anjasmara, I. M. (2016) ‘Analisa Hubungan Perubahan Muka Air Laut Dan Perubahan Volume Es Di Kutub Selatan Dengan

- Menggunakan Satelit Altimetri (Studi Kasus: Laut Selatan Pulau Jawa Tahun 2011-2014)', *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), pp. 395–400.
- Hartati, S., Azmeri, & Fatimah, E. (2015). Kajian Potensi Sumber Air Baku Untuk Pengembangan Daerah Layanan SPAM Kabupaten Pidie. *Jurnal Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*. 4 (1): 131-140.
- Hasan, M. (2021) 'Pendugaan Air Tanah Dengan Metode Geolistrik', *Researchgat*, pp. 1–10.
- Hendrayana, H. (2014) *Pengelolaan Sumber Daya Air Tanah - Sebuah Ringkasan*. Yogyakarta.
- Huwaina, A., Hasibuan, H.S., & Fatimah, E. (2022). Pemanenan Air Hujan untuk Meningkatkan Aksesibilitas Air di Permukiman Pesisir, Kasus Jakarta, Indonesia. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 10 (2): 182-198. doi: 10.1470/jwl/10.2.182-198.
- Ibnu Rois (2020) 'Aplikasi Geoscanner /Geolistrik Untuk Pendugaan Air Tanah', pp. 1–22.
- Indriani, G., Zaenudin, A. and Antosia, R.M. (2019) 'Identifikasi Air Bawah Tanah (Groundwater) dan Litologi Bawah Permukaan dengan Metode Vertical Electrical Sounding (VES) Konfigurasi Schlumberger Wilayah Jati Agung, Lampung Selatan', *Jurnal Teknik Geofisika*, pp. 1–11.
- Joko M, I.M.E.K. (2016) Berbagai Metode Untuk Mencari dan Mendeteksi Adanya Sumber Air Tanah | Mengetahui Manfaat Geolistrik, <http://geolistriklombok.blogspot.com/2016/03/berbagai-metode-untuk-mencari-dan.html#>. Available at: <http://geolistriklombok.blogspot.com/2016/03/berbagai-metode-untuk-mencari-dan.html#> (Accessed: 3 September 2023).
- Juwono, P. T., Subagiyo, A., & Winarta, B. (2022). *Neraca Sumber Daya Air & Ruang Kota Berkelanjutan*. Malang: Universitas Brawijaya Press (UB Press).
- Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.
- Khoury, W., Gallisdorfer, M.S., (2020). A journey through time: How ancient water systems inspired today's water technologies [WWW Document]. *Smart Water Magazine*. URL <https://smartwatermagazine.com/news/smart-water-magazine/a-journey->

- through-time-how-ancient-water-systems-inspired-todays-water (accessed 7.18.23).
- Kurniawan, A. (2009) Tutorial Dasar Ip2 Win. hydrology world. Available at: <http://alvathea.wordpress.com>.
- Kustamar, (2017). PEMBUATAN BRONCAPTUR DAN TANDON AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN KUALITAS LAYANAN AIR BERSIH PEDESAAN, in: Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri. Presented at the Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri, ITN Malang.
- Kustanto, A. (2020) 'Dinamika Pertumbuhan Penduduk Dan Kualitas Air Di Indonesia', JIEP, 20(1).
- Lin, Y. P. et al. (2003) 'The extracellular fluid—to—intracellular fluid volume ratio is associated with large-artery structure and function in hemodialysis patients', American journal of kidney diseases, 42(5), pp. 990–999.
- Mahardika, M ;Andi; Gunawan. (2021). Perancangan Dan Manufaktur Pompa Sentrifugal.
- Manurung, Sondang Sylvia dkk. (2020). Pengabdian pada Masyarakat Pengolahan Air Tanah di Pondok Pesantren Darunna'im Pontianak. Jurnal Pengabdian Masyarakat IRON. Vol 3 No.2 Desember 2020. e-ISSN 2656-7989.
- Maryono, A. (2020). Memanen Air Hujan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mashuri, Mohan Taufiq. (2017). Teknologi pengolahan air sederhana. Yogyakarta : Deepublish
- Mays, L.W., Koutsoyiannis, D., Angelakis, A.N., (2007). A brief history of urban water supply in antiquity. Water Supply 7, 1–12. <https://doi.org/10.2166/ws.2007.001>
- Mechani. (2011). "Mechanical Engineering." <http://mechanic-mechanicalengineering.blogspot.com/2011/03/pompa-pump.html>
- Menteri ESDM (2018) Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI NO. 31 Tahun 2018 tentang Pedoman Penetapan Zona Konservasi Air Tanah. Indonesia.

- Modi, D.P., (2018). *Environmental Engineering-I Water Supply Engineering*. Standard Book House, Delhi.
- Muhammad, R. (2021) *Kondisi Zooplankton Di Perairan Tambak Tradisional Kelurahan Karang Harapan Kota Tarakan*. Universwitas Borneo Tarakan.
- Mulyono, S., Tamim, T., & Tumpu, M. (2022). *Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum Yang Berkelanjutan*. Makassar: CV. Tohar Media.
- Mungkasa, O., (2008). *Pembangunan Air Minum dan Penyehatan Lingkungan di Indonesia, Pembelajaran dari Berbagai Pengalaman*. Bappenas-Plan.
- Nanda, W. et al. (2022) 'Pendugaan Potensi Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik', *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)*, 7, pp. 22–28. Available at: <http://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JPIG/>.
- Nasution, A., Helard, D., & Indah, S. (2021). *Kajian Kinerja Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) di Kabupaten Solok dan Kota Solok Berbasis Buku Kinerja Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*. CIVED, 8(3), 213-228.
- Newcombe, G., Dixon, D., (2006). *Interface Science in Drinking Water Treatment: Theory and Application*, Interface Science and Technology 10. Elsevier, Academic Press.
- Ninin Gusdini, N., M Yanuar J Purwanto, Y., Kukuh Murtilaksnono, K., & Kholil, K. (2016). *Kelangkaan air bersih: Telaah sistem pelayanan penyediaan air bersih di Kabupaten Bekasi*. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(2), 175-186.
- Noeraga, M.A.A., Yudana, G., & Rahayu, P. (2020). *Pengaruh Pertumbuhan Penduduk dan Penggunaan Lahan Terhadap Kualitas Air Bersih*. *Desa-Kota*. 2 (1): 70-85.
- Notohadiprawiro, T. (1998) *Tanah dan Lingkungan*, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Novia, Ajeng Ari , dkk. (2019). *Alat Pengolahan Air Baku Sederhana Dengan Sistem Filtrasi*. *Widyakala Volume 6 Special Issue Juli 2019 ISSN 2337-7313 e-ISSN 2597-8624*.

- Nugroho, Sigit. (2014). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja dan Kavitasi Pompa Sentrifugal. Universitas Sebelas Maret
- P2PTM Kemenkes RI, (2018), Apa saja syarat-syarat Air minum?, <https://p2ptm.kemkes.go.id/infographic-p2ptm/hipertensi-penyakit-jantung-dan-pembuluh-darah/page/31/apa-saja-syarat-syarat-air-minum>. Di akses : 01 September 2023
- PAMSIMAS (2021) Standart Operating Procedure (SOP) Pengawasan Pemboran Sumur Bor. Jakarta: Pamsimas.
- Paryono, Giyanto and Budi Santoso, T. (2022) ‘Pemanfaatan Aliran Air untuk Penggerak Turbin Mikrohidro di Desa Kebonagung, Kecamatan Selopampang, Kabupaten Temanggung’, Jurnal Hilirisasi Technology kepada Masyarakat (SITECHMAS), 3(1), pp. 28–37. doi: 10.32497/SITECHMAS.V3I1.3606.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 18/PRT/M/2007, 2007. Tentang PENYELENGGARAAN PENGEMBANGAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM.
- Peraturan Menterian Pekerjaan Umum, (2007). PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM NOMOR : 18/PRT/M/2007 TENTANG PENYELENGGARAAN PENGEMBANGAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM, NOMOR : 18/PRT/M/2007.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015, 2015. Tentang SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM.
- Permatasari, C., SOEMIRAT, J., & AINUN, S. (2018). Identifikasi Tingkat Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan Air Bersih di Kelurahan Cihaurgeulis. Jurnal Reka Lingkungan, 6(1).
- PermenRI (2008) Peraturan Pemerintah RI No. 43 Tahun 2008 Tentang Air Tanah. Indonesia.

- PinHome (2020) Sumur Bor, PinHome. Available at: <https://www.pinhomelid/kamus-istilah-properti/sumur-bor/> (Accessed: 3 September 2023).
- Pompair.com (2016) Model Dan Macam Jenis Mata Bor Untuk Membuat Lubang Sumur Dalam, Pompair.com. Available at: <https://pompair.com/mata-bor-sumur/> (Accessed: 2 September 2023).
- Prabawa, S.E. (2020) 'Pendugaan Potensi Air Tanah Di Daerah Sumba Timur Dengan Menggunakan Data Citra Satelit Dan Geolistrik', *ELIPSODIA*, 2, pp. 1–10.
- PUPR. (2014). Penelitian Strategi Pendayagunaan Sumber Daya Air Pada Wilayah Sungai Di Indonesia. Laporan Akhir. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Purecont.com (2018) Proses pembuatan sumur bor air tanah, CV PURNAMA TEKNIK. Available at: <https://purecont.com/proses-pembuatan-sumur-bor-air-tanah/> (Accessed: 3 September 2023).
- Purwadi, O.T. (2022). Model Pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) Berkelanjutan (Studi Kasus: Pengelolaan Sumber Daya Air di Universitas Lampung). Disertasi. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- PUSLITBANGPUPR (2014) Penerapan Aquifer Storage And Recovery (ASR), Output Kegiatan Reservoir Bawah Tanah. Jakarta.
- Rengganis, H. & Seizarwati. (2015). Strategi dan Upaya Pemanfaatan Sumber Air Umbulan Untuk Penyediaan Air Bersih di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknik Hidraulik*. 6 (1): 63-76.
- Rifai, B. (2014). Implementasi Kerja Sama Pemerintah dan Swasta dalam Pembangunan Infrastruktur Sektor Air Minum di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 22(2), 165-181.
- Rohmah, A. and Khumaera, F. (2019) Koagulasi dan Komposisi Darah, *Praktikum Fisiologi Hewan*.
- Romli, M., Indrasti, N.S., (2007). Disinfeksi Air Minum dengan Menggunakan Membran Ultrafiltrasi. Seminar TJIPTO UTOMO.
- Rosadi, I. M., Hariyani, S., & Ari, I. R. D. (2023). Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pemenuhan Akses Air Baku Air Bersih di Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Serambi Engineering*. VIII (3): 6591-6600.

- Rustan, F. R., Sriyani, R., & Talanipa, R. (2019). Analisis Pemakaian Air Bersih Rumah Tangga Warga Perumahan Bumi Mas Graha Asri Kota Kendari, 7(2), 151-160. DOI: 10.55679/jts.v7i2.8195
- Salsabila, A. & Nugraheni, I., L. (2020). Pengantar Hidrologi. Bandar Lampung: Anugrah Pratama Praharja.
- Sanitasi, D.H. and UNICEF (1983) Petunjuk Teknis Pembangunan Sarana Air Bersih Pedesaan. 1st edn. Jakarta: Direktorat Hygiene & Sanitasi.
- Santjoko, H. and Ibnu Rois (2021) Pendugaan Air Tanah. Yogyakarta.
- Sawant, M., Deore, V., Chaure, A., dan Momin, A. (2022). Sea Water Converted into Usable and Emergency Drinkable Water. Ijreset Journal For Research in Applied Science and Engineering Technology. 10 (V): 2997-3001. doi: 10.22214/ijreset.2022.43022.
- Selintung, M., (2011). Pengenalan Sistem Penyediaan Air Minum. AS Publishing, Makassar.
- Shalahuddin, Iqbal. (2016). Mengenal Karbon Aktif. <https://iqshalahuddin.wordpress.com/2016/05/13/activated-carbon/>. Diakses Pada 1 September 2023
- Siahaan, R. (2014) Sumur Pompa Tangan untuk Air Bersih. 1st edn. Edited by L. Faizal. Bandung: Puskim.
- Silaen, S. (2021) 'Pengaruh Transpirasi Tumbuhan dan Komponen Di Dalamnya', Agraprimatech, 5(1), pp. 14–20.
- Slamet, J.S. (2004) Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Suchy, D.R., Buchanan, R.C. and Sophocleous, M. (2011) Drilling a Water Well on Your Land: What You Should Know. Kansas. Available at: <https://www.kgs.ku.edu/Publications/PIC/pic23.html>.
- Sudarmadji, Hadi, P., & Widyastuti, M. (2019). Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sudarmo, B.S. and Yatnawijaya, B.S. (2018) Dasar Perencanaan Plambing & Sistem Distribusi air Bidang Arsitektur. 1st edn. Malang: UB Press.
- Sukartini, N. M. and Saleh, S. (2016) “Akses Air Bersih di Indonesia.”, Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan 9.2 (2016): 89-98., 9(2), pp. 89–98.

- Sukri, A. S., Bahrun, A., Samdin, T. H., Syaf, H., (2020). Performance Optimization Viewing Wawotobi Irrigation Network, 13(6), 1101-1109.
- Sularno, S. (2018) 'reaksi penangkapan energi dan reaksi fiksasi karbon sebagai istilah alternatif pengganti reaksi gelap dan terang dalam proses fotosintesis', 1(15), pp. 1–5.
- Sularso dan Tahara. (2006). Pompa dan Kompresor. PT Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Sumampouw, O. J. (2019). Perubahan Iklim dan kesehatan masyarakat. Deepublish.
- Supriyanto. (2020.) Perencanaan Instalasi Air Bersih Gedung Bertingkat.
- Suriawiria (1996) Pengantar Mikrobiologi Umum. Bandung: Angkasa.
- Sutikno, Sugeng dkk. (2022). Pembuatan Alat Pengolahan Air Sederhana Untuk Kebutuhan Air Bersih Di Kampung Pamaris Desa Gunungtua Kecamatan Cijambe Kabupaten Subang. Jurnal Penyuluhan Masyarakat Indonesia. Vol. 1, No. 3 September 2022. e-ISSN: 2964-0881; p-ISSN: 2964-1004, Hal 51-66
- Syabil, S., Putri, S., Pertiwi, R., & Setiyawati, M.E. (2022). Pembangunan Air Berish dan Sanitasi Dalam Mewujudkan Ekonomi Hijau. Jurnal Kesehatan Tambusai, 3, 550-558. doi: 10.31004/jkt.v3i4.8397.
- Talanipa, R., Putri, T. S., Rustan, F. R., & Yulianti, A. T. (2022). Implementasi Aplikasi EPANET Dalam Evaluasi Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Kolaka, 7(1), 46-58. DOI: 10.19184/isj.v7i1.30802
- Tanesib, J.L. et al. (2017) Aplikasi Metode Geolistrik, Geomagnet Dan Citra Satelit Untuk Mengetahui Potensi Air Tanah Di Pulau Pura, Alor.
- Triatmadja, R. (2014). Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Tronics, A. and Ivan Bahder, dan (2019) 'Penggunaan Aplikasi Gpr (Ground Penetrating Radar) Dengan Metode Non-Destructive Untuk Kolektifitas Data Kualitatif Pada Analisa Subsurface Tanah Ekstrim Lunak', in PROSIDING TPT XXVIII PERHAPI 2019 . Kalimantan Timur: PROSIDING TPT XXVIII PERHAPI 2019 , pp. 168–180.
- Utomo, B., Siregar, S.M. and Tanjung, K. (2020) 'Pembuatan Pompa Sumur Dalam (Deep Well) Untuk Menyediakan Air Bersih Bagi Masyarakat',

- Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR), 3, pp. 173–178. Available at: <https://doi.org/10.37695/pkmcsr.v3i0.891>.
- Utomo, S. W. and Chalif, S. A. (2014) Ekosistem Perairan.
- Viswanatha, P. A. and Putra, K. A. H. (2017) Keseimbangan Asam Basa.
- Wakil Pemula (2018a) 3 Aplikasi Android untuk Mencari Sumber Air dengan Rating Tinggi di Play Store, <https://www.ijinonline.com/2018/09/3-aplikasi-android-untuk-mencari-sumber.html>.
- Wakil Pemula (2018b) Alat geo electromagnetic satellite scan - Sharing Information, <https://www.ijinonline.com/2018/11/alat-geo-electromagnetic-satellite-scan.html>. Available at: <https://www.ijinonline.com/2018/11/alat-geo-electromagnetic-satellite-scan.html> (Accessed: 3 September 2023).
- Widianto, T. (2017). Kajian Parameter Kimia dan Mikrobiologi Danau Aneuk laot Sebagai Sumber Air Baku Masyarakat Kota Sabang Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam. *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*. 24 (2) : 83-92.
- Wijayanti, N. (2017) Fisiologi manusia dan metabolisme zat gizi.
- Winandar, A., Muhammad, R., & Irmansyah. (2020). Analisis *Escherichia coli* dalam Air Minum Isi Ulang pada Depot Air Minum (DAM) di Wilayah Kerja Puskesmas Kuta Alam Banda Aceh. *Serambi Sainia: Jurnal Sains dan Aplikasi*, VIII (1): 53-61.
- Yang, D., Yang, Y., & Xia, Jun. (2021). Hydrological Cycle and Water Resources in a Changing World: A Review. *Geography and Sustainability*. 2 (2): 115-122. doi.org: 10.1016/j.geosus.2021.05.003.
- Yendri, O., Ayuningtyas, E. A., Yasin, A., Rusmayadi, G., Duppa, H., Ardana, P. D. H., Rustan, F. R., Rachim, F. (2023). *Hidrologi*. Padang: PT. Global Eksekutif Teknologi.
- Yog, M. (2014) Reaksi Terang pada Proses Fotosintesis, *Biologi Educasi Com*. Available at: <https://www.biologiedukasi.com/2014/07/metabolisme-sel-sub-bab-anabolisme.html> (Accessed: 2 September 2023).
- Zaman, N. et al. (2023) *Manajemen Kualitas air*. 1st edn. Edited by A. Karim. Medan: Yayasan Kita Menulis.

Zulfikar, F. (2022) Ada Berapa Banyak Jumlah Air di Bumi?, Detikedu.

Biodata Penulis



Ir. Muhammad Ihsan Mukrim, ST., M.Eng., M.Sc. Lahir di Watampone, 20 Pebruari 1977. Menyelesaikan pendidikan sarjana teknik sipil (2001) dan profesi insinyur (2019) dari Universitas Hasanuddin serta magister (S2) dari Universitas Gajah Mada dan Asian Institute of Technology, Thailand (2010). Mulai bekerja tahun 1998, sebagai asisten Laboratorium Hidraulika dan Ilmu Ukur Tanah pada Departemen Teknik Sipil Unhas, hingga 2002. Sejak 2001, bekerja pada beberapa perusahaan

konsultan dan kontraktor (antara lain sebagai Site Engineer pada Proyek Hibah JICA untuk The Rural Water Supply Project in Sulawesi Island, 2002-2003), pada instansi pemerintah (Dinas Bina Marga dan Dinas Pekerjaan Umum Kota Makassar, 2004-2014) serta pada beberapa lembaga pendidikan tinggi (Universitas Fajar, Institut Sains dan Teknologi Pembangunan Indonesia). Antara tahun 2013-2014, bertugas sebagai Kepala Seksi Pembangunan Bangunan Air dan Kepala Seksi Penelitian dan Pengawasan Bangunan Air, Dinas PU Makassar, serta sebagai anggota Pokja Air Minum dan Penyehatan Lingkungan, Kota Makassar. Sejak 2015, bekerja sebagai Dosen DPK pada Prodi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik Baramuli.



Marulam MT Simarmata merupakan anak ke 8 dari pasangan Bapak Albinus Simarmata (+) dan Ibu R. Br. Purba. Lahir di Pematangsiantar pada 04 Desember 1971, menyelesaikan pendidikan Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Program Studi Kehutanan Universitas Simalungun tahun 1997 dan selanjutnya mengabdikan sebagai dosen Kehutanan di Fakultas Pertanian USI sampai dengan sekarang. Salah satu mata kuliah yang diampu di antaranya Ecotourisme dan Pengelolaan Satwa. Suami dari

Roma Pardosi ini, menyelesaikan pendidikan Strata Dua Perencanaan Wilayah tahun 2011. Tahun 2021, terdaftar sebagai mahasiswa Program Doktor di Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Tahun 2019-2022, diberikan kepercayaan sebagai Ketua Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Simalungun (LPM-USI). Sejak Tahun 1990 Bapak Patrick MT Simarmata, tercatat sebagai Relawan dan Pengurus PMI Kota Pematangsiantar sampai dengan sekarang.



David Soputra lahir di Pekanbaru, pada 23 Mei 1962. Anak kelima dari pasangan Adam Soputra dan Hanna yang bekerja di Bank Pembangunan Daerah Riau, Pekanbaru. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Advent Indonesia dengan jurusan Biologi Lingkungan. Ia menamatkan gelar BA di bidang Biologi Lingkungan pada tahun 1985, dan menyelesaikan Sarjana Biologi (S-1) tahun 1990.

Kemudian menyelesaikan gelar sarjana pendidikan Biologi dari Universitas Simalungun di tahun 2010. Pada tahun 2006 hingga 2008 mengikuti program perkuliahan pasca sarjana di Adventist University of the Philippines, Manila, dengan gelar Master of Science in Environmental Biology. Dan saat ini sedang menyelesaikan perkuliahan tingkat doktoral di Sekolah Tinggi Teologia Sumatera Utara dengan konsentrasi di bidang pendidikan. David Soputra telah menikah dengan Lisye Nanjar, dan telah dikaruniai tiga orang anak, yakni Stella, Ezra, Mita, dan menantu yang bernama Janno dan Ingrid. Dan telah dikaruniai tiga orang cucu yang bernama Jemima, Jason, dan Ezekiel. Saat ini David Soputra bekerja sebagai tenaga dosen di Akademi Keperawatan Surya Nusantara, dan STFT Surya Nusantara.



Arisna Fauzia. Ia merupakan salah satu Dosen Tetap PNS Program Studi Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala. Di tahun 2011 ia menyelesaikan program sarjana pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala dengan mengambil konsentrasi Hidroteknik.

Selanjutnya, ia melanjutkan pendidikan Program S2 di Magister Teknik Sipil konsentrasi Manajemen

Sumber Daya Air, Universitas Syiah Kuala Tahun 2020. Di sela-sela melanjutkan program Magisternya, ia diterima menjadi salah satu peserta special research student di Department of Architecture and Civil Engineering, Toyohashi University of Teknologi (TUT), Jepang.

Di Tahun 2023, ia juga menyelesaikan Program Profesi Insinyur di Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada dalam memperoleh gelar insinyur muda yang terus meningkatkan profesionalisme dalam bidang pekerjaannya.

Sebelum menjadi dosen, Arisna banyak terlibat pada proyek DED dan proyek Konstruksi di bidang hidroteknik. Di antaranya: Proyek IPAL Puskesmas dan rehab gedung RSUD termasuk pada studi terkait sistem perpipaan air bersih dan air kotor.

Di Universitas Samudra mengampu mata kuliah Mekanika Fluida dan Hidrolika, Fisika Mekanika, Mekanika Tanah, Hidrologi, Rekayasa Pantai dan Rawa, Rekayasa Bangunan Air, Sistem Informasi Geografis bidang keairan, Teknik Jaringan Perpipaan, dan mata kuliah yang berkaitan dengan hidroteknik.

E-mail: arisnafauzia@unsam.ac.id, arisnafauzia@gmail.com



Erni Mohamad, S.Pd, M.Si, adalah Seorang Dosen kimia di Universitas Negeri Gorontalo. Dilahirkan di Gorontalo pada tanggal 12 Agustus 1969. Menyelesaikan Pendidikan diploma 3 di Fakultas Pendidikan dan Keguruan Di Universitas Sam Ratulangi Manado di Gorontalo tahun 1992, melanjutkan Sarjana S1 di Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan (STKIP) Gorontalo tahun 1997. Kemudian melanjutkan Pasca Sarjana di Universitas Brawijaya jurusan Kimia pada konsentrasi Kimia Lingkungan tahun 2011



Julhim S. Tangio, S.Pd, M.Pd. lahir di Gorontalo pada tanggal 28 Agustus 1975. Menepuh Pendidikan Sarjana S1 Pendidikan Kimia di Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan (STKIP) Gorontalo tahun 1999. Kemudian melanjutkan studi Pascasarjana di Universitas Negeri Jakarta Program Studi Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup (PKLH) tahun 2004. Saat ini, berprofesi sebagai Dosen Jurusan kimia Universitas Negeri Gorontalo.



Abdul Azis lahir di Polewali, 27 Juli 1963. Pendidikan SD sampai SMA ditempuh di Kabupaten Polewali Mandar Sulawesi Selatan. Lulus S1 Kimia Unhas Makassar Tahun 1987 dan S2 Teknik Lingkungan ITS Surabaya Tahun 2003. Sejak Tahun 2020 menempuh pendidikan Program Pascasarjana pada Prodi S3 Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup Universitas Negeri Makassar. Tercatat sebagai Tenaga Pengajar Tetap pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang sejak Tahun 1990 hingga saat ini. Penulis ikut serta dalam penulisan buku berjudul: Pengantar AMDAL (Penerbit YKM, 2022), Pengantar Ekologi Laut (Penerbit YKM, 2023), Kontaminan Lingkungan (Penerbit YKM, 2023), dan Pendidikan Lingkungan Hidup (Penerbit YKM, 2023).



Fathur Rahman Rustan. lahir di Kendari dan merupakan dosen tetap di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Penulis tercatat sebagai lulusan Sarjana Teknik (S.T.) bidang Teknik Sipil Universitas Halu Oleo (2009), Magister Teknik (M.T.) bidang Manajemen Rekayasa dan Sumber Air FTSP ITS Surabaya (2013), dan tahun 2020 mengambil Pendidikan Profesi Insinyur (Ir.) Universitas Hasanuddin Makassar.

Mengampu mata kuliah Perencanaan Bangunan Air, Sistem dan Jaringan Drainase, Rekayasa Hidrologi, Sistem dan Jaringan Irigasi, Mekanika Fluida dan Hidrolika. Selama ini terlibat aktif sebagai dosen pembimbing mahasiswa khususnya bidang Manajemen dan Rekayasa Sumber Air.

Penulis telah menghasilkan beberapa artikel penelitian dan menghasilkan sejumlah buku diantaranya sistem irigasi dan bangunan air, pengembangan sumber daya air, perencanaan infrastruktur sumber daya air, dan hidrologi, serta telah memiliki hak kekayaan intelektual berupa hak cipta.

E-mail: ur_mantan@usn.ac.id, ur.mantan85@gmail.com



Humairo Saidah. Lahir pada tahun 1972 di Bojonegoro, salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur paling barat yang berbatasan dengan provinsi Jawa Tengah. Penulis menyelesaikan pendidikan tinggi S1 dan S2 di jurusan Teknik Pengairan dan jurusan Teknik Sipil di Universitas Brawijaya, Malang. Saat ini Penulis adalah dosen di Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram. Sejak menjalani profesi sebagai dosen, Penulis mengampu beberapa Mata Kuliah dalam Kelompok Bidang Keahlian Hidro, seperti Hidrologi, Irigasi dan Bangunan Air,

Teknik Bendungan, Perancangan Bangunan Air, Pengelolaan Sumber Daya Air dan beberapa Mata Kuliah Hidro lain. Penulis menekuni penelitian dalam bidang hidrologi, keterkaitan hidrologi dengan usaha pertanian, dan hubungannya dengan bencana hidrometeorologi khususnya banjir dan kekeringan, serta pengaruh fenomena perubahan iklim global saat ini terhadap perilaku hidrologis suatu daerah. Saat ini Penulis telah menghasilkan beberapa buku Referensi yang ditulis secara kolaboratif diantaranya: Ekonomi Sumber Daya Alam, Pengetahuan Kebencanaan, Agroklimatologi, Sistem Irigasi dan Bangunan Air, Drainase Perkotaan, dan Statistik Deskriptif.



Sidiq Andri Nugroho lahir di Sleman, pada 9 September 1996. Ia tercatat sebagai lulusan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta. laki-laki yang kerap disapa Sidiq ini adalah anak dari pasangan Bagya Sugeng Widodo (ayah) dan Endang Wulandari (ibu). Sehari hari Sidiq Andri Nugroho bekerja sebagai Pranata Laboratorium Pendidikan di Laboratorium Jurusan kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.



Ibnu Rois lahir di Riau, pada 9 Agustus 1985. Ia tercatat sebagai lulusan SMA Negeri 2 Sanggau (Kalbar), D3 dan D4 Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, dan Universitas Sebelas Maret. Telah bekerja di Poltekkes Kemenkes Yogyakarta sejak 2010 dan saat ini menjadi dosen di Prodi D3 Sanitasi Jurusan Kesehatan lingkungan. Selain dosen juga sebagai Penanggungjawab Pelaporan Akademik (PDDIKTI) Poltekkes Kemenkes Yogyakarta sejak tahun 2019, serta menjadi pembina UKM Futsal. Sebagai dosen telah mengampu mata kuliah Penyediaan Air, Penyehatan Air, Promosi Kesehatan, Pemberdayaan Masyarakat,

Fisika Lingkungan, Sistem Informasi Kesehatan, Sistem Informasi Geografis, Biostatistik, dan Pengantar Teknologi Informasi. Hobby berolahraga khususnya sepak bola, futsal dan bulu tangkis.



Parulian Siagian hingga saat ini sebagai dosen tetap di prodi Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan menamatkan S1 pada Program Studi Teknik Permesinan Kapal Universitas Pattimura Ambon 1996, Magister Program Studi Teknik Mesin Konsentrasi Konversi Energi USU diselesaikan tahun 2006. Saat ini sedang menyelesaikan program Dokoral Teknik Mesin Konsentrasi Konversi Energi dan Energi Baru Terbarukan di Prodi S3 Teknik Mesin USU Medan.

Mengasuh beberapa mata kuliah antara lain : Heat Transfeer, Energi Terbarukan, Teknik Pengolahan Kelapa Sawit dan Pengantar Ilmu Perkapalan. Saat ini selain aktif mengajar menjabat sebagai Direktur Humas dan Kerjasama Dalam Negeri Universitas HKBP Nommensen Medan.

e.mail : parulian.nommensen@gmail.com

Teknik Penyediaan Air Minum (PAM)

Penulisan buku ini didasari pada pentingnya pengetahuan yang komprehensif dalam hal penyediaan air minum. Buku ini berfokus pada aspek teknologi penyediaan air minum, baik sebagai bahan ajar maupun referensi untuk mahasiswa yang belajar pada program studi teknik lingkungan, teknik sipil, kesehatan masyarakat, maupun bagi para praktisi pemula bidang air minum dan penyehatan lingkungan serta bagi masyarakat umum.

Buku ini mencakup beberapa pokok bahasan yang dituangkan dalam beberapa bab sebagai berikut

- Bab 1 Konsep Dasar Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum
- Bab 2 Standar Kualitas Air dan Peraturan yang Berlaku
- Bab 3 Peranan dan Fungsi Air Bagi Kehidupan
- Bab 4 Sumber Air, Karakteristik, dan Sarana Air Bersih
- Bab 5 Syarat Air Bersih Untuk Minum
- Bab 6 Permasalahan Pengadaan Air Bersih
- Bab 7 Pengolahan Air Sederhana
- Bab 8 Distribusi Air Minum
- Bab 9 Pemeliharaan Sistem Penyediaan Air Minum
- Bab 10 Pendugaan Air Tanah
- Bab 11 Teknik Pengeboran dan Pengelolaan Air Tanah
- Bab 12 Teknik Perpipaan dan Pompa



YAYASAN KITA MENULIS
press@kitamenulis.id
www.kitamenulis.id

