

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air

Pengertian air dan syarat-syarat air bersih dalam UU RI no.7 Tahun 2004 dan Keputusan Menteri Kesehatan no.907 tahun 2002, disebutkan beberapa pengertian terkait dengan air, yaitu sebagai berikut :

1. Sumber daya air adalah air , dan daya air yang terkandung di dalamnya
2. Air adalah semua air yang terdapat pada di atas , ataupun di bawah permukaan tanah , termasuk dalam pengertian ini air permukaan
3. Air bersih (clean water) adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat di minum apabila telah dimasak
4. Air minum (drinking water) adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung di minum
5. Air permukaan adalah semua air yang terdapat pada permukaan tanah
6. Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah
7. Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan / atau buatan yang terdapat pada , di atas ataupun di bawah permukaan tanah.

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping (Ketentuan Umum Permenkes No.416/Menkes/PER/IX/1990).

2.2 Sumber Air Baku

Sumber air dalam sistem penyediaan air merupakan suatu komponen yang mutlak harus ada, karena tanpa sumber air sistem penyediaan air tidak akan berfungsi. Berdasarkan daur hidrologi, di alam ada beberapa jenis sumber air dimana masing-masing mempunyai karakteristik spesifik.

Sebagaimana kita ketahui bahwa makhluk hidup tanpa terkecuali membutuhkan air. Dimana air dapat tersedia dalam bentuk padat (es), cairan (air) dan (penguapan). Pada manusia, air selain sebagai konsumsi makan dan minum juga diperlukan untuk keperluan pertanian, industri dan kegiatan lain. Dengan perkembangan peradaban dan jaman serta semakin banyaknya penduduk, akan menambah aktifitas kehidupannya. Hal ini berarti pula akan menambah kebutuhan air bersih.

2.2.1. Siklus Hidrologi

Tahap pertama siklus hidrologi adalah proses penguapan (evaporasi) air laut dan permukaan. Uap dibawa ke atas daratan oleh masa udara yang bergerak. Bila didinginkan hingga titik embunnya, maka uap akan terkondensasi menjadi butiran air yang dapat dilihat berbentuk awan atau kabut. Dalam kondisi meteorologist yang sesuai, butiran-butiran air kecil akan berkembang cukup besar untuk dapat jatuh ke permukaan bumi sebagai hujan.

Pendinginan masa udara yang besar terjadi karena pengangkatan. Berkurangnya tekanan yang diakibatkan oleh berkurangnya suhu, sesuai dengan hukum tentang gas yang berlaku. Pengangkatan *orografis* akan terjadi bila udara dipaksa naik diatas suatu hambatan yang berupa gunung. Oleh sebab itu lereng gunung yang berada pada arah angin biasanya menjadi daerah yang berpotensi hujan lebat.

Dari presipitasi yang mencapai permukaan tanah dikembalikan lagi ke udara melalui penguapan dari permukaan air, tanah dan tumbuh-tumbuhan serta melalui transpirasi oleh tanaman. Sisa presipitasi akhirnya kembali ke laut melalui saluran-saluran diatas atau dibawah tanah.

2.2.2. Jenis Sumber Air

Sumber air merupakan bagian dari suatu daur ulang hidrologi, secara umum sumber air dibagi menjadi beberapa kelompok. Sumber air yang ada di bumi ini meliputi :

a. Air Laut

Terasa asin karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut berkisar 3%. Untuk kondisi seperti ini, air laut tidak memenuhi syarat untuk dijadikan air minum/bersih.

b. Air Atmosfir (Air Meteorologik)

Sifatnya murni, sangat bersih, tetapi karena adanya pencemaran udara, maka untuk menjadikannya sebagai sumber air bersih/minum hendaknya pada waktu menampung air hujan tidak dimulai pada saat awal hujan turun karena masih banyak mengandung polutan.

c. Air Permukaan

Bersumber dari air hujan yang mengalir di permukaan bumi, terdiri dari :

2. Air Sungai

Meliputi aliran air, alur sungai termasuk bantaran, tanggul dan areal yang dinyatakan sebagai sungai.

3. Air Rawa/Danau/Waduk

Merupakan bentuk cekungan permukaan tanah baik alamiah maupun buatan dan didalamnya terdapat genangan air dengan volume relatif besar.

d. Air Tanah (Ground Water)

Terdiri dari air tanah dangkal, air tanah dalam dan mata air.

1. Air tanah dangkal

Terjadi karena proses peresapan air dari permukaan tanah. Terdapat pada kedalaman kurang lebih 15 meter dari permukaan. Sebagai sumur untuk sumber air bersih cukup baik dari segi kualitas tetapi kuantitas sangat tergantung pada musim.

2. Air tanah dalam

Berada pada lapisan bawah setelah rapat air di atasnya. Pengambilan dilakukan dengan menggunakan bor dan memasukkan pipa ke dalam permukaan tanah. Umumnya terdapat pada kedalaman 100-300 meter dibawah permukaan tanah. Dapat terjadi artesis (semburan ke permukaan) jika tekanan besar. Aquifer sebagai sumber air tanah dalam terbagi menjadi 3 bagian yaitu aquifer tertekan, aquifer semi tertekan dan aquifer tidak tertekan.

- Aquifer tertekan

Aquifer yang berada diantara lapisan kedap air dimana kedua lapisan ini sama sekali tidak dapat mengalirkan air.

- Aquifer semi tertekan

Aquifer yang berada diantara lapisan kedap air dimana lapisan kedap air di atasnya sedikit mengalirkan air.

- Aquifer tidak tertekan

Aquifer yang berada diatas lapisan kedap air

3. Mata air

Merupakan air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah.

Berdasarkan bentuk keluarnya, dapat terbagi menjadi :

- Rembesan ; yaitu air keluar dari lereng-lereng (celah-celeh)
- Umbulan ; yaitu air tanah yang keluar ke permukaan pada daerah yang datar.

2.3. Standar Kualitas Air Bersih

Air bersih yang ideal seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air bersih juga harus tidak mengandung kuman patogen. Tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis dan dapat merugikan secara ekonomis. Air juga seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusi yang ada.

Atas dasar pemikiran tersebut, maka dibuat standar air bersih yaitu suatu peraturan yang memberikan petunjuk tentang konsentrasi berbagai parameter yang sebaiknya diperbolehkan ada pada air minum agar tujuan pengolahan air bersih dapat tercapai. Standar tersebut akan berbeda untuk tiap negara, tergantung pada keadaan sosial kultural termasuk kemajuan teknologinya.

Di Indonesia standar kualitas air minum yang berlaku berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990. Daftar persyaratan kualitas air bersih dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Standar Kualitas Air Bersih

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4	5
A	<u>FISIKA</u>			
1	Bau	-	-	Tidak berbau
2	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1.5	-
3	Kekeruhan	Skala NTU	25	-
4	Rasa	-	-	Tidak berasa
5	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	-
6	Warna	Skala TCU	50	
B	<u>KIMIA</u>			
1	Air raksa	mg/L	0,001	
2	Arsen	mg/L	0,05	
3	Besi	mg/L	1,0	
4	Fluorida	mg/L	1,5	
5	Kadnium	mg/L	0,005	
6	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500	
7	Klorida	mg/L	600	
8	Kromium, Valensi 6	mg/L	0,05	
9	Mangan	mg/L	0,5	
10	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
11	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
12	pH	-	6,5 – 9,0	Merupakan batas minimum dan maksimum, khusus air hujan pH minimum 5,5

13	Selenium	mg/L	0,01	
14	Seng	mg/L	15	
15	Sianida	mg/L	0,1	
16	Sulfat	mg/L	400	
17	Timbal	mg/L	0,05	
	<u>Kimia Organik</u>			
1	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,0007	
2	Benzena	mg/L	0,01	
3	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
4	Chlordane (total isomer)	mg/L	0,007	
5	Coloroform	mg/L	0,03	
6	2,4 D	mg/L	0,10	
7	DDT	mg/L	0,03	
8	Detergen	mg/L	0,5	
9	1,2 Discloroethane	mg/L	0,01	
10	1,1 Discloroethene	mg/L	0,0003	
11	Heptaclor dan heptaclor epoxide	mg/L	0,003	
12	Hexachlorobenzene Gamma-HCH	mg/L	0,00001	
13	(Lindane)	mg/L	0,004	
14	Methoxychlor	mg/L	0,10	
15	Pentachlorophanol	mg/L	0,01	
16	Pestisida Total	mg/L	0,10	
17	2,4,6 urichlorophenol	mg/L	0,01	
18	Zat organik (KMnO4)	mg/L	10	
C	<u>Mikro biologik</u>			
	Total koliform (MPN)	Jumlah per 100 ml	50	Bukan air perpipaan
		Jumlah per 100 ml	10	Air perpipaan
D	<u>Radio Aktivitas</u>			
1	Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/L	0,1	
2	Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/L	1,0	

Sumber Permenkes 416 Tahun 1990

2.3.1. Parameter Fisik

Parameter fisik yang harus diketahui untuk sumber air yang akan dijadikan air baku atau untuk pengolahan selanjutnya adalah meliputi :

a. Bau

Air minum yang berbau selain tidak estetik juga tidak akan disukai oleh masyarakat. Bau air dapat menunjukkan awal dari kualitas air.

b. Jumlah zat padat terlarut (TDS)

TDS umumnya terdiri dari zat organik, garam organik, garam anorganik dan gas terlarut. Bila TDS bertambah maka kesadahan akan naik pula. Efeknya terhadap kesehatan tergantung pada senyawa kimia penyebab masalah tersebut.

c. Kekeruhan

Disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang sifatnya organik maupun anorganik.

d. Rasa

Air minum tidak memiliki rasa/tawar, sehingga air yang tidak tawar dapat menunjukkan adanya kandungan berbagai zat yang berbahaya bagi kesehatan.

e. Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas, terutama agar tidak terjadi pelarutan zat kimia yang terdapat dalam pipa/saluran.

f. Warna

Warna pada air disebabkan adanya tanin atau asam humat dan keberadaannya secara alamiah di alam. Karena itu air minum sebaiknya tidak berwarna.

2.3.2. Parameter Kimia

Selain parameter fisis tersebut diatas, yang tidak kalah penting adalah melakukan penelitian terhadap kandungan kimia air sumber yang akan dijadikan sumber air baku untuk pengolahan selanjutnya. Parameter kimia tersebut diantaranya meliputi :

a. Kimia Anorganik

Parameter kimia anorganik meliputi antara lain : Air Raksa (*Hg*), Aluminium (*Al*), Arsen (*As*), Barium (*Ba*), Besi atau Ferrum (*Fe*), Flourida (*F*), Cadmium (*Cd*), Kesadahan, Khlorida (*Cl*), Mangan (*Mn*), dan pH (derajat keasaman).

b. Kimia Organik

Parameter kimia organik meliputi : Zat Organik, Detergen, Chloroform ($CHCl_3$), serta parameter mikrobiologis.

2.3.3. Syarat-syarat Bakteriologis dan Mikrobiologis

Air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan *bakteriologis* ini ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* atau *Fecal coli* dalam air.

2.3.4. Syarat-syarat Radiologis

Persyaratan *radiologis* mensyaratkan bahwa air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar *alfa*, *beta* dan *gamma*.

2.3.5. Persyaratan Kuantitatif (Debit).

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih.

2.3.6. Persyaratan Kontinuitas.

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia

24 jam per hari, atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia, sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam per hari, yaitu pada jam-jam aktifitas kehidupan, yaitu pada pukul 06.00 – 18.00 WIB.

Kontinuitas aliran sangat penting ditinjau dari dua aspek. Pertama adalah kebutuhan konsumen. Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya, dalam jumlah yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan pada waktu yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan *reservoir* pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat.

Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6–1,2 m/dt. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan juga tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi

2.4. Penggunaan Sumber Air Baku

Masing-masing jenis sumber air yang digunakan sebagai sumber air baku untuk air minum/bersih mempertimbangkan 3 (tiga) faktor yaitu kuantitas, kualitas dan kontinuitas. Sampai saat ini penggunaan sumber air permukaan lebih dominan daripada sumber air hujan ataupun air tanah. Seperti halnya di Indonesia yang memiliki iklim dan kondisi geografis, dimana air permukaan dari sungai, danau, telaga banyak dijumpai.

- Mata Air merupakan sumber air yang sangat potensial karena pada umumnya berkualitas baik, terlebih dapat dialirkan ke sistem penampung secara gravitasi. Hanya saja keberadaannya dari waktu ke waktu semakin mengecil, baik ditinjau dari jumlah maupun debitnya. Hal ini tidak terlepas dari berkurangnya “*Catchment Area*” akibat kegiatan manusia. Pada masa

mendatang, jika konservasi lingkungan hutan tidak dilakukan, maka pemanfaatan jenis sumber air ini semakin menurun.

- Air Tanah, terlebih yang terletak pada lapisan akuifer tidak bebas, yang imbuhanannya berasal dari *catchment area* di daerah hulu. Meskipun demikian, jenis sumber air ini pada umumnya masih dapat dikembangkan, terutama untuk dataran rendah sampai sedang dengan pertimbangan kuantitas yang memadai dan kualitas air yang baik, dan relatif tidak terpengaruh musim (air tanah dalam).
- Air sungai merupakan alternatif sumber air yang paling mudah diperoleh karena terletak dekat dengan permukiman masyarakat, hanya saja ditinjau dari segi kuantitas berfluktuasi tinggi, sedangkan dari segi kualitas tidak memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air bersih tanpa proses pengolahan yang memadai. Pada saat ini berbagai upaya telah dilakukan untuk mempertahankan debit air sungai, terutama dengan pembangunan waduk. Dengan kondisi saat ini dan pertambahan kebutuhan air ke depan, jenis sumber air ini akan semakin banyak dimanfaatkan untuk pengembangan ke depan, tetapi memerlukan biaya investasi dan operasional yang tinggi karena kebutuhan pengolahannya.
- Dengan pertimbangan kondisi sumber daya air saat ini dan kendala/permasalahan yang ada, seperti yang telah diuraikan sebelumnya, maka potensi sumber daya air sebagai air baku perlu dimanfaatkan dan dikelola secara bijaksana agar pada masa mendatang tidak menjadi hambatan bagi penyedia layanan atau pemerintah untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat.

2.5. Pengaruh Jumlah Penduduk

Data kependudukan merupakan satu faktor penting disalam penyusunan suatu rencana, mengingat bahwa setiap perencanaan dilakukan serta ditujukan untuk kepentingan penduduk masyarakat itu sendiri. Peningkatan jumlah penduduk akan mempengaruhi peningkatan kebutuhan fasilitas termasuk peningkatan pelayanan air bersih.

Jumlah penduduk pada suatu wilayah atau negara pasti berubah seiring berjalannya waktu. Pertumbuhan penduduk dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kelahiran, kematian dan migrasi. Untuk meramalkan jumlah penduduk di masa yang akan datang maka dibuatlah rumus proyeksi penduduk.

Proyeksi penduduk adalah perhitungan jumlah penduduk di masa yang akan datang berdasarkan asumsi perkembangan kelahiran, kematian dan migrasi.

Rumus-rumus perhitungan proyeksi jumlah penduduk:

a. Metoda Arithmatik

$$P_n = P_0 + K_a (T_n - T_0) \dots\dots\dots(3.1)$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1}$$

- dimana: P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n;
- P_0 = jumlah penduduk pada tahun dasar;
- T_n = tahun ke n;
- T_0 = tahun dasar;
- K_a = konstanta arithmatik;
- P_1 = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I;
- P_2 = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir;
- T_1 = tahun ke I yang diketahui;
- T_2 = tahun ke II yang diketahui.

b. Metode Geometrik

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots(3.2)$$

- dimana: P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n;
- P_0 = jumlah penduduk pada tahun dasar;
- r = laju pertumbuhan penduduk;
- n = jumlah interval

Dengan :

$$r = \left\{ \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{(1/t)} - 1 \right\} \times 100$$

Keterangan :

r = Laju pertumbuhan penduduk

P_t = Jumlah penduduk tahun terakhir

P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar

t = Selisih tahun terakhir dengan tahun dasar

c. Eksponensial

$$P_t = P_o \times e^{r \cdot n} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana :

P_t = banyaknya penduduk di akhir tahun

P_o = banyaknya penduduk di awal tahun

e = angka eksponensial (2,718)

r = angka pertumbuhan penduduk (%)

n = jangka waktu

2.6. Sistem Penyediaan Air Bersih

Menurut Chatib (1996), sistem penyediaan air bersih secara umum dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu komponen dalam sistem penyediaan air bersih serta bentuk dan teknik dari sistem penyediaan air bersih. Komponen dalam sistem penyediaan air bersih dapat dibagi menjadi tiga komponen utama. Komposisi dari suatu sistem penyediaan air bersih dapat terdiri dari sebagian atau keseluruhan dari ketiga komponen tersebut.

Tiga komponen tersebut adalah sebagai berikut (Chatib, 1996).

- a. Sistem Sumber (dengan atau tanpa bangunan pengolahan air bersih). Sumber dapat terdiri dari sumber dan sistem pengambilan / pengumpulan (collection works) saja ataupun dapat pula dilengkapi dengan suatu sistem pengolahan air (purification / treatment works). Sumber-sumber yang dapat digunakan yaitu air permukaan, air tanah, air laut, dan air hujan.
- b. Sistem Transmisi. Dimulai dari sistem pengumpulan sampai bangunan pengolahan air bersih atau dimulai dari bangunan pengolahan air bersih sampai reservoir (tempat penampungan). Cara pengangkutannya bisa dengan cara gravitasi atau pemompaan dan kapasitas yang akan diangkut.

- c. Sistem distribusi, merupakan sistem penyaluran air bersih dari reservoir sampai ke daerah-daerah pelayanannya.

Dilihat dari bentuk dan tekniknya, sistem penyediaan air minum dapat dibedakan atas dua sistem berikut (Chatib, 1996)

- a. Penyediaan air minum individual (individual water supply system). Sistem untuk penggunaan individual dan untuk pelayanan yang terbatas. Sumber air yang digunakan umumnya berasal dari air tanah. Sistem bentuk ini pada umumnya sangat sederhana, biasanya tidak memiliki komponen transmisi dan distribusi. Misal, sumur yang digunakan dalam satu rumah tangga.
- b. Penyediaan air minum komunitas atau perkotaan (community water supply system/public water supply system). Pada umumnya sistem ini merupakan sistem yang mempunyai kelengkapan komponen dan kadang-kadang sangat kompleks dari segi dan sifat pelayanannya. Sistem ini dilengkapi dengan transmisi dan distribusi agar air yang dihasilkan dapat menjangkau daerah-daerah pelayanannya (konsumen).

2.7. Jaringan Distribusi Dan Sistem Pengaliran

Pada dasarnya ada 2 sistem jaringan distribusi yaitu jaringan terbuka dan tertutup, dimana pemakaian kedua sistem tersebut tergantung dari beberapa faktor.

a. Jaringan Terbuka

Karakteristik jaringan ini adalah pipa-pipa distribusi tidak saling berhubungan, air mengalir dalam satu arah dan area layan disuplai melalui satu jalur pipa utama.

b. Jaringan Tertutup

Karakteristik jaringan ini adalah pipa-pipa distribusi saling berhubungan, air mengalir melalui beberapa jalur pipa utama. Sistem ini cenderung diterapkan pada daerah yang bersifat jalannya saling berhubungan, perkembangan kota cenderung ke segala arah dan keadaan topografi yang relatif dasar.

2.7.1. Sistem Distribusi Air Bersih

Menurut Damanhuri, E., (1989) sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. Sistem ini meliputi unsure sistem perpipaan dan perlengkapannya, hidran kebakaran, tekanan tersedia, system pemompaan, dan *reservoir* distribusi.

Sistem distribusi air minum terdiri atas perpipaan, katup-katup, dan pompa yang membawa air yang telah diolah dari instalasi pengolahan menuju pemukiman, perkantoran dan industri yang mengkonsumsi air. Juga termasuk dalam sistem ini adalah fasilitas penampung air yang telah diolah (*reservoir* distribusi), yang digunakan saat kebutuhan air lebih besar dari suplai instalasi, meter air untuk menentukan banyak air yang digunakan, dan keran kebakaran.

Dua hal penting yang harus diperhatikan pada sistem distribusi adalah tersedianya jumlah air yang cukup dan tekanan yang memenuhi (kontinuitas pelayanan), serta menjaga keamanan kualitas air yang berasal dari instalasi pengolahan.

Tugas pokok sistem distribusi air bersih adalah menghantarkan air bersih kepada para pelanggan yang akan dilayani, dengan tetap memperhatikan factor kualitas, kuantitas dan tekanan air sesuai dengan perencanaan awal. Faktor yang didambakan oleh para pelanggan adalah ketersediaan air setiap waktu.

Suplai air melalui pipa induk mempunyai dua macam sistem menurut Kamala, K. R., (1999), adalah sebagai berikut:

a. *Continuous system.*

Dalam sistem ini air minum yang disuplai ke konsumen mengalir terus menerus selama 24 jam. Keuntungan sistem ini adalah konsumen setiap saat dapat memperoleh air bersih dari jaringan pipa distribusi di posisi pipa manapun. Sedang kerugiannya

pemakaian air akan cenderung akan lebih boros dan bila terjadi sedikit kebocoran saja, maka jumlah air yang hilang akan sangat besar jumlahnya.

b. *Intermittent system.*

Dalam sistem ini air bersih disuplai 2-4 jam pada pagi hari dan 2-4 jam pada sore hari. Kerugiannya adalah pelanggan air tidak bisa setiap saat mendapatkan air dan perlu menyediakan tempat penyimpanan air dan bila terjadi kebocoran maka air untuk *fire fighter* (pemadam kebakaran) akan sulit didapat. Dimensi pipa yang digunakan akan lebih besar karena kebutuhan air untuk 24 jam hanya disuplai dalam beberapa jam saja. Sedangkan keuntungannya adalah pemborosan air dapat dihindari dan juga sistem ini cocok untuk daerah dengan sumber air yang terbatas.

2.7.2. Sistem Pengaliran Air Bersih.

Pendistribusian air minum kepada konsumen dengan kuantitas, kualitas dan tekanan yang cukup memerlukan sistem perpipaan yang baik, *reservoir*, pompa dan peralatan yang lain. Metode dari pendistribusian air tergantung pada kondisi topografi dari sumber air dan posisi para konsumen berada. Menurut Howard, S.P., et.al (1985) sistem pengaliran yang dipakai adalah sebagai berikut:

a. Cara Gravitasi.

Cara pengaliran gravitasi digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan. Cara ini dianggap cukup ekonomis, karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.

b. Cara Pemompaan.

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari *reservoir* distribusi ke konsumen. Sistem ini digunakan jika elevasi antara sumber air atau

instalasi pengolahan dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan yang cukup.

c. Cara Gabungan.

Pada cara gabungan, *reservoir* digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat, misalnya saat terjadi kebakaran, atau tidak adanya energi. Selama periode pemakaian rendah, sisa air dipompakan dan disimpan dalam *reservoir* distribusi. Karena *reservoir* distribusi digunakan sebagai cadangan air selama periode pemakaian tinggi atau pemakaian puncak, maka pompa dapat dioperasikan pada kapasitas debit rata-rata.

2.7.3. Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih.

Martin,D., (2004) mengategorikan kegiatan perencanaan untuk system distribusi air bersih/minum pada dua kategori yaitu:

1. Perencanaan pada daerah yang belum ada sistem distribusi perpipaan sama sekali atau biasa disebut sebagai *Green Area*.
2. Perencanaan pada daerah yang sudah ada sistem distribusi sebelumnya dan sifat perencanaan adalah mengembangkan sistem yang sudah ada.

Secara umum perbedaan langkah-langkah dalam perencanaan dari kedua kategori tersebut adalah pada perencanaannya, dimana sistem sudah ada perencana harus mengevaluasi sistem yang sudah ada terutama dari kapasitas, kemudian beranjak dari kapasitas yang ada direncanakan pengembangannya.

Ada dua hal penting yang harus dikaji dalam merancang sistem air bersih yaitu:

1. Kajian dari sisi kebutuhan air.
2. Kajian dari sisi pasokan air.

Dengan mengkaji kedua hal ini dengan baik maka dapatlah dirancang sistem distribusi yang optimal.

Kemudian rumus untuk menghitung kebutuhan air bersih ialah sebagai berikut :

- Kebutuhan Air bersih (Qmd)

$$Qmd = Pn \times q \times fmd \dots \dots \dots (3.4)$$

- Kebutuhan Total Air Bersih (Qt)

$$Qt = Qmd \times 100/80 \text{ (factor kehilangan air 20\%)} \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan :

Qmd = Kebutuhan air bersih

Pn = Jumlah penduduk tahun n

q = Kebutuhan air per orang/hari

fmd = Faktor hari maksimum (1,05 – 1,15)

Qt = Kebutuhan air total

2.7.4. Perencanaan Jaringan Perpipaan Air Bersih di *Green Area*.

Pada kondisi ini pelayanan air minum dengan perpipaan diasumsikan belum ada sehingga perencana mempunyai keleluasaan untuk membentuk jaringan pipa sesuai dengan kebutuhan air dilapangan.

1. Kajian dari Sisi Kebutuhan Air.

Tahapan mengkaji kebutuhan air meliputi:

- a. Kajian terhadap peta.
- b. Pembuatan *zone* pelayanan.
- c. Perhitungan kebutuhan air *zone* pelayanan tersebut.

2. Kajian Terhadap Peta.

Kajian terhadap topografi lokasi perencanaan, kajian ini dilakukandengan menggunakan peta kurang lebih 1:10.000 sampai 1:25.000.Sumber peta dapat diperoleh di Bakosurtanal sementara sampai tahun2004 baru sebagian dari Indonesia yang sudah dipetakan dengan skala1:25.000.

Adapun yang harus diamati pada peta ini adalah:

1. Lokasi pemukiman dan daerah.
2. Jalur jalan.

3. Elevasi tanah.

2.8. Sistem Air Bersih Komunal

Sistem air bersih komunal ialah suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani lebih dari satu bangunan (misalnya dalam satu kawasan permukiman atau satu kompleks perumahan) namun dalam skala pelayanan yang terbatas yang dikelola secara swadaya oleh masyarakat (TACSDW, 2004). Menurut Mustika (2007), penyelenggaraan air bersih komunal diadakan secara mandiri oleh masyarakat lokal, atau dengan bantuan dari pemerintah maupun LSM, namun tetap melibatkan masyarakat setempat sebagai pelaku utama dalam pengelolaan, pengoperasian, dan pemeliharaan dari air bersih komunal itu sendiri. Hal tersebut dimaksudkan untuk meningkatkan rasa memiliki (sense of belonging) masyarakat terhadap sumber daya air bersih sehingga pola penggunaan air dapat dikelola dengan lebih baik secara rasional dan terkendali demi keberlanjutan proses penyediaan air bersih di lingkungannya (Mustika, 2007). Penyediaan air bersih komunal dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa pilihan sumber air baku seperti mata air, air tanah, air permukaan, dan air hujan, namun pemilihan air baku tersebut akan tergantung pada kuantitas, kualitas, dan kontinuitas dari air baku (Dirjen Cipta Karya, 2009).

2.9. Keberlanjutan Sistem Penyediaan Air Komunal

Hal yang paling penting dalam penyediaan air dan sanitasi adalah pembangunan berkelanjutan. Menurut Hodkins dalam Zakaria (2005), isu pembangunan berkelanjutan berhubungan dengan :

- (1) kelestarian lingkungan kinerja kelembagaan;
- (2) pemenuhan kebutuhan yang langgeng; dan
- (3) perspektif sistem dan waktu hidup jangka panjang.

Elliot (1994) menyatakan pembangunan yang berkelanjutan adalah pembangunan yang ditujukan untuk mencapai kepuasan jangka panjang kebutuhan manusia dan perbaikan kualitas dalam kehidupan manusia.

Menurut Black (1998), dalam puluhan tahun ke belakang, konsep keberlanjutan dengan cepat diadaptasi dalam berbagai pembangunan, tidak terkecuali dalam pelayanan air minum dan sanitasi. Kebutuhan pelayanan menjadi bentuk kearifan tersendiri. Secara esensial ini berarti bahwa ketersebaran pelayanan dan manajemen haruslah cost-effective, yakni memperhitungkan keterbatasan sumber daya itu sendiri dan ketersediaan sumber daya finansial. Sistem penyediaan air minum secara finansial harus dapat lebih self-sufficient meskipun saat disediakan untuk komunitas berpendapatan rendah.

Suatu pelayanan air bersih dinilai dapat berkelanjutan ketika memenuhi syarat sebagai berikut (Brikké dan Bredero, 2003).

- Berfungsi dan dapat digunakan
- Menyediakan pelayanan sebagaimana telah direncanakan, termasuk: memenuhi kualitas dan kuantitas air yang dibutuhkan; pelayanan mudah diakses; pelayanan handal dan kontinyu; memiliki manfaat dalam bidang ekonomi dan kesehatan
- Dapat berfungsi dalam jangka waktu yang panjang bergantung pada siklus-umur alat yang telah dirancang
- Pengelolaan pelayanan melibatkan masarakat/komunitas (atau komunitas tersebut yang mengelolanya secara mandiri) melalui kelembagaan dengan mengadaptasi pandangan yang sensitiv terhadap isu gender, menjaga kerja sama dengan pemerintah lokal, serta melibatkan sektor swasta sebagaimana dibutuhkan.
- Biaya dari pengoperasian, pemeliharaan, perbaikan, penggantian, dan administrasi pelayanan tersebut terjangkau pada level lokal melalui user fees atau alternatif mekanisme pembiayaan yang berkelanjutan lainnya
- Dapat diperasikan dan dirawat pada level lokal secara terbatas, namun fisibel dan dukungan luar (bantuan teknis, pelatihan, dan pengawasan)
- Pengelolaan pelayanan melibatkan masarakat/komunitas (atau komunitastersebut yang mengelolanya secara mandiri) melalui kelembagaan dengan mengadaptasi pandangan yang sensitiv terhadap isu

gender, menjaga kerja sama dengan pemerintah lokal, serta melibatkan sektor swasta sebagaimana dibutuhkan.

2.10. Faktor-faktor yang Berpengaruh terhadap Keberlanjutan Penyediaan Air Komunal

Menurut Brikké dan Bredero (2003) terdapat beberapa faktor yang berkontribusi terhadap keberlanjutan layanan yang lebih baik, keberlanjutan bergantung terutama pada empat faktor yang saling berhubungan: (i) teknis; (ii) masyarakat; (iii) lingkungan; dan (iv) kerangka hukum serta kelembagaan.

Madeleen Wegelin-Shuringa (1998) menggunakan metoda pengembangan masyarakat untuk penyediaan air komunal. Menurut Madeleen, metoda pengembangan masyarakat adalah tren yang dapat mendorong daerah kecil seperti pedesaan, daerah pinggiran kota, kota kecil untuk mengelola penyediaan air mereka sendiri dengan dukungan dari pemerintah. Faktor-faktor yang menunjang keberhasilan program penyediaan air komunal lewat metoda pengembangan masyarakat ini terbagi atas 5 faktor utama yaitu: sosial, teknis, lingkungan, keuangan, dan kelembagaan (institusional) (Tabel 2.1).

Jika suatu fasilitas tidak dipergunakan sebagaimana mestinya (atau tidak digunakan sama sekali) atau saat tidak beroperasi/tidak dirawat dengan baik, fasilitas tersebut akan rusak dan investasi akan hilang dalam jumlah signifikan (UNESCO, 2004). Sebagian besar keberhasilan dan keberlanjutan dari proyek penyediaan air bersih adalah pada pemilihan teknologi yang tepat dan perencanaan yang menjamin keberjalanan dan pengoperasian jangka panjang serta kesesuaian kebutuhan akan pemeliharaan dari teknologi tersebut (UNESCO, 2004). Oleh karena itu, hasil studi yang dilakukan oleh UNESCO dititikberatkan pada pemilihan teknologi yang mendukung keberlanjutan.

Tabel 2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan Penyediaan Air Bersih Komunal Menurut Wegelin-Shuringa

Kriteria	Subkriteria
Factor Sosial	Kesadaran
	Prilaku
	Partisipasi
	Manajemen
	Kepemilikan
	Perspektif gender
	Factor sosio-kultural
	Kemampuan teknis
	Kemampuan membayar
Factor Teknis	Pemilihan teknologi
	Nilai-nilai masyarakat
	Teknologi yang murah
	Tahu harus bagaimana
	Tingkat pelayanan
	Suku cadang
	Kkompleksitas
	Biaya oprasional dan pemeliharaan
Factor Lingkungan	Kualitas sumber air
	Kuantitas sumber air
	Kontinuitas sumber air
	Perlindungan lingkungan
	Manajemen air bersih
	Pengurangan factor resiko
Factor Kelembagaan	Konteks peraturan
	Konteks legislative
	Kerjasama pemerintah-suasta
	Kepercayaan terhadap pengembangan masyarakat
	Desentralisasi
	Hubungan yang pasif dengan masyarakat
	Kemampuan komunikasi
Factor Keuangan	Iuran konsumen
	Keterjangkauan biaya
	Perbaikan menyeluruh
	Akses kepada system kredit
	Mekanisme keuangan yang inovatif
	Air memiliki nilai sosia dan ekonomis

riteria tersebut dikelompokkan ke dalam lima kategori dimana faktor-faktor yang memiliki relevansi umum dipisahkan dari faktor-faktor secara spesifik berhubungan dengan operasional dan pemeliharaan. Namun, untuk kepentingan studi pustaka penelitian ini, maka yang dicantumkan pada Tabel 2 hanya yang memiliki relevansi umum. Bagaimana pun juga, perencanaan suatu sistem harus memasukkan analisis mengenai pilihan dan kebutuhan masyarakat, serta kapasitas pengguna dan masyarakat untuk keberlanjutan sistem manapun yang dipilih.

Tabel 2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Teknologi Penyediaan Air Bersih Komunal Menurut UNESCO

Kriteria	Subkriteria
Faktor Teknis	Permintaan (pola konsumsi saat ini dan di masa depan) dan penawaran
	capital costs
	Kapasitas tambahan
	Kesesuaian dengan norma dan kerangka hukum
	Kesesuaian dengan sistem penyediaan air bersih yang telah ada sebelumnya
	Kemampuan teknis yang dibutuhkan di dalam maupun Perbandingan manfaat
	Ketersediaan, aksesibilitas, dan kehandalan sumber air
Faktor Lingkungan	Variasi musim
	Kualitas air dan perawatan
	Perlindungan sumber air
	Resiko dampak negatif terhadap lingkungan
Faktor Kelembagaan	Kerangka kerja legal
	Kerangka kerja regulasi
	Strategi nasional
	Pengaturan kelembagaan eksisting
	Dukungan pemerinatah, LSM, dan lembaga pendukung Lainnya
	Stimulasi pihak swasta
Transfer tahu bagaimana	
Faktor Masyarakat dan Manajerial	Ekonomi lokal
	Pola hidup dan pertumbuhan populasi
	Standar hidup dan keseimbangan gender
	Pendapatan rumah tangga dan variasi musim
	Preferensi pengguna
	Pengalaman sejarah dalam berkolaborasi dengan berbagai macam mitra

Faktor Keuangan	Organisasi desa dan kohesi sosial
	capital costs
	Alokasi budget dan kebijakan subsidi
	Partisipasi pembiayaan dari pengguna
	Ekonomi lokal

2.11. Analisa Hidrolika Dalam Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

2.11.1. Hukum Bernoulli

Aliran dalam pipa memiliki tiga macam energi yang bekerja didalamnya, yaitu :

1. Energi Ketinggian
2. Energi Tekanan
3. Energi Kecepatan

Hal tersebut dikenal dengan prinsip Bernoulli bahwa energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_{Tot} = \text{Energi ketinggian} + \text{Energi kecepatan} + \text{Energi Tekanan} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$E_{Tot} = Z + \frac{P}{\gamma_w} + \frac{V^2}{2g}$$

Dimana : $\frac{P}{\gamma_w} = \text{tinggi tekan (m)}$

$$\frac{V^2}{2g} = \text{tinggi energi (m)}$$

$Z = \text{elevasi (m)}$

(Mochammad Ibrahim dkk, 2000)

2.11.2. Hukum Kontinuitas

Pada aliran percabangan pipa juga berlaku hukum kontinuitas dimana debit yang masuk pada suatu pipa, sama dengan debit yang keluar pada pipa.

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana :

Q = debit yang mengalir pada suatu penampang pipa (m³/det)

A = luas penampang (m²)

V = Kecepatan aliran (m/det)

(Mochammad Ibrahim dkk, 2000)

2.11.3. Kapasitas Aliran

Menghitung Kapasitas aliran yang terjadi di dalam pipa dengan menggunakan persamaan *Hazen-William* :

$$Q = 0,2785 \cdot Chw \cdot D^{2,63} \cdot S^{0,54} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana :

Q = Debit aliran pada pipa

Chw = koefisien kekasaran Hazen william

R = jari-jari hidrolis

D = Diameter pipa

S = kemiringan garis energy

Tabel 2.3 Nilai koefisien kekasaran pipa Chw (*hazen-William*)

Jenis Pipa	Nilai “C” Perencanaan
Asbes Cement (ACP)	120
UPVC	120
High HDPE	130
Medium DPE	130
Ductile (DCIP)	110
Besi tuang (CIP)	110
GIP	110
Baja	110
Pre-streessm	120

Sumber : Nilai Koefisien kekasaran pipa pada rumusan Hazel-William

2.11.4. Kecepatan Aliran

Menghitung kecepatan aliran dengan menggunakan persamaan hazen william:

$$V = 0,8492 \cdot C \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54} \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana :

V = kecepatan aliran dalam pipa

C = nilai koefisien kekasaran

R = jari-jari D/4

S = Slope kemiringan Hf/L