

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Umum Tentang Air

Air sangat erat hubungannya dengan kehidupan manusia, air merupakan suatu sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, karena air merupakan salah satu media dari berbagai macam penularan penyakit, terutama penyakit perut.

Peningkatan kuantitas air adalah syarat kedua setelah kualitas, karena semakin maju tingkat hidup seseorang, maka akan semakin tinggi pula tingkat kebutuhan air dari masyarakat tersebut. Untuk keperluan minum maka dibutuhkan air rata-rata sebesar 5 liter/hari, sedangkan secara keseluruhan kebutuhan air di suatu rumah tangga untuk masyarakat Indonesia diperlukan sekitar 60 liter/hari. Jadi untuk negara-negara yang sudah maju kebutuhan air pasti lebih besar dari kebutuhan untuk negara-negara yang sedang berkembang.

Dengan pertumbuhan penduduk yang pesat, sumber-sumber air telah menjadi salah satu kekayaan yang sangat penting. Air tidak hanya menjadi hal pokok bagi konsumsi dan sanitasi umat manusia, tapi juga untuk produksi barang industri. Air tersebar tidak merata diatas bumi, sehingga ketersediaannya disuatu tempat akan sangat bervariasi.

Perencanaan yang didasarkan keahlian serta pengolahan yang seksama merupakan hal yang penting untuk mencapai tingkat efisiensi pemanfaatan air yang akan dibutuhkan di masa yang akan datang. Walaupun demikian, usaha-usaha ini haruslah mempunyai lingkup yang lebih luas. Investasi dalam pengembangan sumber daya air dipengaruhi oleh pertimbangan-

pertimbangan ekonomi, sosial, dan politis serta kenyataan-kenyataan teknik dasar.

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi yang sangat vital bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di muka bumi. Untuk itu air perlu dilindungi agar dapat tetap bermanfaat bagi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa air memiliki peran yang sangat strategis dan harus tetap tersedia dan lestari, sehingga mampu mendukung kehidupan dan pelaksanaan pembangunan di masa kini maupun di masa mendatang. Tanpa adanya air maka kehidupan tidak dapat berjalan normal.

Tabel 2.1 Unsur Fungsional dalam Sistem Penyediaan Air Bersih

Unsur Fungsional	Prinsip Perencanaan (Primer/Sekunder)	Keterangan
Sumber Air	Kuantitas/Kualitas	Sumber air permukaan dari sungai, danau, mata air (air tanah).
Prasedimentasi	Kuantitas/Kualitas	Fasilitas penyimpanan air permukaan ditempatkan dekat sumber.
Transmisi	Kuantitas/Kualitas	Fasilitas penyaluran air dari penyimpanan dan pengolahan.
Pengolahan	Kuantitas/Kualitas	Fasilitas untuk merubah kualitas air baku.
Transmisi dan Penampungan	Kuantitas/Kualitas	Fasilitas penyaluran air pengolahan ke <i>reservoir</i> distribusi.
Distribusi	Kuantitas/Kualitas	Fasilitas pendistribusian air ke sambungan konsumen.

(Sumber: Tri Joko, Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum)

2.2 Sumber-Sumber Air

Sumber air adalah wadah air yang terdapat diatas dan dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini adalah mata air, sungai, rawa, danau, waduk, dan muara. Berikut ini adalah sumber-sumber air :

1. Air Laut

Air laut adalah air dari laut atau samudera. Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3%, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Dengan keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi sarat untuk air minum.

2. Air Permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya. Beberapa pengotoran untuk masing-masing air permukaan akan berbeda-beda, tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini. Jenis pengotorannya adalah merupakan kotoran fisik, kimia dan bakteri.

Setelah mengalami suatu pengotoran, pada suatu saat air permukaan itu akan mengalami suatu proses pembersihan sendiri. Udara yang mengandung oksigen atau gas O_2 akan membantu mengalami proses pembusukan yang terjadi pada air permukaan yang telah mengalami pengotoran, karena selama dalam perjalanan O_2 akan meresap ke dalam air permukaan.

Air permukaan ada dua macam yaitu :

1. Air sungai

Dalam penggunaannya sebagai air minum, haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai ini pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi sekali. Debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air minum pada umumnya dapat mencukupi.

2. Air rawa/danau

Kebanyakan air rawa ini berwarna hitam atau kuning kecoklat, hal ini disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk, misalnya asam humus yang terlarut dalam air yang menyebabkan warna kuning coklat.

Dengan adanya pembusukan kadar zat organik tinggi, maka umumnya kadar Fe dan Mn akan tinggi pula dan dalam keadaan kelarutan O_2 kurang sekali (anaerob), maka unsur-unsur Fe dan Mn ini terlarut. Pada permukaan air akan tumbuh algae (lumut) karena adanya sinar matahari dan O_2 .

3 Air tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah pada lajur/zona jenuh air. Air tanah merupakan salah satu sumber daya air yang keberadaannya terbatas dan kerusakannya dapat mengakibatkan dampak yang luas serta pemulihannya sulit dilakukan.

Air tanah berasal dari air hujan dan air permukaan, yang meresap mula-mula ke zona tak jenuh dan kemudian meresap makin dalam hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah. Air tanah berinteraksi dengan air permukaan serta komponen-komponen lain seperti jenis batuan penutup, penggunaan lahan, serta manusia yang di permukaan.

4. Air tanah dangkal

Terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, sedemikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah ini berfungsi sebagai saringan. Di samping penyaringan, pengotoran masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul menjadi air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.

5. Air tanah dalam

Terdapat sebuah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamannya sehingga dalam suatu kedalaman akan didapat satu lapis air. Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur ke luar dan dalam keadaan ini, sumur ini disebut dengan sumur artesis atau sumur bor. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu pengeluaran air.

6. Mata air

Adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan keadaan air tanah.

(Sumber: Tri Joko, Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum)

2.3 Persyaratan Umum Penyediaan Air Bersih

Dalam merencanakan penyediaan air bersih harus memenuhi konsep 3K yaitu Kualitas, Kuantitas dan Kontinuitas. Kualitas menyangkut mutu air, baik air baku maupun air hasil pengolahan yang siap didistribusikan. Kuantitas menyangkut jumlah atau ketersediaan air baku yang akan diolah. Perlu pertimbangan apakah sumber air baku tersebut dapat memenuhi kebutuhan air baku selama umur rencana. Kontinuitas menyangkut kebutuhan air yang terus menerus. Artinya sumber air baku tersebut apakah dapat memasok kebutuhan air secara terus menerus terutama ketika musim kemarau.

Dalam penggunaan yang sangat luas dalam segala segi kehidupan dan aktivitas manusia, maka suatu penyediaan air untuk suatu komunitas harus memenuhi syarat:

- Aman dari segi higienisnya.
- Baik dan dapat diminum.
- Tersedia dalam jumlah yang cukup.
- Cukup murah/ ekonomis (terjangkau).

2.3.1. Persyaratan Kualitatif

Untuk menjamin bahwa suatu sistem penyediaan air minum aman, higienis dan baik serta dapat diminum tanpa kemungkinan dapat menginfeksi penyakit pada pemakai air maka haruslah terpenuhi suatu persyaratan kualitasnya.

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu/kualitas dari air bersih. Syarat-syarat yang digunakan sebagai standar kualitas air antara lain:

1. Persyaratan Fisik Air

Air bersih/minum secara fisik harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Syarat lain yang harus dipenuhi adalah suhu.

- Bau

Bau disebabkan oleh adanya senyawa lain yang terkandung dalam air seperti gas H_2S , NH_3 , senyawa fenol, klorofenol dan lain-lain. Pengukuran biologis senyawa

organik dapat menghasilkan bau pada zat cair dan gas. Bau yang disebabkan oleh senyawa organik ini selain mengganggu dari segi estetika, juga beberapa senyawanya dapat bersifat karsinogenik. Pengukuran secara kuantitatif bau sulit diukur karena hasilnya terlalu subjektif.

- Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan adanya kandungan *Total Suspended Solid* baik yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya. Kekeruhan dalam air minum/ air bersih tidak boleh lebih dari 5 NTU. Penurunan kekeruhan ini sangat diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga proses desinfeksi untuk air keruh sangat sukar, hal ini disebabkan karena penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari desinfektan.

- Rasa

Syarat air bersih/ minum adalah air tersebut tidak boleh berasa. Air yang berasa dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan. Efeknya tergantung penyebab timbulnya rasa tersebut. Sebagai contoh rasa asam dapat disebabkan oleh asam organik maupun anorganik, sedangkan rasa asin dapat disebabkan oleh garam terlarut dalam air.

- Suhu

Suhu air sebaiknya sama dengan suhu udara (25 °C), dengan batas toleransi yang diperbolehkan yaitu $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$. Suhu yang normal mencegah terjadinya pelarutan zat kimia pada pipa, menghambat reaksi biokimia pada pipa dan mikroorganisme tidak dapat tumbuh. Jika suhu air tinggi maka jumlah oksigen terlarut dalam air akan berkurang, juga akan meningkatkan reaksi dalam air.

- Warna

Air minum sebaiknya tidak berwarna, bening dan jernih untuk alasan estetika dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun organisme yang berwarna. Pada dasarnya warna dalam air dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu warna semu (*apparent colour*) yang disebabkan oleh unsur tersuspensi dan warna sejati (*true colour*) yang disebabkan oleh zat organik dan zat koloidal. Air yang telah mengandung senyawa organik seperti daun, potongan kayu, rumput akan memperlihatkan warna kuning kecoklatan, oksida besi akan menyebabkan air berwarna kecoklatan atau kehitaman.

2. Persyaratan Kimia

Air bersih/ minum tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah tertentu yang melampaui batas. Bahan kimia yang dimaksud tersebut adalah bahan kimia yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan. Beberapa persyaratan kimia tersebut antara lain:

- pH

pH merupakan faktor penting bagi air minum, pada $\text{pH} < 6,5$ dan $> 8,5$ akan mempercepat terjadinya korosi pada pipa distribusi air bersih/ minum.

- Zat pada total (*Total Solid*)

Total solid merupakan bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu $103\text{-}105\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Zat organik sebagai KMnO_4

Zat organik dalam air berasal dari alam (tumbuh-tumbuhan, alkohol, selulosa, gula dan pati), sintesa (proses-proses produksi) dan fermentasi. Zat organik yang berlebihan dalam air akan mengakibatkan timbulnya bau tidak sedap.

- CO₂ agresif

CO₂ yang terdapat dalam air berasal dari udara dan hasil dekomposisi zat organik. CO₂ agresif yaitu CO₂ yang dapat merusak bangunan, perpipaan dalam distribusi air bersih.

- Kesadahan total (*Total Hardness*)

Kesadahan adalah sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi, misalnya Mg²⁺, Ca²⁺, Fe⁺, dan Mn⁺. Kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion-ion Ca²⁺ dan Mg²⁺ secara bersama-sama. Air sadah menyebabkan pemborosan pemakaian sabun pencuci dan mempunyai titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa.

- Besi

Keberadaan besi dalam air bersifat terlarut, menyebabkan air menjadi merah kekuning-kuningan, menimbulkan bau amis, dan membentuk lapisan seperti minyak. Besi merupakan logam yang menghambat proses desinfeksi. Hal ini disebabkan karena daya pengikat klor (DPC) selain digunakan untuk mengikat zat organik, juga digunakan untuk mengikat besi, akibatnya sisa klor menjadi lebih sedikit dan hal ini memerlukan desinfektan yang lebih banyak pada proses pengolahan air. Dalam air minum kadar maksimum besi yaitu 0,3 mg/l, sedangkan untuk nilai ambang rasa pada kadar 2 mg/l. Besi dalam tubuh dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin namun dalam dosis yang berlebihan dapat merusak dinding halus.

- Mangan

Mangan dalam air bersifat terlarut, biasanya membentuk MnO₂. Kadar mangan dalam air maksimum yang diperbolehkan adalah 0.1 mg/l. Adanya mangan yang berlebihan dapat menyebabkan flek pada benda-benda putih oleh deposit MnO₂, menimbulkan rasa dan menyebabkan warna (ungu/ hitam) pada air minum, serta bersifat toksik.

- Tembaga (Cu)

Pada kadar yang lebih besar dari 1 mg/l akan menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan dapat menyebabkan gejala ginjal, muntaber, pusing, lemah dan dapat menimbulkan kerusakan pada hati. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna dan korosi pada pipa.

- Seng (Zn)

Tubuh memerlukan seng untuk proses metabolisme, tetapi pada dosis tinggi dapat bersifat racun. Pada air minum kelebihan kadar $Zn > 3$ mg/l dalam air minum menyebabkan rasa kesat/ pahit dan bila dimasak timbul endapan seperti pasir dan menyebabkan muntaber.

- Klorida

Klorida mempunyai tingkat toksisitas yang tergantung pada gugus senyawanya. Klor biasanya digunakan sebagai desinfektan dalam penyediaan air minum. Kadar klor yang melebihi 250 mg/l akan menyebabkan rasa asin dan korosif pada logam.

- Nitrit

Kelemahan nitrit dapat menyebabkan *methemoglobinemia* terutama pada bayi yang mendapat konsumsi air minum yang mengandung nitrit.

- Flourida (F)

Kadar $F < 2$ mg/l menyebabkan kerusakan pada gigi, sebaliknya bila terlalu banyak juga akan menyebabkan gigi berwarna kecoklatan.

- Logam-logam berat (Pb, As, Se, Cd, Hg, CN)

Adanya logam-logam berat dalam air akan menyebabkan gangguan pada jaringan syaraf, pencernaan, metabolisme oksigen, dan kanker.

3. Persyaratan mikrobiologis

Persyaratan mikrobiologis yang harus dipenuhi oleh air adalah sebagai berikut:

- Tidak mengandung bakteri patogen, misalnya: bakteri golongan coli; Salmonella typhi, Vibrio cholera dan lain-lain. Kuman-kuman ini mudah tersebar melalui air.
- Tidak mengandung bakteri non patogen seperti: Actinomycetes, Phytoplankton coliform, Cladocera dan lain-lain.

4. Persyaratan radioaktifitas

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

Air baku yang digunakan untuk menghasilkan air bersih harus memenuhi aturan yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pada pasal 8 PP mengenai klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

1. Kelas Satu, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum.
2. Kelas Dua, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi peternakan.
3. Kelas Tiga, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian.
4. Kelas Empat, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian.

(Sumber: Tri Joko, Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum)

Tabel 2.3 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum			
			Golongan A	Golongan B	Golongan C	Golongan D
FISIKA						
1	Bau	-	-	-	-	-
2	Jumlah zat padat terlarut	Mg/L	1000	1000	1000	1000
3	Kekeruhan	Skala NTU	5			
4	Rasa	-				
5	Warna	Skala TCU	15			
6	Suhu	°C	Suhu udara			
7	Daya Hantar Listrik	Umhos/cm				2250
KIMIA anorganik						
1	Air raksa	Mg/lt	0.001	0.001	0.002	0.005
2	Aluminium	Mg/lt	0.2	-		
3	Arsen	Mg/lt	0.005	0.05	1	1
4	Barium	Mg/lt	1	1		
5	Besi	Mg/lt	0.3	5		
6	Florida	Mg/lt	0.5	1.5	1.5	
7	Kadmium	Mg/lt	0.005	0.01	0.01	0.01
8	Kesadahan CaCO ₃	Mg/lt	500			

9	Klorida	Mg/lt	250	600	0.003	
10	Kromium valensi 6	Mg/lt	0.005	0.05	0.05	1
11	Mangan	Mg/lt	0.1	0.5		2
12	Natriun	Mg/lt	200			60
13	Nitrat sebagai N	Mg/lt	10	10		
14	Nitrit sebagai N	Mg/lt	1.0	1	0.06	
15	Perak	Mg/lt	0.05			
16	.pH		6.5 – 8.5	5 – 9	6 – 9	5 – 9
17	Selenium	Mg/lt	0.01	0.01	0.05	0.05
18	Seng	Mg/lt	5	5	0.02	2
19	Sianida	Mg/lt	0.1	0.1	0.02	
20	Sulfat	Mg/lt	400	400		
21	Sulfida sebagai H ₂ S	Mg/lt	0.05	0.1	0.002	
22	Tembaga	Mg/lt	1.0	1	0.02	0.1
23	Timbal	Mg/lt	0.05	0.01	0.03	1
24	Oksigen terlarut (DO)	Mg/lt	-	>=6	>3	
25	Nikel	Mg/lt	-			0.5
26	SAR (Sodium Absortion Ratio)	Mg/lt	-			1.5 – 2.5
Kimia Organik						
1	Aldrin dan dieltrin	Mg/lt	0.0007	0.017		

2	Benzona	Mg/lt	0.01			
3	Benzo (a) Pyrene	Mg/lt	0.00001			
4	Chlordane (total isomer)	Mg/lt	0.0003			
5	Chlordane	Mg/lt	0.03	0.003		
6	2,4 D	Mg/lt	0.10			
7	DDT	Mg/lt	0.03	0.042	0.002	
8	Detergent	Mg/lt	0.5			
9	1,2 Dichloroethane	Mg/lt	0.01			
10	1,1 Dichloroethane	Mg/lt	0.0003			
11	Heptachlor heptachlor epoxide	Mg/lt	0.003	0.018		
12	Hexachlorobenzen e	Mg/lt	0.00001			
13	Lindane	Mg/lt	0.004	0.056		
14	Metoxychlor	Mg/lt	0.03	0.035		
15	Pentachlorophenol	Mg/lt	0.01			
16	Pestisida total	Mg/lt	0.1			
17	2,4,6 Trichlorophenol	Mg/lt	0.01			
18	Zat Organik (KMnO ₄)	Mg/lt	10			
19	Endrin	Mg/lt	-	0.001	0.004	

20	Fenol	Mg/lt	-	0.002	0.001	
21	Karbon kloroform ekstrak	Mg/lt	-	0.05		
22	Minyak dan lemak	Mg/lt	-	Nihil	1	
23	Organofosfat dan carbanat	Mg/lt	-	0.1	0.1	
24	PCD	Mg/lt	-	Nihil		
25	Senyawa aktif biru metilen	Mg/lt	-	0.5	0.2	
26	Toxaphene	Mg/lt	-	0.005		
27	BHC	Mg/lt	-		0.21	
Mikrobiologik						
1	Koliform tinja	Jml/100 ml	0	2000		
2	Total koliform	Jml/100 ml	3	10000		
Radioaktivitas						
1	Gross Alpha activity	Bq/L	0.1	0.1	0.1	0.1
2	Gross Beta activity	Bq/L	1.0	1.0	1.0	1.0

(Sumber : <http://uripsantoso.wordpress.com/2010/01/18/kualitas-dan-kuantitas-air-bersih-untuk-pemenuhan-kebutuhan-manusia>)

Golongan A : air untuk air minum tanpa pengolahan terlebih dahulu

Golongan B : air yang dipakai sebagai bahan baku air minum melalui suatu pengolahan

Golongan C : air untuk perikanan dan peternakan

Golongan D : air untuk pertanian dan usaha perkotaan, industri dan PLTA.

2.3.2 Persyaratan Kuantitas

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. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya. Syarat kuantitas air bersih artinya air bersih harus memenuhi standar yang disebut standar kebutuhan air. Standar kebutuhan air adalah kapasitas air yang dibutuhkan secara normal oleh manusia untuk memenuhi hajat hidupnya sehari-hari. Standar kebutuhan air diperhitungkan berdasarkan pengamatan pemakaian air bersih dalam kehidupan sehari-hari para konsumen. Kuantitas air bersih harus dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada masa sekarang dan masa mendatang.

2.3.3 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. 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 pemipaan 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 Penyalahgunaan dan Pencemaran

Sumber air yang berada disekeliling kita, bisanya terganggu akibat penggunaan dan penyalahgunaan sumber air seperti :

- Pertanian

Penghamburan air akibat ketiadaannya penyaluran air yang baik pada lahan yang diairi dengan irigasi (untuk penghematan dalam jangka pendek) dapat berakibat terjadinya kubangan dan penggaraman yang akhirnya dapat menyebabkan hilangnya produktivitas air dan tanah.

- Industri

Walaupun industri menggunakan air jauh lebih sedikit dibandingkan dengan irigasi pertanian, namun penggunaan air oleh bidang industri mungkin membawa dampaknya yang lebih parah dipandang dari dua segi. Pertama, penggunaan air bagi industri sering tidak diatur dalam kebijakan sumber daya air nasional, maka cenderung berlebihan. Kedua, pembuangan limbah industri yang tidak diolah dapat menyebabkan pencemaran bagi air permukaan atau air bawah tanah, sehingga menjadi terlalu berbahaya untuk

dikonsumsi. Air buangan industri sering dibuang langsung ke sungai dan saluran-saluran, mencemarinya, dan pada akhirnya juga mencemari lingkungan laut, atau kadang-kadang buangan tersebut dibiarkan saja meresap ke dalam sumber air tanah tanpa melalui proses pengolahan apapun. Kerusakan yang diakibatkan oleh buangan ini sudah melewati proporsi volumenya. Banyak bahan kimia modern begitu kuat sehingga sedikit kontaminasi saja sudah cukup membuat air dalam volume yang sangat besar tidak dapat digunakan untuk minum tanpa proses pengolahan khusus.

- Eksploitasi sumber-sumber air secara masal oleh rumah tangga.
 - Di negara berkembang: Di beberapa tempat di negara bagian Tamil Nadu di India bagian selatan yang tidak memiliki hukum yang mengatur pemasangan penyedotan sumur pipa atau yang membatasi penyedotan air tanah, permukaan air tanah anjlok 24 hingga 30 meter selama tahun 1970-an sebagai akibat dari tak terkendalikannya pemompaan atau pengairan. Pada sebuah konferensi air di tahun 2006 wakil dari suatu negara yang kering melaporkan bahwa 240.000 sumur pribadi yang dibor tanpa mengindahkan kapasitas jaringan sumber air mengakibatkan kekeringan dan peningkatan kadar garam.
 - Di negara maju seperti Amerika Serikat seperlima dari seluruh tanah irigasi di AS tergantung hanya pada jaringan sumber air (Aquifer) Ogallala yang hampir tak pernah menerima pasok secara alami. Selama 4 dasawarsa terakhir terhitung dari tahun 2006, sistem jaringan yang tergantung pada sumber ini meluas dari 2 juta hektar menjadi 8 juta, dan kira-kira 500 kilometer kubik air telah tersedot. Jaringan sumber ini sekarang sudah setengah kering kerontang di bawah sejumlah negara bagian. Sumber-sumber air juga mengalami kemerosotan mutu, di samping pencemaran dari limbah industri dan limbah perkotaan yang tidak diolah, seperti

pengotoran berat dari sisa-sisa dari lahan pertanian. Misalnya, di bagian barat AS, sungai Colorado bagian bawah sekarang ini demikian tinggi kadar garamnya sebagai akibat dari dampak arus balik irigasi sehingga di Meksiko sudah tidak bermanfaat lagi, dan sekarang AS terpaksa membangun suatu proyek besar untuk memurnikan air garam di Yuma, Arizona, guna meningkatkan mutu sungainya. Situasi di wilayah perkotaan jauh lebih jelek daripada di daerah sumber dimana rumah tangga yang terlayani terpaksa merawat WC dengan cara seadanya karena langkanya air, dan tanki septik membludak karena layanan pengurusan tidak dapat diandalkan, atau hanya dengan menggunakan cara-cara lain yang sama-sama tidak tuntas dan tidak sehat. Hal ini tidak saja mengakibatkan masalah bagi penggunanya sendiri, tetap juga sering berbahaya terhadap orang lain dan merupakan ancaman bagi lingkungan karena limbah mereka lepas tanpa proses pengolahan.

(<http://www.hydro.co.id/2013/01/02/penyalahgunaan-dan-pencemaran-sumber-air/>)

2.5. Sistem Penyediaan Air

Suatu sistem penyediaan air yang mampu menyediakan air yang dapat diminum dalam jumlah yang cukup merupakan hal yang penting bagi suatu kota besar yang modern. Unsur-unsur yang membentuk suatu sistem penyediaan air yang modern meliputi sumber-sumber penyediaan, sarana-sarana penampungan, sarana penyaluran (ke pengolahan), sarana-saran pengolahan, sarana-saran penyaluran (dari pengolahan), tampungan sementara, serta sarana-sarana distribusi. Dalam mengembangkan persediaan air bagi masyarakat jumlah dan mutu air merupakan hal yang paling penting.

2.6 Penggunaan dan Jumlah Air

Penggunaan air untuk kota dapat dibagi menjadi beberapa kategori. Penggunaan rumah tangga adalah air yang digunakan di tempat-tempat hunian pribadi, rumah-rumah apartemen dan sebagainya untuk minum, mandi penyiraman taman, saniter dan tujuan-tujuan lainnya. penggunaan komersial dan industri adalah air yang dipergunakan oleh badan-badan komersial dan industri. Pada kelompok-kelompok pemukiman kecil, penggunaan komersial dan industri mungkin sangat rendah hingga 10 gpcd (40 liter/kapita per hari), tetapi di kota-kota industri besarnya dapat mencapai 100 gpcd (0,4 m³/kapita per hari)). Penggunaan umum meliputi air yang dibutuhkan untuk pemakaian ditaman-taman umum, bangunan-bangunan pemerintah, sekolah-sekolah, rumah-rumah sakit, tempat peribadatan, penyiraman jalan dan lain-lain.

Secara garis besar, penggunaan air dapat dikelompokkan sebagai berikut :

a. Kebutuhan Air Domestik (Rumah Tangga)

Kebutuhan air domestik dibagi dua sistem yaitu sambungan langsung dan sambungan tidak langsung. Sambungan tidak langsung dibagi menjadi dua bagian yaitu sambungan halaman dan ran umum.

b. Kebutuhan Air Non Domestik

Standar kebutuhan air non domestik yaitu kebutuhan air bersih di luar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain:

- Penggunaan komersial dan industri
Yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersial dan industri-industri
- Penggunaan umum
Yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan atau fasilitas umum, misalnya rumah sakit, sekolah-sekolah, dan rumah ibadah.

2.7 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penggunaan Air

Beberapa faktor yang mempengaruhi penggunaan air adalah sebagai berikut:

a. Iklim

Kebutuhan air untuk mandi, menyiram taman pengaturan udara dan sebagainya akan lebih besar pada iklim yang hangat dan kering dari pada di iklim yang lembab. Pada iklim yang sangat dingin, air mungkin diboroskan di keran-keran untuk mencegah bekunya pipa-pipa.

b. Ciri-ciri Penduduk

Pemakaian air dipengaruhi oleh status ekonomi dari para langganan. Pemakaian per kapita di daerah-daerah miskin jauh lebih rendah daripada di daerah-daerah kaya.

c. Masalah Lingkungan Hidup

Meningkatnya perhatian masyarakat terhadap berlebihannya pemakaian sumber-sumber daya telah menyebabkan berkembangnya alat-alat yang dapat dipengaruhi jumlah pemakaian air di daerah pemukiman.

d. Industri dan Perdagangan

Jumlah pemakaian air yang sebenarnya tergantung pada besarnya pabrik dan jenis industrinya.

e. Iuran air dan Meteran

Bila harga air mahal, orang akan lebih menahan diri dalam pemakaian air dan industri mungkin mengembangkan persediaannya sendiri dengan biaya yang lebih murah.

f. Iuran Kota

Pemgunaan air per kapita pada kelompok masyarakat yang mempunyai jaringan limbah cenderung untuk lebih tinggi di kota-kota besar daripada di kota kecil. Perbedaan itu di akibatkan oleh lebih besarnya pemakaian oleh industri, lebih banyaknya taman-taman, lebih banyaknya pemakaian untuk perdagangan dan barangkali juga lebih banyak kehilangan dan pemborosan di kota-kota besar .

(Sumber : Teknik Sumber Daya Air Jilid 2)

2.8. Sistem Distribusi

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 unsur sistem perpipaan dan perlengkapannya, hidran kebakaran, tekanan tersedia, sistem pemompaan (bila diperlukan), 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.

Sistem pendistribusian air ke masyarakat, dapat dilakukan secara langsung dengan gravitasi maupun dengan sistem pompa. Pembagian air dilakukan melalui pipa-pipa distribusi, seperti:

1. Pipa primer, tidak diperkenankan untuk dilakukan tapping.
2. Pipa sekunder, diperkenankan tapping untuk keperluan tertentu, seperti: fire hydrant, bandara, pelabuhan dan lain-lain.
3. Pipa tersier, diperkenankan tapping untuk kepentingan pendistribusian air ke masyarakat melalui pipa kuartar.

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) ke daerah pelayanan (konsumen). Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain adalah:

- Daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani

Daerah layanan ini meliputi wilayah IKK (Ibukota Kecamatan) atau wilayah kabupaten/ Kotamadya. Jumlah penduduk yang akan dilayani tergantung pada kebutuhan, kemauan (minat), dan kemampuan atau tingkat sosial ekonomi masyarakat. Sehingga dalam suatu daerah belum tentu semua penduduk terlayani.

- Kebutuhan air

Kebutuhan air adalah debit air yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan.

- Letak topografi daerah layanan

Letak topografi daerah layanan akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai.

- Jenis sambungan sistem

Jenis sambungan dalam sistem distribusi air bersih dibedakan menjadi:

1. Sambungan halaman yaitu pipa distribusi dari pipa induk/ pipa utama ke tiap- tiap rumah atau halaman.

2. Sambungan rumah yaitu sambungan pipa distribusi dari pipa induk/ pipa utama ke masing- masing utilitas rumah tangga.
3. Hidran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada suatu daerah tertentu untuk melayani 100 orang dalam setiap hidran umum.
4. Terminal air adalah distribusi air melalui pengiriman tangki-tangki air yang diberikan pada daerah-daerah kumuh, daerah terpencil atau daerah yang rawan air bersih.
5. Kran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada kelompok masyarakat tertentu, yang mempunyai minat tetapi kurang mampu dalam membiayai penyambungan pipa ke masing-masing rumah. Biasanya satu kran umum dipakai untuk melayani kurang lebih dari 20 orang.

(Sumber: Tri Joko, Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum)

2.8.1 Sistem Jaringan Pipa Distribusi

Untuk memenuhi kebutuhan debit baik untuk penampungan sementara maupun untuk ke sambungan langsung maka dipermudah dengan melalui jaringan perpipaan. Jaringan perpipaan merupakan suatu rangkaian pipa yang saling terhubung satu sama lain secara hidrolis, sehingga apabila di satu pipa mengalami perubahan debit aliran maka terjadi penyebaran pengaruh ke pipa-pipa yang lain.

Dari segi kapasitas pipa distribusi dirancang untuk memenuhi kebutuhan debit pada saat pemakaian puncak. Secara umum pipa disusun sebagai berikut:

- Pipa Induk

Merupakan pipa yang menghubungkan antara tempat

penampungan dengan pipa tersier. Jenis pipa ini mempunyai pipa terbesar. Untuk menjaga kestabilan pipa induk tidak diperbolehkan untuk disadap langsung oleh pipa service atau pipa langsung mengalirkan air ke rumah-rumah.

- Pipa Sekunder atau Pipa Retikulasi

Merupakan pipa penghubung antara pipa induk dengan pipa yang hirarkinya satu tingkat dibawahnya.

- Pipa Service

Pipa service berfungsi menghubungkan dari pipa retikulasi langsung ke rumah-rumah. Pada pipadihubungkan dengan pipa service dengan menggunakan clamp saddle.

2.8.2 Pola Jaringan Distribusi Air

Jaringan distribusi adalah rangkaian pipa yang berhubungan dan digunakan untuk mengalirkan air ke konsumen. Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi instalasi pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai:

1. Sistem Cabang (*branch*)

Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) menyerupai cabang sebuah pohon. Pada pipa induk utama (*primary feeders*), tersambung pipa induk sekunder (*secondary feeders*), dan pada pipa induk sekunder tersambung pipa pelayanan utama (*small distribution mains*) yang terhubung dengan penyediaan air minum dalam gedung. Dalam pipa dengan jalur buntu, arah aliran air selalu sama dan suatu areal mendapat suplai air dari satu pipa tunggal.

Kelebihan:

- a. Sistem ini sederhana dan desain jaringan perpipaannya juga sederhana.
- b. Cocok untuk daerah yang sedang berkembang.
- c. Pengambilan dan tekanan pada titik manapun dapat dihitung dengan mudah.
- d. Pipa dapat ditambahkan bila diperlukan (pengembangan kota).
- e. Dimensi pipa lebih kecil karena hanya melayani populasi yang terbatas.
- f. Membutuhkan beberapa katup untuk mengoperasikan sistem.

Kekurangan:

- a. Saat terjadi kerusakan, air tidak tersedia untuk sementara waktu.
- b. Tidak cukup air untuk memadamkan kebakaran karena suplai hanya dari pipa tunggal.
- c. Pada jalur buntu, mungkin terjadi pencemaran dan sedimentasi jika tidak ada penggelontoran.
- d. Tekanan tidak mencukupi ketika dilakukan penambalan areal ke dalam sistem penyediaan air minum.

2. Sistem Gridiron

Pipa induk utama dan pipa induk sekunder terletak dalam kotak, dengan pipa induk utama, pipa induk sekunder, serta pipa pelayanan utama saling terhubung. Sistem ini paling banyak digunakan.

Kelebihan:

- a. Air dalam sistem mengalir bebas ke beberapa arah dan tidak terjadi stagnasi seperti bentuk cabang.
- b. Ketika ada perbaikan pipa, air yang tersambung dengan pipa tersebut tetap mendapat air dari bagian yang lain.
- c. Ketika terjadi kebakaran, air tersedia dari semua arah.
- d. Kehilangan tekanan pada semua titik dalam sistem minimum.

Kekurangan:

- a. Perhitungan ukuran pipa lebih rumit.
- b. Membutuhkan lebih banyak pipa dan sambungan pipa sehingga lebih mahal.

3. Sistem Melingkar (*loop*)

Pipa induk utama terletak mengelilingi daerah layanan. Pengambilan dibagi menjadi dua dan masing-masing mengelilingi batas daerah layanan, dan keduanya bertemu kembali di ujung. Pipa perlintasan (*cross*) menghubungkan kedua pipa induk utama. Di dalam daerah layanan, pipa pelayanan utama terhubung dengan pipa induk utama. Sistem ini paling ideal.

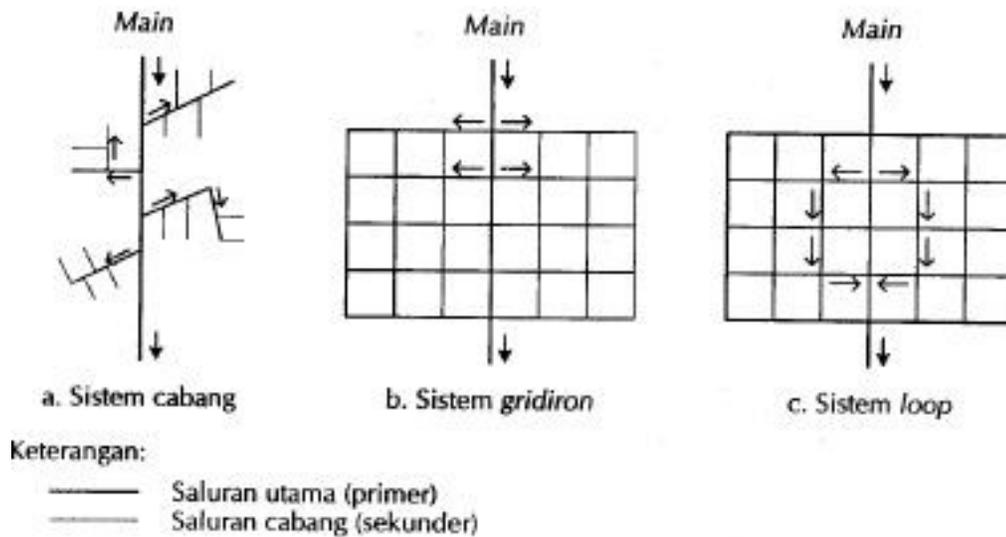
Kelebihan:

- a. Setiap titik mendapat suplai dari dua arah.
- b. Saat terjadi kerusakan pipa, air dapat disediakan dari arah lain.
- c. Untuk memadamkan kebakaran, air tersedia dari segala arah.
- d. Desain pipa mudah.

Kekurangan:

- Membutuhkan lebih banyak pipa.

Hampir tidak ada sistem distribusi yang menggunakan tata letak tunggal, umumnya merupakan gabungan dari ketiganya.



Gambar 2.1 Bentuk Sistem Distribusi

(Sumber: Tri Joko, Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum)

2.9 Jenis Pipa dan Alat Sambung

2.9.1 Jenis Pipa

- *Asbestos Cement Pipe (ACP)*

Jenis ini terbuat dari bahan asbes dengan permukaan bagian dalam yang halus meskipun telah berusia lama, tahan terhadap korosi, bersifat isolator, ringan, pemasangannya mudah, penyambungannya sederhana dengan menggunakan *coupling*, *ring tittle*, dan *mechanical joint*. Tetapi pipa ini tidak elastis dan tidak tahan terhadap benturan dan beban berat. Tersedia dalam ukuran 50-600 mm.

- *Cast Iron Pipe (CIP) dan Ductile Cast Iron Pipe (DCIP)*

Terbuat dari bahan besi tuang dengan sifat tahan terhadap tekanan yang besar, daya mekanis lebih baik, mampu menahan getaran, berat, dan tahan lama. CIP

mudah terkena korosi terutama pada bagian permukaan dan sambungan, oleh karenanya ada jenis tertentu yang diberi lapisan anti korosif seperti pada jenis DCIP. DCIP mudah dalam pemasangan, penyambungan dapat dilakukan dengan *flanged*, *bell* dan *spigot*, dan *mechanical joint*. Tersedia dalam ukuran 75-1500 mm.

- *Galvanized Iron Pipe (GIP)*

Terbuat dari baja campuran atau besi tempa dengan sifat tahan terhadap tekanan dari dalam pipa dan kesadahan yang tinggi, pengangkutan dan pemasangan mudah, tetapi kurang tahan terhadap korosi dan harganya relatif mahal. Tersedia dalam ukuran 75-1500 mm.

- *Steel Pipe*

Terbuat dari baja dengan sifat tidak tahan terhadap korosi elekrtris dan tekanan atau benturan, tipis dan ringan, pembuatannya mudah, tetapi sulit dalam pemasangan karena membutuhkan waktu yang banyak, serta penyambungan dapat dilakukan dengan pengelasan dan mahal. Tersedia dalam ukuran 75-1500 mm.

- *Prestressed Concrete Pipe (PCP)*

Terbuat dari beton atau tanah liat dengan sifat tahan terhadap korosi, tidak mengalami perubahan kekasaran di dinding pipa untuk waktu yang lama, tetapi cukup berat dan sukar dalam pemasangan. Biasanya diperuntukkan dalam kondisi khusus. Tersedia dengan diameter 500-2000 mm.

- *Polyvinyl Chloride Pipe (PVC)*

Terbuat dari serat fiber dengan sifat tahan terhadap korosi dan tanah yang agresif, isolator, menghambat pertumbuhan bakteri, tidak merubah sifat air, ringan, pemasangannya mudah yaitu dengan sistem *rubbering*, dan umumnya mudah didapat serta banyak tersedia di pasaran. Dengan sistem pemasangan dengan menggunakan *rubbering* ini, pipa tidak perlu lagi dilem dan sambungan antarpipa akan fleksibel terhadap gerakan pipa. Tetapi kekuatan mekanisnya rendah, koefisien muai panasnya besar, dan tidak tahan terhadap sinar matahari. Tersedia dengan diameter 50-400 mm.

2.9.2 Alat Sambung (*fifiting*)

Alat sambung (*fitting*) berguna untuk pemasangan instalasi pipa karena dapat diketahui pemasangan instalasi pipa yang terlalu panjang melebihi pipa yang ada dipasaran. Jenis-jenis alat sambung yang dapat di gunakan adalah :

- Elbow digunakan untuk membelokkan aliran
- Reducing elbow digunakan untuk memperkecil arah aliran yang di belokkan
- Side outlet elbow digunakan untuk membagi arah aliran pada belokkan
- Bend digunakan untuk membelokkan arah aliran yang beradius besar
- Tee digunakan untuk membagi aliran menjadi dua bagian
- Cross digunakan untuk membagi aliran menjadi tiga bagian
- Side outlet Tee digunakan untuk membagi aliran menjadi empat bagian
- Socklet digunakan untuk penyambung pipa lurus
- Cap/Dop digunakan untuk menutup arah aliran
- Barrel Union digunakan untuk bagian pipa mati
- Plain nipple, barrel nipple, hexagonal nipple, flange, locnut, bushis, dan long screw.

2.10 Langkah Perhitungan Perencanaan Jaringan Pipa

2.10.1 Analisa Pertumbuhan Penduduk

Untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk pada tahun-tahun mendatang digunakan beberapa metode antara lain Metode Geometrik, Metode Aritmatik.

1. Metode Geometrik

Digunakan untuk meramalkan data/kejadian lain yang perkembangannya atau pertumbuhannya sangat cepat untuk keperluan proyeksi penduduk, metode ini digunakan bila data jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. Metode ini tepat untuk diterapkan pada kasus pertumbuhan ekonominya tinggi dan perkembangan kotanya pesat.

Rumus:

$$P_n = P_o (1+r)^a$$

$$R = P_o (1+n)^{1/n}$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal

R = Tingkat pertumbuhan

n = Jumlah interval tahu

2. Metode Aritmatik

Digunakan bila data berkala menunjukkan jumlah penambahan (absolute number) yang relatif sama setiap tahun. Hal ini terjadi pada kota dengan luas wilayah yang relatif kecil, tingkat pertumbuhan ekonomi kota rendah dan perkembangan kota yang tidak terlalu pesat.

Rumus :

$$P_n = P_o + k_a (T_n - T_o)$$

$$K_a = \frac{P_1 - P_o}{T_1 - T_o}$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal

T_n = Tahun ke-n

T_o = Tahun awal

K_a = Konstanta

P_1 = Jumlah penduduk terakhir yang diketahui

P_o = Jumlah penduduk pada tahun pertama

T_1 = Tahun terakhir yang diketahui

T_o = Tahun pertama yang diketahui

2.10 Manajemen Proyek

2.10.1 Rencana Anggaran Biaya

Yang dimaksud dengan rencana dan anggaran ialah merencanakan sesuatu bangunan dalam bentuk dan faedah dalam penggunaannya, beserta besar biaya yang diperlukan dan susunan –susunan pelaksanaan dalam bidang administrasi maupun pelaksanaan kerja dalam bidang teknik.

(Sumber : Arief Rahman, Rencana Anggaran Biaya)

2.10.2 Penjadwalan Proyek

Unsur utama penjadwalan adalah peramalan (*forccasting*). Perlu disadari bahwa perubahan- perubahan dapat saja terjadi di masa mendatang sehingga akan mempengaruhi pola rencananya sendiri.

Menjadwalkan adalah berfikir secara mendalam melalui berbagai persoalan-persoalan, menguji jalur-jalir yang logis, serta menyusun berbagai tugas, yang menghasilkan suatu kegiatan lengkap, dan menuliskan bermacam-macam kegiatan dalam kerangka yang logis dan rangkaian waktu yang tepat.

2.10.3 Tujuan dan Manfaat Perencanaan Jadwal

Jadwal bagi proyek bagaikan sebuah peta dalam perjalanan. Tanpa membaca peta dengan baik, perjalanan dapat tersesat sehingga menghabiskan banyak waktu, biaya bahan bakar, atau bahkan tidak sampai ke tujuan karena kehabisan bahan bakar (proyek gagal).

Untuk itu sebelum proyek dimulai sebaiknya seorang manajer yang baik terlebih dahulu merencanakan jadwal proyek. Tujuan perencanaan jadwal adalah :

1. Mempermudah perumusan masalah proyek
2. Menentukan metode atau cara yang sesuai
3. Kelancaran kegiatan lebih terorganisir
4. Mendapatkan hasil yang optimim

Manfaat perencanaan tersebut bagi proyek adalah :

1. Mengetahui keterkaitan antar kegiatan
2. Mengetahui kegiatan yang perlu menjadi perhatian (kegiatan kritis)
3. Mengetahui dengan jelas kapan memulai kegiatan dan kapan harus menyelesaikannya.

2.10.4 Unsur-unsur Penyusunan Kegiatan

Penyusunan kegiatan secara logis menurut waktu tertentu akan menghasilkan rencana formal yang mencantumkan :

1. Kegiatan atau tugas
2. Waktu
3. Sumber daya
4. Biaya sebagai target di dalam pelaksanaan

Mengingat perubahan-perubahan yang selalu terjadi pada saat pelaksanaan, maka beberapa faktor harus diperhatikan untuk membuat jadwal proyek yang cukup efektif, yaitu :

1. Secara teknis jadwal tersebut bisa dipertanggung jawabkan (*technically feasible*)
2. Disusun berdasarkan perkiraan/ramalan yang akurat (*reliable estimate*) dimana perkiraan waktu, sumber daya serta biayanya berdasarkan kegiatan pada proyek sebelumnya
3. Sesuai sumber data yang tersedia
4. Sesuai penjadwalan proyek lainnya, yang menggunakan sumber daya yang sama
5. Fleksibel terhadap perubahan-perubahan, misalnya perubahan pada spesifikasi proyek
6. Mendetail yang dipakai sebagai alat pengukur hasil yang dicapai dengan pengendalian kemajuan proyek
7. Dapat menampilkan kegiatan pokok yang kritis

(Sumber : Syafriandi & Putri Lyanna)

2.10.5 Metode Penjadwalan Proyek

Network analysis sebenarnya adalah perbaikan dari metode diagram batang. Metode tersebut menyajikan secara jelas hubungan ketergantungan antara bagian kegiatan dengan kegiatan lainnya yang digambarkan dengan diagram network. Digunakan metode tersebut memungkinkan dapat diketahui bagian-bagian kegiatan yang harus didahulukan, yang harus menunggu selesainya kegiatan lain, dan kegiatan yang tidak perlu tergesa-gesa. Metode network analysis tersebut mengalami

penyempurnaan secara bertahap, yaitu PERT, CPM, PDM, dan yang terakhir adalah penjadwalan dengan komputer.

2.10.6 Bar Chart

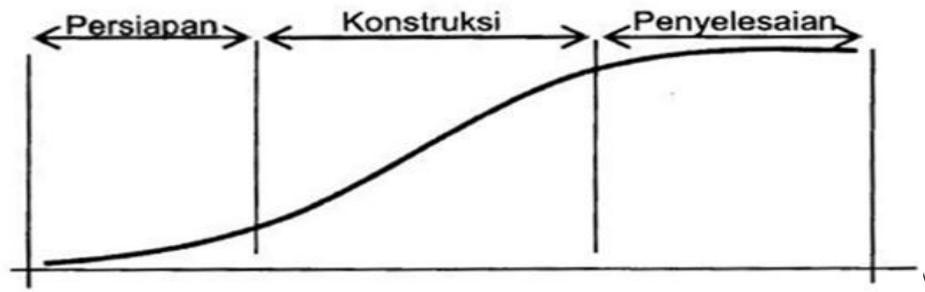
Bar Chart atau yang lebih dikenal di Indonesia sebagai diagram batang mula-mula dipakai dan diperkenalkan oleh Hendri Lawrence Gantt pada tahun 1917. Metode tersebut bertujuan mengidentifikasi unsur waktu dan urutan untuk merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu selesai, dan waktu pelaporan.

Hingga kini metode diagram batang masih banyak digunakan karena diagram batang mudah dibuat dan dipahami sehingga sangat berguna sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek.

Penggambaran bar chart terdiri dari kolom dan baris. Pada kolom tersebut urutan kegiatan yang disusun secara berurutan. Baris menunjukkan periode waktu yang berupa jam, hari, mingguan, ataupun bulanan. Penggambaran bar (batang) pada setiap baris kegiatan akan menunjukkan waktu mulai dan waktu selesainya kegiatan.

2.10.7 Kurva S

Pada proyek yang tidak terlalu banyak kegiatannya, metode bar chart sering digunakan. Penggunaan digabungkan dengan kurva "S" sebagai pemantau biaya. Disebut kurva S karena bentuknya yang menyerupai huruf S. Hal tersebut terjadi karena pada awal proyek (kegiatan persiapan) besarnya biaya yang dikeluarkan per satuan waktu cenderung rendah, kemudian meningkat cepat pada pertengahan proyek (kegiatan konstruksi), dan akan menurun/rendah kembali pada akhir proyek (penyelesaian akhir).



Gambar 2.2. Kurva S

Kurva tersebut pertama kali dikembangkan oleh Jendral Warren T. Hannum, seorang perwira Zeni Amerik Serikat, atas dasar pengamatan terhadap pelaksanaan sejumlah besar proyek dari awal hingga selesai. Kurva tersebut dipergunakan hanya sebagai pembanding saja karena tidak secara rinci memberikan data yang diperlukan.

Kurva S secara grafis adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal. Kemajuan kegiatan biasanya diukur terhadap jumlah uang yang telah dikeluarkan proyek. Prbandingan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan.

(Sumber : Syafriandi & Putri Lyanna, Aplikasi Microsoft Project)

2.10.8 NetWork Planning (NWP)

NetWork Planning prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan dalam diagram network. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilembur (Tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.

(Sumber : Drs. Sofyan Badri, Dasar-dasar Network Planning)