

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Air

Pengertian air adalah cairan jernih tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau yang terdapat dalam kehidupan manusia sehari-hari, sedangkan pengertian air bersih menurut *Permenkes RI No416/Menkes/PER/IX/1990* adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dapat diminum setelah dimasak. Pengertian lain air minum menurut *Kepmenkes RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002* adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan (bakteriologis, kimiawi, radioaktif, dan fisik) dan dapat langsung diminum. (*sumber : Permenkes RI No 416/Menkes/PER/IX/1990*).

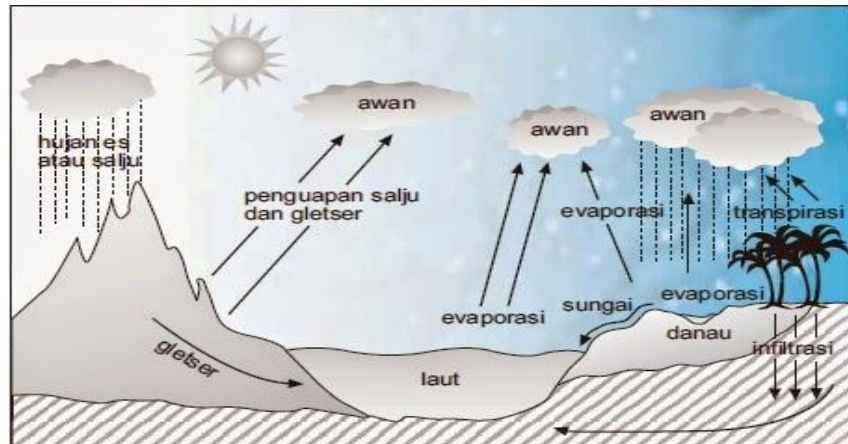
2.2 Sumber-sumber Air

Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, di atas atau di bawah permukaan tanah (PP No. 121 tahun 2015 pasal 1 ayat 3).

Menurut (PP No. 122 tahun 2015 pasal 1 ayat 1) air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum.

1. 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 dan sebagainya. Air permukaan ada 2 macam, yakni: air sungai dan air rawa/danau (Sutrisno, 2010:14).



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi Air

a. 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 akan air minum pada umumnya dapat mencukupi (Sutrisno, 2010:15).

b. Air rawa/danau

Kebanyakan air rawa ini berwarna yang disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk, misalnya *asam humus* yang larut dalam air yang menyebabkan warna kuning cokelat (Sutrisno, 2010:15).

2. Air tanah

Air tanah terbagi atas tiga macam, yaitu: air tanah dangkal, air tanah dalam dan mata air (Sutrisno, 2010:16).

a. Air tanah dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah 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. Lapis tanah di sini berfungsi sebagai saringan (Sutrisno, 2010:17).

b. Air tanah dalam

Kualitas dari air tanah dalam pada umumnya lebih baik dari air dangkal, karena penyaringnya lebih sempurna dan bebas dari bakteri. Susunan unsur-unsur kimia tergantung pada lapis-lapis tanah yang dilalui. Jika melalui tanah lumpur, maka air itu akan menjadi sadah, karena mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Jika melalui batuan granit, maka air itu lunak dan agresif karena mengandung gas CO_2 dan $\text{Mn}(\text{HCO}_3)$ (Sutrisno, 2010:18).

c. Mata air

Adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya dari dalam tanah menuju permukaan. Mata air yang berasal dari tanah dalam hampir tidak berpengaruh terhadap perubahan musim dan kualitasnya sama dengan air dalam (Sutrisno, 2010:19).

3. Air hujan

Dalam keadaan murni, air hujan adalah air yang sangat bersih, karena dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran industri/debu dan lainnya dapat menyebabkan air hujan menjadi terkontaminasi. Maka dari itu hendaknya jika ingin menjadikan air hujan sebagai sumber air minum, jangan menampung air hujan pada saat hujan baru turun, karena masih banyak mengandung kotoran (Sutrisno, 2010:14).

4. Air laut

Air laut ini mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl . Kadar garam NaCl dalam air laut sebesar 3%. Dengan demikian untuk menjadikan air laut sebagai sumber air bersih haruslah melalui pengolahan khusus (Sutrisno, 2010:14).

2.3 Prinsip Dasar 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.

2.3.1 Persyaratan Kualitas

1. Syarat-syarat biologis

Air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit (patogen) sama sekali dan tak boleh mengandung bakteri-bakteri golongan Coli melebihi batas-batas yang telah ditentukan yaitu 1 coli/100 ml.air. Bakteri golongan Coli ini berasal dari usus besar (faeces) dan tanah. Bakteri patogen yang mungkin ada dalam air antara lain adalah :

- a. Bakteri typhsum
- b. Vibrio Colerae
- c. Bakteri dysentriae
- d. Entamoeba hystolotica
- e. Bakteri enteritis (penyakit perut).

2. Syarat-syarat radiologis

Air minum tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar alfa, beta dan gamma. (Sutrisno dan Suciastuti, 2010)

3. Syarat-syarat kimia

Air minum tidak boleh mengandung racun, zat-zat mineral atau zat-zat kimia tertentu dalam jumlah melampaui batas yang telah ditentukan.

Tabel 2.1 Drinking water quality criteria W. H. O.

PH	7,0 – 8,5
Alkalinity	-
NH3-N ppm	0,5
NO2-N ppm	-
NO3-N ppm	40
CL – ppm	200
SO4 ppm	200
KMnO4 c o n s, ppm	10
T. S. Ppm	-
T, Hardness	-100, -50
Ca ++ ppm	75
Mg++ ppm	50
T. Fe ppm	0,3
T. Mn ppm	0,1
T. Cu ppm	1,0
T. Pb ppm	0,1
T. Cu ppm	1,0
T. Pb ppm	0,1
T. Zn ppm	5,0
T. Cr ppm	0,05
Cr6+ ppm	-
T. Mg ppm	-
T. As ppm	0,2
T. FF ppm	1,0
CN ppm	0,01
Phenol ppm	0,001
R Chlorine ppm	-
T. Cd	-
Radio	-10 ⁻⁹ c/ml
Activity	-10 ⁻⁸ c/ml
General	-
Bacteria	-
Caliform	MPN 10
Bacteria	all year

(Sumber :Sutrisno dan Suciastuti, 2010)

4. syarat-syarat Fisik

1. Air tak boleh berwarna.
2. Air tak boleh berasa.
3. Air tak boleh berbau.
4. Suhu air hendaknya di bawah sela udara (sejuk $\pm 25^{\circ}$ C).
5. Air harus jernih.

Syarat-syarat kekeruhan dan warna harus dipenuhi oleh setiap jenis air minum dimana dilakukan penyaringan dalam pengolahannya. Kadar (bilangan) yang disyaratkan dan tidak boleh dilampaui adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Syarat kekeruhan dan warna air bersih

	Kadar (bilangan) yang disyaratkan	Kadar (bilangan) yang tak boleh dilampaui
Keasaman sebagai PK	7,0 – 8,5	Di bawah 6,5 dan di atas 9,5
Bahan-bahan padat	Tak melebihi 50 mg/l	Tak melebihi 1.500 mg/l
Warna (skala Pt CO)	Tak melebihi kesatuan	Tak melebihi 50 kesatuan.
Rasa	Tak mengganggu	-
Bau	Tak mengganggu	-

(Sumber :Sutrisno dan Suciastuti, 2010)

2.3.2 Persyaratan Kuantitas (Debit)

Setelah persyaratan kualitas terpenuhi maka air bersih juga harus mampu melayani daerah pelayanan. Banyaknya penduduk yang ada dalam suatu wilayah harus mampu terpenuhi secara kuantitasnya. Persyaratan kuantitatif ini sangat dipengaruhi sekali dengan jumlah air baku yang tersedia, serta kapasitas produksi dari instalasi pengolahan air. Pada umumnya debit air dari tiap sumber air akan mengalami perubahan-perubahan dari suatu waktu ke waktu yang lain. 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. (*sumber : Joko, Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum, 2010*)

2.3.3 Persyaratan Kontinuitas Air

Arti kontinuitatif disini adalah bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil secara terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Sehingga persyaratan kontinuitas ini erat sekali hubungannya dengan persyaratan kuantitas. Beberapa contoh fluktuasi debit sumber air adalah sebagai berikut :

1. Pada musim hujan aliran air sungai mungkin mencapai bibir dinding sungai tetapi pada musim kemarau sungai tersebut sama sekali tidak berair. Demikian juga sumur dangkal pada musim hujan akan mengandung air yang cukup banyak dan pada waktu musim kemarau yang tidak terlalu panjang mungkin sumur tersebut masih berair, tetapi pada musim kemarau panjang mungkin tidak berair sama sekali.
2. Pada waktu musim hujan debit mata air cukup besar dan debit ini akan mengecil pada musim kemarau. Hal ini terjadi karena air tanah pada musim hujan lebih banyak dari pada musim kemarau, sehingga permukaan air tanah pada musim hujan lebih tinggi daripada musim kemarau. Dengan demikian debit air pada musim hujan akan lebih besar. (*sumber : Joko, Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum, 2010*)

2.4 Pemakaian Air

2.4.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih yang digunakan untuk keperluan rumah tangga. Kebutuhan air domestik sangat ditentukan oleh jumlah penduduk, dan konsumsi perkapita.

2.4.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik untuk industri, pariwisata, tempat ibadah, tempat sosial, serta tempat-tempat komersial atau tempat umum lainnya. (Kodoatie dan Sjarief, 2001)

Tabel 2.3 Kebutuhan Air Bersih

No.	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air	Satuan
1	Rumah Tinggal	120	Liter/penghuni/air
2	Rumah Susun	100	Liter/penghuni/air
3	Asrama	120	Liter/penghuni/air
4	Rumah Sakit	500	Liter/tempat tidur pasien/hari
5	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	Liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor/Pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Toserba, Toko Pengecer	5	Liter/m ²
11	Restoran	15	Liter/kursi
12	Hotel Berbintang	250	Liter/tempat tidur/hari
13	Hotel Melati/Penginapan	150	Liter/tempat tidur/hari
14	Gedung Pertunjukan,Bioskop	10	Liter/kursi
15	Gedung Serba Guna	25	Liter/kursi
16	Stasiun, terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi
17	Peribadatan	5	Liter/orang (belum dengan air wudhu)

(Sumber : SNI 03-7065-2005 Tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing)

2.5 Sistem Jaringan Distribusi

2.5.1 Sistem Cabang (*branch*)

Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) menyerupai cabang sebuah pohon. Pada pipa induk pertama (*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 selalusamadansatu areal mendapatsuplai air dari satu pipa tunggal.

Kelebihan :

- a. Sistem ini sederhana dan desain jaringan perpipaannya juga sederhana.
- b. Cocok untuk daerah yang sedangberkembang.
- a. Pengambilan dan tekanan pada titik manapun dapat dihitung dengan mudah.
- b. Pipa dapat ditambah kan bila diperlukan (pengembangan kota).

- c. Dimensi pipa lebih kecil karena hanya melayani populasi yang terbatas
- d. Membutuhkan beberapa katup untuk mengoperasikan system.

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 penambahan areal ke dalam sistem penyediaan air minum.

2.5.2 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 daribagian yang lain.
- c. Ketika terjadi kebakaran, air tersedia dari semua arah.
- d. Kehilangan tekanan dari semua titik dalam sistem minimum.

Kekurangan :

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

2.5.3 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

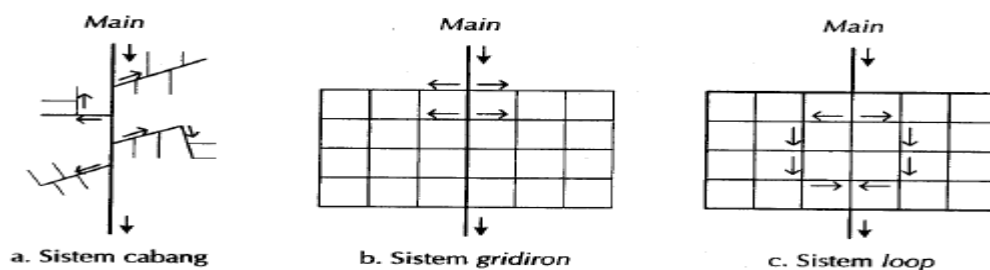
terhubung dengan pipa induk utama. Sistem ini paling ideal.

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 :

- a. Membutuhkan lebih banyak pipa.



Gambar 2.2 Jenis jaringan distribusi

2.6 Sistem Pengaliran Air Bersih

1. Cara Gravitasi

Cara gravitasi dapat 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.

2. Cara Pemompaan

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari *reservoir* distribusi ke konsumen. Cara ini digunakan jika daerah pelayanan merupakan daerah yang datar, dan tidak ada daerah yang berbukit.

3. Cara Gabungan

Pada cara gabungan, *reservoir* digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi daripada kondisi darurat.

Selama periode pemakaian rendah, sisa air dipompakan dan disimpan dalam *reservoir* distribusi.

2.7 Jenis-jenis Pipa dan Alat Sambung

2.7.1 Jenis-jenis Pipa

Pemilihan jenis pipa sebaiknya memperhatikan hal-hal berikut:

1. Ketentuan dan daya tahan terhadap tekanan,
2. Diameter yang tersedia di pasaran,
3. Daya tahan terhadap korosif dari luar dan dalam,
4. Kemudahan pengadaan, pengangkutan dan pemasangan di daerah yang bersangkutan,
5. Harga pipa dan pemeliharaan.

Jenis pipa yang umum digunakan untuk pipa distribusi air bersih adalah pipa PVC (*Poly Vynil Chloride*) dan HDPE (*High Density Poly Ethilene*).

1. PVC (*Poly Vynil Chloride*)

Pipa ini bersifat fleksibel, panjang pipa biasanya 6 meter. Keunggulan dari pipa ini adalah:

- a. Memiliki standar kualitas dan pengujian SNI,
- b. Anti pengaruh UV dan dapat digunakan dalam kondisi asam basa,
- c. Sesuai untuk aplikasi saluran air bersih, saluran pembuangan, saluran limbah, pipa ventilasi dan saluran irigasi,
- d. Efektif dan efisien dalam penggunaan,
- e. Terbuat dari bahan PVC berkualitas tinggi dan dapat didaur ulang.

2. HDPE (*High Density Poly Ethilene*)

Pipa HDPE ini biasanya mempunyai panjang 100m/roll untuk pipa yang ukuran diameter 1/2"-2" dan untuk ukuran diameter 2 1/2" sampai ukuran terbesar yang dijual dipasaran dijual per batang dengan panjang batang yang bervariasi mulai dari 5,8 m; 6 m; 11,8 m dan 12 m. Keunggulan dari pipa HDPE ini adalah:

- a. Tahan lama untuk umur pemakaiannya,
- b. Kuat, ringan dan lentur,

- c. Anti karat, anti lumut,
- d. Instalasi pemasangan mudah,
- e. Dapat digunakan untuk sistem sambungan rumah (SR) PDAM.

2.7.2 Alat Sambung

Selain pipa distribusi, diperlukan juga perlengkapan tambahan untuk pengaliran air dalam sistem ini. Perlengkapan pipa distribusi antara lain:

1. *Stop/gate valve*

Dalam suatu daerah perencanaan yang terbagi atas blok-blok pelayanan, tergantung dari kondisi topografi dan prasarana yang ada, perlu dipasang *gate valve*. Perlengkapan ini diperlukan untuk melakukan pemisahan/melokalisasi blok pelayanan/jalur tertentu yang sangat berguna pada saat perawatan. Biasanya *gate valve* dipasang pada setiap percabangan pipa. Selain itu perlengkapan ini biasa dipasang sebelum dan sesudah jembatan pipa, siphon dan persimpangan jalan raya.

2. Perkakas (*fitting*)

Perkakas perlu disediakan dan dipasang pada perpipaan distribusi sesuai dengan keperluan di lapangan. Macam-macam perkakas yang biasa digunakan dalam instalasi pipa adalah (Murtiyono, 1995:69):

- a. *Socket*: untuk menyambung pipa dengan ukuran diameter yang sama,
- b. *Socket* reduksi: untuk menyambung pipa yang ukuran diameternya berbeda,
- c. *Tee*: untuk menyambung tiga buah pipa yang berdiameter sama,
- d. *Tee* reduksi: untuk menyambung tiga buah pipa yang mempunyai dua macam ukuran diameter dengan arah tegak lurus,
- e. *Elbow* (F+F): untuk menyambung dua buah pipa yang berdiameter sama dengan sudut 90° , kedua ujungnya mempunyai ulir di dalam,
- f. *Elbow* (F+M): digunakan untuk menyambung dua buah pipa yang berdiameter sama dengan sudut 90° , alat sambung ini mempunyai ulir yang berlainan dikedua ujungnya yaitu satu di luar dan satu di dalam,
- g. *Elbow* 45° (F+F): untuk menyambung dua buah pipa yang berdiameter sama dengan sudut 45° , kedua ujungnya mempunyai ulir di dalam,

- h. *Elbow 45° (F+M)*: digunakan untuk menyambung dua buah pipa yang berdiameter sama dengan sudut 45° , alat sambung ini mempunyai ulir yang berlainan dikedua ujungnya yaitu satu di luar dan satu di dalam,
- i. *Bend (F+F)*: untuk menyambung dua buah pipa yang berdiameter sama dengan sudut 90° yang mempunyai radius jari-jari panjang, kedua ujungnya mempunyai ulir di dalam,
- j. *Bend (F+M)*: digunakan untuk menyambung dua buah pipa yang berdiameter sama dengan sudut 90° yang mempunyai radius jari-jari panjang, alat sambung ini mempunyai ulir yang berlainan dikedua ujungnya yaitu satu di luar dan satu di dalam,
- k. *Bend 45° (F+F)*: untuk menyambung dua buah pipa yang berdiameter sama dengan sudut 45° yang mempunyai radius jari-jari panjang, kedua ujungnya mempunyai ulir di dalam,
- l. *Bend 45° (F+M)*: digunakan untuk menyambung dua buah pipa yang berdiameter sama dengan sudut 45° yang mempunyai radius jari-jari panjang, alat sambung ini mempunyai ulir yang berlainan dikedua ujungnya yaitu satu di luar dan satu di dalam,
- m. *Barel-union*: untuk menyambung dua pipa yang berdiameter sama, terutama pada instalasi pipa tertutup
- n. *Bushis*: untuk menyambung dua buah pipa yang berlainan ukuran dengan ulir pada sisi luar dan dalam,
- o. *Heksagonal nipple*: digunakan untuk mengencangkan sambungan pipa,
- p. *Cap*: digunakan untuk menutup pipa dan alat sambung yang mempunyai ulir luar,
- q. *Plug*: digunakan untuk menutup pipa atau alat sambung yang mempunyai ulir dalam.

2.8 Metode Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk menghitung perkiraan jumlah penduduk dalam waktu kedepan, secara umum dapat digunakan perhitungan dengan metode perhitungan aritmatik, geometrik dan requesi eksponensial. Berikut penjelasan mengenai ketiga metode

tersebut.

2.8.1 Metode Aritmatik

Perkiraan penduduk masa depan dengan metode aritmatik (*arithmetic rate of growth*) mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Berikut ini adalah rumusan metode aritmatik.

$$P_n = P_0 (1 + rn) \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

P_n = Jumlah penduduk tahun n

P_0 = Jumlah penduduk tahun awal (dasar)

r = angka pertumbuhan penduduk

n = periode waktu antara tahun dasar dan tahun n (dalam tahun)

(Adioetomo dan Samosir, 2015)

2.8.2 Metode Geometrik

Perkiraan jumlah penduduk pada masa depan dengan metode geometrik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk akan bertumbuh secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga-berbunga (bunga majemuk). Dalam hal ini angka pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun. Berikut ini adalah rumus metode geometrik.

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

P_n = Jumlah penduduk tahun n

P_0 = Jumlah penduduk tahun awal (dasar)

r = Angka pertumbuhan penduduk

n = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun n (dalam tahun)

(Adioetomo dan Samosir, 2015)

2.8.3 Metode Requesi Eksponensial

Pertumbuhan penduduk secara geometrik mengasumsikan bahwa tambahan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama satu kurun waktu tertentu. Misalnya, pertambahan penduduk dalam satu tahun hanya terjadi pada tiap awal tahun, pertengahan tahun, atau pada tiap akhir tahun saja. Padahal kenyataannya, pertambahan penduduk dapat terjadi kapan saja sepanjang tahun (Shryock dan Siegel, 1971). Dengan demikian, diperlukan suatu rumus yang lebih menggambarkan pertambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-demi sedikit sepanjang tahun. Dalam hal ini, metode eksponensial lebih tepat digunakan. Berikut adalah rumus metode eksponensial.

$$P_n = P_0 \times e^{rn} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

P_n = Jumlah penduduk tahun n atau t

P_0 = Jumlah penduduk tahun awal

r = angka pertumbuhan penduduk

n = periode waktu antara tahun dasar dan tahun n (dalam tahun)

e = Bilangan pokok dari sistem logaritma natural yang besarnya sama dengan 2,7182818

(Adioetomo dan Samosir, 2015)

2.8.4 Standar Deviasi dan Koefisien Korelasi

Untuk menentukan metode proyeksi jumlah penduduk yang akan digunakan dengan hasil perhitungan yang paling mendekati kebenaran harus dilakukan analisis dengan menghitung standar deviasi atau koefisien korelasi. Rumus standar deviasi dan koefisien korelasi adalah sebagai berikut (Departemen Pekerjaan Umum, 2007:62).

1. Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{Y}_r)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.4)$$

2. Koefisien korelasi

$$r = \sqrt{\frac{\sum(\hat{Y} - \bar{Y}_r)^2}{\sum(Y - \bar{Y}_r)^2}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

S = Standar deviasi

r = Koefisien korelasi

Y = Populasi penduduk

Y_r = Rata-rata jumlah proyeksi penduduk

n = Jumlah tahun yang diketahui

\hat{Y} = Y “topi” dicari untuk setiap metode berbeda

Untuk memilih metode mana yang paling tepat untuk digunakan dalam perhitungan proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk maka dipilih metode dengan nilai standar deviasi (SD) yang terkecil dan nilai koefisien korelasi yang terbesar/nilai koefisien korelasi yang mendekati 1,0.

2.9 Analisis Jaringan Pipa

2.9.1 Dimensi Pipa

Didalam suatu perencanaan suatu jaringan pipadistribusi pendimensian pipa sangat diperlukan, agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan didalam suatu sistem perencanaan. Rumus yang digunakan adalah:

$$A = Q/V \dots\dots\dots(2.6)$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

Q = Debit pengaliran (m³/detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas penampang (m)

d= Diameter (m)

2.10 Fluktuasi Pemakaian Air

1. Hari maksimum

Yaitu dalam periode satu minggu, bulan atau tahun terdapat hari-hari tertentu dimana pemakaian airnya maksimum. Keadaan ini dicapai karena adanya pengaruh musim. Pada saat pemakaian demikian disebut pemakaian hari maksimum. Besarnya faktor hari maksimum adalah berdasarkan pengamatan

karakteristik daerah tersebut adalah sekitar 110 % dikalikan debit rata rata. Kebutuhan air produksi direncanakan sama dengan kebutuhan maksimum.

2. Hari Kebutuhan Puncak

Yaitu dalam periode satu hari, terdapat jam jam tertentu dimanapemakaian airnya maksimum. Keadaan ini dicapai karena adanya pengaruh pola pemakaian air harian. Pada saat pemakaian demikian disebut pemakaian puncak. Besarnya faktor puncak adalah berdasarkan pengamatan karakteristik daerah tersebut adalah sekitar 140-170 % dikalikan debit rata rata. Kapasitas pipa induk dan retikulasi direncanakan sama dengan kebutuhan puncak. (Ir. Martin Dharmasetiawan. MSc)

2.11 Reservoir

Air yang telah melalui filter sudah dapat dipakai untuk air minum. Air tersebut telah bersih dan bebas dari bakteriologis dan ditampung pada bak reservoir (tandon) untuk diteruskan pada konsumen.

Untuk keperluan pemakaian terbanyak pada jam 16.00 – 18.00 diperlukan tandon minimum 10% debit/harinya. (Sutriso dan Suciastuti, 2010)

2.12 Kehilangan Tenaga Akibat Gesekan

Setiap pipa dari sistem jaringan terdapat hubungan antara kehilangan tenaga dan debit. Secara umum hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$hf = k \cdot Q \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan :

m = tergantung pada rumus gesekan pipa yang digunakan

k = koefisien yang tergantung pada rumus gesekan pipa dan karakteristik pipa. Sebenarnya nilai pangkat m tidak selalu konstan, kecuali bila pengaliran berada pada keadaan hidrolis kasar, yang sedapat mungkin dihindari. Akan tetapi karena perbedaan kecepatan pada masing-masing elemen tidak besar, maka biasanya nilai m dianggap konstan untuk semua elemen. (Triatmodjo, 2010).

Sebagai contoh untuk rumus Darcy-weisbach :

$$hf = kQ^2 \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan :

$$k = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} \dots\dots\dots(2.11)$$

2.13 Perhitungan Hardy Cross

Dianggap bahwa karakteristik pipa dan aliran yang masuk dan meninggalkan jaringan pipa diketahui dan akan dihitung debit pada setiap elemen dari jaringan tersebut. Jika tekanan pada seluruh jaringan juga dihitung maka tinggi tekanan pada satu titik harus diketahui (Triatmodjo, 2010).

Prosedur perhitungan dengan metode Hardy Cross adalah sebagai berikut :

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa Q_0 hingga terpenuhi syarat kontinuitas.
2. Hitung kehilangan tenaga pada tiap pipa dengan rumus : $hf = K \cdot Q^2$
3. Jaringan pipa dibagi menjadi sejumlah jaring tertutup sedemikian sehingga tiap pipatermasuk dalam paling sedikit satu jaring.
4. Hitung jumlah kerugian tinggi tenaga sekeliling tiap-tiap jaring, yaitu $\sum hf$. Jika pengaliran seimbang maka $\sum hf = 0$.
5. Hitung nilai $\sum |2kQ|$ untuk tiap jaring.
6. Pada tiap jaring diadakan koreksi debit ΔQ , supaya kehilangan tinggi tenaga dalam jaring seimbang. Adapun koreksinya adalah sebagai berikut:

$$\Delta Q = \frac{\sum kQ_0^2}{\sum |2kQ_0|} \dots\dots\dots(2.12)$$

7. Dengan debit yang telah dikoreksi sebesar $rQ = Q_0 + \Delta Q$, prosedur dari 1 sampai 6 diulangi hingga akhirnya $\Delta Q \approx 0$, dengan Q adalah debit sebenarnya, Q_0 adalah debit yang dimisalkan dan ΔQ adalah debit koreksi.

Pada jaringan pipa harus dipenuhi persamaan kontinuitas dan tenaga yaitu :

1. Aliran di dalam pipa harus memenuhi hukum-hukum gesekan pipa untuk aliran dalam pipa tunggal :

$$h_f = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} Q^2 \dots\dots\dots(2.13)$$

3. Aliran masuk ke dalam tiap-tiap titik simpul harus sama dengan aliran yang keluar.

$$\Sigma Q_i = 0 \dots\dots\dots(2.14)$$

4. Jumlah aljabar dari kehilangan tenaga dalam satu jaringan tertutup harus sama dengan

$$\Sigma h_f = 0 \dots\dots\dots(2.15)$$

2.14 Rencana Kerja dan Syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) merupakan sebuah buku yang berisi tentang syarat-syarat administrasi berupa instruksi kepada penyedia jasa dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Instruksi ini berisi informasi yang diperlukan oleh pelaksana kontraktor untuk menyiapkan penawarannya sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh pengguna jasa. Informasi tersebut berkaitan dengan penyusunan, penyampaian, pembukaan, evaluasi penawaran dan penunjukan penyedia jasa.
2. Hal-hal berkaitan dengan pelaksanaan kontrak oleh penyedia jasa, termasuk hak, kewajiban dan resiko dimuat dalam syarat-syarat umum kontrak. Apabila terjadi perbedaan penafsiran/pengaturan pada dokumen lelang, penyedia jasa harus mempelajari dengan seksama untuk menghindari pertentangan pengertian.
3. Data proyek memuat ketentuan, informasi tambahan atau perubahan atas instruksi kepada pelaksana/kontraktor sesuai dengan kebutuhan paket pekerjaan yang akan dikerjakan.

RKS sebagai kelengkapan gambar kerja yang didalamnya memuat uraian tentang:

1. Syarat-syarat umum

Berisi keterangan mengenai pekerjaan, pemberi tugas dan pengawas bangunan.

2. Syarat-syarat administrasi

Berisi keterangan mengenai:

- a. Jangka waktu pelaksanaan,
- b. Tanggal penyerahan pekerjaan,
- c. Syarat-syarat pembayaran,

- d. Denda keterlambatan,
- e. Besarnya jaminan penawaran,
- f. Besarnya jaminan pelaksanaan.

3. Syarat-syarat teknis

Berisi keterangan mengenai:

- a. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan,
- b. Jenis dan mutu bahan yang digunakan.

Setelah selesai, RKS kemudian disahkan oleh DPU Cipta Karya jika proyek pemerintah atau Direksi bersama dengan pemberi tugas jika proyek swasta.

Dalam sebuah RKS ada beberapa hal yang dibahas didalamnya, antara lain:

1. Bab Umum

Pada bab ini biasanya berisi tentang hal-hal sebagai berikut:

- a. Mengenai pemberi tugas/pemilik proyek,
- b. Mengenai perencanaan/desain,
- c. Mengenai syarat peserta lelang,
- d. Mengenai bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya.

2. Bab Administrasi

Pada bab ini biasanya berisi tentang hal-hal sebagai berikut:

- a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan,
- b. Tanggal waktu penyerahan,
- c. Syarat pembayaran,
- d. Denda atas keterlambatan,
- e. Besar jaminan penawaran,
- f. Besar jaminan pelaksanaan.

3. Bab Teknis

Pada bab ini biasanya berisi tentang hal-hal sebagai berikut:

- a. Jenis dan uraian pekerjaan,
- b. Jenis dan mutu bahan,
- c. Cara pelaksanaan pekerjaan,
- d. Merk material/bahan.

2.15 Program Pelaksanaan Lapangan

Jadwal Pelaksanaan dilakukan oleh:

1. Konsultan pengawas/konsultan manajemen konstruksi (MK),
2. Kontraktor pelaksana.

Jadwal:

1. *Network planning* (NWP) dengan metode lintasan kritis (CPM),
2. *Barchart* (peta batang),
3. Metode kurva S.

Antara 1,2 dan 3 merupakan metode pengawasan yang satu kesatuan, tidak bisa dipisahkan satu dan lainnya.

Untuk membuat program pelaksanaan terlebih dahulu dilakukan:

1. Perhitungan volume untuk setiap jenis pekerjaan dari proyek yang akan dilaksanakan,
2. Inventarisasi semua kegiatan yang akan didapat dari proyek tersebut,
3. Urutkan semua kegiatan-kegiatan tersebut yang merupakan kegiatan yang saling berkesinambungan,
4. Tentukan waktu pelaksanaan untuk setiap jenis pekerjaan berdasarkan harga satuan dan upah.

2.15.1 *Network Planning* (NWP)

Net Work Planning prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variables) yang digambarkan/divisualisasikan 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. (Badri, 1991).

2.15.2 Perhitungan Estimasi Biaya

Kegiatan estimasi pada umumnya dilakukan dengan terlebih dahulu mempelajari gambar rencana dan spesifikasi. Berdasarkan gambar rencana dapat

diketahui kebutuhan material yang nantinya akan digunakan, sedangkan berdasarkan spesifikasi dapat diketahui kualitas bangunannya. Perhitungan biaya proyek dilakukan secara teliti dan konsisten berdasarkan ketersediaan dana yang ada (Ervianto, 2005:129).

Apabila dananya terbatas, dengan melihat Rencana Anggaran Biaya yang telah dibuat dapat menentukan bagian pekerjaan mana yang bisa didahulukan dan mana yang dapat dikerjakan belakangan supaya tidak mengganggu pekerjaan yang lain. Langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam membuat Rencana Anggaran Biaya meliputi:

1. Hitung volume pekerjaan
2. Analisis jenis pekerjaan
3. Estimasi biaya secara keseluruhan

2.15.3 Bar chart

Penggunaan Barchart bertujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan pada saat pelaporan. Penggambaran Barchart terdiri dari kolom dan baris. Pada kolom tersusun urutan kegiatan yang disusun secara berurutan, sedangkan baris menunjukkan periode waktu yang dapat berupa hari, minggu, ataupun bulan.

2.15.4 Kurva S

Kurva Sadalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (progres) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu. Kegunaan kurva S adalah untuk menganalisis kemajuan/progres suatu proyek secara keseluruhan, untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek, untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S aktual. (Widiasanti dan Lenggogeni, 2013)