

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air

Pengertian air bersih menurut *Permenkes RI No.416/Menkes/PER/IX/1990* adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dapat diminum setelah dimasak. Pengertian lain mengenai 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 (*Permenkes RI No.416/Menkes/PER/IX/1990*).

2.2 Sumber-sumber Air

2.2.1 Air Laut

Mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3%. Dengan keadaan ini; maka air laut tak memenuhi syarat untuk air minum.

2.2.2 Air atmosfer, air meteorologi

Dalam keadaan murni, sangat bersih, karena dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran industri/debu dan lain sebagainya. Maka untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan mulai turun, karena masih mengandung banyak kotoran.

Selain itu air hujan mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korsi (karatan). Juga air hujan ini mempunyai sifat lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun.

2.2.3 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. Air

permukaan ada 2 macam yakni :

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.

b. Air rawa/danau

Kebanyakan air rawa ini berwarna yang disebabkan oleh adanya zat-zat organis yang telah membusuk, misalnya *asam humus* yang larut dalam air yang menyebabkan warna kuning coklat.

2.2.4 Air Tanah

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 disini berfungsi sebagai saringan. Di samping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul merupakan air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumu-sumur dangkal.

b. Air tanah dalam

Terdapat setelah lapis rapat air yang pertama. Pegambilan air tanah dalam, tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamannya sehingga dalam suatu kedalaman (biasanya antara 100-300 m) akan didapatkan suatu lapis air.

Kualitas dari air tanah dalam :

Pada umumnya lebih baik dari air dangkal, karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri.

c. Mata air

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

Berdasarkan keluarnya (munculnya permukaan tanah) terbagi atas :

1. Rembesan, dimana air keluar dari lereng-lereng.
2. Umbul, dimana air keluar ke permukaan pada suatu dataran.

2.3 Persyaratan dalam Penyediaan Air Bersih

2.3.1 Persyaratan Kulitatif

Persyaratan kualitatif adalah persyaratan yang menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi:

a. 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 2.1 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 Teknik Penyediaan Air Bersih, 2010)

b. 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 2.2 Drinking Water Quality Criteria W. H. O.

PH	7,0 – 8,5	
Alkalinity		-
NH ₃ -N ppm	0,5	
NO ₂ -N ppm		-
NO ₃ -N ppm	40	
CL – ppm	200	
SO ₄ ppm	200	
KMnO ₄ 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	
Cr ₆₊ 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 Teknik Penyediaan Air Bersih, 2010)

c. Syarat-syarat biologis

Air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit (patogen) sama sekali dan tidak 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 :

1. Bakteri typhsum
2. Vibrio Colerae
3. Bakteri dysentriae
4. Entamoeba hystolotica
5. Bakteri enteritis (penyakit perut).

d. 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).

2.3.2 Persyaratan Kuantitatif

Dalam penyediaan air bersih ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jumlah penduduk yang akan dilayani. Kebutuhan air untuk masyarakat perkotaan adalah 150 ltr/org/hari (DPU cipta Karya). Jumlah air yang dibutuhkan sangat tergantung pada tingkat kemajuan teknologi dan sosial ekonomi masyarakat setempat.

2.3.3 Persyaratan Kontinuitas

Untuk penyediaan air bersih sangat erat hubungannya dengan kuantitas air yang tersedia yaitu air baku yang ada di alam. 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 jumlah air bersih yang direncanakan dapat memenuhi kebutuhan selama 24 jam.

2.4 Sistem Pelayanan Air Bersih

Untuk menentukan sistem penyediaan air bersih pada masyarakat, maka perlu dilakukan klasifikasi sistem pelayanan yang meliputi :

1. Sistem individual dititik beratkan pada pengusaha pemenuhan air bersih secara individu atau perorangan.
2. Sistem komunal pemenuhannya dilakukan secara teroganisasi melalui sistem jaringan pipanisasi.

2.5 Pemakaian Air

2.5.1 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.

2.5.2 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, 2005).

Tabel 2.3 Standar Kebutuhan Air Domestik

No.	Kategori	Ukuran Wilayah	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air (liter/orang/hari)
1	I	Kota metropolitan	> 1.000.000	190
2	II	Kota besar	500.000-1.000.000	170
3	III	Kota sedang	100.000-500.000	150
4	IV	Kota kecil	20.000-100.000	130
5	V	Pedesaan	< 20.000	80

(Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya Dinas PU, 2000)

Tabel 2.4 Kriteria Kebutuhan Air Bersih

No.	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
		> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) (liter/orang/hari)	190	170	150	130	80
2	Konsumsi unit hidran umum (HU) (liter/orang/hari)	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non domestik (l/org/hr) (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Persentase kehilangan	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor hari maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor jam puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU (jiwa)	100	100	100	100	100
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi (jam)	24	24	24	24	24
11	Volume reservoir (% max day demand)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
12	SR : HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan pelayanan (%)	90	90	90	90	70

(Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya Dinas PU, 2000)

Tabel 2.5 Standar Kebutuhan Air Non Domestik

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)

2.6 Sistem Jaringan Distribusi

2.6.1 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

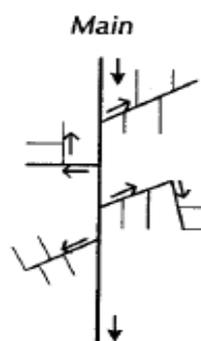
air minum dalam gedung. Dalam pipa dengan jalur buntu, arah aliran air selalu sama dan satu areal mendapat suplai air dari satu pipa tunggal.

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 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 kedalam sistem penyediaan air minum.



Gambar 2.1 Sistem Cabang

2.6.2 Sistem *Gridiron*

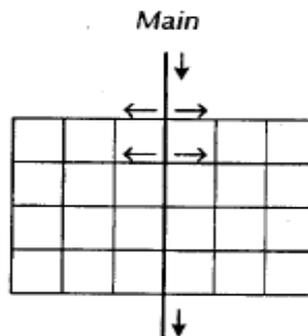
Pipa induk utama dan pipa induk sekunder terletak dalam kotak, dengan pipa induk utama, pipa induk sekunder, serta pipa pelayanan utama saling terhubung. Sistem ini paling banyak digunakan.

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 dari semua titik dalam sistem minimum.

Kekurangan :

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



Gambar 2.2 Sistem Gridiron

2.6.3 Sistem Melingkar (*loop*)

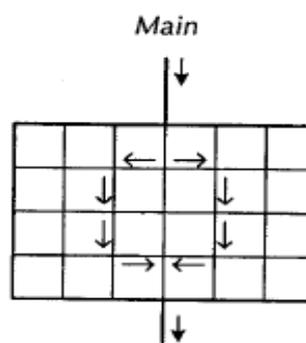
Pipa induk utama terletak mengelilingi daerah layanan. Pengambilan dibagi menjadi dua dan masing-masing mengelilingi batas daerah layanan, dan keduanya bertemu kembali di ujung. Pipa perlintasan (*cross*) menghubungkan kedua pipa induk utama. Di dalam daerah layanan, pipa pelayanan utama terhubung dengan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

Kelebihan :

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

Kekurangan :

Membutuhkan lebih banyak pipa.



Gambar 2.3 Sistem Melingkar

2.7 Sistem Pengaliran Air Bersih

2.7.1 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 .

2.7.2 Cara Pemompaan

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

2.7.3 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.

2.8 Jenis-jenis Pipa dan Alat Sambung

2.8.1 Jenis pipa

1. *Cast-Iron Pipe*

Pipa CI tersedia ukuran panjang 3,7 dan 5,5 dengan diameter 50-900 mm, serta dapat menahan tekanan air hingga 240 m tergantung besar diameter pipa.

Kelebihan :

- a. Harga tidak terlalu mahal.
- b. Ekonomis karena berumur panjang (bisa mencapai 100 tahun).
- c. Kuat dan tahan lama.
- d. Tahan korosi jika dilapisi.
- e. Mudah disambung.
- f. Dapat menahan tekanan tanpa mengalami kerusakan.

Kekurangan :

- a. Bagian dalam pipa lama kelamaan menjadi kasar sehingga kapasitas pengangkutan berkurang.
- b. Pipa berdiameter besar, berat dan tidak ekonomis.
- c. Cenderung patah selama pengangkutan atau penyambungan.

2. *Concrete pipe*

Pipa beton biasa digunakan jika tidak berada dalam tekanan dan kebocoran pada pipa tidak terlalu di persoalkan. Diameter pipa beton mencapai 610 mm.

Kelebihan :

- a. Bagian dalam pipa halus dan kehilangan akibat friksi paling sedikit.
- b. Tahan lama, sekurangngnya 75 tahun.

- c. Tidak berkarat atau terbentuk lapisan didalamnya.
- d. Biaya pemeliharaan murah.

Kekurangan :

- a. Pipanya berat dan sulit digunakan.
- b. Cenderung patah selama pengangkutan.
- c. Sulit diperbaiki.

3. *Steel Pipe*

Pipa baja digunakan untuk memenuhi kebutuhan pipa yang berdiameter besar dan bertekanan tinggi. Pipa ini dibuat dengan ukuran dan diameter standar. Pipa baja kadang-kadang dilindungi dengan lapisan semen mortar.

Kelebihan :

- a. Kuat
- b. Lebih ringan daripada pipa CI
- c. Mudah dipasang dan disambung
- d. Dapat menahan tekanan hingga 70 mka (meter kolom air).

Kekurangan :

- a. Mudah rusak karena air yang asam dan basa
- b. Daya tahan hanya 25-30 tahun kecuali dilapisi dengan bahan tertentu.

4. *Galvanised-Iron Pipe*

Pipa GI banyak digunakan untuk saluran dalam gedung. Tersedia untuk diameter 60-750 mm.

Kelebihan :

- a. Murah
- b. Ringan, sehingga mudah digunakan dan diangkut
- c. Mudah disambung
- d. Bagian dalamnya halus sehingga kehilangan tekanan akibat gesekan kecil.

Kekurangan :

- a. Umurnya pendek, 7-10 tahun
- b. Mudah rusak karena air yang asam dan basa serta mudah terbentuk lapisan kotoran dibagian dalamnya.
- c. Mahal dan sering digunakan untuk kebutuhan pipa dengan diameter kecil.

5. 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.

6. PVC Pipe (*Unplasticised*)

Kekakuan pipa PVC (*polyvinyl chloride*) adalah tiga kali kekakuan pipa *polythene* biasa. Pipa PVC lebih kuat dan dapat menahan tekanan lebih tinggi. Sambungan lebih mudah dibuat dengan cara las.

Pipa PVC tahan terhadap asam organik, alkali dan garam, senyawa organik, serta korosi. Pipa ini banyak digunakan untuk penyediaan air dingin di dalam maupun di luar sistem penyediaan air minum, sistem pembuangan, dan drainase bawah tanah. Pipa PVC tersedia dalam ukuran yang bermacam-macam (Joko Tri, 2010).

2.8.2 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 (Joko, 2010:24).

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 sam 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.

2.9 Metode Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

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

2.9.1 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.

$$P_n = P_0 (1 + rn)$$

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)

2.9.2 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.

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

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)

2.9.3 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 (Adioetomo dan Samosir, 2015).

$$P_n = P_0 \times e^{rn}$$

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

2.10 Dimensi Pipa

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

$$A = Q/V$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}}$$

Keterangan:

- Q = Debit pengaliran (m^3 /detik)
- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- A = Luas penampang (m)
- d = Diameter (m)

2.11 Fluktuasi Pemakaian Air

2.11.1 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.

2.11.2 Hari Kebutuhan Puncak

Yaitu dalam periode satu hari, terdapat jam jam tertentu dimana pemakaian 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 (Dharmasetiawan, 2004).

2.12 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 (Sutrisno dan Suciastuti, 2010).

2.13 Kehilangan Tenaga Akibat Gesekan

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

$$hf = k \cdot Q$$

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.

Sebagai contoh untuk rumus Darcy-weisbach :

$$hf = kQ^2$$

dengan :

$$k = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5}$$

2.14 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 pipa termasuk 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:

$$\Delta Q = \frac{\sum k Q_0^2}{\sum |2k Q_0|}$$

7. Dengan debit yang telah dikoreksi sebesar $Q = Q_0 + \Delta Q$, 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 :

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

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

$$\sum Q_i = 0$$

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

$$\sum h_f = 0$$

2.15 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. Merek material/bahan.

2.16 Program Pelaksanaan Lapangan

2.16.1 *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).

2.16.2 *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.

2.16.3 Kurva S

Kurva S adalah 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).