

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Air

Berdasarkan PP No. 42 tahun 2008 tentang pengelolaan sumber daya air, air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun, di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Pengertian lain air menurut *permenkes RI No 416/Menkes/PER/IX/1990* adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dapat diminum setelah dimasak.

2.2 Sumber-Sumber Air

Berdasarkan sumbernya air dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok, yaitu :

a. Air Laut

Air laut adalah air dari laut atau samudera. Air laut memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Artinya dalam 1 liter (1000 mL) air laut terdapat 35 gram garam (terutama, namun tidak seluruhnya, garam dapur/NaCl). Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5%, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya. Yang paling tawar adalah di timur Teluk Finlandia dan di utara Teluk Bothnia, keduanya bagian dari Laut Baltik. Yang paling asin adalah di Laut Merah, dimana suhu tinggi dan sirkulasi terbatas membuat penguapan tinggi dan sedikit masukan air dari sungai-sungai. Kadar garam di beberapa danau dapat lebih tinggi lagi.

Air laut memiliki kadar garam karena bumi dipenuhi dengan garam mineral yang terdapat di dalam batu-batuan dan tanah. Contohnya natrium, kalium, dll. Apabila air sungai mengalir ke lautan, air tersebut membawa garam. Ombak laut yang memukul pantai juga dapat menghasilkan garam yang terdapat pada batu-batuan. Lama-kelamaan air laut menjadi asin karena banyak mengandung garam. Air tawar lebih ringan dari air asin.

b. Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang terdapat pada permukaan tanah. Pada prinsipnya air permukaan terbagi menjadi:

1. Air Rawa

Pada umumnya air rawa berwarna karena adanya zat-zat organik yang telah membusuk. Dengan banyaknya zat organik menyebabkan kadar O₂ yang terlarut dalam air menjadi tinggi. Pada permukaan air ini akan tumbuh algae (lumut) karena adanya sinar matahari dan oksigen (O₂). Untuk mengambil air ini, sebaiknya pada bagian tengah agar endapan-endapan besi (Fe) dan mangan (Mn) serta lumut tak terbawa.

2. Air Danau

Air danau adalah air permukaan (berasal dari hujan atau air tanah yang keluar ke permukaan tanah), terkumpul pada suatu tempat yang relative rendah/cekung. Termasuk kategori supaya adalah air rawa, air tendon, air waduk/dam.

c. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berasal dari air hujan yang jatuh di permukaan tanah/bumi dan meresap kedalam tanah dan mengisi rongga-rongga atau pori didalam tanah. Air tanah terbagi atas:

1. Air Tanah Preatis

Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Air tanah lebih banyak mengandung zat kimia berupa garam-garam terlarut meskipun kelihatan jernih karena sudah melewati lapisan tanah yang masing-masing mempunyai unsur-unsur kimia tertentu. Meskipun lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan namun pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah. Air tanah dangkal umumnya mempunyai kedalaman kurang dari 50 meter.

2. Air Tanah Artesis

Air tanah dalam terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Untuk mengambil air ini diperlukan bor karena kedalamannya yang cukup dalam (100-300 m). Jika tekanan air tanah ini besar, maka air akan menyembur ke

permukaan sumur. Sumur ini disebut sumur atesis. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya maka diperlukan pompa.

d. Air Sungai

Air sungai adalah air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dan tidak meresap ke dalam tanah akan mengalir secara gravitasi searah dengan kemiringan permukaan tanah mengalir melewati aliran sungai. Sebagai salah satu sumber air minum, air sungai harus mengalami pengolahan secara sempurna karena pada umumnya memiliki derajat pengotoran yang tinggi.

(sumber : *Tri Joko, Graha Ilmu, Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Hal : 11*)

2.3 Prinsip Dasar Penyediaan Air Bersih

Dalam Merancang 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 Kualitas Air

Penyediaan air bersih dengan kualitas yang buruk akan mengakibatkan dampak yang buruk juga untuk kesehatan sehingga kualitas air bersih harus terkontrol dan terjamin. Penyediaan air bersih harus dapat melayani sebagian besar/seluruh masyarakat, agar masyarakat yang terkena penyakit yang berkenaan dengan air dapat diturunkan. Hal ini tidak dapat hanya dilakukan oleh pemerintah sebagai pelayan masyarakat melainkan semua pihak termasuk masyarakat itu sendiri untuk mengetahui pentingnya hidup sehat dengan salah satunya menggunakan air bersih.

Di Indonesia ketentuan mengenai standar kualitas air bersih mengacu kepada Peraturan Menteri Kesehatan No : 416 tahun 1990 tanggal 3 September

1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air yang tertera pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
A. Fisika				
1	Bau	-	-	Tidak Berbau
2	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	1000	-
3	Kekeruhan	Skala NTU	5	-
4	Rasa	-		Tidak Berasa
5	Suhu	0°C	Suhu Udara 3°C	-
6	Warna	Skala TCU	15	-
B. Kimia				
a. Kimia anorganik				
1	Air Raksa	mg/l	0,001	-
2	Arsan	mg/l	0,05	-
3	Besi	mg/l	1,0	-
4	Flourida	mg/l	1,5	-
5	Kadmium	mg/l	0,005	-
6	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500	-
7	Klorida	mg/l	600	-
8	Kronium, valensi 6	mg/l	0,05	-
9	Mangan	mg/l	0,5	-
10	Nitrat, sebagai N	mg/l	10	-
11	Nitrit, sebagai N		mg/l 1,0	-
12	pH	mg/l	0,05	-
13	Selenium	mg/l	0,01	-
14	Seng	mg/l	15	-
15	Sianida	mg/l	0,1	-
16	Sulfat	mg/l	400	-
17	Timbal	mg/l	0,05	-
b. Kimia organik				
1	Aldrin dandiieldrin	mg/l	0,0007	-

(Sumber : Permenkes RI No : 416/MENKES/PER/IX/1990 Lampiran II)

Lanjutan Tabel 2.1

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
2	Benzene	mg/l	0,01	-
3	Benzo (a) pyrene	mg/l	0,00001	-
4	Chloroform (total isomer)	mg/l	0,007	-
5	Chloroform	mg/l	0,03	-
6	2,4-D	mg/l	0,10	-
7	DDT	mg/l	0,03	-
8	Detergen	mg/l	0,5	-
9	1,2-Dichloroethene	mg/l	0,01	-
10	1,1-Dichloroethene	mg/l	0,0003	-
11	Heptachlor dan Heptachlor epoxide	mg/l	0,003	-
12	Hexachlorobenzene	mg/l	0,00001	-
13	Gamma-HCH (Lindane)	mg/l	0,004	-
14	Methoxychlor	mg/l	0,10	-
15	Pentachloropenol	mg/l	0,01	-
16	Pestisida total	mg/l	0,10	-
17	2,4,6-trichlorophenol	mg/l	0,01	-
18	Zat organik (Kmn04)	mg/l	10	-
C. Mikrobiologi				
1	Total koliform (MPN)	Jumlah per 100 ml	0	Buka air pipa
2	Koliform tinja belum diperiksa	Jumlah per 100 ml	0	Buka air pipa
D. Radio aktivitas				
1	Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bg/l	0,1	-
2	Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bg/l	1,0	-

(Sumber : Permenkes RI No : 416/MENKES/PER/IX/1990 Lampiran II)

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 : *Tri Joko, Graha Ilmu, Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Hal : 13*)

2.3.3 Persyaratan Kontinuitas air

Arti kontinuitas 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 dari pada musim kemarau. Dengan demikian debit air pada musim hujan akan lebih besar.

(Sumber : *Tri Joko, Graha Ilmu, Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Hal : 13*)

2.4 Pemakaian Air

Sistem penyediaan air bersih dalam praktiknya terdiri dari dua sistem penyediaan air bersih, yaitu Sistem Penyediaan Air Bersih (SPAB) Perkotaan dan SPAB Perdesaan. Dengan pertimbangan jumlah penduduk, distribusi/sebaran penduduk, dan aktivitas dominan yang dilakukan penduduk, dapat diketahui bahwa perbedaan antara kedua SPAB tersebut terletak pada : penerapan teknologi fisik, tingkat kapasitas pelayanan, tingkat jenis sambungan pelayanan, dan tingkat instusi pengelolaan sistem.

2.4 1 Kebutuhan Air Domestik

Air domestik adalah air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga. Kebutuhan domestik ditentukan oleh adanya konsumen domestik, yang berasal dari data penduduk, pola kebiasaan dan tingkat hidup yang didukung adanya perkembangan sosial ekonomi yang memberikan kecenderungan peningkatan kebutuhan air bersih. Kebutuhan air per orang per hari disesuaikan dengan standar yang biasa digunakan serta kriteria pelayanan berdasarkan pada kategori kotanya. Didalamnya setiap kategori tertentu kebutuhan air per orang per hari berbeda-beda.

Untuk mengetahui kriteria perancangan air bersih pada tiap-tiap kategori dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Standar Kebutuhan Air Domestik

Jenis Peruntukan	Standar Kebutuhan
Sambungan Langsung	100 – 200 ltr/org/hari
Sambungan Halaman	80 – 100 ltr/org/hari
Sambungan Kran Umum	20 – 40 ltr/org/hari

(Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum*)

2.4.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Air non domestik adalah air yang digunakan untuk keperluan industri, pariwisata, tempat ibadah, tempat sosial serta tempat komersil dan umum lainnya. Kebutuhan air non domestik ditentukan oleh adanya konsumen non domestik, yang memanfaatkan fasilitas-fasilitas antara lain :

1. Perkantoran, tempat ibadah.
2. Prasarana pendidikan, prasarana kesehatan.
3. Komersial (pasar, pertokoan, penginapan, bioskop, rumah makan, dll).
4. Industri.

Tabel 2.3 Kebutuhan Air Non Domestik untuk Kota Kategori I,II,III,IV

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	Liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	2.000	Liter/bed/hari
Masjid	3.000	Liter/unit/hari
Kantor	10	Liter/pegawai/hari
Pasar	12.000	Liter/hektar/hari
Hotel	150	Liter/bed/hari
Rumah Makan	100	Liter/tempat duduk/hari
Komplek Militer	60	Liter/orang/hari
Kawasan Industri	0,2 – 0,8	Liter/detik/hari
Kawasan Pariwisata	0,1 – 0,3	Liter/detik/hari

(Sumber : *Direktorat Jendral Cipta Karya Dinas PU, 1996*)

Tabel 2.4 Kebutuhan Air Non Domestik (PDAM)

Kategori Pemakai	Unit Pemakaian	Pemakaian Air (l/hari/unit)	Sumber Data
Bank	Bangunan	5.700	PDAM
Barak tentara	Orang	60	GKW <i>Consult</i>
Cucian Mobil	Bangunan	6.000	GKW <i>Consult</i>
Hotel	Tempat Tidur	140	GKW <i>Consult</i>
Industri	Luas	10.000	GKW <i>Consult</i>
Kantor	Pekerja	10	KIMPRASWIL : Petunjuk pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)
Pabrik	Bangunan	2.500	GKW <i>Consult</i>
Pasar	Luas	12.000	KIMPRASWIL : Petunjuk pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)
Restoran	Tempat duduk	100	GKW <i>Consult</i>
Ruko	Bangunan	150	GKW <i>Consult</i>
Rumah Sakit	Tempat Tidur	200	GKW <i>Consult</i>
Salon	Bangunan	1.500	GKW <i>Consult</i>
Sekolah	Pelajar	10	KIMPRASWIL : Petunjuk pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)
Sport Center	Luas	12.000	GKW <i>Consult</i>
Supermaket	Bangunan	7.500	GKW <i>Consult</i>
Tempat Ibadah	Bangunan	2.000	KIMPRASWIL : Petunjuk pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)

(Sumber : PDAM Tirta Musi Chris Ingram 2004)

Tabel 2.5 Tingkat Pemakaian Air Non Rumah Tangga

No	Non Rumah Tangga (fasilitas)	Tingkat Pemakaian Air
1	Sekolah	10 liter/hari
2	Rumah Sakit	200 liter/hari
3	Puskesmas	(0,5 – 1) m ³ /unit/hari
4	Peribadatan	(0,5 – 2) m ³ /unit/hari
5	Kantor	(1 – 2) m ³ /unit/hari
6	Toko	(1 – 2) m ³ /unit/hari

(Sumber : SK SNI Air Bersih)

Lanjutan Tabel 2.5

No	Non Rumah Tangga (fasilitas)	Tingkat Pemakaian Air
8	Kotel/Losmen	(100 – 150) m ³ /unit/hari
9	Pasar	(6 – 12) m ³ /unit/hari
10	Industri	(0,5 – 2) m ³ /unit/hari
11	Pelabuhan/Terminal	(10 – 20) m ³ /unit/hari
12	SPBU	(5 – 20) m ³ /unit/hari
13	Pertamanan	25 m ³ /unit/hari

(Sumber : *SK SNI Air Bersih*)

2.5 Sistem Distribusi

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 :

- a. Daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani
- b. Daerah layanan ini meliputi wilayah IKK (ibu kota kecamatan) atau wilayah kabupaten/kotamadya (minat) dan kemampuan atau sosial ekonomi masyarakat, sehingga dalam suatu daerah belum tentu semua penduduk terlayani.
- c. Kebutuhan air
Kebutuhan air adalah debit air yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan.
- d. Letak topografi daerah layanan
Letak topografi daerah layanan akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai.
- e. 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 yang ke masing-masing rumah. Biasanya satu kran umum dipakai untuk melayani kurang lebih dari 20 orang.

2.5.1 Pipa Distribusi

Pipa Distribusi adalah pipa yang membawa air konsumen yang terdiri dari :

1. Pipa induk

Yaitu pipa utama pembawa air yang menghubungkan antara tempat penampungan dengan pipa tersier. Untuk menjaga kestabilan pipa induk tidak diperbolehkan untuk disadap langsung oleh pipa dinas atau pipa langsung mengalirkan air kerumah-rumah.

2. Pipa cabang

Yaitu pipa penghubung antara pipa induk dan pipa yang hirarkinya satu tingkat dibawahnya.

3. Pipa dinas

Yaitu pipa pembawa air yang lapangan melayani konsumen.

2.5.2 Pemilihan Jenis Pipa Distribusi

Pemilihan jenis pipa didasarkan oleh faktor-faktor diantaranya adalah :

1. Kemampuan pipa dalam mengalirkan air
2. Lamanya periode perencanaan
3. Fleksibilitasnya terhadap kondisi tanah terutama menyangkut ketahanan terhadap korosi.

4. Kekuatan dan daya tahan pipa terhadap tekanan dari dalam seperti tekanan statis dan water hammer dan tekanan dari luar seperti tekanan geologis tanah, tekanan air tanah, dan tekanan lalu lintas.
5. Daya tahan terhadap kualitas air yang dialirkan
6. Ketersediaan diameter maksimum dan minimum dipasaran
7. Kemudahan pengadaan, pengangkutan, dan pemasangan pada daerah pelayanan
8. Harga pipa dan biaya pemeliharaan

2.5.3 Jaringan Distribusi

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 bercabang (*branch*)

Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) mempunyai cabang sebuah pohon. Pada sisa 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.

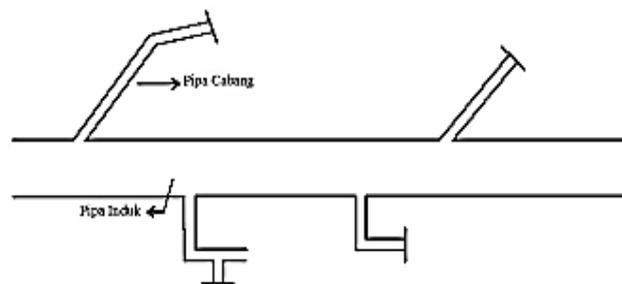
Kelebihan :

- 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 (pengambilan 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 jalan buntu, mungkin terjadi pencemaran dan sedimentasi jika tidak ada penggelontaran.
- d. Tekanan tidak mencukupi ketika dilakukan penambahan areal kedalam sistem penyediaan air minum.



Gambar 2.1 Sistem Distribusi Pipa Bercabang

2. Sistem Petak (*Grid*)

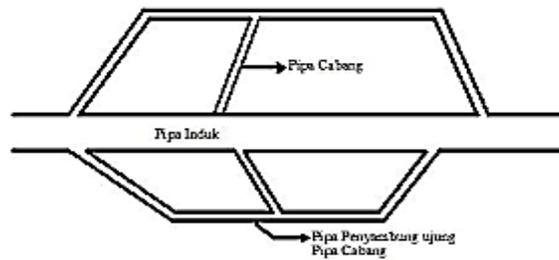
Pipa induk utama dan pipa induk sekunder terletak dalam kotak, dengan pipa induk utama, pipa induk sekunder, serta pipa pelayanan utama paling terhubung sistem ini paling banyak digunakan.

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.



Gambar 2.2 Sistem Distribusi Pipa Petak (Grid)

3. Sistem Berbingkai (*Ring*)

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

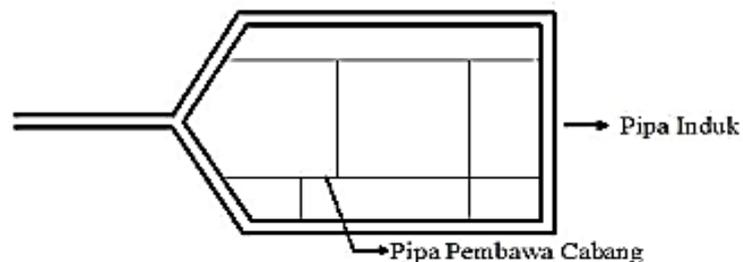
Kelebihan:

- 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.

(Sumber : Tri Joko. Graha ilmu. Unit produksi dalam sistem penyediaan air air minum, Hal : 19)



Gambar 2.3 Sistem Distribusi Pipa Berbingkai

2.6 Jenis Pipa dan Alat Sambung

2.6.1 Jenis Pipa

Dalam merancang jaringan distribusi bahan yang sering digunakan adalah pipa. Pipa yang digunakan untuk mengalirkan air bersih dibagi dalam beberapa jenis, yaitu

1. *Cast-iron pipe*

Pipa CI tersedia untuk 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. Mudah disambung
- e. Dapat menahan tekanan tanpa mengalami kerusakan.

Kekurangan :

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

2. *Concrete Pipe*

Pipa beton bisa digunakan jika tidak berada dalam tekanan dan kebocoran pada pipa tidak terlalu dipersoalkan. Diameter pipa beton mencapai 610 mm. Pipa RCC digunakan untuk diameter lebih dari 2,5 m dan bisa desain untuk tekanan 30 m.

Kelebihan :

- a. Bagian dalam pipa halus dan kehilangan akibat friksi paling sedikit-sedikit.
- b. Tahan lama, sekurangnya 75 tahun.
- c. Tidak berkarat untuk terbentuk lapisan di dalamnya.
- 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 dari pada pipa CI
- c. Mudah dipasang dan disambung
- d. Dapat menahan tekanan hingga 70 mka (meter kolam air)

Kekurangan :

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

4. *Asbestos-Cement Pipe*

Pipa ini dibuat dengan mencampur serat asbes dengan semen pada tekanan tinggi. Diameternya berkisar antara 50-900 mm dan dapat menahan tekanan antara 50-250 mka tergantung kelas dan tipe pembuatan.

Kelebihan :

- a. Ringan dan mudah digunakan
- b. Tahan terhadap air yang asam dan basa
- c. Bagian dalamnya halus dan tahan terhadap korosi
- d. Tersedia untuk ukuran yang panjang sehingga sambungannya lebih sedikit
- e. Dapat dipotong menjadi berbagai ukuran panjang dan disambung seperti pipa CI

Kekurangan :

- a. Rapuh dan mudah patah
- b. Tidak dapat digunakan untuk tekanan tinggi

5. *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 diangkat
- 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.

6. *Plastic pipe*

Pipa plastik memiliki banyak kelebihan, seperti tahan terhadap korosi, ringan dan murah. Pipa polytene tersedia dalam warna hitam. Pipa ini lebih tahan dan terhadap bahan kimia, kecuali asam nitrat dan asam kuat, lemak dan minyak.

Pipa plastik terdiri atas 2 (dua) tipe :

- a. *Low Density polytene pipe*, pipa ini lebih fleksibel, diameter yang tersedia mencapai 63 m, digunakan untuk jalur panjang dan tidak cocok untuk penyediaan air minum dalam gedung.
- b. *Hight Density polythene pipe*, pipa ini lebih kuat dibandingkan *low density polythene pipe* diameter pipa berkisar antara 16-400 mm tetapi pipa berdiameter besar hanya digunakan jika terdapat kesulitan menyambung pipa berdiameter kecil. Pipa ini juga bisa dipakai untuk mengangkut air dalam jalur yang panjang.

Pipa plastik tidak bisa memenuhi standar lingkungan, yaitu jika terjadi kontak dengan bahan-bahan seperti organik, keton, ester, alkohol, dan sebagainya. *Hight-density pipe* lebih buruk dibanding *low-density* dalam permasalahan ini.

7. *PVC (pipeunplasticised)*

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 di buat dengan cara di las.

Pipa PVC tahan terhadap asam organik, alkali dan garam, senyawa organik, serta korosi. Pipa ini banyak digunakan untuk penyediaan air minum, sistem pembuangan dan drainase bawah tanah. Pipa PVC tersedia dalam ukuran yang bermacam-macam.

(Sumber : Tri Joko, *Graha ilmu, Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Hal : 154,156, 157*)

2.6.2 Alat Sambung (*fitting*)

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 digunakan adalah :

1. *Elbow* digunakan untuk membelokkan aliran
2. *Reducing elbow* digunakan untuk memperkecil arah aliran yang dibelokkan
3. *Side outlet elbow* digunakan untuk membagi arah aliran pada belokkan
4. *Bend* digunakan untuk membelokkan arah aliran yang beradius besar
5. *Tee* digunakan untuk membagi aliran menjadi dua bagian
6. *Cross* digunakan untuk membagi aliran menjadi tiga bagian
7. *Side outlet tee* digunakan untuk membagi aliran menjadi empat bagian
8. *Socket* digunakan untuk penyambung pipa lurus
9. *Cap/dop* digunakan untuk menutup arah aliran
10. *Barrel Union* digunakan untuk bagian pipa mati
11. *Plain nipple, barrel nipple, hexagonal nipple , flange, locnut, bushis, dan long screw.*

(Sumber : *perencanaan dan penggambaran sistem perpipaan. Raswari, Hal : 4 dan 5*)

2.7 Langkah – Langkah Perhitungan Perancangan Jaringan Pipa

2.7.1 Analisis Pertumbuhan Penduduk

Dalam menganalisis pertambahan jumlah penduduk dimasa yang akan datang ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk antara lain yaitu metode Aritmatik, Metode Geometrik, Metode Regresi Eksponensial.

1. Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengansumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun formula yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah :

$$P_n = P_0 + K_a (T_n - T_0) \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

$$K_a = (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1) \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

P_n : Jumlah penduduk tahun n

P_0 : jumlah penduduk pada tahun awal

T_n :Tahun ke-n

T_0 : Tahun awal

K_a : Konstanta

P_1 : Jumlah penduduk pada tahun pertama yang diketahui

P_2 : Tahun terakhir yang diketahui

T_1 : Tahun pertama yang diketahui

T_2 : Tahun terakhir yang diketahui

(Sumber : *Dasar-Dasar Demografi. Salemba Empat, Hal :227*)

2. Metode Geometrik

Metode *Geometrik* ini banyak digunakan karena mudah dan mendekati kebenaran proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk (*Adioetomo dan Samosir, 2010*). Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun. Berikut formula yang digunakan pada metode geometrik :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

$$(1 + r)^{(T_1 - T_2)} = \frac{P_n}{P_u} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

P_n : Jumlah penduduk tahun proyeksi

P_0 : Jumlah penduduk pada tahun awal

r : angka pertumbuhan penduduk

n : periode waktu antara tahun dasar tahun n (dalam Tahun)

(Sumber : Lembaga Demografi UI, Salemba Empat, Dasar-Dasar Demografi, Hal 227)

3. Metode Regresi Eksponensial

Menurut *adioetomo dan samosir (2010)*, metode eksponensial menggambarkan pertambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik yang mengansumsikan bahwa pertambahan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu. Formula yang digunakan pada metode eksponensial adalah :

$$P_n = P_0 \cdot e^{(r \cdot n)} \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

$$(P_n / P_0) = e^{(r \cdot n)} \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\ln (P_n / P_0) = \ln (e^{(r \cdot n)}) = rn \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

$$r = \frac{[\ln(\frac{P_n}{P_0})]}{n} \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Nilai } e = 2,7182818 \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

P_n : Jumlah Penduduk pada tahun n atau t

P_0 : Jumlah Penduduk pada tahun awal

r : angka pertumbuhan penduduk

n : periode waktu antara tahun dasar dan tahun n (dalam Tahunan)

e : bilangan pokok dari sistem logaritma natural yang besarnya sama dengan
2,7182818

(Sumber : Lembaga Demografi UI, Salemba Empat, Dasar-Dasar Demografi, Hal 228-229)

2.7.2 Uji Korelasi

Untuk mengetahui metoda apa yang paling tepat dalam memproyeksikan pertumbuhan penduduk perlu dilakukan uji korelasi dengan mencari kecendrungan penduduk atau penyimpangan antara hasil proyeksi terhadap penyimpangan ideal sesuai dengan standar deviasi. Hasil yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan yang ideal yaitu angka yang terkecil. Perbandingan kecendrungan penduduk dengan metoda Geometrik, Aritmatik, dan Regresi Eksponensial menggunakan rumus :

$$\text{Standar Deviasi} = \frac{\sqrt{\varepsilon(X-(X \text{ rata-rata}))^2}}{\sqrt{n-1}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- SD : Standar Deviasi
 X : Populasi pertahun
 X rata-rata : Populasi rata-rata
 n : Jumlah tahun

2.7.3 Perhitungan Hidrolis

Perhitungan hidrolis untuk kehilangan tinggi tekan (head loss) akibat gesekan (Hgs) menggunakan persamaan Manning-Gauckler-Stricler yaitu :

$$Hgs = \frac{v^2 \cdot l}{Kst^2 \cdot d^{3/4}} = \frac{v^2 \cdot l \cdot 4^{4/3}}{Kst \cdot d^{4/3}} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Hgs = \frac{16 Q^2 / l^{4/3}}{\pi^2 Kst^2 d^{3/4} d^4} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$Hgs = K \cdot Q^2 \dots\dots\dots(2.14)$$

$$K = \frac{101,61}{\pi^2 Kst^2 d^{16/3}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

- I : Panjang pipa
 Kst : Koefisien kekasaran saluran
 d : Diameter pipa (m)
 Kst : 1/n dimana n merupakan konstanta numerik.

2.7.4. Dimensi Pipa

Di dalam suatu perencanaan suatu jaringan pipa distribusi pendimensionan pipa sangat diperlukan. Agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan di dalam suatu perencanaan rumus yang dipergunakan adalah :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.16)$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \dots\dots\dots(2.17)$$

$$d = \frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

Q : debit pengaliran (m^3 /detik)

V : kecepatan pengaliran (m/detik)

A : luas penampang (m)

d : diameter (m)

2.7.5 Debit Penyadapan

Debit penyadapan untuk satu sambungan rumah atau fasilitas umum per detiknya dapat dihitung dengan cara :

Debit penyadapan 1 sambungan rumah atau fasilitas umum :

$$= \frac{\text{kebutuhan orang perhari} \times \text{jumlah orang}}{\text{waktu pemakaian rata-rata /hari}} \dots\dots\dots(2.19)$$

2.7.6 Debit Pelayanan

untuk menghitung debit pelayanan pada suatu daerah yang direncanakan dapat dihitung dengan cara :

a. debit pelayanan untuk sambungan rumah (Q domestik)

$$= \sum \text{Sambungan rumah} \times \text{debit penyadapan 1 sambungan rumah} \dots\dots\dots(2.20)$$

b. debit pelayanan untuk fasilitas umum (Q non domestik)

$$= \sum \text{Fasilitas Umum} \times \text{debit penyadapan 1 fasilitas umum} \dots\dots\dots(2.21)$$

c. Total debit pelayanan

$$Q \text{ total} = Q \text{ domestik} + Q \text{ non domestik} \dots\dots\dots(2.22)$$

2.7.7 Hilang tinggi tekanan

Tekanan terhadap aliran dalam pipa yang menyebabkan hilang tinggi tekanan, tidak hanya disebabkan oleh panjang pipa akan tetapi oleh perlengkapan pipa seperti lengkung dan katup yang menyerap energi dengan menimbulkan turbulensi yang relatif besar. Persoalan aliran dalam pipa hanya mencakup masalah pipa yang penuh dialiri cairan. Hilang tinggi tekanan di klasifikasikan sebagai berikut :

1. Hilang tinggi tekanan besar

Dalam airan pipa, hilang tinggi tekanan besar terutama adalah hilang tinggi tekanan akibat gesekan dan dinyatakan dengan Hgs.

a. Persamaan Darcy

$$H_{gs} = \lambda \frac{l \cdot v^2}{d \cdot 2g} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

Hgs : Hilang tinggi tekanan karena gesekan (m)

λ : koefisien gesekan Darcy (faktor gesekan)

l : panjang pipa (m)

v : kecepatan aliran (m/det)

d : Diameter pipa (m)

g : Percepatan karena gaya tarik bumi (m/det²)

(sumber : *hidrolika 1 edisi pertama*)

b. Persamaan manning-gauckler-strickler

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l}{K_{st}^2 \cdot R^{3/4}} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$Q = v \cdot A \rightarrow v = \frac{v}{A} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

Q : Debit pengaliran (m³/det)

Kst : Koefisien gesekan pipa strickler

l : Panjang pipa (m)

d : Diameter (m)

n : Konstanta numerik

Hgs : kehilangan tinggi tekanan

V : kecepatan aliran

R : Radius hidrolis

c. Persamaan Hazen William

Persamaan hazen william yang paling umum dipakai persamaan ini lebih cocok untuk menghitung kehilangan tekanan untuk pipa dengan diameter besar yaitu diatas 100 mm. Selain itu rumus ini sering dipakai karena mudah digunakan.

Persamaan Hazen William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir di dalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (s) yang dinyatakan sebagai kehilangan tekanan (hL) dibagi dengan panjang pipa (L) atau $S = (hL / L)$. Disamping itu ada faktor C yang menggambarkan kondisi fisik dari pipa seperti kehalusan dinding dalam pipa yang menggambarkan jenis pipa dan umur. Secara umum rumus Hazen William adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,2785 \cdot C \cdot d^{0,63} \cdot S^{0,54} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

$$S = (Hgs/L) \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

L = panjang pipa dari 1 ke 2

Apabila kehilangan tekanan atau hL yang akan dihitung maka :

$$Hgs = (Q / 0,2785 \cdot C \cdot d^{2,63})^{1,85} \cdot L \dots\dots\dots(2.28)$$

C (koefisien Hazen William) berbeda untuk berbagai jenis pipa di tabel 2.3 dapat dilihat koefisien tersebut.

Tabel 2.6 koefisien Hazen William

No.	Jenis material pipa	Nilai C perencanaan
1.	Asbes cement	120
2.	Polyvinyl Chloride (PVC)	120 – 140
3.	High Density poly Ethylene (HDPE)	130
4.	Medium Density Poly Ethylene (MDPE)	130
5.	Ductile Cast Iron Pipe (CIP)	110
6.	Besi Tang Cast Iron (CIP)	110
7.	Galvanised Cat Iron (GIP)	110
8.	Steel Pipe (Pipa Baja)	110

2. Hilang tinggi tekanan kecil

Hilang tinggi tekanan kecil disebabkan oleh :

a. Pembesaran tiba-tiba

Rumus :

$$H_e = k_e \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

H_e : kehilangan energi akibat pembesaran

K_e : koefisien kehilangan energi akibat pembesaran

$$K_e : \left(\frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2. \quad \dots\dots\dots(2.30)$$

b. Penyempitan tiba-tiba

Rumus :

$$H_c = K_c \frac{v^2}{2g} \quad \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

H_c : Kehilangan energi akibat penyempitan

K_c : Koefisien kehilangan energi akibat penyempitan

v : Kecepatan rata-rata aliran dengan diameter D_2 (yaitu di hilir dan pembesaran)

nilai K_c untuk berbagai nilai D_2/D_1 pada tabel 2.4

Tabel 2.7 Nilai K_c untuk berbagai nilai D_2/D_1

D_2/D_1	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
K_c	0,5	0,45	0,38	0,26	0,14	0

(Sumber : *Hidrolika Terapan Edisi Revisi*)

2.7.8 Fluktuasi Pemakaian Air

Fluktuasi pemakaian air adalah penggunaan air oleh konsumen dari waktu ke waktu dalam skala jam, hari, minggu, bulan maupun dari tahun ke tahun yang hampir sama secara terus menerus. Sesuai dengan keperluan perancangan sistem yang penyediaan air bersih.

2.7.9 Perhitungan Volume Reservoir

Sistem distribusi air minum terdiri dari jaringan perpipaan berikut reservoir distribusi. Dalam distribusi reservoir memiliki tiga fungsi pokok, yaitu :

1. Sebagai penyeimbang aliran
2. Sebagai penyeimbang tekanan
3. Sebagai distributor

Menurut konstruksinya, dikenal dua macam reservoir, yaitu :

a. Reservoir di permukaan tanah (*ground tank*)

Reservoir ini dapat dibuat dengan volume yang sangat besar dan biasanya berupa konstruksi beton.

b. Reservoir di atas kaki (menara air atau water tower/*elevated tank*)

Reservoir ini dibuat untuk dengan volume terbatas dan biasanya berupa konstruksi baja atau beton.

Sedangkan menurut cara pengalirannya, juga dikenal dua macam reservoir, yaitu :

a. Reservoir tinggi

Yaitu reservoir yang cara pengalirannya kesehatan perpipaan distribusi adalah secara gravitasi. Reservoir yang termasuk jenis ini, tidak bergantung pada letaknya diatas tanah. Ground reservoir dapat saja merupakan reservoir tinggi jika terletak di daerah dengan elevasi tinggi sehingga memungkinkan pengaliran secara gravitasi. Perhitungan volume reservoir dilakukan dengan cara perhitungan berikut :

$$V_r = P_n \times Q \quad \dots\dots\dots(2.32)$$

V_r : Volume reservoir (m^3 /hari)

P_n : Tahun awal proyeksi

b. Reservoir rendah

Yaitu reservoir yang pengaliran airnya ke sistem perpipaan distribusi memerlukan pemompaan. Reservoir jenis ini biasanya memerlukan reservoir di permukaan tanah (*ground tank*). Volume reservoir dihitung berdasarkan selisih antara suplai dan pemakaian air per jam. Dalam penentuan volume reservoir digunakan cara analisa dengan menghitung persen tiap jam pemakaian berdasarkan tabel fluktuasi pemakaian air.

Untuk reservoir yang digunakan pada perencanaan ini secara menurut pengalirannya menggunakan reservoir rendah. Dan untuk perhitungan volume reservoir rendahnya dapat dilakukan dengan cara perhitungan berikut :

$$\text{Produksi Air Komulatif} = \frac{\text{Kebutuhan Air}}{1000} \times 3600$$

$$\text{Pemakaian Air} = \text{Produksi Air} \times 24 \times \% \text{ pemakaian air}$$

$$\text{Sisa Air} = \text{Produksi Komulatif} - \text{Pemakaian Air}$$

Volume Reservoir = Jumlah sisa air terbesar – Jumlah sisa air tercukupi

2.7.10 Perhitungan *Hardy Cross*

Dianggap bahwa karakteristik pipa dan aliran 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.

Prosedur perhitungan dengan metode *Hardy Cross* (*Y.P.Pangaribuan dan Endang P Tachan, Hidrolika Teknik Edisi Kedua*) adalah sebagai berikut :

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa Q_0 hingga terpenuhi syarat kontinuitas.
2. Hitung kehilangan tinggi tekanan ($K_{gs} = K \cdot Q^2$) di tiap pipa.

$$K = \frac{101,61 L}{n^2 \cdot K_s t^2 \cdot d^{\frac{16}{3}}} \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan :

K = Koefisien hilang tekan

Q = Debit Pengaliran ($m^3/detik$)

L = Panjang pipa (m)

d = Diameter pipa (m)

3. Bagi jaringan pipa menjadi beberapa jaringan tertutup sehingga tiap pipa termasuk dalam paling sedikitnya satu jaringan.
4. Hilang jumlah hilang tinggi tekanan sekeliling tiap jaringan ($\sum H_{gs} = 0$)
5. Hitung nilai $\sum H_{gs} / Q$ untuk tiap jaringan.
6. Pada tiap jaringan diadakan koreksi debit ΔQ , supaya kehilangan tinggi tekanan dalam jaringan seimbang. Adapun koreksinya adalah sebagai berikut:

$$\Delta Q = \frac{\sum K \cdot Q^2}{2 \cdot \sum K \cdot Q_0} \dots\dots\dots(2.34)$$

7. Debit yang telah dikoreksi sebesar $Q = Q_0 + \Delta Q$, prosedur dari 1 sampai 4 diulangi hingga akhirnya $\Delta Q = 0$, dengan Q adalah debit sebenarnya, Q_0 adalah debit yang dimisalkan dan ΔQ adalah debit hasil koreksi.

2.8 Manajemen Proyek

Manajemen Proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengedalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan system dan hirarki (arus kegiatan) vertikal dan horizontal. Adapun tahapan dalam pembuatan manajemen proyek ini adalah sebagai berikut :

2.8.1 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

1. Daftar Harga Satuan bahan dan upah
2. Analisa harga satuan pekerjaan
3. Perhitungn volume pekerjaan
4. Rekapitulasi Biaya

2.8.2 Bar Charts

Bar charts adalah sekumpulan daftar kegiatan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom atah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Daftar item Kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegitan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
2. Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
3. Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

(Sumber : wulfram I. Ervianto, Andi, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Hal 162-163)

2.8.3 Network Planning

Network Planning adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam *network* diagram proyek yang bersangkutan. (Tubagus Haedar Ali. 1995)

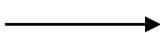
a. Fungsi Nwp

Network planning merupakan teknik perencanaan yang dapat mengevaluasi interaksi antara kegiatan-kegiatan. Manfaat yang dapat digunakan dari pemakaian analisis *network* adalah sebagai berikut :

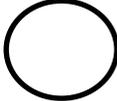
1. Dapat menganalisis (Identifikasi) jalur kritis (*critical path*) dalam hal ini adalah jalur elemen yaitu kegiatan yang kritis dalam skala waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.
2. Dapat diketahui dengan pasti kesukaran yang akan timbul jauh sebelum terjadinya sehingga dapat diambil tindakan yang presentatif.
3. Mempunyai kemampuan mengadakan perubahan-perubahan sumber daya dan memperhatikan efek terhadap waktu selesainya proyek.
4. Sebagai alat komunikatif yang efektif.
5. Memungkinkan tercapainya penyelenggaraan proyek yang lebih ekonomis dipandang dari sudut biaya langsung dan penggunaan sumber daya yang optimum.
6. Dapat dipergunakan untuk memperkirakan efek-efek dari hasil yang dicapai suatu kegiatan terhadap keseluruhan rencana.

b. Bentuk NWP (*network planning*)

Network adalah grafik dari suatu rencana produk yang menunjukkan interelasi dari berbagai aktifitas. *Network* juga sering disebut diagram panah, apabila hasil perkiraan dan perhiungan waktu telah dibubuhkan pada *network* maka ini dapat dipakai sebagai jadwal proyek (*project schedule*) untuk membenuk gambar dari rencana *network* tersebut perlu digunakan simbol-simbol antara lain :

1.  : Arrow / anak panah

Yang menyatakan aktivitas atau kegiatan yaitu suatu kegiatan atau pekerjaan dimana penyelesaiannya membutuhkan Durasi (jangka waktu tertentu) kepala anak panah menjadi pedoman arah tiap kegiatan, dimana panjang dan kemiringan tidak berpengaruh.

2.  : *Node / event*

Node digunakan untuk menggambarkan kapan aktivitas didahului atau diikuti oleh aktivitas sebelumnya. *Node* diletakkan diawal dan akhir setiap anak panah.

3. ----- : *Dummy / anak panah terputus-putus*

Tidak memiliki durasi / ketergantungan dengan yang lain dan selalu ditampilkan dengan menggunakan anak panah dengan garis putus-putus.

4. Lintasan Kritis

Jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi, Lintasan kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis dimulai dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir proyek (soeharto, 1995).

2.8.4 Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari barchart bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk melalui dalam jangka waktu pengamatan progres pelaksanaan proyek (*Callahan, 1992*). Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan presentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.

a. Fungsi Kurva S

Adapun Fungsi Kurva S adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis kemajuan /progres suatu proyek secara keseluruhan.
2. Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek.

3. Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S actual (*Iman Soeharto, 1998*).

b. Bentuk Kurva S

Bentuk Kurva S merupakan sebagai acuan untuk menggambarkan hasil dari analisa suatu perhitungan yang umumnya berbentuk pola huruf “S” agar dapat mempermudah dalam membaca kenaikan maka grafik sangat diperlukan.