

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Penyediaan Air Bersih

Air bersih dalam kehidupan manusia merupakan salah satu kebutuhan paling esensial, sehingga kita perlu memenuhinya dalam jumlah dan kualitas yang memadai. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1405/Menkes/Sk/XI/2002, bahwa air bersih adalah air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak.

Penyediaan air bersih di Indonesia untuk masyarakat dilakukan masyarakat itu sendiri dan oleh PDAM. Dimana air yang dihasilkan PDAM pun bukan merupakan air minum yang langsung dapat diminum seperti air minum dari kemasan melainkan masih pada tingkat air bersih, karena air dari PDAM dapat kita minum setelah dimasak terlebih dahulu (bakteriologis, kimiawi, radioaktif dan fisik) dan dapat langsung diminum. Adapun pengertian air minum dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18/PRT/M/2007 adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Sedangkan Pengertian lain mengenai air minum menurut (Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 pasal 1 ayat 1) adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan (bakteriologis, kimiawi, radioaktif dan fisik) dan dapat langsung diminum.

Tujuan sistem penyediaan air bersih adalah agar dapat menyalurkan/mensuplai air bersih kepada konsumen dalam jumlah yang cukup. Bagian terpenting dalam sistem penyediaan air bersih adalah sumber air baku, yang dimana dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18/PRT/M/2007 air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air

yang berasal dari sumber cekungan air tanah atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai baku untuk air minum.

2.2 Sumber-sumber Air

Ketersediaan air dalam pengertian sumber daya air pada dasarnya berasal dari air hujan (atmosferik), air permukaan dan air tanah. Hujan yang jatuh di atas permukaan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) atau Wilayah Sungai (WS) sebagian akan menguap kembali sesuai dengan proses iklimnya, sebagian akan mengalir melalui permukaan dan subpermukaan masuk ke dalam saluran, sungai atau danau dan sebagian lagi akan meresap jatuh ke tanah sebagai pengisian kembali (*recharge*) pada kandungan air tanah yang ada.

Ketersediaan air yang merupakan bagian dari fenomena alam, sering sulit untuk diatur dan diprediksi dengan akurat. Hal ini karena ketersediaan air mengandung unsur variabilitas ruang (*spatial variability*) dan variabilitas waktu (*temporal variability*) yang sangat tinggi. Konsep siklus hidrologi adalah bahwa jumlah air di suatu luasan tertentu dihamparan bumi dipengaruhi oleh masukan (*input*) dan keluaran (*output*) yang terjadi.

Air permukaan adalah air yang mengalir secara berkesinambungan atau dengan terputus-putus dalam alur sungai atau saluran dari sumbernya yang tertentu, dimana semua ini merupakan bagian dari sistem sungai yang menyeluruh. Yang termasuk air permukaan meliputi air sungai (*rivers*), saluran (*stream*), sumber (*springs*) danau dan waduk. Indra Kusuma Saria, Lily Montarcih Limantarab, Dwi Priyantoro (Suripin, 2002) mengemukakan bahwa Jumlah air permukaan diperkirakan hanya 0.35 Juta Km³ atau sekitar 1% dari air tawar yang ada di bumi. Dari sumber air di atas, yang mempunyai ketersediaan air paling besar untuk dimanfaatkan adalah sumber air permukaan dalam bentuk air sungai, saluran, danau, waduk, dan lainnya.

Adapun dasar pertimbangan pemilihan alternatif sumber air dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum sebagai berikut :

1. Air sungai, umumnya memerlukan pengolahan untuk menghasilkan air minum, sehingga sumber air sungai baru dapat diperbandingkan dengan mata air, hanya apabila lokasi bangunan penyadap (*intake*) terletak dekat dengan daerah pelayanan;
2. Danau atau rawa, pengisiannya (*inflow*) umumnya berasal dari satu atau beberapa sungai. Alternatif sumber danau dapat diperbandingkan dengan air permukaan sungai apabila volume air danau jauh lebih besar dari aliran sungai-sungai yang bermuara kedalamnya, sehingga waktu tinggal yang lama (*long detention time*) dari aliran sungai ke danau menghasilkan suatu proses penjernihan alami (*self purification*);
3. Mata air, sering dijumpai mengandung CO₂ agresif yang tinggi yang walaupun tidak banyak berpengaruh pada kesehatan tetapi cukup berpengaruh pada bahan pipa (bersifat korosif)
4. Air tanah dalam, dapat diajukan sebagai alternatif sumber air dalam hal air permukaan (sungai) telah terkontaminasi berat, mengingat kualitas air tanah secara bakteriologis lebih aman daripada air permukaan;
5. Pertimbangan lain, berkaitan dengan kebijaksanaan pemerintah kabupaten/kota mengenai peruntukan sumber.

Sedangkan penggunaan air tanah menurut PP RI No. 16 Tahun 2015 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum bahwa penggunaan air tanah untuk air baku merupakan pilihan setelah air permukaan sudah tidak mencukupi. Penggunaan air tanah untuk air baku tidak dibenarkan dalam jumlah yang melebihi kemampuan alam mengisinya kembali (*natural recharge*). Dalam keadaan yang memaksa apabila diperkirakan terjadi pengambilan air tanah untuk air baku melebihi kemampuan *natural recharge*, penyelenggara diwajibkan mengisi air tanah dengan air bersih (*refill*) atas biaya penyelenggara sehingga dapat dijamin tidak terjadinya kerusakan lingkungan berupa penurunan muka air tanah asli (muka air tanah pada waktu air tanah belum dimanfaatkan). Penurunan muka air tanah dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang tidak dapat diperbaiki, yaitu antara lain : intrusi air laut ke dalam air tanah dan turunnya permukaan tanah.

2.3 Prinsip Dasar Penyediaan Air Bersih

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 Nomor: 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	Kesadanan (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	-
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. Mikrobiologik				
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 (<i>Gross Alpha Activity</i>)	Bg/l	0,1	-
2	Aktivitas Beta (<i>Gross Beta Activity</i>)	Bg/l	1,0	-

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

Adapun evaluasi kualitas air dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 yang tertera pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Evaluasi Kualitas Air

PARAMETER	MASALAH KUALITAS	PENGOLAHAN	KESIMPULAN
BAU	Bau tanah	Kemungkinan dengan saringan karbon aktif	Dapat dipakai jika percobaan pengolahan berhasil
	Bau besi	Aerasi + Saringan pasir lambat, atau aerasi + saringan karbon aktif	Bisa dipakai dengan pengolahan
	Bau sulfur	Kemungkinan Aerasi	Dapat dipakai jika percobaan pengolahan berhasil
	Bau lain	Tergantung jenis bau	Dapat dipakai jika percobaan pengolahan berhasil
RASA	Rasa asin/payau	Aerasi + saringan karbon aktif	Tergantung kadar Cl dan
	Rasa besi	Aerasi + Saringan pasir lambat, atau aerasi + saringan karbon aktif	Bisa dipakai dengan pengolahan
	Rasa tanah tanpa kekeruhan	Saringan karbon aktif	Mungkin bisa dipakai dengan pengolahan
	Rasa lain	Tergantung jenis rasa	Tidak dapat dipakai
KEKERUHAN	Kekeruhan sedang, coklat dari lumpur	Saringan pasir lambat	Bisa dipakai bila dengan pengolahan
	Kekeruhan tinggi, coklat dari lumpur	Pembubuhan PAC + saringan pasir lambat	Bisa dipakai bila dengan pengolahan, dengan
	Putih	Pembubuhan PAC	Dapat dipakai jika percobaan pengolahan berhasil

	Agak kuning sesudah air sebentar di ember	Aerasi + saringan pasir lambat, atau aerasi + saringan karbon aktif	Dapat dipakai jika percobaan pengolahan berhasil
WARNA	Coklat tanpa kekeruhan	Kemungkinan dengan saringan karbon aktif	Dapat dipakai jika percobaan pengolahan berhasil

(Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007)

2.3.2 Kuantitas air

Secara umum penyediaan air bersih adalah berasal dari sumber air permukaan atau air dalam tanah. Untuk wilayah kota Palembang, sumber penyediaan air yang dikelola oleh PDAM berasal dari air permukaan (Sungai musi). Dimana kuantitas air yang berasal dari air permukaan ini mencukupi untuk didistribusikan. Kuantitas atau jumlah air yang mengalir dari pusat distribusi sangatlah penting dalam merencanakan jaringan distribusi. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi adalah agar kebutuhan masyarakat akan tersedianya air bersih dapat terlayani dengan baik. Untuk itu hal-hal yang dapat mengurangi jumlah air yang didistribusi antara lain disebabkan oleh banyaknya sambungan pipa dan panjangnya jalur pipa sedapat mungkin dihindarkan.

Pemakaian air oleh suatu masyarakat bertambah besar dengan kemajuan masyarakat tersebut, sehingga pemakaian air sering kali dipakai sebagai salah satu tolak ukur tinggi rendahnya suatu masyarakat.

2.3.3 Kontinuitas air

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus-menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Seperti yang tercantum dalam PP RI No. 16 Tahun 2015 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih juga harus tersedia 24 jam per hari atau setiap saat diperlukan kebutuhan air tersedia.

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 aktifitas 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 institusi pengelolaan sistem.

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. Di dalamnya setiap kategori tertentu kebutuhan air per orang per hari berbeda-beda.

Untuk mengetahui kriteria perencanaan air bersih pada tiap-tiap kategori dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Kriteria Perencanaan Sektor Air Bersih

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH JIWA				
		< 1.000.000 METRO	500.000 s.d 1.000.000 BESAR	100.000 s.d 500.000 SEDANG	20.000 s.d 100.000 KECIL	<20.000 DESA
	1	2	3	4	5	6
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) liter/orang/hari	190	170	130	100	80
2	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU) liter/orang/hari	30	30	30	30	30

3	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Faktor Hari Maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
5	Faktor Jam Puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
6	Jumlah jiwa per SR	5	5	6	6	10
7	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100-200	200
8	Jam operasi	24	24	24	24	24
9	Volume Reservoir (% max day demand)	20	20	20	20	20
10	SR:HU	50:50:00 80:20:00	51:50:00 81:20:00	80:20:00	70:30:00	70:30:00
11	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	75

(Sumber : Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum)

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 2.4 Kebutuhan Air Non Domestik

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	2.000	liter/hari
Masjid	3.000	liter/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/hektar
Kawasan Pariwisata	0,1 - 0,3	liter/detik/hektar

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

Tabel 2.5 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	KIMPRASWIL : Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)
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>
Supermaret	Bangunan	7.500	GKW <i>Consult</i> 5t
Tempat Ibadah	Bangunan	2.000	KIMPRASWIL : Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)

(Sumber : PDAM Tirta Musi 2004)

Tabel 2.6 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
7	Rumah Makan	1 m ³ /unit/hari
8	Hotel/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

Kebutuhan air non domestik ditentukan dari besarnya kebutuhan air domestik. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Indra Kusuma Sari, Lily Montarcih dan Dwi Priyantoro besarnya kebutuhan air non domestik dibagi menjadi tiga kategori yaitu:

- a. Kota besar : $(30 - 45) \% \times$ kebutuhan air domestik
- b. Kota sedang : $(20 - 30) \% \times$ kebutuhan air domestik
- c. Kota kecil : $(10 - 20) \% \times$ kebutuhan air domestik

Besarnya kebutuhan air non domestik menurut Pedoman Konstruksi dan Bangunan Departemen PU dibagi menjadi tiga kriteria berdasarkan jumlah penduduk. Kebutuhan air non domestik berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan Departemen PU dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.7 Standar Kebutuhan Air Non Domestik

Kriteria (Jumlah Penduduk)	Jumlah Kebutuhan Air Domestik (% Kebutuhan Air Rumah Tangga)
> 500.000	40
100.000 - 500.000	35
< 100.000	25

(Sumber : Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Dep. PU)

2.5 Sistem Distribusi dan Sistem Pengaliran Air Bersih

2.5.1 Sistem distribusi air bersih

Yuliana Rivai, Ali Masduki Bowo, dan Djoko Marsono (*Depkimpraswil, 2002*) mengemukakan bahwa Sistem Penyediaan Air Bersih adalah suatu sistem penyediaan air bersih yang meliputi pengambilan air baku, proses pengolahan dan reservoir serta distribusi

Sedangkan Sistem distribusi dalam jurnal oleh Yuliana Rivai, Ali Masduki Bowo, dan Djoko Marsono (*Al-Layla, 1980*) adalah jaringan perpipaan untuk mengalirkan air minum dari reservoir menuju daerah pelayanan/ konsumen sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengelolaan (reservoir) ke daerah pelayanan

(konsumen). Juga termasuk dalam sistem ini adalah fasilitas penampungan air yang telah diolah (reservoir distribusi) yang digunakan saat kebutuhan air lebih besar dari suplai instalasi.

Terdapat dua hal penting yang harus diperhatikan pada sistem distribusi adalah tersedianya jumlah air yang cukup dan tekanan yang memenuhi, serta menjaga keamanan kualitas air yang berasal dari instalasi pengolahan.

Air yang disuplai melalui jaringan pipa distribusi, sistem pengalirannya terbagi atas dua alternatif pendistribusian, yaitu :

1. *Continuous System* (Sistem Berkelanjutan)

Pada sistem ini, suplai dan distribusi air kepada konsumen dilaksanakan secara terus-menerus selama 24 (dua puluh empat) jam. Sistem ini biasanya diterapkan bila pada setiap waktu kuantitas air baku dapat memenuhi kebutuhan konsumsi air di daerah pelayanan.

2. *Intermittent System*

Pada sistem ini air minum yang disuplai dan didistribusikan kepada konsumen dilakukan hanya selama dua sampai empat jam pada pagi dan sore hari. Sistem ini biasanya diterapkan apabila kuantitas air dan tekanan air tidak mencukupi.

2.5.2 Sistem pengaliran air bersih

Dalam pendistribusian air bersih terdapat tiga sistem pengaliran yang pemilihan jenisnya disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan yaitu:

1. Pengaliran Sistem Gravitasi

Sistem ini digunakan bila elevasi sumber air baku atau instalasi pengolahan secara topografi berada jauh diatas elevasi daerah pelayanan dan sistem ini dapat memberikan energi potensial yang cukup tinggi hingga pada daerah pelayanan terjauh.

2. Pengaliran Sistem Pemompaan

Sistem ini digunakan apabila beda elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan dengan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan air

yang cukup, sehingga air yang akan didistribusikan, agar tekanan meningkat, di pompa ke jaringan pipa distribusi.

3. Pengaliran Sistem Kombinasi

Sistem ini merupakan kombinasi dari sistem gravitasi dan pemompaan dimana air minum dari sumber atau instalasi pengolahan dialirkan ke jaringan pipa distribusi dengan menggunakan pompa dan reservoir distribusi, dioperasikan secara bergantian atau bersama-sama sesuai dengan keadaan topografi daerah pelayanan.

2.6 Jenis Pipa dan Alat Sambung

2.6.1 Jenis pipa

Instalasi pipa air bersih di PDAM Tirta Musi menggunakan beberapa macam bahan dan material yang digunakan, yaitu :

1. Pipa PVC

Pipa ini merupakan pipa yang terbuat dari plastik dan dengan kombinasi vinil. Mempunyai karakter pipa yang tahan lama dan mudah perawatannya. Keuntungan pipa PVC adalah tidak berkarat, permukaan licin, elastisitas tinggi, ringan, tahan terhadap zat kimia dan mudah dibongkar. Kerugiannya tidak tahan panas, pipa yang sudah dibentuk sulit diubah, dan mudah pecah.

2. Pipa HDPE

Merupakan pipa dengan daya lentur yang tinggi. Dapat digunakan di daerah perbukitan, rawan gempa, dan daerah rawa. Kelebihan pipa ini adalah tahan terhadap retak, tahan terhadap bahan kimia, tahan karat, tahan segala cuaca, tahan abrasi dan sedimentasi, tidak beracun sehingga aman untuk air bersih, ringan, dan tahan terhadap suhu rendah.

2.6.2 Alat sambung

Penyambungan pipa merupakan keterbatasan panjang dan pipa yang dijual dipasaran maka dalam pekerjaan suatu instansi kita tak terlepas dari penyambungan-penyambungan. Adapun macam-macam alat sambung tersebut sebagai berikut :

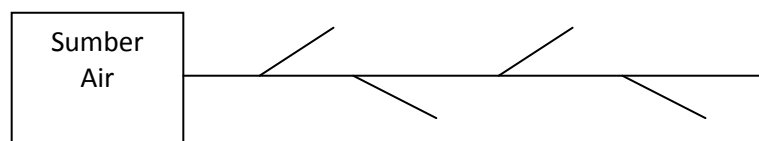
1. *Tee All RR*
Berfungsi untuk menyambungkan jalur pipa distribusi pada persimpangan jalan.
2. *Flange Socket*
Berfungsi untuk menyambungkan pipa distribusi pada koneksi *Tee All Flange* ke pipa distribusi.
3. *Giboult Joint*
Berfungsi untuk menyambung pipa *existing* ke pipa yang baru terpasang.
4. *Bend Flange 90°*
Berfungsi untuk membelokkan arah aliran yang beradius besar atau 90°
5. *Reduser RR*
Berfungsi sebagai penyambung pipa dari transmisi ke pipa distribusi atau untuk menyambungkan pipa yang besar ke pipa yang lebih kecil.
6. *Socket*
Digunakan untuk memperpanjang pipa (menyambung pipa lurus) dan diameter pipa yang disambung sama dengan penyambung.
7. *Elbow*
Digunakan untuk membelokkan aliran
8. *Tee Stuck*
Digunakan untuk membagi aliran menjadi dua arah.
9. *Cross*
Digunakan untuk membagi aliran menjadi 3 arah.
10. *Barrel Union*
Digunakan untuk menyambung pipa permanent (mati) yang terdiri dari 3 bagian.
11. *Hexagonal Nipple*
Digunakan untuk mengencangkan sambungan pipa, bentuk sambungan ini segi enam, ditengah alat ini digunakan untuk mengencangkan sambungan dengan bantuan kunci pipa. (*Sumber : PDAM Tirta Musi Palembang, 2004*)

2.7 Pola Jaringan Distribusi

Macam pola jaringan sistem distribusi air bersih :

1. Sistem Cabang

Adalah sistem pendistribusian air bersih yang bersifat terputus membentuk cabang-cabang sesuai dengan daerah pelayanan.



Gambar 2.1 Sistem Cabang

Keuntungan :

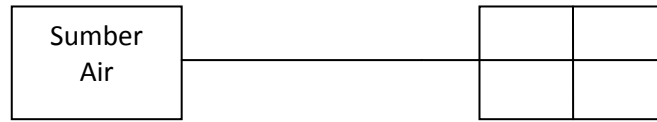
- 1) Tidak membutuhkan perhitungan dimensi pipa yang rumit karena debit dapat dibagi berdasarkan cabang-cabang pipa pelayanan.
- 2) Untuk pengembangan daerah pelayanan lebih mudah karena ahanya tinggal menambahkan sambungan pipa yang telah ada.

Kerugian :

- 1) Jika terjadi kebocoran atau kerusakan pengaliran pada seluruh daerah akan terhenti.
- 2) Pembagian debit tidak merata.
- 3) Opresional lebih sulit karena pipa yang satu dengan yang lain saling berhubungan.

2. Sistem Loop

Adalah sistem perpipaan melingkar dimana ujung pipa yang satu bertemu dengan ujung pipa yang lain. Sistem loop inilah yang digunakan pada perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih di Kelurahan Talang Bubuk Kecamatan Plaju Kota Palembang.



Gambar 2.2 Sistem Loop

Keuntungan :

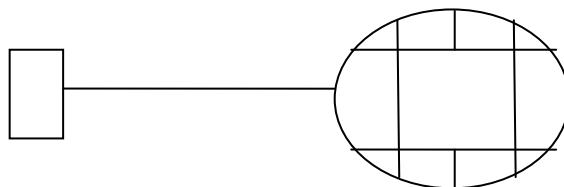
- 1) Debit terbagi rata karena perencanaan diameter berdasarkan pada jumlah kebutuhan total
- 2) Jika terjadi kebocoran atau kerusakan atau perubahan diameter pipa maka hanya daerah tertentu yang tidak mendapat pengaliran, sedangkan untuk daerah yang tidak mengalami kerusakan aliran air tetap berfungsi.
- 3) Pengoperasian jaringan lebih mudah.

Kerugian :

Perhitungan dimensi perpipaan membutuhkan kecermatan agar debit yang masuk pada setiap pipa merata.

3. Sistem Melingkar

Dibandingkan dengan sistem-sistem sebelumnya merupakan sistem yang terbaik. Sirkulasi air dalam jaringan lancar, bila ada perbaikan kerusakan distribusi air tidak akan terhenti.



Gambar 2.3 Sistem Melingkar

Keuntungan lainnya :

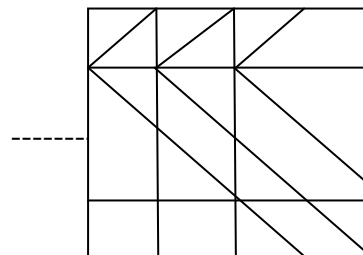
- 1) Pemerataan tekanan baik

Kerugiannya :

- 1) Biaya investasi mahal
- 2) Sistem operasi yang sulit

4. Sistem Diagonal

Merupakan Suatu sistem yang paling baik dan efisien karena air dapat mengalir ke suatu tempat dari berbagai arah, artinya suatu tempat tidak hanya mendapatkan air dari suatu sistem jaringan saja. Kerugiannya adalah biaya operasi dan pembuatannya sangatlah mahal.



Gambar 2.4 Sistem Diagonal

2.8 Langkah-langkah Perhitungan Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi

2.8.1 Analisa pertumbuhan penduduk

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

1. Metode Geometrik

Digunakan untuk meramalkan data/kejadian lain yang perkembangannya atau pertumbuhannya sangat cepat untuk keperluan proyeksi penduduk, metode ini digunakan bila jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. Metode ini

tepat untuk diterapkan pada kasus pertumbuhan penduduk di kota yang pertumbuhan ekonominya tinggi dan perkembangan kotanya pesat.

Rumus :

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

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o} \right)^{1/n} - 1$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke n

P_o = Jumlah penduduk pada awal tahun

r = Tingkat pertumbuhan penduduk (%)

n = Jumlah interval tahun

2. Metode Aritmatik

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

Rumus :

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

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

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal

T_n = Tahun ke-n

T_o = Tahun awal

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

3. Metode Regresi Eksponensial

Hampir sama dengan Metode Geometrik, perbedaannya pada metoda ini menggunakan bilangan e.

Rumus :

$$P = P_0 \times e^{B(T_0 - T_n)}$$

$$B = \frac{\{\ln(p_2:p_1)\}}{(T_1 - T_2)}$$

$$\text{Harga } e = 2,718281828$$

Dimana :

B = Konstanta

Pt = Jumlah penduduk tahun pertama

Po = Jumlah penduduk pada tahun awal

Tn = Tahun ke-n

P1 = Jumlah penduduk tahun ke-1

P2 = Jumlah penduduk tahun ke-2

4. Uji Korelasi

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

Rumus Standar Deviasi :

$$\text{Standar Deviasi (SD)} = \sqrt{\frac{(\sum X)^2 - \frac{\sum X^2}{n}}{n}}$$

Dimana :

SD = Standar Deviasi

X = Selisih jumlah penduduk diproyeksi dengan jumlah penduduk sebelumnya

N = Jumlah tahun

2.8.2 Perhitungan hidrolis

Perhitungan hidrolis untuk kehilangan tinggi tekan (Head Loss) akibat gesekan (Hgs) menggunakan persamaan Manning-Gauckler-Strickler, yaitu:

$$Hgs = \frac{v^2/l}{Kst^2 4^{3/4}} = Hgs = \frac{v^2 \cdot l \cdot 4^{3/4}}{Kst \cdot D^{3/4}}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2} \longrightarrow v^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 d^4} \pi r^2$$

$$Hgs = \frac{16Q^2/l}{\pi^2 Kst^2 D^{3/4}}$$

$$Hgs = \frac{101,61}{\pi^2 Kst^2 D^{3/4} d^4} * Q^n \text{ karena, } Hgs = K \cdot Q^n$$

$$\text{Maka } K = \frac{101,61}{\pi^2 Kst^2 d^{16/3}}$$

Dimana:

I = Panjang Pipa

Kst = Koefisien kekasaran strickler saluran

d = Diameter pipa

Kst = 1/n, dimana n merupakan konstanta numerik

2.8.3 Dimensi pipa

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

$$Q = v \cdot A$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{v\pi}}$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m³/detik)

v = Kecepatan pengaliran (m/detik)

A = Luas penampang (m)

d = Diameter (mm)

(sumber : Dua K.S.Y. Klass, M.Sc., MEngSc., MASCE)

2.8.4 Debit Penyadapan

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

Debit penyadapan 1 sambungan rumah atau 1 fasilitas umum.

$$\text{Debit penyadapan} = \frac{\text{kebutuhan / orang / hari} \times \text{jumlah orang}}{\text{waktu pemakaian rata - rata / hari}}$$

2.8.5 Debit pelayanan

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

1. Debit pelayanan untuk sambungan rumah (Q Domestik)
= \sum Sambungan rumah x debit penyadapan 1 sambungan rumah.
2. Debit pelayanan untuk fasilitas umum (Q non Domestik)
= \sum Fasilitas umum x debit penyadapan 1 fasilitas umum.
3. Total debit pelayanan
Q total = Q domestik + Q non domestik

2.8.6 Hilang tinggi tekanan

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

Hilang tinggi tekanan diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Hilang tinggi tekanan besar

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

Persamaan Darcy – Weisbach :

$$\text{Hgs} = \lambda \frac{1.v^2}{d .2g}$$

Dimana :

Hgs = Hilang tinggi tekanan akibat gesekan (m)

λ = Koefisien gesekan Darcy (dari Diagram Moody)

- l = Panjang pipa (m)
 v = Kecepatan aliran (m/detik)
 d = Diameter pipa (m)
 g = Percepatan karena gaya tarik bumi (m/detik²)

Menentukan nilai λ dengan Diagram Moody :

1) Hitung bilangan Reynold

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Dimana :

- Re = Bilangan Reynold
 v = Kecepatan aliran
 d = Diameter pipa
 ν = viskositas kinematik zat cair (tergantung suhu)

2). Hitung kekasaran relatif (ks/d)

Dimana :

- Ks = Kekasaran mutlak (tergantung bahan)
 d = Diameter pipa

3) Tentukan nilai λ dengan Diagram Moody

Persamaan Manning-Gauckler-Strickler :

$$Hgs = \frac{v^2 \cdot l}{Kst^2 \cdot R^{4/3}}$$

$$Q = v \cdot A$$

Dimana :

- Q = Debit pengaliran (m³ / detik)
 Kst = Koefisien gesekan pipa strickler
 l = Panjang pipa (m)
 d = Diameter (m)

- n = Konstanta Numerik
 H_{gs} = Kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan
 v = Kecepatan aliran
 R = Jari-jari Hidrolik → $d = 4R$

Tabel 2.8 Nilai Koefisien Manning

No.	Jenis (Material Pipa)	Nilai n
1	Asbestos Cement Pipe (ACP)	0,011
2	Tembaga	0,011
3	Pipa Beton	0,011
4	Besi Tuang	0,012
5	Galvanized Iron Pipe (GIP)	0,012
6	Pipa Besi	0,012
7	Welded Steel Pipe	0,010
8	Riveted Steel Pipe	0,019
9	PVC	0,010
10	HDPE	0,010

(Sumber: Ir. Martin Dharmasetiawan, 2004 Bab II:10)

Dalam saluran pipa hilang tinggi tekanan sering diabaikan karena tidak menyebabkan kesalahan yang terlalu banyak pada perhitungan.

2. Hilang tinggi tekanan kecil

Hilang tinggi tekanan kecil disebabkan oleh :

- 1) Pembesaran tiba-tiba dan penyempitan tiba-tiba
- 2) Perubahan arah/tikungan pipa
- 3) Pipa bercabang

2.8.7 Fluktuasi Pemakaian Air

Adalah kondisi dimana pemakaian air per jam ada pada kondisi minimal, rata-rata dan jam puncak (maksimal). Fluktuasi pemakaian air berpengaruh dalam perhitungan reservoir.

1. Pemakaian Maksimum Perhari (Q_{maks}/hari)

$$Q_{\text{maks/hari}} = Q_{\text{rata-rata/hari}} \times f_m$$

2. Pemakaian Maksimum Perjam (Q_{maks}/jam)

$$Q_{maks}/jam = Q_{rata-rata}/hari \times f_p$$

$$\text{Besar faktor maks/hari (fm)} = 1,1 - 1,7$$

$$\text{Besar faktor maks/jam (fp)} = 1,5 - 3,0$$

Tabel 2.9 Fluktuasi Pemakaian Air Kelurahan Talang Bubuk

Jam	% Pemakaian	Jam	% Pemakaian
0-1	0.5	12-13	6.5
1-2	1	13-14	3
2-3	2	14-15	3
3-4	0.5	15-16	5
4-5	3	16-17	7
5-6	8.5	17-18	8.5
6-7	7	18-19	7
7-8	5	19-20	5
8-9	3	20-21	4
9-10	5	21-22	3
10-11	6.5	22-23	0.5
11-12	5	23-24	0.5

(Sumber : PDAM Tirta Musi Palembang, 2015)

2.9 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 :

- 1) Reservoir di permukaan tanah (*ground tank*)

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

- 2) Reservoir diatas kaki (menara air *water tower/elevated tank*)

Reservoir ini dibuat 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 didaerah dengan elevasi tinggi sehingga memungkinkan pengaliran secara gravitasi.

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.

2.11 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 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 $h_f = K \cdot Q$, dimana,

$$K = \frac{101,6 \cdot l}{\pi^2 \cdot Kst^2 \cdot d^{(16/3)}}$$

Keterangan :

- K = Koefisien hilang tekan
 Q = Debit pengaliran (m³/detik)
 l = Panjang pipa (m)
 d = Diameter pipa (m)

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, $\sum hf = 0$.
5. Hitung nilai $\sum hf/Q$ untuk tiap jaring.
6. Pada tiap jaring diadakan koreksi debit ΔQ , supaya kehilangan tinggi tenaga dalam jaring seimbang. Adapun koreksinya adalah sebagai berikut :

$$\Delta Q = -\frac{\sum Hf}{2 \cdot \sum K \cdot Q_0^2}$$

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 hasil koreksi.

2.12 *Net Work Planning* (NWP)

Net Work Planning merupakan suatu cara atau teknik baru didalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Disamping itu *Net Work Planning* juga merupakan salah satu bentuk yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek. Proyek yang dihasilkan dari *Net work Planning* ini dalam kegiatan-kegiatan yang ada dalam proyek.

Net Work Planning memiliki beberapa tipe, yaitu sebagai berikut :

1. *Preseden/PDM (precedence Diagram Method)*.
2. *Metode Jalur Kritis/Critical Path Method(CPM)*.

3. Diagram *Evaluation and review Technique* (PERT).

4. *Grafiz Evaluation and Review Technique* (GERT).

Adapun dalam penggunaan *Net Work Planning* pada penyelenggaraan proyek diperlukan :

- 1).Masukan informasi yang tetap.
- 2).Kemampuan yang tinggi untuk mengambil keputusan.
- 3).Sumber daya dalam keadaan siap pakai
- 4).Kemampuan untuk melaksanakan proses pengelolaan sumber daya.

Kegunaan dari *Net Work Planning* adalah :

- a. Mengkoodinasikan berbagai pekerjaan.
- b. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya.
- c. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri

Proses penyusunan *Net Work Planning* yaitu :

- a). Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek.
- b).Menyusun hubungan logika ketergantungan antar kegiatan.
- c). Memberikan perkiraan waktu untuk setiap kegiatan.
- d).Mengidentifikasi jalur kritis dan float (masa tenggang)
- e).Menentukan jadwal yang paling ekonomis dan menimbulkan fruktiasi pemakaian sumber daya.

Langkah-langkah penting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *Net Work Planning*, yaitu :

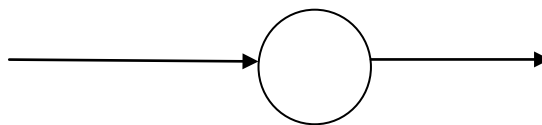
1. Tentukan jenis dan kegiatan yang ada.
2. Urutan-urutan jenis kegiatan tersebut.
3. Kaitan jenis kegiatan yang mempunyai kaitan hubungan.
4. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan.
5. Buat daftar kegiatan (logika ketergantungan).
6. Buat NWP nya.

2.13 *Critical Path Method (CPM)*

Metode jalur kritis (*Critical Path Method*) adalah jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai dengan kegiatan terakhir. Pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian keseluruhan proyek, yang disebut dengan kritis (Widiasanti dan Lenggogeni, 2013:65)

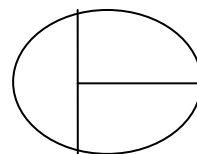
Simbol-simbol CPM :

1. *Arrow* (panah, anak panah)
 - a. Dari kiri ke kanan.
 - b. Hanya menunjukkan arah.
 - c. Menunjukkan kegiatan.



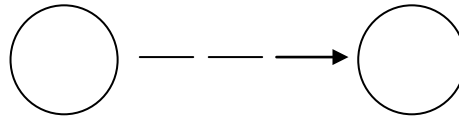
Gambar 2.6 *Arrow*

2. *Node* (lingkaran kecil)
 1. Menunjukkan *Event* (kejadian).
 2. *Node* adalah pegasus antara kegiatan.



Gambar 2.7 *Node*

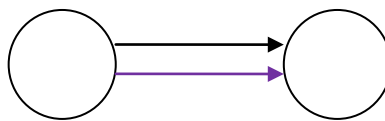
3. Kegiatan Semu (*dummy*).
 - a. Kegiatan apa yang mengikuti.
 - b. Kegiatan apa yang mendahului.
 - c. Kegiatan apa yang berjalan bersamaan.
 - d. Kegiatan apa yang selesai bersamaan.



Gambar 2.8 Dummy

4. Jalur Kritis

- a. Kegiatan yang jika ditunda akan menyebabkan tertundanya proyek secara keseluruhan.
- b. Penyelesaian proyek secara keseluruhan akan dapat dipercepat apabila pekerjaan-pekerjaan yang menjadi bagian dari luar jalur kritis dapat dipercepat penyelesaiannya.
- c. Jalur yang memiliki waktu terpanjang dari semua jalur yang dimulai dari peristiwa awal hingga peristiwa yang terakhir.



Gambar 2.9 Jalur Kritis

2.14 *Barchart*

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah *barchart* atau diagram batang atau bagan balok. *Barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal di bagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya (Widiasanti dan Lenggogeni dalam Callahan, 2013:77).

2.15 Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari *barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka pengamatan proses pelaksanaan proyek (Widiasanti dan Lenggogeni dalam Callahan, 2013:125). Definisi lain kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (*progres*) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu (Widiasanti dan Lenggogeni dalam Soeharto, 2013:125). Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana (Widiasanti dan Lenggogeni dalam Husen, 2013:126).

Dari beberapa definisi di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa kegunaan dari kurva S adalah sebagai berikut:

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

Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S aktual.

2.16 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perkiraan jumlah material dan kebutuhan tenaga dalam proses pekerjaan bangunan memegang peranan cukup penting untuk control kualitas dan kuantitas pekerjaan memperkirakan jumlah material merupakan pekerjaan yang cukup sulit.

Analisa harga satuan pekerjaan berfungsi sebagai pedoman awal perhitungan rencana anggaran biaya bangunan yang didalamnya terdapat angka yang menunjukkan jumlah material, tenaga dan biaya persatuan pekerjaan, contohnya :

1. Pekerjaan plesteran – satuan pekerjaan m^2
2. Pekerjaan pasangan batu bata – satuan pekerjaan m^2
3. Pekerjaan pasangan pondasi batu kali – satuan pekerjaan m^3

4. Pekerjaan cat – satuan pekerjaan m^2
5. Pekerjaan rangka atap – satuan pekerjaan m^3
6. Pekerjaan reng usuk – satuan pekerjaan m^2
7. Pekerjaan genteng – satuan pekerjaan m^2
8. Pekerjaan plafon – satuan pekerjaan m^2
9. Pekerjaan lantai keramik – satuan pekerjaan m^2
10. Pekerjaan beton struktur – satuan pekerjaan m^3
11. Pekerjaan kusen – satuan pekerjaan m^3

Daftar diatas adalah contoh satuan pekerjaan yang biasa dipakai dalam pekerjaan gedung (bisa diperoleh pada analisa SNI).

2.17 Volume Pekerjaan

Yang dimaksud dengan volume suatu pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Volume (kubikasi) yang dimaksud dalam pengertian ini bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan.

Berikut ini diberikan beberapa contoh sebagai berikut :

- a. Volume pekerjaan pondasi batu kali = $60 m^3$., mempunyai pengertian bahwa, volume pekerjaan pondasi dihitung berdasarkan isi, yaitu panjang x luas penampang yang sama.
- b. Volume pekerjaan atap = $124 m^2$., mempunyai pengertian bahwa, volume pekerjaan atap dihitung berdasarkan luas, yaitu luas bidang atap yang dapat berbentuk segitigas, persegi panjang, trapezium dan lain-lain.
- c. Volume pekerjaan lisplank = $27 m$, volume pekerjaan lisplank dihitung berdasarkan panjang, atau pekerjaan lisplank dapat juga dihitung berdasarkan luas.
- d. Volume pekerjaan besi = $258 kg$, volume pekerjaan besi dihitung berdasarkan berat dari besi, yaitu jumlah panjang tulangan dikalikan dengan berat jenis besi yang bersangkutan.

e. Volume pekerjaan kunci tanam = 15 buah, volume pekerjaan berdasarkan banyaknya kunci dan lain-lain.

Dari contoh diatas dapat diketahui bahwa satuan masing-masing volume pekerjaan berbeda, volume pekerjaan pondasi 60 m^3 , volume pekerjaan atap 124 m^2 , volume pekerjaan lisplank 27 m, volume pekerjaan besi 258 kg dan volume pekerjaan kunci tanam 15 buah, ini menunjukkan bahwa volume tersebut bukanlah volume dalam arti sesungguhnya melainkan volume dalam satuan, kecuali volume pekerjaan pondasi yang merupakan volume sesungguhnya.

Volume pekerjaan itu dihitung berdasarkan pada gambar bestek dari bangunan yang akan dibuat. Semua bagian/elemen konstruksi yang ada pada gambar bestek harus dihitung secara lengkap dan teliti untuk mendapatkan perhitungan volume pekerjaan secara akurat dan lengkap.

Gambar-gambar bestek itu kita perhatikan dan teliti benar-benar ukurannya. Kita mulai menghitung volume tiap pekerjaan sesuai dengan susunan pekerjaan. Untuk mendapatkan perhitungan volume pekerjaan yang teliti dan lengkap yang harus diperhatikan adalah :

a. Denah

Yang diperhatikan adalah ukuran-ukuran panjang dan lebarnya, bentuk dari masing-masing bagian gambar denah secara teliti dan mendetail.

b. Penampang-penampang/potongan-potongan

Yang diperhatikan adalah ukuran-ukuran panjang dan lebarnya, bentuk penampang dan ukurannya dan tinggi dari masing-masing detail penampang/potongan secara teliti dan mendetail.

c. Pandangan-pandangan

Yang diperhatikan adalah bidang-bidang mana yang terletak dimuka dan dibelakang serta penjelasan keadaannya secara teliti dan mendetail.

d. Gambar-gambar rencana dan penjelasan (detail)

Dari gambar rencana ini dan penjelasan (detail) kita dapat membaca rencana dari elemen/bagian konstruksi, kelengkapan dan ukuran-ukuran dengan lebih detail dan jelas sehingga dapat kemudahan tingkat pekerjaannya.

e. Gambar situasi

Untuk menjelaskan/menunjukkan keadaan sekitar tempat dimana bangunan tersebut didirikan.

Segala sesuatunya sudah ada dan lengkap, namun ada sesuatu yang kurang jelas/belum bisa dimengerti misalnya bahan yang digunakan, kualitas bahannya, bagaimana cara mendapatkann bahan (bahan produk luar negeri), maka perlu ditanyakan kejelasannya pada saat diadakan aanwijzing kepada direksi.