

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Air**

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia  $H_2O$ , satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini, fungsi air bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Penggunaan air yang utama dan sangat vital bagi kehidupan adalah sebagai air minum. Hal ini terutama untuk mencukupi kebutuhan air di dalam tubuh manusia itu sendiri.

Dalam usaha mempertahankan kelangsungan hidupnya, manusia berupaya memenuhi kebutuhan air yang cukup bagi dirinya sendiri misalnya untuk keperluan rumah tangga seperti masak, mandi, mencuci dan pekerjaan lainnya. Selain itu air juga diperlukan untuk kebersihan jalan dan pasar, tempat rekreasi, restoran, hotel, keperluan industri, pertanian, peternakan dan lain-lainnya.

Kekurangan ketersediaan air bersih dapat mengakibatkan berbagai macam dampak merugikan terhadap masalah kesehatan dan lingkungan, maka untuk menghindarkan hal tersebut, ketersediaan kebutuhan air bersih pada masyarakat harus dipenuhi sesuai dengan masyarakat yang menggunakannya atau memakainya.

*(Sumber : <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28190/4/Chapter%20II.pdf>)*

#### **2.2 Sumber-sumber Air**

Dalam penyediaan air, terdapat beberapa proses-proses yang wajib dilakukan demi mendapatkan kriteria kualitas, kuantitas, dan kontinuitas yang baik agar layak untuk di konsumsi oleh manusia supaya tidak menimbulkan akibat-akibat tertentu yang merugikan bagi tubuh manusia. Berikut ini adalah 5 macam sumber air minum yang dapat digunakan yaitu:

### 1. Air laut

Mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3 % dengan keadaan ini maka air laut tidak memenuhi syarat untuk diminum.

### 2. Air Atmosfer (Air Hujan)

Untuk menjadikan air hujan sebagai air minum hendaknya jangan langsung menampung air hujan saat hujan turun karena masih mengandung banyak kotoran, sebaiknya air hujan mulai di tampung beberapa saat setelah hujan turun. Selain hal tersebut, yang juga harus diperhatikan adalah air hujan mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur dan bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi atau karatan.

### 3. Air Permukaan

Air Permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, limbah industri dan lainnya. Air permukaan ada dua macam yaitu air sungai dan air rawa.

Air sungai yang digunakan sebagai air minum harus melalui pengolahan yang sempurna karena mengingat air sungai ini pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi. Debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan akan air minum pada umumnya dapat mencukupi.

Air rawa ini berwarna disebabkan oleh adanya zat – zat organis yang membusuk, misalnya asam umus yang larut dalam air yang menyebabkan warna kuning coklat. Dengan adanya pembusukan kadar zat organis tinggi, maka umumnya kadar Fe dan Mn akan tinggi pula dan dalam keadaan kelarutan  $O_2$  kurang sekali (anaerob), maka unsur – unsur Fe dan Mn ini akan larut. Pada permukaan air akan tumbuh alga (lumut) karena adanya sinar matahari dan  $O_2$ .

### 4. Air tanah

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah didalam zone jenuh dimana tekanan hidrostatiknya sama atau lebih besar dari tekanan

atmosfer. Air tanah terbagi atas air tanah dangkal dan air tanah dalam :

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan bertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam – garam yang terlarut) karena molekul lapisan tanah yang mempunyai unsur – unsur kimia tertentu untuk masing – masing lapisan tanah. Setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul yang merupakan air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air melalui sumur – sumur dangkal. Air tanah dangkal ini terdapat pada kedalaman 15,00 m.

Air tanah dalam terdapat setelah lapis rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya sehingga kedalaman (biasanya antara 100 – 300 m) akan didapatkan suatu lapisan air. Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur keluar dan dalam keadaan ini, sumur ini disebut sumur artesis. Jika air tak dapat keluar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu pengeluaran air tanah dalam ini. Kualitas dari air tanah dalam pada umumnya lebih baik dari air dangkal, karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri.

## 5. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air berasal dari air tanah dalam, hampir tak terpengaruh oleh musim serta kualitas dan kuantitasnya sama dengan keadaan air dalam. Berdasarkan keluarnya (munculnya air ke permukaan tanah), mata air terbagi atas :

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

(Sumber : <http://uripsantoso.wordpress.com/2010/01/18/kualitas-dan-kuantitas-air-bersih-untuk-pemenuhan-kebutuhan-manusia-2/>)

## **2.3 Prinsip Dasar Penyediaan Air Bersih**

Pemenuhan kebutuhan akan air bersih haruslah memenuhi dua syarat yaitu kuantitas dan kualitas (Depkes RI, 2005).

### **2.3.1 Kualitas Air**

Syarat kualitas meliputi parameter fisik, kimia, radioaktivitas, dan mikrobiologis yang memenuhi syarat kesehatan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air.

#### **a. Parameter Fisik**

Air yang memenuhi persyaratan fisik adalah air yang tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna, tidak keruh atau jernih, dan dengan suhu sebaiknya dibawah suhu udara sedemikian rupa sehingga menimbulkan rasa nyaman, dan jumlah zat padat terlarut (TDS) yang rendah.

##### **1. Bau**

Air yang berbau selain tidak estetik juga tidak akan disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberi petunjuk akan kualitas air

##### **2. Rasa**

Air yang bersih biasanya tidak memberi rasa/tawar. Air yang tidak tawar dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan.

##### **3. Warna**

Air sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetik dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tannin dan asam humat yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda, menyerupai urin, oleh karenanya orang tidak mau menggunakannya. Selain itu, zat organik ini bila terkena khlor dapat membentuk senyawa-senyawa khloroform yang beracun. Warna pun dapat berasal dari buangan industri.

#### 4. Kekeruhan

Kekeruhan air disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yang organik. Zat anorganik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Buangan industry dapat juga merupakan sumber kekeruhan.

#### 5. Suhu

suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan, menghambat reaksi-reaksi biokimia didalam saluran/pipa, mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak, dan bila diminum air dapat menghilangkan dahaga.

#### 6. Jumlah Zat Padat Terlarut

Jumlah zat padat terlarut (TDS) biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Bila TDS bertambah maka kesadahan akan naik pula. Selanjutnya, efek TDS ataupun kesadahan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia penyebab masalah tersebut.

#### b. Parameter Mikrobiologis

Sumber- sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan coli tidak merupakan bakteri golongan patogen, namun bakteri ini merupakan indikator dari pencemaran air oleh bakteri patogen.

#### c. Parameter Radioaktivitas

Dari segi parameter radioaktivitas, apapun bentuk radioaktivitas efeknya adalah sama, yakni menimbulkan kerusakan pada sel yang terpapar. Kerusakan dapat berupa kematian, dan perubahan komposisi genetik. Kematian sel dapat diganti kembali apabila sel dapat beregenerasi dan apabila tidak seluruh sel mati. Perubahan genetis dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker dan mutasi.

#### d. Parameter Kimia

Dari segi parameter kimia, air yang baik adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain air raksa (Hg), aluminium (Al), arsen (As), barium (Ba), besi (Fe), flourida (F), tembaga (Cu), derajat keasaman (pH), dan zat kimia lainnya. Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan sehari-hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan seperti tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990. Penggunaan air yang mengandung bahan kimia beracun dan zat-zat kimia yang melebihi ambang batas berakibat tidak baik bagi kesehatan dan material yang digunakan manusia, contohnya antara lain sebagai berikut :

##### 1. pH

Air sebaiknya tidak asam dan tidak basa (netral) untuk mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi jaringan distribusi air. pH yang dianjurkan untuk air bersih adalah 6,5 – 9.

##### 2. Besi (Fe)

Kadar besi (Fe) yang melebihi ambang batas (1,0 mg/l) menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru dan menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan.

##### 3. Klorida

Klorida adalah senyawa halogen klor (Cl). Dalam jumlah banyak, klor (Cl) akan menimbulkan rasa asin, korosi pada pipa sistem penyediaan air panas. Sebagai desinfektan, residu klor (Cl) di dalam penyediaan air sengaja dipelihara, tetapi klor (Cl) ini dapat terikat pada senyawa organik dan membentuk halogen-hidrokarbon (Cl-HC) banyak diantaranya dikenal sebagai senyawa-senyawa karsinogenik. Kadar maksimum klorida yang diperbolehkan dalam air bersih adalah 600 mg/l.

##### 4. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) sebetulnya diperlukan bagi perkembangan tubuh manusia. Tetapi, dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gejala GI, SSP,

ginjal, hati; muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, kramp, konvulsi, *shock*, koma dan dapat meninggal. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna, dan korosi pada pipa, sambungan, dan peralatan dapur.

#### 5. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) adalah metal kelabu-kemerahan. Keracunan seringkali bersifat khronis sebagai akibat inhalasi debu dan uap logam. Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf: insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng (*mask*). Bila pemaparan berlanjut maka bicaranya melambat dan monoton, terjadi *hyperrefleksi*, *clonus* pada *patella* dan tumit, dan berjalan seperti penderita *parkinsonism*.

#### 6. Seng (Zn)

Di dalam air minum akan menimbulkan rasa kesat dan dapat menyebabkan gejala muntaber. Seng (Zn) menyebabkan warna air menjadi *opalescent* dan bila dimasak akan timbul endapan seperti pasir. Kadar maksimum seng (Zn) yang diperbolehkan dalam air bersih adalah 15 mg/l.

(Sumber : [http://id.wikipedia.org/wiki/Kualitas\\_air](http://id.wikipedia.org/wiki/Kualitas_air))

### 2.3.2 Kuantitas Air

Kebutuhan masyarakat terhadap air bervariasi dan bergantung pada keadaan iklim, standar kehidupan, dan kebiasaan masyarakat ( Chandra, 2006). Untuk melihat Kebutuhan Air, dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1 Kebutuhan Air Menurut Jumlah Penduduk

Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Sumbungan Rumah	Sumbungan Umum	Kehilangan Air
		(L/org/hr)	(L/org/hr)	
Metropolitan	> 1.000.000	190	30	20%
Kota Besar	500.000 - 1.000.000	170	30	20%
Kota Sedang	100.000 - 500.000	150	30	20%
Kota Kecil	20.000 - 100.000	130	30	20%
Desa	< 20.000	100	30	20%

( Sumber : Ditjen PU Cipta Karya, 2007)

### 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. kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam per hari, atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi disetiap wilayah di Indonesia, sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam per hari, yaitu pada pukul 06.00 – 18.00. (Slamet, 2007).

( Sumber : <http://mepcons.blogspot.com/2012/03/sistem-perpipaan-air-bersih.html> )

## 2.4 Jaringan Distribusi

### 2.4.1 Sistem Jaringan 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. Kebutuhan air

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

b. Letak topografi daerah layanan

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

c. Jenis sambungan sistem

Jenis sambungan dalam sistem distribusi air bersih dibedakan menjadi:

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

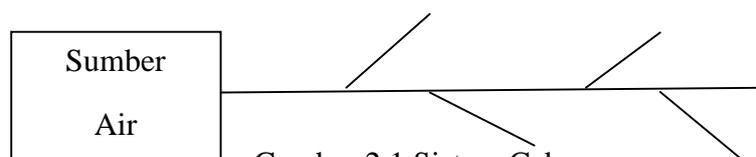
(Sumber : <http://www.psychologymania.com/2012/08/sistem-distribusi-air-bersih.html> )

#### 2.4.2 Pola Jaringan Distribusi

Macam - 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:

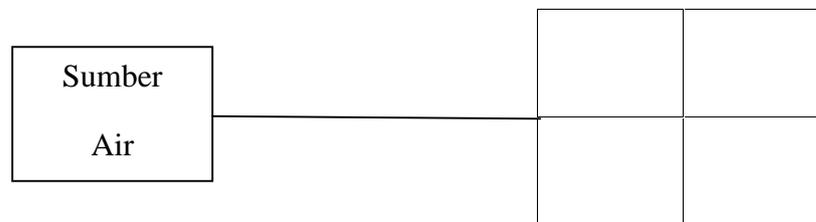
- a. Tidak membutuhkan perhitungan dimensi pipa yang rumit karena debit dapat dibagi berdasarkan cabang-cabang pipa pelayanan.
- b. Untuk pengembangan daerah pelayanan lebih mudah karena ahanya tingga menambah sambungan pipa yang telah ada.

Kerugian:

- a. Jika terjadi kebocoran atau kerusakan pengaliran pada seluruh daerah akan terhenti.
- b. Pembagian debit tidak merata
- c. Operasional lebih sulit karena pipa yang satu dengan yang lain saling berhubungan.

## 2. Sistem Loop

adalah system perpipaan melingkar dimana ujung pipa yang satu bertemu dengan ujung pipa yang lain.



Gambar 2.2 Sistem Loop

Keuntungan:

- a. Debit terbagi rata karena perencanaan diameter berdasarkan pada jumlah kebutuhan total
- b. 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.
- c. Pengoperasian jaringan lebih mudah.

Kerugian:

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

### 3. Sistem Melingkar

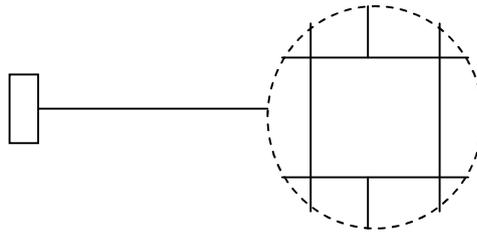
Dibandingkan dengan sistem-sistem sebelumnya merupakan sistem yang terbaik. Sirkulasi air dalam jaringan lancar, bila ada perbaikan kerusakan distribusi air tidak akan terhenti.

Keuntungan :

Pemerataan tekanan baik dibandingkan sistem cabang.

Kerugian :

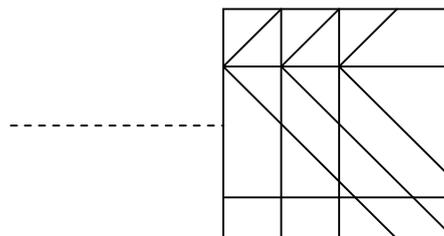
- a. Biaya investasi mahal
- b. Sistem operasi yang sulit



Gambar 2.3 Sistem Melingkar

### 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.



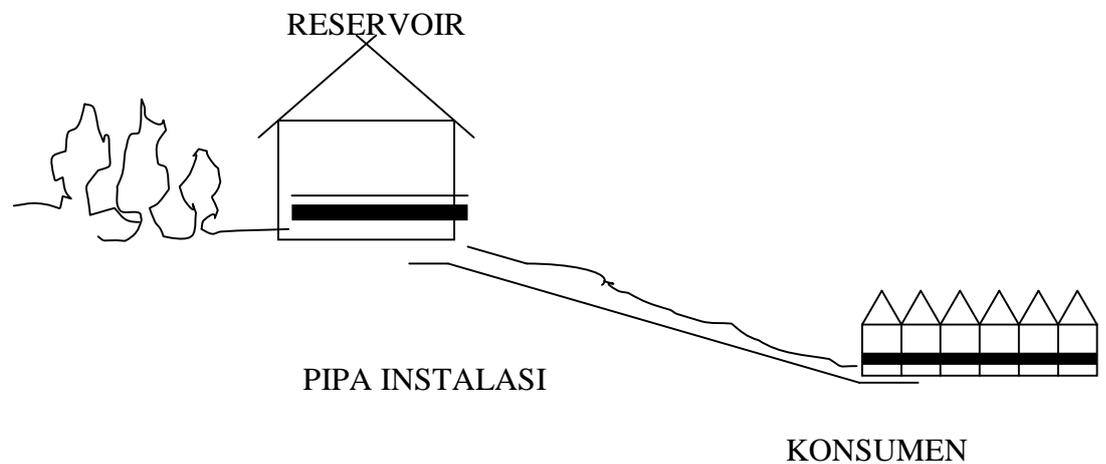
Gambar 2.4 Sistem Diagonal

## 5. Sistem Pengaliran

Ada 2 cara untuk mengalirkan air dari sumbernya yaitu :

### a. Cara Gravitasi

Cara gravitasi adalah suatu cara yang diterapkan dimana air dialirkan secara gravitasi dari reservoir ke jaringan distribusi. Cara ini bisa diterapkan jika letak reservoir atau instalasinya berada pada tempat yang lebih tinggi dari daerah yang akan disuplai.

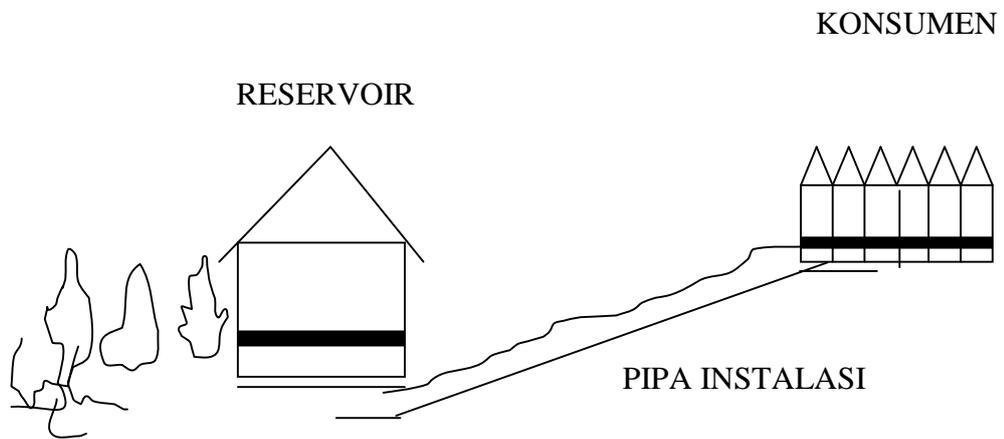


Gambar 2.5 Cara Gravitasi

### b. Cara Pemompaan

Cara pemompaan digunakan apabila letak instalasi / reservoir pada ketinggian yang sedemikian rupa sehingga tidak mampu mengalirkan air dengan baik ke daerah pelayanan. Cara pemompaan dilakukan apabila :

1. Ketinggian instalasi lebih rendah dari daerah yang dilayani.
2. Ketinggian instalasi sama dengan daerah yang akan dilayani.
3. Ketinggian instalasi lebih tinggi dari daerah yang dilayani, akan tetapi tidak memiliki tekanan cukup untuk bisa memberikan pelayanan yang baik.



Gambar 2.6 Cara Pemompaan

(Sumber : Ir. C. Totok Sutrisno, dkk. 2010)

### 2.5 Jenis - jenis Alat Sambung

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

Tabel2.2 Jenis-jenis Alat Sambung

No	Nama Alat Sambung	Gambar	Fungsi
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	Valve flange		Berfungsi untuk mengatur debit air pada pipa.
4	Single air valve		Berfungsi untuk membuang udara didalam pipa melalui jembatan pipa (shypon).
5	Giboult joint		Berfungsi untuk menyambungkan pipa existing ke pipa yang baru terpasang.

6	Dop		Berfungsi untuk menutup aliran pada ujung pipa.
7	Street box		Berfungsi untuk penutup valve agar mempermudah membuka katup dan juga berfungsi sebagai titik pipa.
8	Manometer		Berfungsi untuk mengukur tekanan pada pipa dengan satuan ATM atau Barr.
9	Stop kran		Berfungsi untuk mengatur aliran (dipasang sebelum

			meteran ) , dapat juga digunakan untuk menutup aliran pada saat perbaikan.
10	Kran		Berfungsi untuk penutupan dan pengeluaran pipa.
11	Bend flange Sudut 45°		Berfungsi untuk membelokkan arah aliran yang beradius besar.
12	Bend Flange Sudut 90°		Berfungsi untuk membelokkan arah aliran yang beradius besar.

13	Neple		<p>Berfungsi untuk jalur pipa pada crossing jalan untuk memudahkan pekerjaan, tanpa pengetesan</p>
14	Stir valve		<p>Berfungsi untuk memutar valve flange sesuai yang diinginkan oleh operator valve.</p>
15	Blind flange		<p>Berfungsi untuk menutup ujung pipa atau koneksi dan untuk menyekat antara aksesories</p>
16	Flange steel		<p>Berfungsi untuk menyambungkan pipa steel ke pipa pvc dengan cara flange steel tersebut di las ke pipa steel dan dikoneksikan ke aksesories.</p>

17	Tee all flange		<p>Berfungsi untuk menyambungkan jalur pipa distribusi pada persimpangan jalan.</p>
18	Sepatu spindel		<p>Berfungsi untuk mengatur valve dengan bantuan spindel.</p>
19	Box meter air		<p>Berfungsi untuk melindungi meteran pelanggan.</p>
20	Packing meteran		<p>Berfungsi untuk sebagai seel diantara aksesories agar tidak terjadi kebocoran.</p>

21	Double air valve		Bedanya hanya pada ukurannya dan pembuangan udaranya double pada umumnya ukurannya 4" dan 6".
22	Reduser RR (Ruber Ring)		Berfungsi untuk menyambungkan pipa dari transmisi ke pipa distribusi atau untuk menyambungkan pipa yang lebih besar ke lebih kecil.
23	Flange adaptor		Berfungsi untuk menyambungkan aksesories Tee All Flange ke aksesories
24	Strainer		Berfungsi untuk menyaring kotoran pada jalur pipa yang terpasang meter induk.

25	Rubbering		Berfungsi untuk menyambungkan pipa PVC antara move dan ujung pipa.
26	Meteran Air		Pemasangan meteran air dimaksudkan untuk mencatat dari pemakaian air yang dilakukan oleh PDAM.

(Sumber : <http://opik7th.wordpress.com/2009/10/23/pipa/>)

## 2.6 Analisis 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 :

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

$$r = (P_n/P_o)^{1/n} - 1$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke-n

$P_o$  = Jumlah penduduk pada awal tahun

$r$  = tingkat pertumbuhan

$n$  = Jumlah interval tahun

## 2. Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun.

Rumus :

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

$$k_a = (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1)$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke-n

$P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun awal

$T_n$  = Tahun ke-n

$T_o$  = Tahun awal

$k_a$  = 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

## 2.7 Perhitungan Hidrolis

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

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

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

$$H_{gs} = \frac{16Q^2/4^{3/4}}{\pi^2 Kst^2 D^{3/4} d^4}$$

$$H_{gs} = \frac{101,61}{\pi^2 Kst^2 d^{16/3}} * Q^n \text{ karena, } H_{gs} = K \cdot Q^n$$

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

Dimana :

I = Panjang Pipa

Kst = Koefisien kekasaran saluran

d = Diameter pengaliran

Kst = 1/n, dimana n merupakan konstanta numerik

### 2.7.1 Dimensi Pipa

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

$$Q = V \cdot A$$

$$A = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2$$

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

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)

V = Kecepatan pengaliran (m/detik)

A = Luas penampang (m)

d = Diameter (mm)

### 2.7.2 Debit Penyadapan

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

Debit penyadapan 1 sambungan rumah atau 1 fasilitas umum :

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

### 2.7.3 Debit Pelayanan

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

- a. Debit pelayanan untuk sambungan rumah ( Q Domestik )  
= Sambungan rumah  $\times$  debit penyadapan 1 sambungan rumah
- b. Debit pelayanan untuk fasilitas umum ( Q non Domestik )  
= Fasilitas umum  $\times$  debit penyadapan 1 fasilitas umum
- c. Total debit pelayanan  
 $Q_{\text{total}} = Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}}$

### 2.7.4 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 yang penuh dialiri cairan. Hilang tinggi tekanan di klasifikasikan 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.

- a. Persamaan Darcy-Weisbach

$$H_{gs} = \frac{l.v^2}{d.2g}$$

Dimana :

- Hgs = Hilang tinggi tekanan karena gesekan (m)  
= 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/det<sup>2</sup>)

b. Persamaan Manning-Gauckler-Strickler

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

$$Q = v \cdot A \rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

- Q = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/det)  
 K<sub>st</sub> = Koefisien gesekan pipa strickler  
 l = Panjang pipa (m)  
 d = Diameter (m)  
 n = Konstanta Numerik  
 H<sub>gs</sub> = Kehilangan tinggi tekanan (m)  
 v = Kecepatan aliran (m/det)  
 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 lebih besar yaitu diatas 100 mm. Selain itu rumus ini sering dipakai karena mudah digunakan.

Persamaan Hazen William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (S) dinyatakan sebagai kehilangan tekanan (h<sub>L</sub>) dibagi dengan panjang pipa (L) atau  $S = (h_L/L)$ . 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 :

$$Q = 0,2785.C.d^{2,63}.S^{0,54}$$

Dimana :

$$S = (h_L/L)$$

L = Panjang pipa dari 1 ke 2

Apabila kehilangan tekanan atau  $h_L$  yang akan dihitung, maka :

$$h_L = (Q/0,2785.C.d^{2,63})^{1,85}.L$$

C = Koefisien Hazen William

Tabel 2.3 Koefisien Hazen William

No	Jenis Pipa	Nilai C
1	Asbes Cement	120
2	Poly Vinyl 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 Tuang Cast Iron (CIP)	110
7	Galvanized Cast Iron (GIP)	110
8	Steel Pipe (Pipa Baja)	110

## 2. Hilang Tinggi Tekanan Kecil

Dalam suatu pipa hilang tinggi tekanan sering diabaikan karena tidak menyebabkan kesalahan yang terlalu banyak pada perhitungan. Persamaan dasar untuk menghitung hilang tinggi tekanan kecil adalah menggunakan cara Bernoulli :

$$h_L = C \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

$h_L$  = Hilang tinggi tekanan kecil (m)

- C = Koefisien hilang tinggi tekanan  
 v = Kecepatan aliran fluida (m/dt<sup>2</sup>)  
 g = Gravitasi (m/dt)

Hilang tinggi tekanan kecil disebabkan oleh :

- a. Pembesaran tiba-tiba dan penyempitan tiba-tiba

$$hL = C.1 - \frac{A2}{A1}$$

Nilai C untuk pembesaran tiba-tiba adalah 1,0 – 1,2 sedangkan nilai C untuk penyempitan tiba-tiba adalah 0,4 – 0,5.

Keterangan :

A1 = Luas pipa awal (m<sup>2</sup>)

A2 = Luas pipa akhir (m<sup>2</sup>)

- b. Perubahan arah / tikungan pipa

Tabel 2.4 Harga Untuk Tikungan Pipa

Dinding	A				
	15°	30°	45°	60°	90°
Halus	0,042	0,130	0,236	0,471	1,129
Kasar	0,062	0,165	0,320	0,684	1,265

- c. Pipa Bercabang

Koefisien hilang tinggi tekanan karena percabangan dengan sudut tajam dan diameter tajam d = da.

Tabel 2.5 Harga Untuk Pipa Bercabang

$\frac{Qa}{Q}$	A			
	90°		45°	
0	0,95	0,04	0,09	-0,04
0,2	0,88	-0,08	0,68	-0,06
0,4	0,89	-0,05	0,50	-0,04
0,6	0,95	0,07	0,38	0,07

$\frac{Qa}{Q}$	A			
	90°		45°	
0,8	1,10	0,21	0,35	0,20
1	1,28	0,35	0,48	0,33

Untuk sistem jaringan melingkar, dalam menentukan hilang tinggi tekanan dapat menggunakan cara Hardy Cross yang terdiri dari beberapa langkah, yaitu :

1. Menghitung hilang tinggi tekanan (Hgs) di tiap pipa dengan menggunakan persamaan :

$$Hgs = K \times Q^2$$

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

Dimana :

K = Koefisien hilang tekanan

Q = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/det)

l = Panjang pipa (m)

d = Diameter pipa (m)

2. Membagi jaringan menjadi beberapa keliling pipa tertutup sehingga tiap pipa termasuk dalam sedikitnya satu keliling.
3. Hitung jumlah aljabar dari hilang tinggi tekanan dalam tiap keliling ( $\sum Hgs$ ) dengan mengambil konvensi tanda yang baik. Hanya jika pembagian aliran yang dimisalkan itu kebetulan benar,  $\sum Hgs$  tidak sama dengan nol maka debit yang dimisalkan tersebut harus dikoreksi kembali.
4. Perbaiki debit dengan menggunakan koreksi  $\Delta Q$  yang diperoleh sebagai berikut :

$$Q = Q_0 + \Delta Q$$

Dimana :

Q = Koreksi debit (m<sup>3</sup>/dtk)

Sehingga  $Hgs = K.Q^2 = K (Q_0 + Q)$

Untuk keliling pipa yang tertutup maka  $Q$  adalah sebagai berikut :

$$Q = - \frac{\sum k.Q_0^2}{2\sum k.Q_0}$$

5. Ulangi terus sampai koreksi debitnya menjadi kecil atau mendekati nol.

## 2.8 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. Grafik 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 :

1. Mengkoordinasikan berbagai pekerjaan.
2. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya.
3. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri.

Proses penyusunan Net Work Planning yaitu :

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek.
2. Menyusun hubungan logika ketergantungan antar kegiatan.
3. Memberikan perkiraan waktu untuk setiap kegiatan.
4. Mengidentifikasi jalur kritis dan float (masa tenggang).
5. Menentukan jadwal yang paling ekonomis dan meminimalkan fruktuasi pemakaian sumber daya.

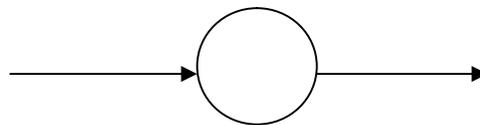
Langkah-langkah penting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan NetWork Planning, yaitu :

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.

Critical Path Method (CPM)

Simbol-simbol di CPM :

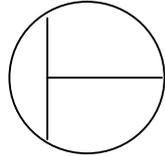
- a. Arrow (panah, anak panah)
  - Dari kiri ke kanan.
  - Hanya menunjukkan arah.
  - Menunjukkan kegiatan.



Gambar 2.7 Arrow

b. Node (lingkaran kecil)

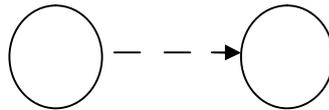
- Menunjukkan event (kejadian).
- Node adalah penghubung antara kegiatan.



Gambar 2.8 Node

c. Kegiatan Semu (dummy)

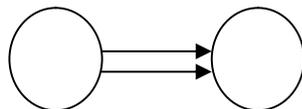
- Kegiatan apa yang mendahului.
- Kegiatan apa yang mengikuti.
- Kegiatan apa yang berjalan bersamaan.
- Kegiatan apa yang selesai bersamaan.



Gambar 2.9 Dummy

d. Jalur Kritis

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



Gambar 2.10 Jalur Kritis

## 2.9 Barchat

Barchat adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Untuk dapat memagamen proyek dengan baik perlu di ketahui sebelumnya dimana posisi

waktu tiap item pekerjaan, sehingga disitulah pekerjaan proyek harus benar-benar di pantau agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek.

Hal-hal yang di tampilkan dalam bar chart adalah:

- Jenis pekerjaan
- Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan
- Alur pekerjaan

( <http://www.ilmusipil.com/cara-membuat-bar-chart-proyek> )

## **2.10 Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

### **2.10.1 Analisa Harga Satuan**

Perkiraan jumlah material dan kebutuhan tenaga dalam proses pekerjaan memegang peranan cukup penting untuk kontrol kualitas dan kuantitas pekerjaan. Untuk mereka yang sudah terbiasa dengan gambar struktur dan angka koefisien pada analisa satuan pekerjaan hal tersebut bukan pekerjaan sulit, tapi bagi mereka yang awam memperkirakan jumlah material merupakan pekerjaan yang cukup sulit dan memusingkan.

Analisa Harga Satuan Pekerjaan berfungsi sebagai pedoman awal perhitungan rencana anggaran biaya yang didalamnya terdapat angka yang menunjukkan jumlah material, tenaga dan biaya persatuan pekerjaan, contohnya :

1. Pekerjaan persiapan - satuan pekerjaan m
2. Pekerjaan Galian Tanah – satuan pekerjaan m<sup>3</sup>
3. Pekerjaan Urugan Tanah – satuan pekerjaan m<sup>3</sup>
4. Pekerjaan Urugan Pasir – satuan pekerjaan m<sup>3</sup>
5. Pekerjaan Pemasangan Pipa – satuan pekerjaan m
6. Pekerjaan Pemasangan Aksesoris – satuan pekerjaan bh
7. Pekerjaan Finishing – satuan pekerjaan m
8. Dll

Daftar diatas adalah contoh satuan pekerjaan yang biasa dipakai dalam pekerjaan pemasangan pipa air bersih ( bisa diperoleh pada analisa SNI )

### 2.10.2 Volume Pekerjaan

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.

. Untuk mendapatkan perhitungan volume pekerjaan yang teliti dan lengkap yang harus diperhatikan adalah :

1. Denah

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

2. 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.

3. Pandangan – pandangan

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

4. 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 pengerjaannya.

5. Gambar situasi

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

6. Gambar rencana

Agar kegiatan yang dilakukan akan dapat lebih terukur dan mudah untuk dievaluasi.

7. Gambar kerja

Digunakan untuk sebagai acuan dilaksanakan / dikerjakan di lapangan, gambar ini harus dibuat sedemikian rupa sehingga mudah dimengerti di dalam pelaksanaan pekerjaan.

#### 8. Gambar as built drawing

Gambar koreksi, perbaikan, revisi dari gambar pelaksanaan yang ada dikarenakan adanya permasalahan di proyek pada saat dikerjakan.

Setelah segala sesuatunya sudah ada dan lengkap namun ada sesuatu yang kurang jelas / belum bisa dimengerti misalnya bahan yang digunakan, kualitas bahannya, mungkin bagaimana cara mendapatkan bahan (bahan produk luar negeri), maka perlu ditanyakan kejelasannya pada saat diadakan aanwijzing kepada direksi. Bila segala sesuatunya sudah jelas maka kita menghitung jumlah dan volume pekerjaan.

### **2.10.3 Kurva S**

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan, dimulai dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran tanpa pajak.

Kurva S ini merupakan suatu kurva yang berfungsi sebagai pedoman standar suatu pekerjaan. Jika antara rencana dan pelaksanaan pekerjaan terdapat penyimpangan waktu maka akan terbaca dua kurva S yang berbeda yaitu perencanaan dan pelaksanaan. Jika kurva S pelaksanaan terletak dibawah kurva S rencana berarti pekerjaan tersebut mengalami keterlambatan waktu dari yang telah ditetapkan, begitu pula sebaliknya.

(Sumber : <http://faiz-15.blogspot.com/2011/11/volume-pekerjaan.html>  
<http://vofifitriana.blogspot.com/2010/09/pengertian-rencana-anggaran-biaya.html>  
<http://kibagus-homedesign.blogspot.com/2010/09/analisa-harga-satuan-dan-rencana.html#ixzz2QEFGUZ5s> )