

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem 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 pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai :

2.1.1 Sistem Cabang (*branch*)

Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) menyerupai cabang sebuah pohon. Pada pipa 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 (pengembangan 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 jalur buntu, mungkin terjadi pencemaran dan sedimentasi jika tidak ada penggelontoran.
- d. Tekanan tidak mencukupi ketika dilakukan penambahan areal kedalam sistem penyediaan air minum.

2.1.2 Sistem Gridiron

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

Kelebihan :

- a. Air dalam sistem mengalir bebas ke beberapa arah dan tidak terjadi stagnasi seperti bentuk cabang.
- b. Ketika ada perbaikan pipa, air yang tersambung dengan pipa tersebut tetap mendapat air dari bagian yang lain.
- c. Ketika terjadi kebakaran, air tersedia dari semua arah.
- d. Kehilangan tekanan pada semua titik dalam sistem minimum.

Kekurangan :

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

2.1.3 Sistem melingkar (*loop*)

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

Kelebihan :

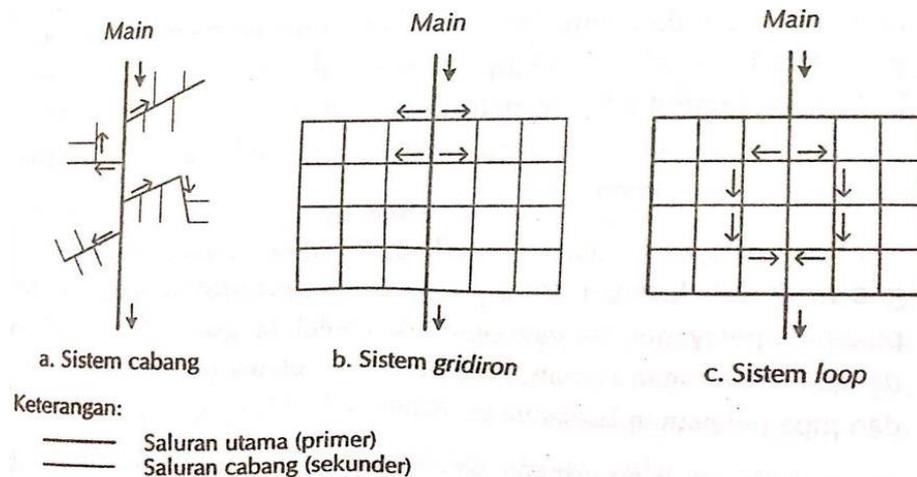
- a. Setiap titik mendapat suplai dari dua arah.

- b. Saat terjadi kerusakan pipa, air dapat disediakan dari arah lain.
- c. Untuk memadamkan kebakaran, air tersedia dari segala arah.
- d. Desain pipa mudah.

Kekurangan :

Mebutuhkan lebih banyak pipa.

Hampir tak ada sistem distribusi yang menggunakan tata letak tunggal, umumnya merupakan gabungan dari ketiganya.



Gambar 2.1 Bentuk Sistem Distribusi (sumber: Tri joko, 2010: 19)

Giles (1986) mengemukakan bahwa sistem perpipaan distribusi ke konsumen terdiri dari

1. Pipa hantar distribusi (*feeders*):
 - a. Pipa induk utama (*primary feeders*)
 - b. Pipa induk sekunder (*secondary feeders*)
2. Pipa pelayanan distribusi :
 - c. Pipa pelayanan utama (*small distribution mains*)
 - d. Pipa pelayanan (*service line*)

Pipa induk utama (*primary feeders*), disebut juga pipa arteri, membentuk kerangka dasar sistem distribusi. Pipa ini membawa sejumlah besar air dari

instalasi pemompaan, ke dan dari *reservoir* distribusi menuju daerah layanan. *Looping* memungkinkan pelayanan kontinu pipa utama meskipun suatu bagian sedang diperbaiki. Pada kondii normal, *looping* memungkinkan suplai dari dua arah untuk hidran kebakaran. Pipa utama yang besar dan panjang harus dilengkapi dengan katup penguras (*blow off*) di titik terendah, dan katup udara (*air relief valve*) di titik tertinggi.

Pipa induk sekunder (*secondary feeders*) membawa sejumlah besar air dari pipa induk utama ke berbagai daerah untuk menjaga suplai air yang normal dan pemadam kebakaran. Pipa ini membentuk *loop* yang lebih kecil dalam *loop* pipa primer, dari satu pipa hantar primer ke lainnya. Kontrol tekanan dengan *cross* dilakukan pada pipa induk primer dan sekunder. Dari pipa induk ini tidak boleh ada sambungan langsung ke konsumen.

Pipa pelayanan utama (*small distribution mains*) membentuk grid di daerah layanan. Pipa pelayanan ini mendistribusikan air ke pipa – pipa pelayanan (*service pipes*) dan boleh langsung dihubungkan dengan sambungan rumah. Pipa pelayanan utama berukuran 6 inchi dan pipa pelayanan biasanya berukuran 2 inchi. (*Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Tri Joko 2010*)

2.2 Unit Transmisi dan Distribusi Air

Sistem transmisi yaitu; Rangkaian perpipaan yang mengalirkan air dari sumber air baku ke unit pengolahan dan membawa air yang sudah diolah dari IPA ke reservoir distribusi. Sistem distribusi yaitu; Rangkaian perpipaan air bersih/minum yang mengalirkan air dari pipa transmisi ke daerah pelayanan yang berupa sambungan rumah atau kran umum. (*sumber : Panduan Pendamping Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat*)

2.3 Perpipaan

2.3.1. Jenis Pipa

Jenis pipa ditentukan berdasarkan material pipanya, seperti CI, beton (*concrete*), baja (*steel*), AC, GI, plastik dan PVC. Kelebihan dan kekurangan pemakaian pipa – pipa tersebut diuraikan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Jenis pipa

Jenis Pipa	Keunggulan	Gambar Pipa
Pipa PVC (Polyvinyl Chloride)	Tahan lama dan mudah perawatan, tidak dapat berkarat atau membusuk	
Pipa Besi	Kekuatan sangat tinggi	
Pipa HDPE (High Density Polythylene)	Penyambung kuat dan tahan bocor, fleksibel dan tahan terhadap tekanan tinggi, tahan korosi dan bahan kimia, mudah dalam perawatan	

(Sumber : Direktorat Jendral Cipta Karya, “panduan Pendamping Sistem Penyediaan Air Minum”)

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. Tahan korosi jika di lapiasi
- e. Mudah disambung
- f. Dapat menahan tekanan tanpa mengalami kerusakan

Kekurangan :

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

2. *Concrete Pipe*

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

Kelebihan :

- a. Bagian dalam pipa halus dan kehilangan akibat friksi paling sedikit.
- b. Tahan lama, sekurangnya 75 tahun.
- c. Tidak berkarat atau 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 daripada pipa CI
- c. Mudah dipasang dan disambung
- d. Dapat menahan tekanan hingga 70 mka (meter kolom air)

Kekurangan :

- a. Mudah rusak karena air yang asam dan basa
- b. Daya tahan hanya 25-30 tahun kecuali dilapis 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 tidak mudah patah
- b. Tidak dapat digunakan untuk tekanan tinggi

5 *Galvanised-Iron Pipe*

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

Kelebihan :

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

Kekurangan :

- a. Umurnya pendek, 7 – 10 tahun
- b. Mudah rusak karena air yang asam dan basa serta mudah terbentuk lapisan kotoran di bagian 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 *Polythene* tersedia dalam warna hitam. Pipa ini lebih tahan terhadap bahan kimia, kecuali asam nitrat dan asam kuat, lemak dan minyak.

Pipa plastik terdiri atas 2 (dua) tipe :

- a. *Low-Density Polythene Pipe*. Pipa ini lebih fleksibel, diameter yang tersedia mencapai 63 mm, digunakan untuk jalur panjang, dan tidak cocok untuk penyediaan air minum dalam gedung.
- b. *High-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 lajur yang panjang.

Pipa plastik tidak bisa memenuhi standar lingkungan, yaitu jika terjadi kontak dengan bahan – bahan seperti asam organik, keton, ester, alkohol, dan

sebagainya. *High-density pipe* lebih buruk dibandingkan *low-density pipe* dalam permasalahan ini.

7 PVC Pipe (Unplasticised)

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

Pipa PVC tahan terhadap asam organik, alkali dan garam, senyawa organik serta korosi. Pipa ini banyak digunakan untuk penyediaan air dingin di dalam maupun diluar sistem penyediaan air minum, sistem pembuangan, dan drainase bawah tanah. Pipa PVC tersedia dalam ukuran yang bermacam – macam. (*Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Tri Joko 2010: 154 - 157*)

2.3.2 Perpipaan Distribusi

1. Denah (Lay-out) Jaringan Pipa Distribusi

Perencanaan denah (*lay-out*) jaringan pipa distribusi ditentukan berdasarkan pertimbangan :

- a. Situasi jaringan jalan di wilayah pelayanan; jalan – jalan yang tidak saling menyambung dapat menggunakan sistem cabang. Jalan – jalan yang saling berhubungan membentuk jalur jalan melingkar atau tertutup, cocok untuk sistem tertutup, kecuali bila konsumen jarang
- b. Kepadatan konsumen; makin jarang konsumen lebih baik dipilih denah (*lay-out*) pipa berbentuk cabang
- c. Keadaan topografi dan batas alam wilayah pelayanan
- d. Tata guna lahan wilayah pelayanan

2. Komponen Jaringan Distribusi

Jaringan pipa distribusi harus terdiri dari beberapa komponen untuk memudahkan pengendalian kehilangan air

- a. Zona distribusi suatu sistem penyediaan air minum adalah suatu area pelayanan dalam wilayah pelayanan air minum yang dibatasi oleh pipa jaringan distribusi utama (distribusi primer). Pembentukan zona

distribusi didasarkan pada batas alam (sungai, lembah, atau perbukitan) atau perbedaan tinggi lebih besar dari 40 meter antara zona pelayanan dimana masyarakat terkonsentrasi atau batas administrasi. Pembentukan zona distribusi dimaksudkan untuk memastikan dan menjaga tekanan minimum yang relatif sama pada setiap zona. Setiap zona distribusi dalam sebuah wilayah pelayanan yang terdiri dari beberapa sel utama (biasanya 5-6 sel utama) dilengkapi dengan sebuah meter induk.

- b. Jaringan Distribusi Utama (JDU) atau distribusi primer yaitu rangkaian pipa distribusi yang membentuk zona distribusi dalam suatu wilayah pelayanan SPAM.
- c. Jaringan pipa distribusi pembawa atau distribusi sekunder adalah jalur pipa yang menghubungkan antara JDU dengan sel utama.
- d. Jaringan distribusi pembagi atau distribusi tersier adalah rangkaian pipa yang membentuk jaringan tertutup sel utama.
- e. Pipa pelayanan adalah pipa yang menghubungkan antara jaringan distribusi pembagi dengan sambungan rumah. Pendistribusian air minum dari pipa pelayanan dilakukan melalui *Clamp Saddle*.
- f. Sel Utama (*Primary Cell*) adalah suatu area pelayanan dalam sebuah zona distribusi dan dibatasi oleh jaringan distribusi pembagi (distribusi tersier) yang membentuk suatu jaringan tertutup. Setiap sel utama akan membentuk beberapa sel dasar dengan jumlah sekitar 5-10 sel dasar. Sel utama biasanya dibentuk bila jumlah sambungan rumah (SR) sekitar 10.000 SR.
- g. Sel dasar (*Elementary Zone*) adalah suatu area pelayanan dalam sebuah sel utama dan dibatasi oleh pipa pelayanan. Sel dasar adalah rangkaian pipa yang membentuk jaringan tertutup dan biasanya dibentuk bila jumlah sambungan rumah SR mencapai 1.000 – 2.000 SR. Setiap sel dasar dalam sebuah sel utama dilengkapi dengan sebuah meter distrik.

3. Bahan Pipa

Pemilihan bahan pipa bergantung pada pendanaan atau investasi yang tersedia. Hal yang terpenting adalah harus dilaksanakannya uji pipa yang terwakili untuk menguji mutu pipa tersebut. Tata cara pengambilan contoh uji pipa yang dapat mewakili tersebut harus memenuhi persyaratan teknis dalam SNI 06-2552-1991 tentang Metode Pengambilan Contoh. Uji Pipa PVC Untuk Air Minum, atau standar lain yang berlaku.

4. Diameter Pipa Distribusi

Ukuran diameter pipa distribusi ditentukan berdasarkan aliran pada jam puncak dengan sisa tekan minimum di jalur distribusi, pada saat terjadi kebakaran jaringan pipa mampu mengalirkan air untuk kebutuhan maksimum harian dan tiga buah hidran kebakaran masing –masing berkapasitas 250 gpm dengan jarak antara hidran maksimum 300 m. Faktor jam puncak terhadap debit rata – rata tergantung pada jumlah penduduk wilayah terlayani sebagai pendekatan perencanaan dapat digunakan tabel berikut. (*Peraturan Menteri No. 18 Tahun 2007:60-62*)

Tabel 2.2 Faktor Jam Puncak untuk Perhitungan Jaringan Distribusi Pipa

Faktor	Pipa Distribusi Utama	Pipa Distribusi Pembawa	Pipa Distribusi Pembagi
Jam puncak	1.15 – 1.7	2	3

(Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18 Tahun 2007)

Ukuran diameter pipa distribusi dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Diameter Pipa Distribusi

Cakupan Sistem	Pipa Distribusi Utama	Pipa Distribusi Pembawa	Pipa Distribusi Pembagi	Pipa Pelayanan
Sistem Kecamatan	≥ 100 mm	75-100 mm	75 mm	50 mm

Cakupan Sistem	Pipa Distribusi Utama	Pipa Distribusi Pembawa	Pipa Distribusi Pembagi	Pipa Pelayanan
Sistem Kota	≥ 150 mm	100-150 mm	75-100 mm	50-75 mm

(Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18 Tahun 2007)

5. Perlengkapan Pipa Distribusi

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

a. Katup Udara (*air valve*)

Kecuali pada jembatan pipa dan pada jalur distribusi utama yang relatif panjang, pada umumnya peralatan ini tidak diperlukan pada perpipaan distribusi. Hal ini disebabkan karena selain pada umumnya jalur pipa tidak terlalu panjang juga sambungan rumah dapat berfungsi sebagai pelepas udara yang ada dalam pipa.

b. Penguras

Perlengkapan penguras diperlukan untuk menegeluarkan kotoran/endapan yang terdapat dalam pipa. Biasa dipasang di tempat yang paling rendah pada perpipaan distribusi dan pada jembatan pipa.

c. Hidran Kebakaran (*fire hydrant*)

Unit ini perlu disediakan pada perpipaan distribusi sebagai tempat (sarana) pengambilan air yang diperlukan pada saat terjadi kebakaran. Biasa ditempatkan di tempat – tempat yang menjadi pusat keramaian / kegiatan, seperti halnya pusat ertokoan, pasar, perumahan, dan lain-lain. Hidran kebakaran juga bisa berfungsi sebagai penguras. Dalam hal ini penempatannya di tempat – tempat yang rendah, umumnya dengan

interval jarak 300 m atau bergantung kepada kondisi daerah/peruntukan dan kepadatan bangunannya. Diameter pipa distribusi dimana unit hidran kebakaran disambungkan minimum 80 mm.

d. *Stop / Gate valve*

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

e. Perkakas (*fitting*)

Perkakas (*tee,bend, reducer,dan lain – lain*) perlu disediakan dan dipasang pada perpipaan distribusi sesuai dengan keperluan di lapangan. Apabila pada suatu jalur pipa terdapat lengkungan yang memiliki radius yang sangat besar, penggunaan perkakas belokan (*bend*) boleh tidak dilakukan selama defleksi pada sambungan pipa tersebut masih sesuai dengan yang di syaratkan untuk jenis pipa tersebut.

f. Peralatan Kontrol Aliran

Kalau dianggap perlu, pada setiap jarak 200 – 300 m pada jalur pipa distribusi harus dipasang alat kontrol untuk menanggulangi terjadinya penyumbatan (*clogging*) dalam pipa akibat kotoran yang terendapkan.

Unit peralatan ini terdiri atas *gate valve* dan perkakas tempat memasukkan alat pembersih ke dalam pipa serta tempat penggelontoran. Penempatan peralatan ini harus dipilih pada tempat yang relatif luas dan ada saluran / tempat yang lebih rendah untuk

membuang air dari penggelontoran tersebut.

g. Jalur Pipa Sekunder / Tersier

Sambungan rumah/sambungan ke bangunan lain tidak boleh dilakukan terhadap pipa induk distribusi yang diameternya lebih besar dari 150 mm .

Untuk itu diperlukan perpipaan sekunder / tersier yang berdiameter 80 mm atau 50 mm yang dipasang sejajar (sesuai dengan keperluan) dengan diameter pipa induk tadi untuk tempat pemasangan sambungan rumah tersebut.

Apabila pada kedua tepi jalan posisi bangunan rumah cukup rapat, maka diperlukan pemasangan pipa sekunder / tersier di kedua tepi jalan tersebut untuk mengurangi terjadinya penyebrangan pipa terhadap jalan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi/menghindarkan kemungkinan banyaknya kebocoran yang sering/ biasa terjadi pada penyebrangan pipa akibat pecahnya pipa tersebut. (*Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Tri Joko 2010: 24 - 26*)

2.4 Kebutuhan Air

Kebutuhan air merupakan jumlah air yang diperlukan bagi kebutuhan dasar/suatu unit konsumsi air, dimana kehilangan air dan kebutuhan air untuk pemadam kebakaran juga diperhitungkan. Kebutuhan dasar dan kehilangan tersebut berfluktuasi dari waktu ke waktu, dengan skala jam, hari, minggu, bulan selama kurun waktu setahun.

Besarnya air yang digunakan untuk berbagai jenis penggunaan tersebut dikenal dengan pemakaian air. Besarnya konsumsi air yang digunakan dipengaruhi oleh faktor seperti :

- Ketersediaan air baik dari segi kualitas, kuantitas, dan kontinuitas
- Kebiasaan penduduk setempat
- Pola dan tingkat kehidupan

- Harga air
- Teknis ketersediaan air seperti fasilitas distribusi, fasilitas pembuangan limbah yang dapat mempengaruhi kualitas air bersih dan kemudahan dalam mendapatkannya
- Keadaan sosial ekonomi penduduk setempat

Standar kebutuhan air bersih ada dua macam yaitu :

a. Standar Penyediaan Air Domestik

Standar penyediaan air domestik ditentukan oleh jumlah konsumen domestik yang dapat diketahui dari data penduduk yang ada. Standar penyediaan kebutuhan domestik ini meliputi minum, mandi, masak, dan lain – lain. Kecenderungan meningkatnya kebutuhan dasar air ditentukan oleh kebiasaan pola hidup masyarakat setempat dan didukung oleh kondisi sosial ekonomi.

Dengan demikian untuk dapat mengetahui kebutuhan air pada masa yang akan datang, antara lain kita perlu mengetahui jumlah penduduk pada masa yang akan datang. Dengan kata lain kita perlu mengetahui:

- Jumlah penduduk pada saat ini, perlu diketahui sebagai dasar untuk menghitung jumlah penduduk pada saat yang akan datang
- Kenaikan penduduk

Dengan adanya data tersebut, maka kita dapat menghitung/memperkirakan jumlah penduduk pada masa yang akan datang. Sehingga kita dapat mengetahui kebutuhan air pada masa yang akan datang. (*Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air*)

Tabel 2.4 Kategori Kebutuhan Air Tipe Rumah Tangga

Kategori	Tipe Rumah Tangga	Kebutuhan Air (l/or/hr)
A	Rumah Sangat Sederhana (RSS)	80
B	Rumah Sederhana (RS)	120

Kategori	Tipe Rumah Tangga	Kebutuhan Air (l/or/hr)
C	Rumah Tangga Menengah	170
D	Rumah Tangga Mewah	220
Kebutuhan Air Rata – Rata		150

(Sumber : Chris Ingram, 2004)

b. Standar Penyediaan Air Non Domestik

Standar penyediaan air non domestic ditentukan oleh banyaknya konsumen non domestik yang meliputi fasilitas seperti perkantoran, kesehatan, industri, komersil, umum dan lainnya. Konsumsi non domestik terbagi menjadi beberapa kategori yaitu :

- Umum, meliputi : tempat ibadah, rumah sakit, sekolah, terminal, kantor, dan lain sebagainya
- Komersil, meliputi : hotel, pasar, pertokoan, rumah makan, dan lain sebagainya.
- Industri, meliputi : peternakan, industri dan lain sebagainya.

Untuk memprediksi perkembangan kebutuhan air non domestic perlu diketahui rencana pengembangan kota serta aktivitasnya. Apabila tidak diketahui maka prediksi dapat didasarkan pada suatu ekivalen penduduk, dimana konsumen non domestik dapat dihitung mengikuti perkembangan standar penyediaan air domestik. Kebutuhan air non domestik menurut kriteria perencanaan pada Dinas PU dapat dilihat dalam tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori V (Desa)

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1200	Liter/unit/hari
Masjid	3000	Liter/unit/hari
Musholla	2000	Liter/unit/hari

Sektor	Nilai	Satuan
Pasar	12000	Liter/hektar/hari
Komesial/Industri	10	Liter/hari

(Sumber : *Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996*)

2.5 Kehilangan Air

Tabel 2.6 Penyebab Kehilangan Air

Kebocoran Teknis	Kebocoran Non Teknis
1. Pengurasan pipa	1. Tetesan air dari kran pelanggan
2. Pengurasan lumpur pada Instalasi Pengolahan Air	2. Pengurangan tagihan air pada sambungan bermeter
3. Pencucian saringan pasir	3. Penggunaan air melalui sambungan liar
4. Operasi pompa	4. Kehilangan air akibat meter yang tidak teliti
5. Kebocoran pipa transmisi	5. Penggunaan air melalui sambungan resmi tanpa meteran
6. Penggunaan air dan kebocoran pada Instalasi Pengolahan Air, reservoir dan pompa	6. Kesalahan membaca meteran air dan kesalahan membuat rekening
7. Pengurangan pipa distribusi	
8. Penggunaan pemadam kebakaran	
9. Kebocoran jaringan pipa distribusi termasuk sambungan rumah	

(Sumber : *Panduan Pendamping Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat*)

Penanggulangan kehilangan air :

1. Pembentukan sistem monitoring
2. Pencarian dan identifikasi sumber – sumber kehilangan air
3. Pengolahan data pelanggan untuk identifikasi kehilangan air no fisik
4. Inspeksi dan deteksi kebocoran pipa

5. Materisasi sambungan rumah dan penyempurnaan pengolahan data dan sistem tagihan serta melalui program penyuluhan
6. Pembenahan jaringan dan sistem tekanan

(Panduan Pendamping Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat, Kementerian Pekerja Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Cipta Karya)

2.6 Langkah Perhitungan Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi

2.6.1 Analisa Hidrolika Dalam Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

1. Perhitungan Hidrolis

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

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

$$y = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} \rightarrow V^2 = \frac{16 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot d^4}$$

$$Hgs = \frac{16Q^2/14^{4/3}}{\pi^2 Kst^2 \cdot d^{4/3} d^4}$$

$$Hgs = \frac{161,61 \cdot l}{\pi^2 Kst^2 \cdot d^{16/3}} \cdot Q^2 \rightarrow Hgs = K \cdot Q^2$$

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

dengan :

- l : Panjang pipa (m)
- Kst : Koefisien kekasaran saluran ($m^{1/3}/det$)
- D : Diameter pengaliran (m)
- Kst : $1/n$, dimana n merupakan konstanta numerik
- n : Koefisien kekasaran Manning

Faktor n dalam persamaan adalah koefisien kekasaran dari saluran. Bila kekasaran tersebut tidak seragam pada penampang melintangnya, maka suatu nilai rata – rata dari n haruslah dicari atau saluran tersebut harus diperlakukan sebagai dua buah

saluran atau lebih, yang mempunyai nilai n masing – masing. Debit pada masing – masing bagian saluran dihitung secara terpisah dan nilai – nilai nya dapat dijumlahkan untuk mendapatkan aliran keseluruhan.

Tabel 2.7 Nilai – Nilai Koefisien Kekasaran n

No	Jenis Material Pipa	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)

2.6.2 Dimensi Pipa

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

$$Q = V \cdot A$$

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

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot V$$

dengan :

Q : Debit pengaliran (m^3/detik)

V : Kecepatan pengaliran (m/detik)

A : Luas penampang (m^2)

d : Diameter (mm)

(Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum, Martin Dharmasetiawan 2004:3)

2.6.2 Debit Penyadapan

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

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

(Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum, Martin Dharmasetiawan 2004:4)

2.6.3 Debit Pelayanan

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

- a. Debit pelayanan untuk sambungan rumah

$$(Q \text{ Domestik}) = \Sigma \text{Sambungan rumah} \times \text{debit penyadapan 1 sambungan rumah.}$$

- b. Debit pelayanan untuk fasilitas umum

$$(Q \text{ non Domestik}) = \Sigma \text{Fasilitas umum} \times \text{debit penyadapan 1 fasilitas umum.}$$

- c. Total debit pelayanan

$$Q \text{ total} = Q \text{ domestik} + Q \text{ non domestik}$$

(Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum, Martin Dharmasetiawan 2004:4)

2.6.4 Kehilangan Tekanan (*Head Loss*)

Secara umum di dalam suatu instalasi jaringan pipa dikenal dua macam kehilangan energi :

- a. Kehilangan Tinggi Tekanan Mayor (*Major Losses*)

Ada beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekanan mayor ini yaitu dari Hazen-Williams,

Darcy-Weisbach, Manning, Chezy, Colebrook-White dan Swamme-Jain. Dalam kajian ini digunakan persamaan Hazen- Williams (Haestad, 2001:278) yaitu :

$$hf = k.Q^{1,85}$$

Dimana :

$$Q = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot A \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54}$$

$$k = \frac{10,7L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Dengan :

Q = debit aliran pada pipa (m³/det)

0,85 = konstanta

C_{hw} = koefisien kekasaran Hazen-Williams

A = luas penampang aliran (m²)

R = jari – jari hidrolis (m) = $\frac{A}{P} = \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{\pi D}$

S = kemiringan garis energi (m/m) = $\frac{hf}{L}$

hf = kehilangan tinggi tekanan mayor (m)

D = diameter pipa (m)

K = koefisien karakteristik pipa

L = panjang pipa (m)

b. Kehilangan Tinggi Tekanan Minor

Ada berbagai macam kehilangan tinggi tekanan minor sebagai berikut :

1. Kehilangan tinggi minor karena pelebaran pipa
2. Kehilangan tinggi minor karena penyempitan mendadak pada pipa
3. Kehilangan tinggi minor karena mulut pipa
4. Kehilangan tinggi minor karena belokkan pada pipa
5. Kehilangan tinggi minor karena sambungan dan katup pada pipa

2.6.5 Sisa Tekanan

Mencari sisa tekanan dengan elevasi muka tanah daerah tersebut.

Perhitungan ini dapat dilakukan dengan rumus.

$$\text{Residual Head} = \text{Available Head Ruas Pipa} - \text{Elevasi Ruas Pipa}$$

Dimana :

$$\text{Available Head} = \text{Available Head Awal} + \text{Hgs Ruas Pipa}$$

2.7 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu. (*Manajemen Proyek Konstruksi, Wulfram I. Ervianto 2005:21*)

2.7.1 Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan estimasi adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi untuk menjawab pertanyaan “Berapa besar dana yang harus disediakan untuk sebuah bangunan?”. Pada umumnya, biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi berjumlah besar. Ketidaktepatan yang terjadi dalam penyediaannya akan berakibat kurang baik pada pihak – pihak yang terlibat di dalamnya.

Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah perusahaan, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Estimasi dapat diartikan peramalan kejadian pada masa datang. Dalam proyek konstruksi, khususnya pada tahap pelaksanaan, kontraktor hanya dapat memperkirakan urutan kegiatan, aspek pembiayaan, aspek kualitas dan aspek waktu dan kemudian memberi nilai pada masing – masing kejadian tersebut. (*Manajemen Proyek Konstruksi, Wulfram I. Ervianto 2005:129*)

Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak siapa/pihak yang membuatnya. Pihak *owner* membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut OE (*Owner Estimate*) atau EE (*Engineer Estimate*). Pihak

kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi.

Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati *Owner Estimate* (OE) atau *Engineer Estimate* (EE), kiasaran yang masih dapat diterima oleh *owner* akan dibahas dalam bab tersendiri tentang lelang. Dalam menentukan harga penawaran , kontraktor harus memasukkan aspek – aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya.

Tahap – tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah berikut :

- a. Melakukan pengumpulan data tentang jenis,harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
- b. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- c. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini oleh si pembuat anggaran.
- d. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- e. Membuat rekapitulasi

(*Manajemen Proyek Konstruksi, Wulfram I. Ervianto 2005:141-143*)

2.7.2 Bar Chart

Rencana kerja yang paling sering dan banyak digunakan adalah diagram batang (*bar charts*) atau *Gant charts*. *Bar charts* digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dmengerti oleh pemakainya.

Bar charts adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah 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 :

- a. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- b. Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- c. 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.

(*Manajemen Proyek Konstruksi, Wulfram I. Ervianto 2005:162*)

2.7.3 Network Planning

Dalam *Network planning* suatu proyek pertama kita harus inventarisasi kegiatan-kegiatan (activities) serta secara logika dapat ketergantungan satu sama lainnya. Jika sudah kita ketahui maka kita buat *symbol-symbol* kegiatan (*activity*) dan kejadian (*event*) setelah itu baru kita tinjau factor “waktu” (ini kita buat berdasarkan pengalaman) sehingga dapat lintasan-lintasan waktu tersebut yang disebut lintasan kritis (masih banyak lintasan-lintasan lain). Seperti lintasan tidak kritis yang mempunyai “banyak waktu untuk bisa terlambat” yang dinamakan dengan “float” yang mana dapat memberikan elastisitas/waktu longgar pada sebuah *Network*.

Kegunaan yang utama dari “*Network Planning*”:

1. Penggambaran secara logika dari setiap kegiatan (*Activity*).
2. Dari penggambaran kita tahu mana yang kritis mana tidak.
3. Dapat bantuan untuk menghimpun komunikasi sesama *Event*.
4. Tercapai pembiayaan yang lebih Ekonomis.

Sebuah “*network plan*” merupakan sebuah pernyataan secara grafis dari kegiatan-kegiatan, yang diperlukan dalam mencapai suatu tujuan akhir. Untuk membentuk gambar dari rencana “*Network Plan*” tersebut perlu digunakan *symbol-symbol*.

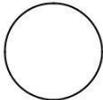
Disini terdapat tiga macam *symbol* yaitu :

1.  Anak panah = Arrow (menyatakan sebuah kegiatan *activity*)

Kegiatan disini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan “*duration*” (jangka waktu tertentu) dalam pemakaian sejumlah “*resources*” (sumber tenaga, equipment, material dan biaya).

Baik panjang maupun kemiringan dari anak panah tadi sama sekali tidak mempunyai arti, jadi tidak perlu menggunakan skala.

Kepala anak panah menjadi pedoman arah tiap kegiatan, yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan dari permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan jurusan dari kiri ke kanan.

2.  Lingkaran kecil = Node (menyatakan sebuah kejadian atau peristiwa atau *event*)

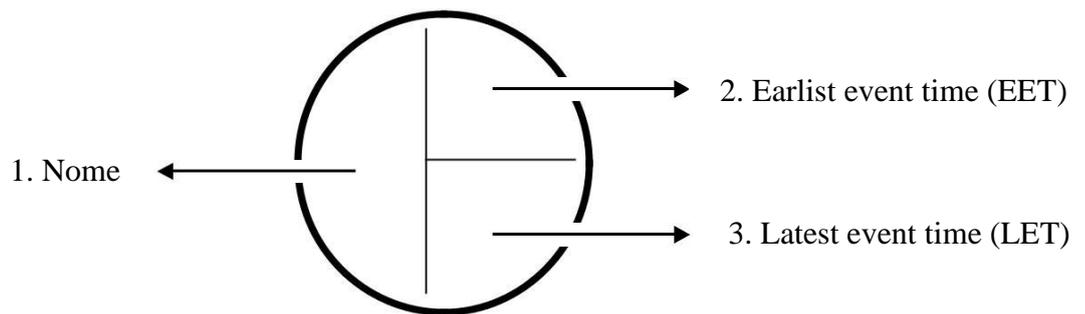
Kejadian (*event*) disini didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan.

3.  Anak panah terputus-putus (menyatakan “kegiatan semu” atau “*Dummy*”)

“*dummy*” disini berguna untuk mulainya kegiatan-kegiatan. Seperti halnya, kegiatan biasa (*activity*) maka panjang dan kemiringan dari “*dummy*” ini tidak mempunyai arti sama sekali. Jadi tidak berskala. Bedanya dengan kegiatan biasa (*activity*) adalah bahwa “*dummy*” tidak mempunyai “*duration*” (jangka waktu tertentu) karena tidak memakai atau menghabiskan sejumlah “*resource*” (manpower, equipment dan material). Barangkali yang tepat bila “*dummy*” didefinisikan sebagai pemberitahuan,

(seolah-olah) berpindahnya suatu kejadian (*event*) ke (berimpit dengan) kejadian (*event*) lain.

Keterangan Node :



Gambar 2.4 Keterangan Node

1. Nomer lingkaran
2. Saat kejadian terkini
3. Saat kejadian paling lambat

(*Network Planning Jilid I, soetomo kajatno Badan Penerbit Pekerja Umum*)

2.7.4 Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dan *Barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progres pelaksanaan proyek (Callahan, 1992). Definisi lain, kurva S adalah grafik yang dibuat dengan simbol vertikal sebagai nilai komulatif biaya atau penyelesaian (*progress*) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu (Soeharto, 1997). 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 (Husen, 2011).

Dari beberapa definisi diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa kegunaan dari dari 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. (Imam Soeharto, 1998).

Langkah – langkah yang harus dilakukan dalam membuat sebuah kurva S Rencana menurut Bachtiar Ibrahim, adalah sebagai berikut (Ibrahim, 1993).

- a. Mencari % Bobot Biaya Setiap Pekerjaan

Bobot pekerjaan didefinisikan besarnya pekerjaan siap, dibandingkan dengan pekerjaan siap seluruhnya dan dinyatakan dalam bentuk persen (Ibrahim, 2008).

Pekerjaan siap seluruhnya dinilai 100 %. Untuk mengetahui bobot pekerjaan dilihat dari rencana anggaran biaya yang telah disusun sebelumnya. Uraian untuk mendapatkan nilai bobot pekerjaan digambarkan dalam skema sebagai berikut.

$$\text{Persentase bobot pekerjaan} = \frac{v \times \text{Harga satuan Pekerjaan}}{\text{Harga Bangunan}} \times 100 \%$$

- b. Membagi % Bobot Biaya Pekerjaan pada Durasi

Setelah bobot didapatkan, maka ditempatkan pada kolom bobot di bar chart yang tersedia. Bobot yang di dapat dibagi dengan durasi pekerjaan/kegiatan sehingga didapat bobot biaya untuk setiap periodenya.

- c. Menjumlahkan % Bobot Biaya Pekerjaan pada Setiap Lajur Waktu

Berikutnya adalah menjumlahkan bobot biaya sesuai dengan kolom lajur waktu dan hasilnya ditempatkan pada bagian bobot biaya dibagian bawah bar chart.

- d. Membuat Kumulatif dari % Bobot Biaya Pekerjaan pada Lajur % Kumulatif Bobot Biaya

Bobot biaya dikumulatifkan untuk setiap periode. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui progres biaya proyek yang nantinya akan digunakan untuk membuat Arus Kas Rencana proyek.

e. Membuat Kurva S Berdasarkan % Kumulatif Bobot Biaya

Langkah terakhir adalah membuat Kurva S dengan mengacu pada kumulatif bobot sebagai absis dan periode/waktu sebagai ordinat. Di bagian paling kanan barchart dibuat skala 0 – 100 untuk kumulatif bobot biaya sementara di bagian bawah barchart sebagai absis waktu. (*Manajemen Kontruksi, Irika Wideasanti 2013:125-126*)

