

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Drainase

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Dalam bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong – gorong di bawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi pencegahan banjir.

Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi.

(Dr. Ir. Suripin, M.Eng.2004)

Sedangkan pengertian tentang drainase kota pada dasarnya telah diatur dalam SK menteri PU No. 233 tahun 1987. Menurut SK tersebut, yang dimaksud drainase kota adalah jaringan pembuangan air yang berfungsi mengeringkan bagian-bagian wilayah administrasi kota dan daerah urban dari genangan air, baik dari hujan lokal maupun luapan sungai melintas di dalam kota.

2.2 Sejarah Perkembangan Drainase

Ilmu drainase perkotaan bermula tumbuh dari kemampuan manusia mengenali lembah-lembah sungai yang mampu mendukung kebutuhan hidupnya. Adapun kebutuhan pokok tersebut berupa penyediaan air bagi keperluan rumah tangga, pertanian, perikanan, transportasi dan kebutuhan social budaya.

Dari siklus keberadaan air di suatu lokasi dimana manusia bermukim, pada masa tertentu selalu terjadi keberadaan air secara berlebih, sehingga mengganggu kehidupan manusia itu sendiri. Selain daripada itu, kegiatan manusia semakin bervariasi sehingga menghasilkan limbah kegiatan berupa air buangan yang dapat mengganggu kualitas lingkungan hidupnya. Berangkat dari kesadaran akan arti kenyamanan hidup sangat bergantung pada kondisi lingkungan, maka orang mulai berusaha mengatur lingkungannya dengan cara melindungi daerah pemukimannya dari kemungkinan adanya gangguan air berlebih atau air kotor.

Dari sekumpulan pengalaman terdahulu dalam lingkungan masyarakat yang masih sederhana, ilmu drainase perkotaan dipelajari oleh banyak bangsa. Sebagai contoh orang Babilon mengusahakan lembah sungai Eufrat dan Tigris sebagai lahan pertanian yang dengan demikian pastitidak dapat menghindari permasalahan drainase. Orang Mesir telah memanfaatkan air sungai Nil dengan menetap sepanjang lembah yang sekaligus rentan terhadap gangguan banjir.

Penduduk di kawasan tropika basah seperti di Indonesia awalnya dibidang selalu tumbuh dari daerah yang berdekatan dengan sungai, dengan demikian secara otomatis mereka pasti akan berinteraksi dengan masalah gangguan air pada saat musim hujan secara periodic. Pada kenyataannya mereka tetap dapat menetap disana, dikarenakan mereka telah mampu mengatur dan menguasai ilmu pengetahuan tentang drainase.

Tepengaruh dengan perkembangan sosial budaya suatu masyarakat atau suku bangsa, ilmu drainase perkotaan akhirnya harus ikut tumbuh dan berkembang sesuai dengan perubahan tata nilai yang berlangsung di lingkungannya.

Harus diakui bahwa pertumbuhan dan perkembangan ilmu drainase perkotaan dipengaruhi oleh perkembangan ilmu hidrolika, matematika, statistika, fisika, kimia, komputasi dan banyak lagi yang lain, bahkan juga ilmu ekonomi dan sosial sebagai ibu asuhnya pertama kali. Ketika didominasi oleh ilmu

hidrologi, hidrolika, mekanika tanah, ukur tanah, matematika, pengkajian ilmu drainase perkotaan masih menggunakan konsep statiska.

Namun dengan semakin akrabnya hubungan ilmu drainase perkotaan dengan statiska, kesehatan, lingkungan, social ekonomi yang umumnya menyajikan suatu telaah akan adanya ketidakpastian dan menuntut pendekatan masalah secara terpadu (*intergrated*) maka ilmu drainase perkotaan semakin tumbuh menjadi ilmu yang mempunyai dinamika yang cukup tinggi.

(H.A Halim Hasmar.2011)

2.3 Sistem Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi atas 2 bagian, yaitu :

a) Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran/badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (Catchment Area). Pada umumnya sistem drainase mayor ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (major system) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal atau sungai-sungai. Perencanaan drainase makro ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5 sampai 10 tahun dan pengukuran topografi yang detail mutlak diperlukan dalam perencanaan sistem drainase ini.

b) Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota

dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar.

Pada umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan permukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase mikro.

2.4 Jenis – Jenis Drainase

Drainase dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :

a) Menurut sejarah terbentuknya

1) Drainase alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alamiah adalah sistem drainase yang terbentuk secara alami dan tidak ada unsur campur tangan manusia.

2) Drainase buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan adalah sistem drainase yang dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, dan dimensi saluran.

b) Menurut letak saluran

1) Drainase permukaan tanah (*Surface Drainage*)

Drainase permukaan tanah adalah saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open channel flow.

2) Drainase bawah tanah (*Sub Surface Drainage*)

Drainase bawah tanah adalah saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan tersebut antara lain tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di

permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman, dan lain-lain.

c) Menurut konstruksi

1) Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah sistem saluran yang biasanya direncanakan hanya untuk menampung dan mengalirkan air hujan (sistem terpisah), namun kebanyakan sistem saluran ini berfungsi sebagai saluran campuran. Pada pinggiran kota, saluran terbuka ini biasanya tidak diberi lining (lapisan pelindung). Akan tetapi saluran terbuka di dalam kota harus diberi lining dengan beton, pasangan batu (masonry) ataupun dengan pasangan bata.

2) Saluran Tertutup

Saluran tertutup adalah saluran untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Sistem ini cukup bagus digunakan di daerah perkotaan terutama dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi seperti kota Metropolitan dan kota-kota besar lainnya.

d) Menurut fungsi

1) *Single Purpose*

Single purpose adalah saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.

2) *Multy Purpose*

Multy purpose adalah saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

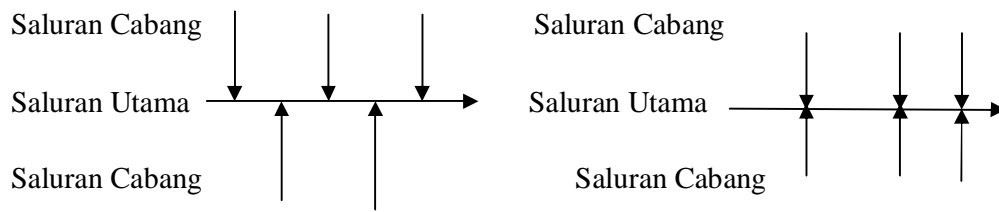
(H.A Halim Hasmar.2011)

2.5 Pola Jaringan Drainase

Dalam perencanaan sistem drainase suatu kawasan harus memperhatikan pola jaringan drainasenya. Pola jaringan drainase pada suatu kawasan atau wilayah tergantung dari topografi daerah dan tata guna lahan kawasan tersebut. Adapun tipe atau jenis pola jaringan drainase sebagai berikut.

a) Jaringan Drainase Siku

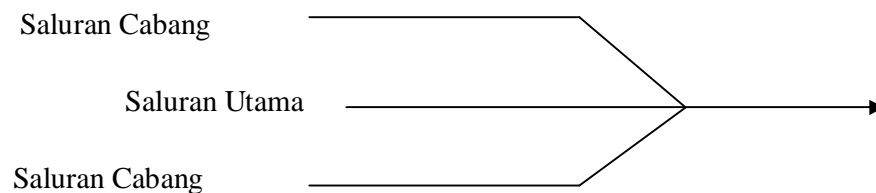
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai pembuang akhir berada di tengah kota.



Gambar 2.1 Pola Jaringan Drainase Siku

b) Jaringan Drainase Paralel

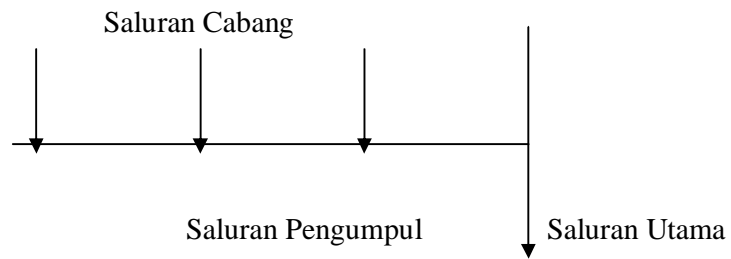
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan menyesuaikan.



Gambar 2.2 Pola Jaringan Drainase Paralel

c) Jaringan Drainase Grid Iron

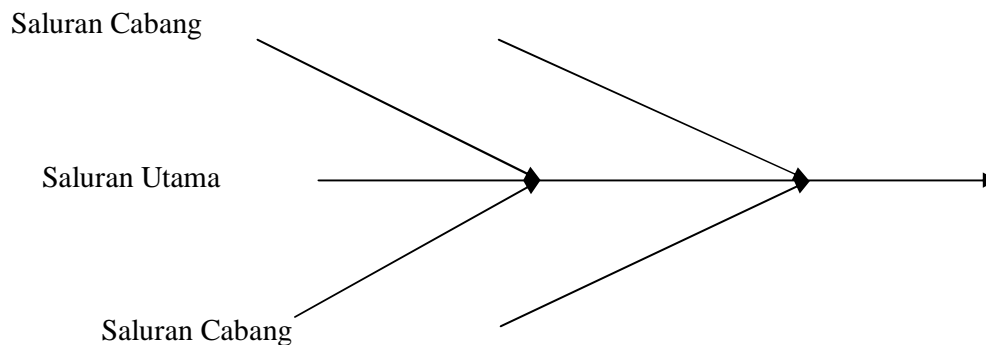
Untuk daerah dimana sungai terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase Grid Iron

d) Jaringan Drainase Alamiah

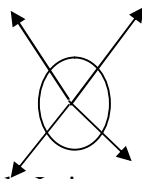
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.4 Pola Jaringan Drainase Alamiah

e) Jaringan Drainase Radial

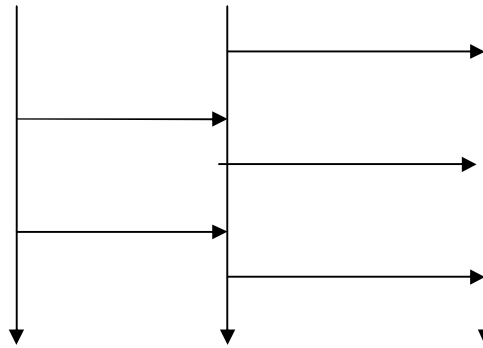
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.5 Pola Jaringan Drainase Radial

f) Jaringan Drainase Jaring-Jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar.



Gambar 2.6 Pola Jaringan Drainase Jaring-Jaring

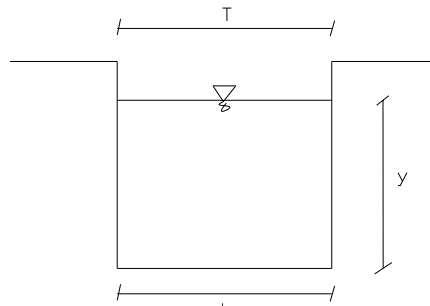
(H.A Halim Hasmar.2011)

2.6 Bentuk Penampang Saluran Drainase

Bentuk-bentuk untuk drainase tidak jauh berbeda dengan saluran irigasi pada umumnya. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti kurang ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai. Adapun bentuk saluran antara lain :

a. Persegi Panjang

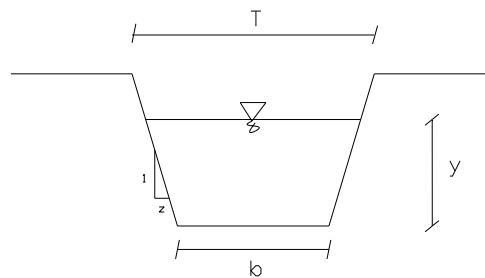
Saluran Drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini saluran harus terbentuk dari pasangan batu ataupun coran beton.



Gambar 2.7 Saluran Bentuk Persegi

b. Trapesium

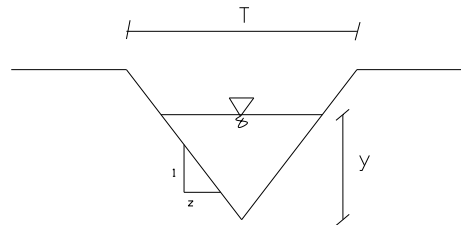
Pada umumnya saluran terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan coram beton. Saluran ini memerlukan cukup ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi dengan debit yang besar.



Gambar 2.8 Saluran Bentuk Trapesium

c. Segitiga

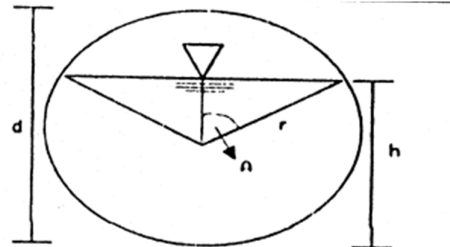
Bentuk saluran segitiga umumnya diterapkan pada saluran awal yang sangat kecil.



Gambar 2.8 Saluran Bentuk Segitiga

d. Lingkaran

Biasanya digunakan untuk gorong – gorong dimana salurannya tertanam di dalam tanah



Gambar 2.7 Saluran Bentuk Lingkaran

2.7. Pengertian Hidrologi

Hidrologi (berasal dari Bahasa Yunani: Υδρολογία, Υδωρ+Λογος, *Hydrologia*, "ilmu air") adalah cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh Bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Orang yang ahli dalam bidang hidrologi disebut hidrolog, bekerja dalam bidang ilmu bumi dan ilmu lingkungan, serta teknik sipil dan teknik lingkungan.

Kajian ilmu hidrologi meliputi hidrometeorologi (air yang berada di udara dan berwujud gas), potamologi (aliran permukaan), limnologi (air permukaan yang relatif tenang seperti danau; waduk), geohidrologi (air tanah), dan kriologi (air yang berwujud padat seperti es dan salju) dan kualitas air. Penelitian Hidrologi juga memiliki kegunaan lebih lanjut bagi teknik lingkungan, kebijakan lingkungan, serta perencanaan. Hidrologi juga mempelajari perilaku hujan terutama meliputi periode ulang curah hujan karena berkaitan dengan perhitungan banjir serta rencana untuk setiap bangunan teknik sipil antara lain bendung, bendungan dan jembatan.

(Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Hidrologi>)

Menurut Mahmud Ahmad 2011, Hidrologi adalah cabang ilmu dari ilmu kebumihan. Hidrologi merupakan ilmu yang penting dalam asesmen, pengembangan, utilisasi dana manajemen sumber daya air yang dewasa ini semakin meningkat realisasinya di berbagai level.

2.8 Analisis Hidrologi

Untuk melakukan perencanaan drainase diperlukan penggunaan metode yang tepat. Ketidaksihesuaian dalam penggunaan metode dapat mengakibatkan hasil perhitungan tidak tepat digunakan pada kondisi yang sebenarnya. Analisis hidrologi merupakan faktor yang paling berpengaruh untuk merencanakan besarnya sarana penampungan dan pengaliran. Hal ini diperlukan untuk dapat mengatasi aliran permukaan yang terjadi agar tidak mengakibatkan terjadinya genangan. Beberapa aspek yang perlu ditinjau antara lain:

2.8.1 Analisis Frekuensi Data Hidrologi

Tujuan Analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa- peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan

tidak bergantung (independent) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik.

(Sumber: Suripin, Dr. Ir., M. Eng, 2004)

Data yang diperlukan untuk menunjang teori kemungkinan ini adalah minimum 10 besaran hujan atau debit dengan harga tertinggi dalam setahun jelasnya diperlukan data minimum 10 tahun.

Karena terbatasnya data debit maka perkiraan besarnya limpasan, khususnya untuk daerah aliran yang tak terlampau besar, dihitung berdasarkan hubungan curah hujan terhadap larian dan analisa frekuensi curah hujan. Untuk daerah aliran yang mempunyai beberapa pos hujan, berbagai pertimbangan harus ditinjau supaya didapat harga ekstrim dari rata – rata curah hujan didalam daerah tersebut.

a. Distribusi Metode Gumbel

Analisis frekuensi untuk curah hujan rancangan (x) dengan metode Gumbel, yaitu :

$$X_t = \bar{x} + \frac{Y_t - Y_n}{s_n} \sigma n \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

X_t = curah hujan rancangan dengan kala ulang T tahun

\bar{x} = nilai rata – rata aritmatik hujan kumulatif

Y_t = *reduced variate*, merupakan fungsi dari kala ulang

Y_n = nilai yang tergantung pada “n”

σn = standar deviasi yang merupakan fungsi dari “n”

b. Metode Log Pearson Type III

Parameter statistic yang digunakan dalam distribusi *log pearson type III* adalah :

Curah Hujan Rancangan :

$$\text{Log } X_i = \text{Log } \bar{X} + G \cdot S_d \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Nilai Rerata :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{n \sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Standar Deviasi :

$$\text{Sd} = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Koefisien Asimetri atau Kemencengan:

$$\text{CS} = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2) \text{Sd}^3} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan:

Log X = Nilai Logaritmik dari X dengan kala ulang T tahun

Log \bar{X} = Nilai rata-rata dari Log X

Sd = Standar deviasi

G = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari kala ulang dan koefisien kemencengan.

Cs = Koefisien Kemencengan atau Asimetris

2.9 Curah Hujan Regional / Wilayah

Jika di dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata – rata untuk mendapatkan nilai curah hujan areal. (Soemarto, C.D, 1995)

Ada 3 macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada areal tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos penakar atau pencatat. (Soemarto, C.D, 1995)

1. Metode Rerata Aljabar

Tinggi rata – rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata – rata hitung pengukuran hujan di stasiun curah hujan didalam catchment area tersebut.

$$R = \frac{1}{n} (R_A + R_B + R_C + \dots + R_n) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

R = tinggi curah hujan rata-rata

R_A, R_B, \dots, R_n = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ..., n

N = banyaknya pos penakar

(Soemarto C.D, 1995)

2. Cara poligon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (weighted average). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar.

$$R = \frac{R_A A_A + R_B A_B + R_C A_C + \dots + R_n A_n}{A_A + A_B + A_C + \dots + A_n} \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan :

A = luas areal

R = tinggi curah hujan rata-rata areal

R_A, R_B, \dots, R_n = tinggi curah hujan di pos 1, 2, ..., n

A_A, A_B, \dots, A_n = luas daerah pengaruh pos 1, 2, ..., n

(Soemarto C.D, 1995)

3. Cara isohyet

Dengan cara ini, kita harus menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama (isohyet).

$$R = \frac{A_A \left[\frac{R_A + R_B}{2} \right] + A_B \left[\frac{R_B + R_C}{2} \right] + \dots + A_{n-1} \left[\frac{R_{n-1} + R_n}{2} \right]}{A_A + A_B + \dots + A_{n-1}} \quad \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan :

A = luas areal

R = tinggi curah hujan rata-rata areal

R_A, R_B, \dots, R_n = tinggi curah hujan di pos 1, 2, ..., n

A_A, A_B, \dots, A_n = luas daerah pengaruh pos 1, 2, ..., n

(Soemarto C.D, 1995)

2.10 Analisa Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan (mm/Jam), yang artinya tinggi curah hujan yang terjadi sekian mm dalam kurun waktu per jam.

Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan beberapa rumus, salah satunya seperti :

- Rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan harian maksimum (mm)

t_c = Waktu Konsentrasi (jam)

$$t_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots (2.10)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$t_2 = \frac{L}{60V} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

t_1 = waktu inlet (menit)

t_2 = waktu aliran (menit)

L_0 = jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

n_d = koefisien hambatan (tabel 2, Dewan Standarisasi Nasional)

s = kemiringan daerah pengaliran

v = kecepatan air rata – rata disaluran (m/det)

2.11 Debit Air Hujan / Limpasan

Debit air hujan atau debit limpasan adalah apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu Daerah Aliran Sungai melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan – cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan – cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir diatas permukaan tanah. Debit air hujan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus Debit Limpasan :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

Q = Debit aliran air limpasan (m³/detik)

C = Koefisien *run off* (berdasarkan standar baku)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (ha)

0,278 = Konstanta

2.12 Analisa Hidrolika

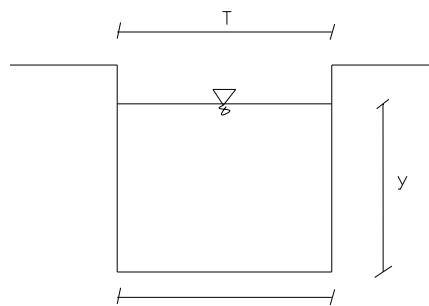
Banyaknya debit air hujan yang ada dalam suatu kawasan harus segera di alirkan agar tidak menimbulkan genangan air. Untuk dapat mengalirkannya diperlukan saluran yang dapat menampung dan mengalirkan air tersebut ke tempat penampungan. Penampungan tersebut dapat berupa sungai atau kolam retensi. Kapasitas pengaliran dari saluran tergantung pada bentuk, kemiringan dan kekasaran saluran. Sehingga penentuan kapasitas tamping harus berdasarkan atas besarnya debit air hujan.

2.12.1 Dimensi saluran

Dalam perencanaan dimensi saluran harus di usahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tamping yang tidak memadai.

1. Kriteria Penampang Ekonomis

a. Persegi Panjang

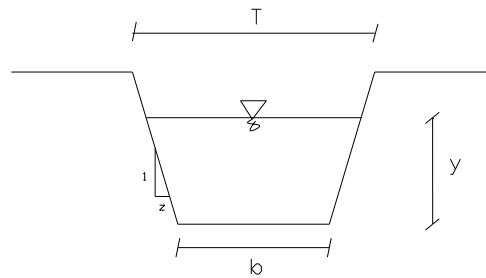


Gambar 2.8 Saluran Bentuk Persegi

Luas (A)	= $b \cdot y$
Keliling basah (P)	= $b + 2y$
Jari-jari Hidrolik (R)	= $\frac{b \cdot y}{b + 2y}$
Lebar Puncak (T)	= b

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman Hidrolik (D)} &= y \\ \text{Faktor Penampang (Z)} &= (b \cdot y)^{1,5} \end{aligned}$$

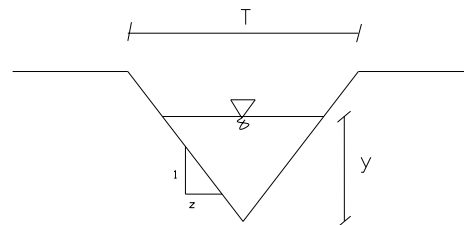
b. Trapesium



Gambar 2.9 Saluran Bentuk Trapesium

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= (b+zy) y \\ \text{Keliling Basah (P)} &= b+2y\sqrt{1+z^2} \\ \text{Jari-jari Hidrolik} &= \frac{(b+zy)' y}{b+2y\sqrt{1+z^2}} \\ \text{Lebar Puncak (T)} &= b+2zy \\ \text{Faktor Penampang} &= \frac{(b+2zy)xy}{b+2zy} \end{aligned}$$

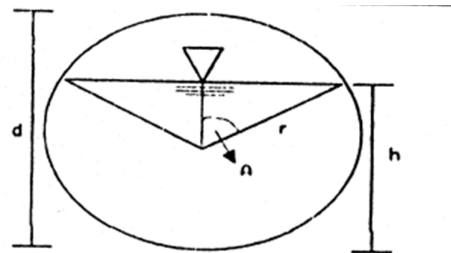
c. Segitiga



Gambar 2.7 Saluran Bentuk Segitiga

$$\begin{aligned}
 \text{Luas (A)} &= zy^2 \\
 \text{Keliling Basah (P)} &= 2y\sqrt{1+z^2} \\
 \text{Jari-jari Hidrolik} &= \frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}} \\
 \text{Lebar Puncak (T)} &= 2zy \\
 \text{Kedalaman Hidrolik} &= \frac{1}{2}y \\
 \text{Faktor Penampang} &= \frac{\sqrt{2}}{2}zy^{1.5}
 \end{aligned}$$

d. Lingkaran



Gambar 2.10 Saluran Bentuk Lingkaran

$$\begin{aligned}
 \text{Luas (A)} &= \frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)D^2 \\
 \text{Keliling Basah} &= \frac{1}{2}\theta \times D \\
 \text{Jari-jari Hidrolik (R)} &= \frac{1}{2}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right) \times D \\
 \text{Lebar Puncak (T)} &= 2\sqrt{y(D-y)} \\
 \text{Kedalaman Hidrolik (D)} &= \frac{1}{8}\left(\frac{\theta\sin\theta}{\sin^{\frac{1}{2}}\theta}\right) \times D \\
 \text{Faktor Penampang (Z)} &= \frac{\sqrt{2(\theta - \sin\theta)}^{1.5}}{32(\sin^{\frac{1}{2}}\theta)^{0.5}} \times D^{2.5}
 \end{aligned}$$

(Ven Te Chow, 1985)

2. Prosedur Desain

a. Hitung A desain (Ad) $\rightarrow Ad = \frac{Q}{V_{izin}}$ (2.14)

Tabel 2.1 Desain Saluran Berdasarkan Kecepatan Izin

No	Jenis Bahan	Vizin (m/det)
1	Pasir Halus	0.45
2	Lempung Kepasiran	0.5
3	Lahan Aluvial	0.6
4	Kerikil Halus	0.75
5	Lempung Kokoh	1.1
6	Lempung Padat	1.2
7	Batu – batu Besar	1.5
8	Pasangan Bata	1.5
9	Beton	1.5

Sumber : Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, SNI 03-3424-1994

b. Hitung A ekonomis (Ae) \rightarrow digunakan kriteria penampang ekonomis sesuai dengan penampang.

c. Buat persamaan Ad = Ae

Dari persamaan tersebut akan didapat b dan y

d. Hitung jagaan : $w = \sqrt{0,5 x y}$ (2.15)

e. Hitung kemiringan dasar saluran :

Rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Rumus Chezy :

$$V = C \times R^{\frac{1}{2}} \times I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

n = koefisien kekasaraan saluran manning

R = jari – jari hidrolis (m)

I = kemiringan saluran (%)

Q = debit maksimum (m^3/det)

V = kecepatan rata – rata aliran (m/det)

P = keliling basah (m)

A = luas penampang basah (m)

w = jagaan

Tabel 2.2 Kemiringan Dinding Saluran Sesuai Bahan

No	Bahan Saluran	Kemiringan (m)
1	Batuan / Cadas	~0
2	Tanah Lumpur	0.25
3	Lempung Keras / Tanah	0.5 – 1.0
4	Tanah dengan Pasangan	1
5	Batu	1.5
6	Lempung	2
7	Tanah Berpasir Lepas Lumpur Berpasir	3

Sumber : Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, SNI 03-3424-1994

Tabel 2.3 Koefisien Pengaliran atau C

Type Daerah Aliran		Harga C
Perumputan	Tanah pasir, datar, 2%	0,05-0,10
	Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10-0,15
	Tanah pasir, curam 7%	0,15-0,20
	Tanah gemuk, datar 2%	0,13-0,17
	Tanah gemuk rata-rata 2-7%	0,18-0,22
	Tanah gemuk, curam 7%	0,25-0,35
Business	Daerah kota lama	0,75-0,95
	Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	Daerah "single family	0,30-0,50
	"multi unit" terpisah-pisah	0,40-0,60
	"multi unit" tertutup	0,60-0,75
	"sub urban"	0,25-0,40
	daerah rumah-rumah apartemen	0,50-0,70
Industri	Daerah ringan	0,50-0,80
	Daerah berat	0,60-0,90
Pertamanan		0,10-0,25
Tempat bermain		0,20-0,35
Halaman kereta api		0,20-0,40

Sumber : Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, SNI 03-3424-1994

2.13 Manajemen Proyek

2.13.1 Dokumen Tender

Dokumen tender adalah suatu dokumen yang dibuat oleh konsultan perencana atas permintaan klien. Dokumen tender akan memberikan penjelasan kepada peserta lelang, karena terdiri dari sistem tender yaitu suatu cara yang dilakukan pemilik proyek untuk menjual pelaksanaan proyek tersebut agar dapat dilakukan dengan harga yang serendah-rendahnya dan wajar dengan waktu yang sesingkat-singkatnya melalui sistem kompetisi. Adapun proyek tersebut dilaksanakan dengan sistem kontrak. Syarat-syarat atau ketentuan-ketentuan yang akan memberikan informasi dengan jelas. Oleh karena itu, setiap kontraktor yang mengikuti pelelangan harus memiliki dokumen proyek tersebut, karena hal ini akan mempengaruhi harga penawaran.

Dokumen proyek ini juga penting bagi semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan suatu proyek. Dokumen tender ini terdiri dari atas gambar kerja atau hal-hal lain yang harus diikuti dan dikerjakan dalam RKS. Adapun dokumen proyek ini, yaitu :

a) Rencana Kerja dan Syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) merupakan sebuah buku yang berisi tentang syarat-syarat administrasi berupa instruksi kepada penyedia jasa dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Instruksi ini berisi informasi yang diperlukan oleh pelaksana - kontraktor untuk menyiapkan penawarannya sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh pengguna jasa. Informasi tersebut berkaitan dengan penyusunan, penyampaian, pembukaan, evaluasi penawaran dan penunjukan penyedia jasa.
- 2) Hal-hal berkaitan dengan pelaksanaan kontrak oleh penyedia jasa, termasuk hak, kewajiban, dan resiko dimuat dalam syarat-syarat umum kontrak. Apabilaterjadi perbedaan penafsiran / pengaturan pada dokumen lelang, penyedia jasa harus mempelajari dengan seksama untuk menghindari pertentangan pengertian.
- 3) Data proyek memuat ketentuan, informasi tambahan, atau perubahan atas instruksi kepada pelaksana - kontraktor sesuai dengan kebutuhan paketpekerjaan yang akan dikerjakan.

RKS sebagai kelengkapan gambar kerja yang didalamnya memuat uraian tentang :

a. Syarat-syarat umum

Berisi keterangan mengenai pekerjaan, pemberi tugas dan pengawas bangunan.

b. Syarat-syarat administrasi

· Jangka waktu pelaksanaan.

- Tanggal penyerahan pekerjaan.
- Syarat-syarat pembayaran.
- Denda keterlambatan.
- Besarnya jaminan penawaran.
- Besarnya jaminan pelaksanaan.

c. Syarat-syarat teknis

- Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan.
- Jenis dan mutu bahan yang digunakan.

b) Gambar Kerja

Gambar kerja adalah gambar acuan yang digunakan untuk merealisasikan antara ide ke dalam wujud fisik. Gambar kerja harus dipahami oleh semua personel yang terlibat dalam proses pembangunan fisik. Gambar kerja pun terdiri dari berbagai unsur, yang memuat informasi mengenai dimensi, bahan, dan warna.

c) Rencana Anggaran Biaya (Bill of Quantity)

Anggaran biaya merupakan salah satu unsur fungsi perencanaan proyek konstruksi. Penyusunan anggaran merupakan perencanaan secara detail perkiraan biaya bagian atau keseluruhan kegiatan proyek, yang selanjutnya digunakan untuk menerapkan fungsi pengawasan dan pengendalian biaya dan waktu pelaksanaan. Anggaran biaya proyek dapat didefinisikan sebagai perencanaan biaya yang akan dikeluarkan sehubungan adanya suatu proyek dengan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) tertentu, yang dihitung oleh cost estimator dan disetujui oleh pemberi tugas (pemilik).

Pada tahap perencanan selain gambar rencana dan spesifikasi, konsultan perencana juga menghitung rencana anggaran biaya bangunan demikian juga kontraktor akan membuat rencana anggaran biaya konstruksi (RAB) untuk penawaran.

2.13.2 Uraian Rencana Kerja (*Network Planning*)

a. Sejarah Network Planning

Network Planning adalah sebuah cara atau teknik yang sangat membantu dalam sebuah perencanaan, penjadwalan dan pengawasan sebuah pekerjaan proyek yang terdiri dari beberapa pekerjaan yang saling berhubungan. Semenjak tahun 1950, network planning ini telah mulai dikembangkan di Amerika Serikat (US). Ketika itu ada dua metode yang dikenal dalam network planning, yaitu:

- a) Program Evaluation And Review Technique (PERT)
- b) Critical Path Method (CPM)

Pengelolaan sebuah proyek mencakup banyak manajemen dan koordinasi berbagai macam bentuk kegiatan. Ketika beberapa tugas yang harus diselesaikan sudah berada di atas meja kerja, maka hal ini menjadi suatu tantangan untuk menjaga semua aspek proyek agar semuanya tetap berjalan dengan lancar. Dalam sebuah pelaksanaan proyek konstruksi ataupun lainnya, haruslah direncanakan dengan matang sebuah rancangan kegiatan kerja.

Proyek, secara sederhana adalah sebagai suatu urutan peristiwa yang dirancang dengan baik dengan suatu permulaan dan suatu akhir yang diarahkan untuk mencapai tujuan yang jelas dan dipimpin oleh orang, dengan beberapa parameter seperti waktu, biaya dan kualitas.

Network adalah sebuah jaringan kerja yang dimaksudkan pada sebuah proyek kerja konstruksi. Untuk memudahkan pelaksanaan sebuah proyek konstruksi, maka diperlukan adanya sebuah perencanaan yang baik agar seluruh kegiatan dapat berjalan dengan lancar. Perencanaan jaringan kerja pada sebuah proyek lebih dikenal dengan istilah network planning (NWP). Sebuah network planning adalah gambaran kejadian-kejadian dan kegiatan yang diharapkan akan terjadi dan dibuat secara kronologis serta dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang

lainnya. Ini juga merupakan teknik dalam perencanaan kegiatan atau proyek yang dapat menjawab pertanyaan bagaimana mengelola suatu proyek dan dasar yang kokoh bagi seorang pimpinan proyek untuk menentukan kebijakan di dalam suatu proyek konstruksi. Agar dapat berjalan dengan sesuai yang telah direncanakan, sebuah network planning merupakan alat bagi seorang pimpinan proyek untuk dapat melaksanakan penjadwalan dan pengendalian yang cermat dalam pelaksanaan suatu kegiatan proyek konstruksi.

(Sumber: <http://ilmu-tekniksipil.blogspot.com/2011/01/network-planning-padapekerjaan.html>)

b. Langkah-langkah dalam Menyusun Network Planning

Sistematika lengkap dan proses penyusunan jaringan kerja menurut Jay Heizer dan Barry Render (2003;509) adalah sebagai berikut:

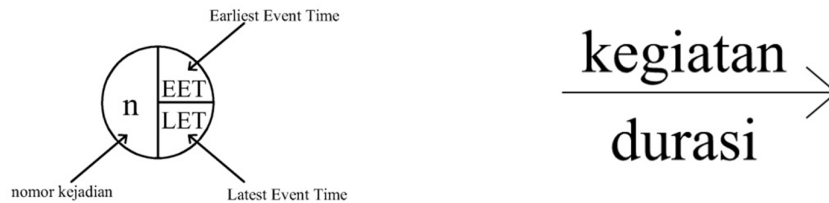
1. Menginventarisasi kegiatan – kegiatan. Pada langkah ini dilakukan pengkajian dan pengidentifikasian lingkup proyek menyesuaikan memecahkannya menjadi kegiatan – kegiatan atau kelompok-kelompok kejadian yang merupakan komponen proyek.
2. Menyusun hubungan antar kerja. Pada langkah ini disusun kembali komponen – komponen pada langkah pertama sesuai dengan logika ketergantungan.

Tabel 2.4 Contoh penyusunan Network Planning

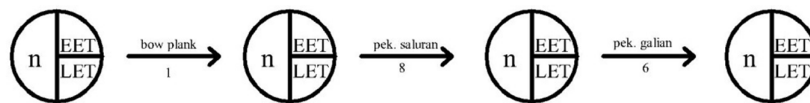
NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari						grafik
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100,000.00	6	9.09	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	100
2	Galian tanah	Rp 150,000.00	2	13.64		6.82	6.82				80
3	Lantai kerja	Rp 200,000.00	2	18.18		9.09	9.09				60
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64			13.64				40
5	Pasangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36			12.12	12.12	12.12		20
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09					9.09		0
Jumlah		Rp 1,100,000.00		100.00	1.52	17.42	43.18	13.64	22.73	1.52	
jumlah akumulatif					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00	

3. Menyusun network diagram. Pada langkah ini hubungan antara kegiatan yang telah disusun pada langkah kedua, disusun menjadi masa rantai dengan urutan yang

sesuai dengan logika ketergantungan. Langkah ini mendiskripsikan proses produksi secara keseluruhan.

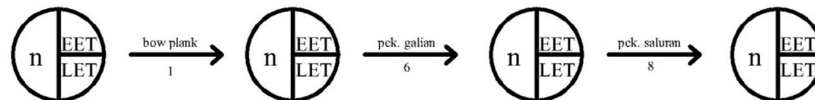


Gambar 2.11 Critical Path Method



Gambar 2.12 Contoh CPM yang salah

Gambar diatas salah karena pekerjaan saluran tidak dapat dilakukan sebelum pekerjaan galian dimulai.



Gambar 2.13 Contoh CPM yang benar

Gambar diatas benar karena urutan pekerjaan sesuai dengan logika ketergantungan.

4. Menentukan waktu untuk setiap kegiatan. Memberi kurun waktu pada setiap kegiatan yang dihasilkan, menyesuaikan lingkup proyek, seperti pada langkah pertama. Terdapat perbedaan pokok dalam memperkenalkan kurun waktu kegiatan antara CPM dan PERT. CPM menggunakan angka perkiraan tunggal atau deterministic, sedangkan PERT menggunakan tiga angka perkiraan atau probabilistik.

Perhitungan kuantitas hari kerja

$$\text{Kurun Waktu} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{PKA}}$$

Contoh perhitungan:

Pekerjaan pembersihan dengan volume pekerjaan 125.103,7 m²

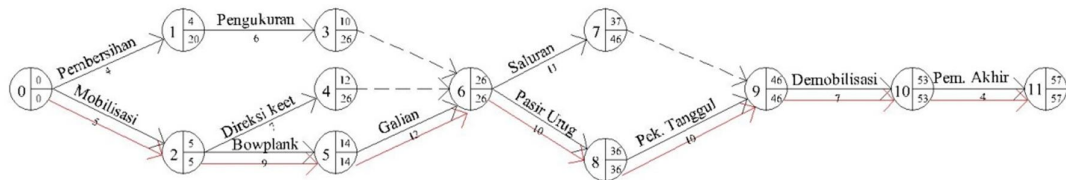
Produktivitas kerja untuk 1 m² pekerjaan pembersihan adalah:

$$\frac{1}{0,01} = 100 \text{ m}^2/\text{pekerja/hari}$$

Untuk 125.103,7 m² pekerjaan pembersihan dikerjakan 30 pekerja

$$\frac{125.103,7 \text{ m}^2}{30 \text{ pekerja} \times 100 \text{ m}^2/\text{pekerja/hari}} = 41,7 \text{ hari} \sim 42 \text{ hari}$$

5. Mengidentifikasi jalur kritis (critical path) pada network diagram dari network diagram yangtelah disusun pada langkah ketiga, dilakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, dari perhitungan tersebut dihitung float dan identifikasi jalur kritisnya.



Ket : \longrightarrow (Jalur kritis)

Gambar 2.14 Jalur Kritis

6. Melakukan analisa waktu, biaya dan sumber daya. Setelah melakukan langkah tersebut diatas, maka dilanjutkan dengan melakukan analisa waktu, biaya, dan sumber daya yang meliputi:
- Menentukan kurun waktu proyek yang paling optimal dilihat dari segi biaya. Ditunjukkan untuk memilih berbagai alternatif, kurun waktu proyek dilihat dari segi biaya.

- b. Meminimalkan fluktuasi sumber daya. Meningkatkan efisiensi pengelolaan proyek dengan cara mencegah terjadinya naik turun yang terlalu tajam dalam waktu relatif terhadap keperluan sumber daya

(Sumber: <http://www.scribd.com/>)

2.13.3 Kurva S dan Barchart

a. Kurva S

Kurva S merupakan salah satu metode perencanaan pengendalian biaya yang sangat lazim digunakan pada suatu proyek. Kurva S merupakan gambaran diagram percent kumulatif biaya yang diplot pada suatu sumbu koordinat dimana sumbu absis (X) menyatakan waktu sepanjang masa proyek dan sumbu Y menyatakan nilai percent kumulatif biaya selama masa proyek tersebut. Pada Diagram Kurva S, dapat diketahui pengeluaran biaya yang dikeluarkan persatuan waktu, pengeluaran biaya kumulatif per satuan waktu dan progress pekerjaan yang didasarkan pada volume yang dihasilkan dilapangan.

Tujuan penggunaan kurva S adalah :

1. Bagi Kontraktor, sebagai dasar untuk membuat tagihan pembayaran ke pemilik proyek
2. Bagi Owner/ pemilik Proyek, sebagai dasar memantau progress pekerjaan fisik dilapangan yang selanjutnya sebagai dasar pembayaran ke kontraktor.

Tabel 2.5 Contoh Kurva S

KURVA S PEKERJAAN PONDASI											
ILMUSIPIL.COM											
NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari						grafik
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100,000.00	6	9.09	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	100
2	Galian tanah	Rp 150,000.00	2	13.64		6.82	6.82				80
3	Lantai kerja	Rp 200,000.00	2	18.18		9.09	9.09				60
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64			13.64				40
5	Pesangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36			12.12	12.12	12.12		20
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09					9.09		0
Jumlah		Rp 1,100,000.00		100.00	1.52	17.42	43.18	13.64	22.73	1.52	
jumlah akumulatif					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00	

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

Untuk menggambarkan Kurva S dapat diasumsikan biaya setiap item terdistribusi secara merata selama durasinya. Kondisi ini tidak selamanya benar, karena dimungkinkan suatu item pekerjaan dengan biaya pembelian material yang besar (menyerap lebih dari 50 % dari total harga pekerjaan tersebut) akan diserap di awal pekerjaan tersebut dan sisa durasi dilakukan untuk biaya pemasangannya. Namun hal ini tidak sepenuhnya dapat dijadikan dasar untuk pembuatan tagihan kontraktor dikarenakan proses fisik pengerjaannya belum terlaksana.

Cara membuat kurva S rencana adalah sebagai berikut :

1. Membuat bar chart (yang benar adalah membuat CPM dulu kemudian dibuat bar chart)
2. Melakukan pembobotan pada setiap item pekerjaan.
3. Bobot item pekerjaan itu dihitung berdasarkan biaya item pekerjaan dibagi biaya total pekerjaan dikalikan 100
4. Setelah bobot masing-masing item dihitung pada masing-masing didistribusikan bobot pekerjaan selama durasi masing-masing aktivitas.
5. Setelah itu jumlah bobot dari aktivitas tiap periode waktu tertentu, dijumlah secara kumulatif.
6. Angka kumulatif pada setiap periode ini di plot pada sumbu Y (ordinat) dalam grafik dan waktu pada absis.
7. Dengan menghubungkan semua titik-titik didapat kurva S.

Cara membuat kurva S aktual adalah kurva S aktual di plot pada kurva S rencana, dengan cara pembuatan sama dengan pembuatan kurva S rencana. Perbedaan adalah dalam perhitungan biaya pekerjaan per satuan waktu dihitung berdasarkan volume fisik yang dihasilkan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan tersebut (volume yang dihasilkan diderikan dari opname pekerjaan yang dilakukan oleh owner/ pemilik atau yang mewakili dan hasil opname ini di dokumentasikan dalam bentuk format-format laporan yang sah dan dapat dipertanggung jawabkan.

b. Barchart

Barchart merupakan bagan yang memuat suatu daftar kegiatan kegiatan yang akan dilaksanakan, disusun secara berbaris ke bawah dimana masing- masing kegiatan memiliki waktu pelaksanaan yang diperlukan (durasi) yang ditunjukkan dalam bentuk garis berskala waktu (umumnya garis dipertebal sehingga menyerupai balok).

Panjang setiap garis/ balok menunjukkan lamanya waktu yang diperlukan untuk masing-masing kegiatan serta saat untuk memulai dan mengakhiri kegiatan tersebut (Soerharto, 1999). Sedangkan satuan waktu dapat berupa hari, minggu, bulan atau interval waktu tertentu.

Selanjutnya pengendalian waktu pelaksanaan dilaksanakan dengan menghitung prestasi kegiatan yang dicapai atau yangtelah dilaksanakan dalam waktu tertentu/actual. Untuk selanjutnya dibandingkan dengan rencana waktu yang ditunjukkan dalam bagan Barchart.

Untuk menghitung persentase kegiatan yang telah dicapai atau yang telah dilaksanakan dapat dilakukan melalui pendekatan volume atau melalui bobot terhadap biaya dari masing- masing jenis pekerjaan.

Dalam hal perhitungan melalui bobot masing- masing jenis kegiatan maka Barchart dapat dilengkapi dengan suatu kurva yan gdikenal dengan kurva “S”, yang merupakan fungsi waktu dan persentase bobot pekerjaan.

Tabel 2.6 Contoh Barchart

ILMUSIPIL.COM								BAR CHART PEKERJAAN PONDASI						
NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari						keterangan			
					1	2	3	4	5	6				
1	Persiapan	Rp 100.000.00	6	5.09										
2	Galian tanah	Rp 150.000.00	2	13.64										
3	Lantai kerja	Rp 200.000.00	2	18.18										
4	Urugan pasir	Rp 150.000.00	1	13.64										
5	Pasangan batu kali	Rp 400.000.00	3	36.36										
6	Urugan kembali	Rp 100.000.00	1	9.09										
Jumlah		Rp 1.100.000.00		100.00	1.52	17.42	48.18	13.64	22.73	1.52				
jumlah akumulatif					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00				

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

Untuk memperhitungkan persentase bobot masing- masing jenis kegiatan haruslah diketahui baik biaya masing- masing kegiatan maupun jumlah biaya keseluruhan pekerjaan. Perhitungan persentase bobot masing- masing jenis kegiatan adalah sebagai berikut:

$$\text{Bobot Kegiatan} = \frac{\text{Biaya Kegiatan}}{\text{Biaya total keseluruhan pekerjaan}} \times 100\%$$

(sumber : <http://www.ilmusipil.com/cara-menghitung-progress-pekerjaan-proyek>)