

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian *Drainase***

*Drainase* berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil, *drainase* secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. *Drainase* juga dapat diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. Jadi, *drainase* menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

Secara umum, sistem *drainase* dapat didefinisikan sebagai bangunan air yang berfungsi mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal, sistem *drainase* yang baik dapat membebaskan kawasan dari genangan. Genangan dapat menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan jorok, menjadi sarang nyamuk, dan sumber-sumber penyakit lainnya, sehingga dapat menurunkan kualitas lingkungan, dan masyarakat. (Suripin, 2004:7)

#### **2.2 Fungsi *Drainase***

Secara umum fungsi *drainase* adalah sebagai berikut:

1. Mengalirkan kelebihan air dari suatu kawasan air penerima.
  2. Mengelola/mengendalikan air permukaan sehingga tidak mengganggu dan atau merugikan masyarakat.
  3. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah
  4. Melindungi prasarana dan sarana perkotaan yang sudah dibangun
- Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 12 (2014:5).

## 2.3 Jenis dan Pola *Drainase*

### 2.3.1 Jenis *Drainase*

#### a. Menurut sejarah terbentuknya

##### 1) *Drainase* alamiah (*Natural Drainase*)

*Drainase* yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain.

##### 2) *Drainase* buatan (*Artificial Drainage*)

*Drainase* yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

#### b. Menurut letak bangunannya

##### 1) *Drainase* permukaan tanah (*Surface Drainage*)

Saluran *drainase* yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa *open chanal flow*.

##### 2) *Drainase* bawah permukaan tanah (*Subsurface Drainage*)

Saluran *drainase* yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu.

#### c. Menurut fungsi

##### 1) *Single purpose*

Saluran *drainase* yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.

##### 2) *Multi purpose*

Saluran *drainase* yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

### 3) Menurut konstruksi

#### 1) Saluran terbuka

Saluran *drainase* yang lebih cocok untuk air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk *drainase* air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan.

#### 2) Saluran tertutup

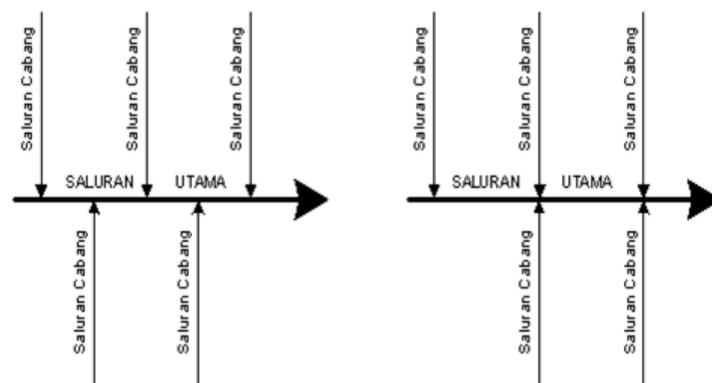
Saluran *drainase* yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan lingkungan) atau untuk saluran yang terletak ditengah kota. (Sutarto Edisono, 1997:3)

### 2.3.2 Pola-pola *drainase*

Pola jaringan *drainase* terbagi menjadi sebagai berikut:

#### a. Siku

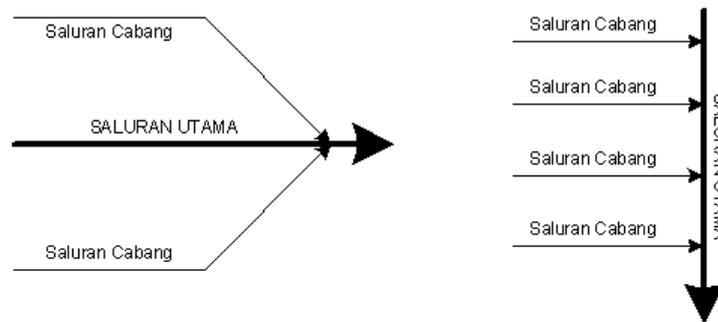
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada ditengah kota.



Gambar 2.1 Pola Jaringan Drainase Siku  
(Sumber: Drainase Perkotaan Gunadarma, 1997)

### b. Paralel

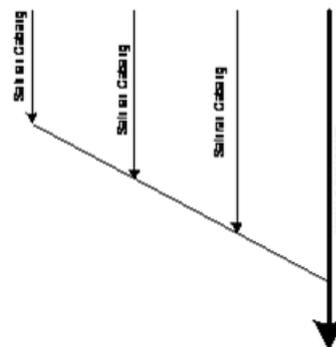
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 2.2 Pola Jaringan Drainase Paralel  
(Sumber: *Drainase Perkotaan Gunadarma, 1997*)

### c. Grid Iron

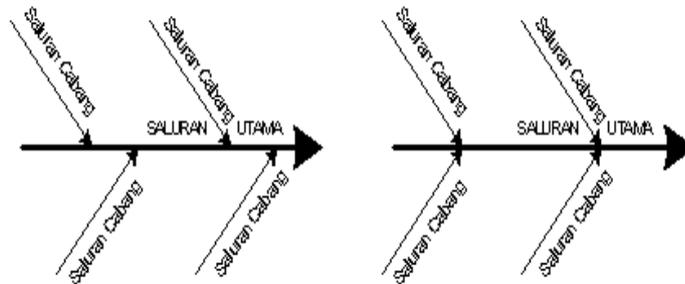
Untuk daerah dimana sungainya terletak dipinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase Grid Iron  
(Sumber: *Drainase Perkotaan Gunadarma, 1997*)

#### d. Alamiah

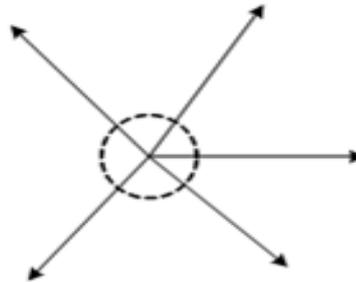
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.4 Pola Jaringan Drainase Alamiah  
(Sumber: *Drainase Perkotaan Gunadarma, 1997*)

#### e. Radial

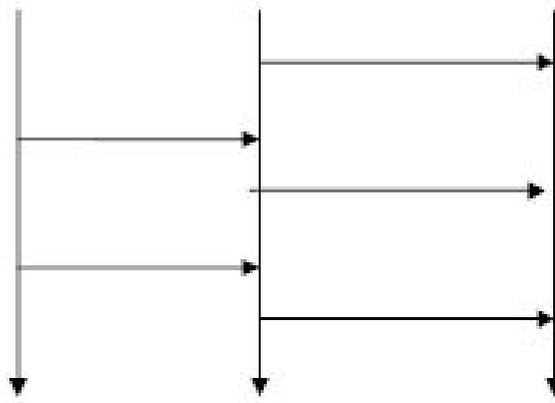
Pada daerah perbukitan, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.5 Pola Jaringan Drainase Radial  
(Sumber: *Drainase Perkotaan Gunadarma, 1997*)

#### f. Jaringan-jaring

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



Gambar 2.6 Pola Jaringan Drainase Jaringan-jaring  
(Sumber: *Drainase Perkotaan Gunadarma, 1997*)

### 2.4 Sistem Jaringan *Drainase*

#### 1. Sistem campuran

Apabila saluran yang direncanakan untuk membawa air kotor dari rumah tangga, industri, rumah sakit, dan air hujan dibuat melalui satu saluran.

#### 2. Sistem terpisah

Apabila saluran yang direncanakan, yaitu air kotor rumah tangga, industri, rumah sakit, dan air hujan dibuat melalui saluran-saluran tersendiri. (*Parahadi et al, 1996:2*)

### 2.5 Analisa Hidrologi

#### 2.5.1 Curah Hujan Ekstrim

Curah hujan ekstrim adalah curah hujan harian maksimum yang mungkin terjadi dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan terjadi disuatu daerah pengaliran, periode ulang adalah waktu hipotenik di mana suatu kejadian dengan nilai tertentu. (*IMade Kania, 2011:3*)

Perencanaan *drainase* periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang dikeringkan. Berdasarkan pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan adalah sebagai berikut:

1. Saluran kwarter : periode ulang 1 tahun
2. Saluran tersier : periode ulang 2 tahun
3. Saluran sekunder : periode ulang 5 tahun
4. Saluran primer : periode ulang 10 tahun

Penentuan periode ulang juga didasarkan pada pertimbangan ekonomis. Berdasarkan prinsip dalam penyelesaian masalah *drainase* perkotaan dan aspek hidrologi, sebelum dilakukan analisa frekuensi untuk mendapatkan besaran hujan dengan kala ulang tertentu harus dipersiapkan rangkaian data hujan berdasarkan pada durasi harian, jam-jaman, atau menitan. (*Sutarto Edisono, 1997:19*)

Dalam menganalisa frekuensi dijelaskan bahwa hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia maka semakin besar penyimpangan yang terjadi. Analisa frekuensi terhadap data hujan yang tersedia dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain Gumbel, Log Normal, Log person III dan sebagainya. (*Sutarto Edison, 1997:20*)

#### a. Distribusi Gumbel

Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda.

$$P(X) = e^{-e^{-a(X-b)}}$$

Jika diambil  $Y = a(X-b)$ , dengan Y disebut *reduced varied*,

maka persamaan (2.1) dapat ditulis

$$P(X) = e^{-e^{-Y}}$$

Dimana  $e$  = Bilangan alam = 2,7182818

Dengan mengambil dua kali harga logaritma dengan bilangan dasar terhadap persamaan (2.1) diperoleh persamaan berikut ini.

$$X = \frac{1}{a} [ab - \ln\{-\ln P(X)\}]$$

Kala ulang (*return period*) merupakan nilai banyaknya tahun rata-rata di mana suatu besaran dilampaui oleh suatu harga, sebanyak satu kali. Hubungan antara periode ulang dan probabilitas dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini.

$$Tr(X) = \frac{1}{1-P(X)}$$

Substitusikan persamaan (2.4) ke dalam persamaan (2.1) akan diperoleh persamaan berikut ini.

$${}^xT_r = b - \frac{1}{a} \ln \left\{ -\ln \frac{Tr(x)-1}{Tr(x)} \right\}$$

dengan  $Y = a(X-b)$ , maka diperoleh persamaan berikut ini.

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{Tr(X)-1}{Tr(X)} \right\}$$

Dalam penggambaran pada kertas probabilitas, Chow (1964) menyarankan penggunaan rumus berikut ini.

$$X = \mu + \sigma K$$

Keterangan:

$\mu$  = Harga rata-rata populasi.

$\sigma$  = Standar deviasi (simpangan baku).

$K$  = Faktor probabilitas.

Apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel), maka persamaan (2.7) dapat didekati dengan persamaan

$$X = \bar{X} + sK$$

Keterangan:

$\bar{X}$  = Harga rata-rata sampel.

$S$  = Standar deviasi (simpangan baku) sampel.

Faktor probabilitas  $K$  untuk harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan.

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$$

Keterangan:

$Y_n$  = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data  $n$ .

$S_n$  = *Reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/data  $n$ .

$Y_{Tr}$  = *Reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ \frac{Tr-1}{Tr} \right\}$$

(Suripin, 2004:51)

## 2.5.2 Curah Hujan Wilayah

### a. Cara rata-rata *aljabar*

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n)$$

Keterangan:

R = Curah hujan daerah.

n = Jumlah titik atau pos pengamatan.

$R_1, R_2, R_n$  = Curah hujan tiap pos pengamatan.

### b. Metode *Thiessen*

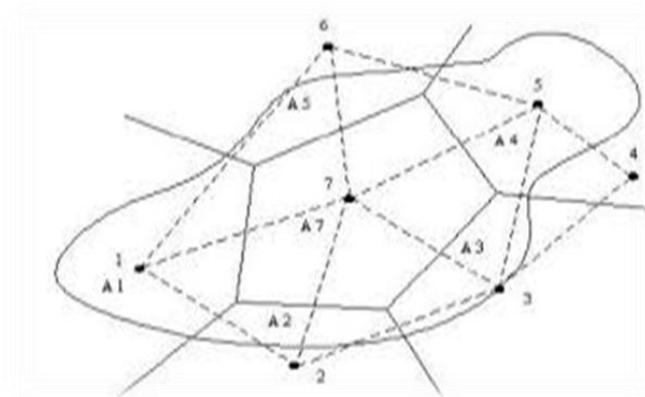
$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 \dots \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 \cdot A_1 + \dots A_n}$$

Keterangan:

$R_1, R_2, R_n$  = Curah hujan di tiap pos pengamatan.

$A_1, A_2, A_n$  = luas daerah tiap pos pengamatan.

(H.A Halim Hasmar, 2011:13)



Gambar 2.7 Poligon *Thiessen*  
(H.A Halim Hasmar, 2011:14)

### c. Metode Isohyet

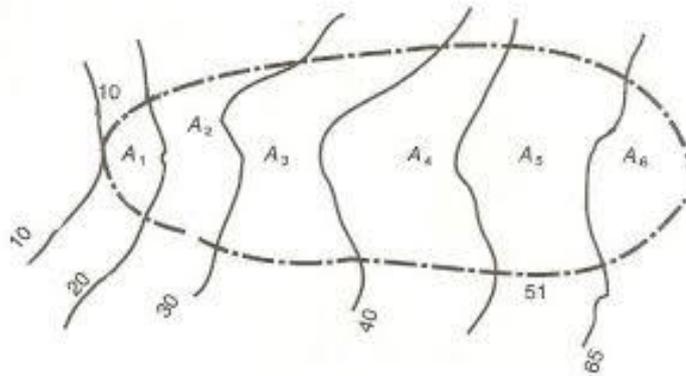
$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana:

$R_1, R_2, R_n$  = Curah hujan rata-rata pada bagian-bagian  $A_1, A_2, \dots, A_n$ .

$A_1, A_2, A_n$  = Luas bagian-bagian antara garis.

(H.A Halim Hasmar, 2011:13)



Gambar 2.8 Poligon Isohyet  
(H.A Halim Hasmar, 2011:14)

### 2.5.3 Intensitas Curah Hujan

Intensitas adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun empiris. (Sutarto Edisono, 1997:11)

Menurut Dr. Mononobe intensitas hujan ( $I$ ) di dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{R}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \frac{mm}{jam}$$

$$T_c = T_o + T_D$$

Besar  $T_0$  didapatkan dari rumus:

$$T_0 = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0,167}$$

$$T_D = \frac{L}{60 v}$$

Keterangan:

$I$  = Intensitas hujan (mm/jam).

$R$  = Curah hujan rancangan setempat (mm).

$T_c$  = Lama waktu konsentrasi (jam).

$T_0$  = Waktu in-let (menit).

$T_D$  = Waktu aliran dalam saluran (menit).

$L_0$  = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m).

$N_d$  = Angka kekerasan permukaan lahan (tabel).

$L$  = Panjang saluran (m).

$S$  = Kemiringan daerah pengaliran atau kemiringan tanah.

$V$  = Kecepatan rata-rata aliran dalam satuan (m/det).

(Sutarto Edisono, 1976: 20)

#### 2.5.4 Debit Rancangan

Debit rencana ( $Q_r$ ) adalah debit dengan periode ulang tertentu ( $T$ ) yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau bangunan air yang berasal dari limpasan air hujan dan debit air buangan limbah rumah tanga. Debit rancangan sangat penting dalam perancangan sistem drainase yang akan digunakan untuk menghitung dimensi saluran. Menghitung debit rancangan menggunakan rumus sebagai berikut:

**a) Debit Limpasan (Air Hujan)**

$$Q_{\text{Air Hujan}} = 0.278 C.I.A$$

Keterangan:

Q = Debit limpasan ( $\text{m}^3/\text{det}$ ).

C = Koefisien pengaliran (tabel).

I = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi  
( $\text{mm}/\text{jam}$ ).

A = Luas daerah pengaliran ( $\text{km}^2$ ).

**b) Debit Buangan Air Rumah Tangga**

**1. Kepadatan penduduk rata-rata:**

$$\frac{\text{Jumlah rumah} \times \text{Asumsi orang (rumah)}}{\text{Luas Perumahan}} = (\text{orang}/\text{m}^2)$$

Air limbah rumah tangga didapat berdasarkan kebutuhan air bersih yang diambil 70% sisanya digunakan pada proses industry, penyiraman kebun dan lain-lain. Kebutuhan air bersih untuk perumahan adalah 100-200 L/orang/hari.

**2. Kebutuhan air bersih:**

$$\text{Kebutuhan air bersih} = \frac{0,15\text{m}^3/\text{orang}/\text{det}}{24 \times 60 \times 60} = (\text{m}^3/\text{orang}/\text{jam})$$

Air limbah rumah tangga = (Kebutuhan air bersih  $\text{m}^3/\text{orang}/\text{jam} \times 70\%$ ).

**3. Q air kotor rata-rata:**

(Luas daerah pengaliran x Kepadatan penduduk rata-rata x Air limbah rumah tangga)

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Air kotor rata-rata}} \times \text{Faktor puncak}$$

Keterangan:

$Q_{\text{Total}}$  = Debit air hujan x faktor puncak.

$Q_{\text{Air hujan}}$  = Debit air hujan atau limpasan ( $\text{m}^3/\text{det}$ ).

$Q_{\text{Air Kotor}}$  = Debit limbah buangan rumah tangga ( $\text{m}^3/\text{det}$ ).

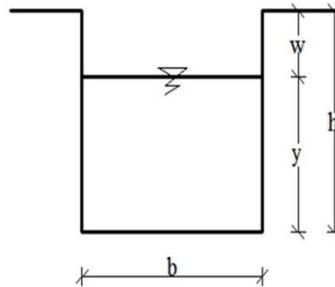
Koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah.

## 2.6 Analisa Hidrolika atau Desain Saluran

Aliran saluran yang sama harus dialirkan pada saluran bentuk empat persegi panjang, bentuk segi tiga dan bentuk trapesium untuk drainase muka tanah (*surface drainage*). (H.A Halim Hasmar, 2011:22)

### a. Penampang saluran ekonomis:

#### 1. Segi empat



Gambar 2.9 Penampang Segi Empat  
(Sumber: Suripin, 2004)

Luas (A)	= b · Y
Keliling basah	= b + 2y
Jari-jari hidrolis	= $\frac{by}{b+2y}$
Lebar puncak	= b
B	= 2y
Kedalaman hidrolisis	= y
Faktor penampang (z)	= (by) <sup>1,5</sup>

### b. Penentuan awal dimensi saluran

#### 1. Menghitung A<sub>desain</sub>

$$A_{\text{desain}} = \frac{Q_{\text{rencana}}}{V_{\text{izin}}}$$

## 2. Menghitung $A_{\text{ekonomis}}$

Perhitungan  $A_{\text{ekonomis}}$  disesuaikan dengan bentuk penampang saluran yang direncanakan.

Buat persamaan  $A_{\text{ekonomis}} = A_{\text{desain}}$ , sehingga didapat nilai  $b$  dan  $y$ .

### a) Rumus *Manning*

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \text{ (m/dt)}$$

### b) Rumus *Chezy*

$$V = C\sqrt{RS} \text{ (m/dt)}$$

Keterangan:

$V$  = Kecepatan aliran air (m/det)

$n$  = Koefisien kekerasan *manning* (tabel)

$R$  = Radius Hidrolik (m)

$I$  = Kemiringan saluran (% , %mm)

$C$  = Koefisien Pengaliran (tabel)

## 3. Menghitung Tinggi Jagaan Saluran

$$w = \sqrt{0,5 y}$$

Keterangan:

$W$  = Tinggi jagaan (m)

$Y$  = Kedalaman air yang tergenang dalam saluran (m)

## 4. Menghitung kemiringan saluran

$$\text{Kecepatan (V)} = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \text{ (m/det)}$$

Keterangan:

$V$  = Kecepatan aliran air (m/det)

$n$  = Koefisien kekerasan *manning* (tabel)

$R$  = Radius Hidrolik (m)

$I$  = Kemiringan saluran (%)

## **2.7 Pengelolaan Proyek**

### **2.7.1 Manajemen Proyek**

Dalam Manajemen Proyek (Iman Soeharto, 199:27) dijelaskan bahwa manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

### **2.7.2 Dokumen Proyek**

Dokumen proyek adalah suatu dokumen yang dibuat oleh konsultan perencana atas permintaan klien. Dokumen proyek akan memberikan penjelasan pada peserta lelang. Karena terdiri dari sistem tender yaitu suatu cara yang dilakukan oleh pemilik proyek untuk menjual pelaksanaan proyek tersebut agar dapat dilaksanakan dengan harga serendah-rendahnya dan wajar dengan waktu yang sesingkat-singkatnya dengan 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 akan 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 gambar kerja atau hal-hal lain yang harus diikuti dan dikerjakan dalam RKS. Adapun dokumen proyek ini terdiri dari:

1. Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)
2. Gambar Kerja
3. Daftar Pekerjaan (Bill of Quantity)

## **2.8 Analisa Perhitungan**

### **2.8.1 Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah**

Daftar ini berisi penetapan besarnya upah bagi pekerja yang digunakan sebagai dasar pemberian kontraprestasi bagi buruh. Besarnya upah

tergantung dari lokasi proyek dimana standar penggajiannya didasarkan pada Upah Minimum Regional/Provinsi daerah tertentu.

Daftar ini juga berisi jenis material yang akan digunakan. Harga dari setiap material disiapkan berdasarkan data terbaru. Lokasi proyek juga berpengaruh terhadap harga material sehingga disarankan agar harga material yang dicantumkan dalam daftar adalah harga sampai diproyek termasuk transportasi.

### **2.8.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan**

Setiap item pekerjaan yang ada dalam sebuah proyek harus teridentifikasi dengan baik sedemikian rupa sehingga seluruh pekerjaan mempunyai nilai atau volume. Penyusunan analisa harga satuan upah dan bahan disiapkan dalam format yang terstruktur sehingga mudah dipahami dan antar komponen bahan dan upah pekerjaan juga dapat dipisahkan dengan mudah. Tujuan pemisahan ini tidak lain adalah besarnya kebutuhan biaya untuk material dan biaya upah pekerjaan dengan mudah diketahui dikarenakan hal ini dilakukan untuk proses evaluasi pembiayaan.

### **2.8.3 Uraian Rencana Kerja (*Network Planning*)**

#### **a) *Network Planning***

*Network Planning* prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram *network*. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu lembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.

Banyak Nama digunakan pengertian Network Planning atau sejenisnya, antara lain :

- **CMD** : *Chart Method Diagram*
- **NMT** : *Network Management Technique*
- **PEP** : *Program Evaluation Prosedure*
- **CPA** : *Critical Path Analysis*
- **CPM** : *Critical Path Method*
- **PERT** : *Program Evaluation and Riview Technique*

Penggunaan nama tadi tergantung dibidang mana hal tadi digunakan, umumnya yang sering dipakai CPM dan PERT, misalnya CPM digunakan dibidang kontraktor-kontraktor, sedangkan PERT dibidang *Research* dan *Design*. Walaupun demikian keduanya mempunyai konsep yang hampir sama.

**b) Keuntungan Penggunaan Network Planning dalam Tatalaksana Proyek**

- Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga mendetail dari proyek.
- Mendokumen dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

**c) Data-data Yang Diperlukan Dalam Menyusun Network Planning**

- Urutan pekerjaan yang logis: harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan lebih dahulu sebelum pekerjaan yang lain dimulai, dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.

- Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan: biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman bekerja proyek.
- Biaya untuk mempercepat setiap pekerjaan: ini berguna bila pekerjaan-pekerjaan yang ada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek lekas selesai. Misalnya: biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga dan sebagainya.
- Sumber-sumber: tenaga, *equipment*, dan material yang diperlukan.

**d) Simbol-simbol Diagram *Network Planning***

Pada perkembangan yang terakhir dikenal 2 simbol:

- *Event on The Node*, peristiwa digambarkan dalam lingkaran.
- *Activity on The Node*, kegiatan digambarkan dalam lingkaran.

**e) Simbol-simbol Diagram *Network Planning***

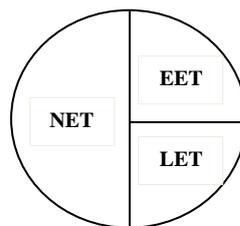
- *Arrow*,  $\longrightarrow$  bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas atau kegiatan: adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, *equipment*, material dan biaya) tertentu.
- *Node*,  bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian: adalah permulaan atau akhir dari satu lebih kegiatan-kegiatan.
- *Double Arrow*,  $\Longrightarrow$  anak panah sejajar, merupakan kegiatan di Lintasan Kritis (*Critical Path*).
- *Dummy*,  $- - - \rightarrow$  bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu/aktivitas semu: adalah bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan *duration* dan *resources* tertentu

**f) Yang Perlu Diingat Dalam Menggambar Diagram *Network Planning***

- , pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.
- Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti.
- Aktivitas-aktivitas apa yang dapat bersama-sama.
- Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas itu.
- Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
- Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.
- Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak panah menunjukkan urutan waktu.

**g) Penggunaan EET dan LET pada *Network* Untuk Menentukan Lintasan Kritis (*Critical Path*)**

- Penggambaran NE, EET, dan LET Event dengan simbol lingkaran tadi, pertama-tama kita bagi bagian, seperti terlihat dalam gambar dibawah ini:



Gambar 2.10 *Network Planning*  
(Sumber: Drs. Sofwan Badri. 1991))

- **NET** (*Number Of Event*) adalah indeks urut dari tiap peristiwa sejak mula sampai dengan akhir dalam suatu diagram *Network*. Pembagian nomor kejadian dimulai dari angka 0 atau 1, kemudian diikuti pemberian nomor *event* yang lain pada dasarnya sejalan dengan arah panah yang dimulai angka terkecil ke angka lebih besar diakhiri nomor terbesar untuk kejadian terakhir.
- **EET** (*Earliest Event Time*) adalah waktu paling awal peristiwa itu dapat dikerjakan. Cara mencarinya (metode logaritma): Mulai dari awal bergerak ke kejadian akhir dengan jalan menjumlahkan yaitu antara EET ditambah durasi. Bila pada suatu kejadian bertemu 2 atau lebih kegiatan EET, yang dipakai waktu yang terbesar.
- **LET** (*Latest Event Time*) adalah waktu paling akhir peristiwa itu harus dikerjakan. Cara mencarinya (metode algoritma): Mulai dari kejadian akhir bergerak mundur ke kejadian nomor I dengan jalan mengurangi, yaitu antara LET dikurangi durasi. Bila pada suatu kejadian berasal 2 atau lebih kegiatan, LET yang dipakai waktu yang terkecil.

## 2.9 Rencana Anggaran Biaya

Menurut Ibrahim (1993), Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek. Secara umum, dapat disimpulkan sebagai berikut:

$$(RAB = \text{Volume Pekerjaan} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$

## 2.10 Kurva S

Kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertical sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (progress) kegiatan dan sumbu horixontal sebagai waktu (Soeharto, 1997). Kurva S dapat menunjukkan

kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang diapresiasi sebagai presentasi kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana. (Husen, 2011)

Cara membuat Kurva S:

1. Mencari % bobot biaya setiap pekerjaan

$$\text{Persentasi bobo pekerjaan} = \frac{V \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}}{\text{Harga Satuan Bangunan}} \times 100\%.$$

2. Membagi % bobot biaya pekerjaan pada durasi.
3. Menjumlahkan % bobot biaya pekerjaan pada lajur waktu.
4. Membuat kumulatif dari % bobot biaya pekerjaan pada lajur % kumulatif bobot biaya.

*(Ir. Erika Widiasanti, M.T. dan Lenggogeni, M.T.: 2013)*