

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Drainase

Drainase yang 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. (Suripin, 2004:7)

Secara umum, sistem drainase dapat 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. Dirunut dari hulunya, bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyer drain*), saluran induk (*main drain*), dan badan air penerima (*receiving waters*). Disepanjang jalan sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, siphon, jembatan air (*aqueduct*), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tando, dan stasiun pompa. (Suripin, 2004:8)

2.2. Fungsi Drainase

Secara umum fungsi drainase adalah sebagai berikut :

- a. Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air penerima.
- b. Drainase perkotaan adalah drainase di wilayah kota yang berfungsi mengelola/mengendalikan air permukaan, sehingga tidak mengganggu dan/atau merugikan masyarakat.

(Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum NO 12, 2014:5)

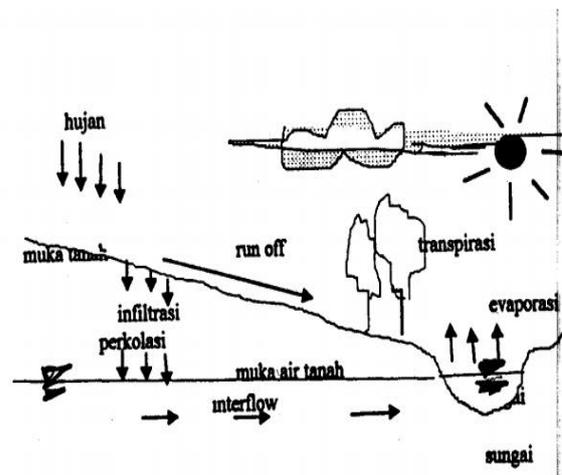
2.3 Jenis dan Pola Drainase

2.3.1 Jenis-jenis Drainase

a. Menurut Sejarah Terbentuknya

1) Drainase Alamiah (*Natural Drainase*)

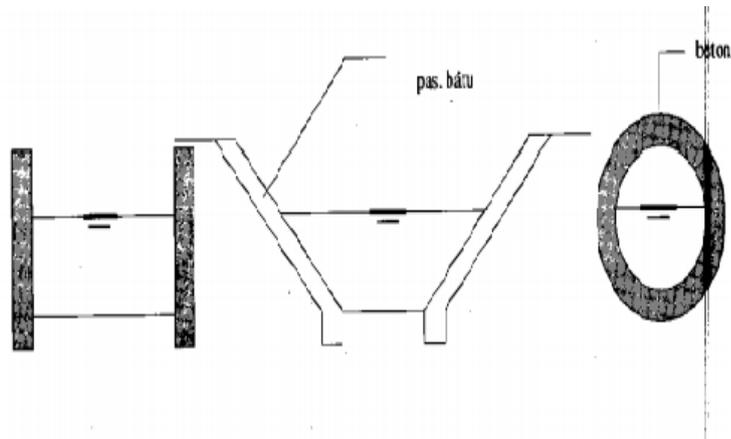
Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai (Sutarto Edison,1997:3) Adapun contoh dari drainase alamiah (*Natural Drainase*) tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Drainase Alamiah pada Selules Air (Sutarto Edison,1997:4)

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. (Sutarto Edison,1997:3). Adapun contoh dari drainase buatan (*Artificial Drainage*) tersebut dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Drainase Alamiah pada Selules Air
(Sutarto Edisono,1997:4)

b. Menurut Letak Bangunan

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. Alasan ini 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.

(Sutarto Edisono,1997:5)

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.

(Sutarto Edisono,1997:5)

d. Menurut Konstruksi

1) Saluran Terbuka

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

2) Saluran Tertutup

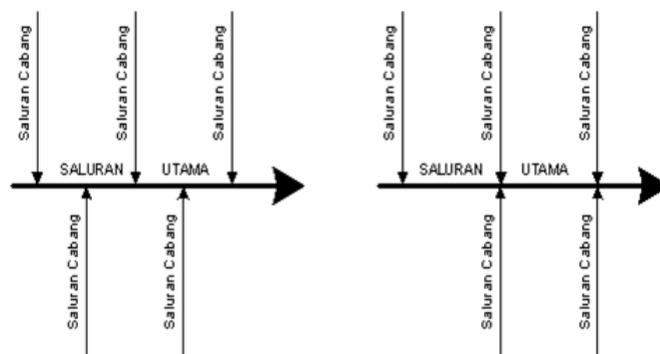
Saluran drainase yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan lingkungan) atau untuk saluran yang terletak ditengah kota.

(Sutarto Edisono,1997:5)

2.3.2 Pola Jaringan Drainase

a. Siku

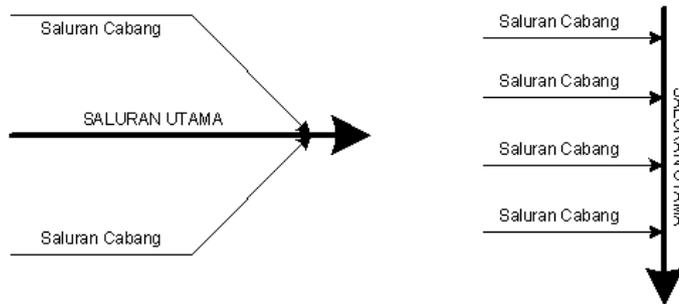
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada ditengah kota. (Sutarto Edisono,1997:6). Adapun contoh dari pola jaringan drainase siku tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase Siku
(Sutarto Edisono, 1997:6)

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. (Sutarto Edison,1997:6). Adapun contoh dari pola jaringan Paralel tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pola Jaringan Drainase Paralel
(Sutarto Edison, 1997:6)

c. Grid Iron

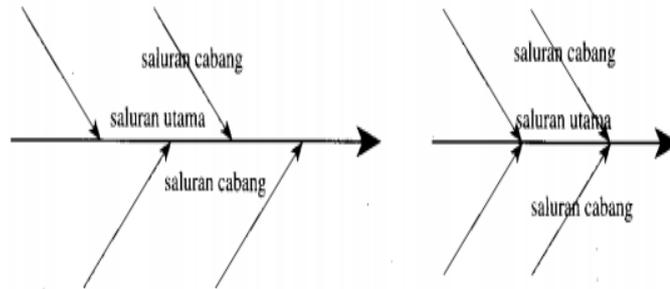
Untuk daerah dimana sungainya terletak dipinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul. (Sutarto Edison,1997:7). Adapun contoh dari pola jaringan Grid Iron tersebut dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pola Jaringan Drainase Grid Iron
(Sutarto Edison, 1997:7)

d. Alamiah

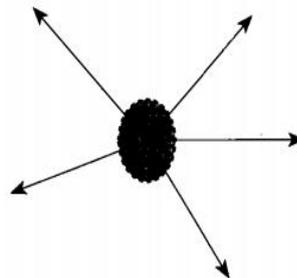
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar. (Sutarto Edison,1997:7). Adapun contoh dari pola jaringan Alamiah tersebut dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pola Jaringan Drainase Alamiah
(Sutarto Edison, 1997:7)

e. Radial

Pada daerah perbukitan, sehingga pola saluran memencar ke segala arah. (Sutarto Edison,1997:7). Adapun contoh dari pola jaringan Radial tersebut dapat dilihat pada gambar 2.7.

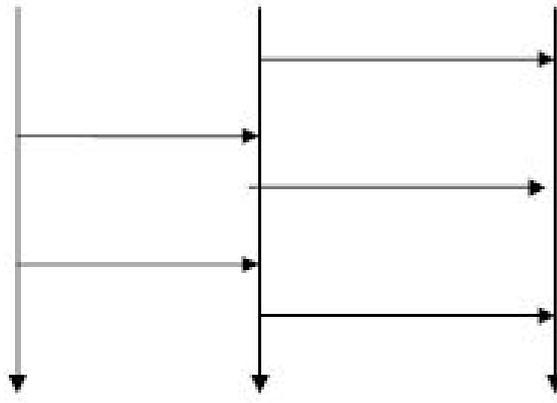


Gambar 2.7 Pola Jaringan Drainase Radial
(Sutarto Edison, 1997:7)

f. Jaring-jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya. Dan cocok untuk daerah dengan topografi datar. (Sutarto Edison,1997:8).

Adapun contoh dari pola jaringan Jaring-jaring tersebut dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Pola Jaringan Drainase Jaring-jaring
(Sutarto Edisono, 1997:8)

2.4 Sistem Jaringan Drainase

a. Sistem Campuran

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

b. Sistem Terpisah

Apabila saluran yang direncanakan, yaitu air kotoran 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

Hujan rencana (X_T) adalah hujan dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan terjadi di suatu daerah pengaliran. Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu, hujan rencana misalnya, akan disamai atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Hal ini

tidak berarti bahwa hujan rencana akan berulang secara teratur setiap periode ulang tersebut. (I Made Kamania, 2011:13)

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang dikeringkan.(Sutarto Edisono, 1997:19).

Menuru pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan :

- Saluran kwarter : periode ulang 1 tahun
- Saluran tersier : periode ulang 2 tahun
- Saluran sekunder : periode ulang 5 tahun
- 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.

Analisa frekuensi terhadap data hujan yang tersedia dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain Gumbell, Log Normal, Log Person III dan sebagainya. (Sutarto Edisono, 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.

$$P(X) = e^{-e^{-a(X-b)}} \dots\dots\dots 2.1$$

Jika diambil $Y = a (X-b)$, dengan Y disebut *reduced varied*, maka persamaan (2.1) dapat ditulis

$$P (X) = e^{-e^{-Y}} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana $e =$ bilangan alam $= 2,7182818$

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

$$X = \frac{1}{a} [ab - \ln\{-\ln P(X)\}] \dots\dots\dots 2.3$$

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

$$Tr(X) = \frac{1}{1-P(X)} \dots\dots\dots 2.4$$

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

$${}^xTr = b - \frac{1}{a} \ln \left\{ -\ln \frac{Tr(x)-1}{Tr(x)} \right\} \dots\dots\dots 2.5$$

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

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{Tr(X)-1}{Tr(X)} \right\} \dots\dots\dots 2.6$$

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

$$X = \mu + \sigma K \dots\dots\dots 2.7$$

(Suripin, 2004:50)

- μ = harga rata-rata populasi
- σ = standar deviasi (simpangan baku)
- K = faktor probabilitas

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

$$X = \bar{X} + sK \dots\dots\dots 2.8$$

- \bar{X} = harga rata-rata sampel
- S = standar deviasi (simpangan baku) sampel.

Faktor probabilitas K untuk harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots 2.9$$

- 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.

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \dots\dots\dots 2.10$$

(Suripin, 2004:51)

b. Distribusi Log-Person III

Pada suatu tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah dikonservasi ke dalam bentuk logaritmis, ternyata

kedekatan antara data dan teori tidak cukup kuat untuk menjustifikasi pemakaian distribusi Log Normal.

Person telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatar belakangi pemakaian distribusi Log Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya.

Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan Person yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log-Person. (Suripin, 2004:41)

Type III (LP. III). Tiga parameter penting dalam LP. III, yaitu (i) harga rata-rata ; (ii) simpangan baku; dan (iii) koefisien kemencengan. Yang menarik, jika koefisien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person Tipe III.

- Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, $X = \log X$
- Hitung harga rata-rata:

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots 2.11$$

- Hitung harga simpangan baku:

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0.5} \dots\dots\dots 2.12$$

- Hitung koefisien kemencengan:

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots 2.13$$

- Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus:

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \dots\dots\dots 2.14$$

dimana K adalah variabel standar (*standardized variable*) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G.

(Suripin, 2004:42)

2.5.2 Uji Kecocokan Sebaran

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. pengujian parameter yang sering dipakai adalah (1) Chi-kuadrat dan (2) Smirnov kolmogrov.

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , yang dapat dihitung dengan rumus.

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots 2.15$$

- Xh^2 = Parameter chi kuadrat terhitung
- G = Jumlah sub kelompok
- O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i
- E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter Xh^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai Xh^2 sama atau lebih besar dari pada nilai chi kuadrat sebenarnya (X^2) dapat dilihat pada Lampiran tabel. (Suripin, 2004:57)

Prosedur uji chi kuadrat :

- 1) Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
- 2) Kelompokkan data menjadi G sub grub, tiap-tiap sub grub minimal 4 data pengamatan.

- 3) Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grub.
- 4) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
- 5) Tiap-tiap sub grub dihitung nilai $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$.
- 6) Jumlahkan seluruh G sub grub nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi kuadrat hitung.
- 7) Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$ untuk distribusi normal dan binominal)

Interpretasi hasilnya adalah :

- 1) Apabila peluang lebih dari 5 % maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- 2) Apabila peluang lebih kecil dari 1 % maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
- 3) Apabila peluang berada diantara 1-5 % adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misalnya perlu ditambah data.

(Suripin, 2004:58)

2.5.3 Curah Hujan Wilayah

a. Cara Rata-rata Aljabar

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n) \dots \dots \dots 2.16$$

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

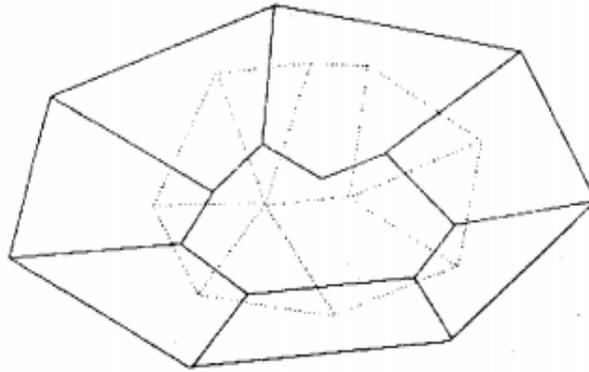
$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots 2.17$$

Dimana :

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

$A_1, A_2, A_n =$ Luas daerah tiap pos pengamatan

(H.A Halim Hasmar, 2011:13). Adapun gambar poligon thiessen dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Poligon Thiessen
(H.A Halim Hasmar, 2011:14)

c. Metode Isohyt

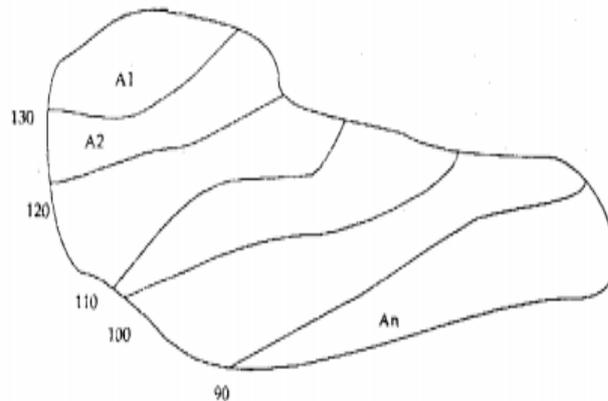
$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana :

$R_1, R_2, R_n =$ Curah hujan rata-rat 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). Adapun gambar poligon isohyt dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Poligon Isohyt
(H.A Halim Hasmar, 2011:14)

2.5.4 Intensitas Curah Hujan

Intensitas adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan dan frekuensi terjadinya. 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:

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \text{ mm/jam} \dots\dots\dots 2.19$$

Keterangan :

- R = Curah hujan rancangan setempat dalam mm
- t_c = Lama waktu konsentrasi dalam jam
- I = Intensitas hujan dalam mm/jam

(Sutarto Edisono, 1976: 20)

2.5.5 Debit Rancangan

Rumus yang dipakai untuk menghitung debit aliran tergantung pada besarnya catchment area, pada umumnya ditentukan sebagai berikut :

- Untuk catchment area < 25 km² dipakai rumus *Rational*
- Untuk catchment area 25 - 100 km² dipakai cara *Weduwen*
- Untuk catchment area > 100 km² dipakai cara *Melchior*

Perhitungan debit aliran untuk selokan samping dan gorong-gorong pada umumnya mencakup catchment area kurang dari 25 km², jadi yang digunakan adalah rumus rasional:

a. Rumus Rational

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots 2.20$$

Dimana:

Q = Debit banjir puncak pada periode ulang T tahun (m³/detik) yang terjadi pada muara DAS (m³/detik)

I = Intensitas hujan untuk durasi yang sama dengan waktu konsentrasi T_c dan periode ulang T tahun. Pakailah kurva intensitas hujan untuk mendapatkan intensitas ini (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (ha)

C = Koefisien pengaliran

C_f = Koefisien frekwensi

(Departemen Pekerjaan Umum, 2005:23)

b. Perhitungan Debit Air Kotor

1. Kepadatan penduduk rata-rata :

$$= \frac{\text{Jumlah rumah} \times \text{asumsi orang tiap rumah}}{\text{luas perumahan}} \dots\dots\dots 2.21$$

2. Q_{air kotor rata-rata} :

$$Q_{\text{air kotor rata-rata}} = \text{Luas daerah pengaliran} \times \text{Kepadatan penduduk rata-rata} \dots\dots\dots 2.22$$

3. $Q_{\text{air kotor total}}$:

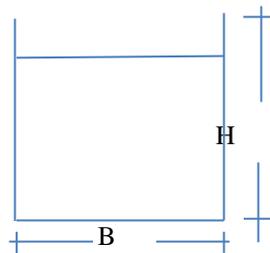
$$Q_{\text{air kotor total}} = Q_{\text{air kotor rata-rata}} \times \text{faktor puncak} \dots \dots \dots 2.23$$

2.6 Analisa Hidrolika atau Desain Saluran

Debit aliran saluran yang sama dengan debit akibat hujan, harus dialirkan pada saluran bentuk empat persegi panjang, bentuk segi tiga, bentuk trapesium dan bentuk setengah lingkaran untuk drainasi muka tanah (*surface drainage*) (H.A Halim Hasmar 2011:22)

a. Tampang Bentuk Empat Persegi Panjang

Adapun gambar penampang saluran empat persegi panjang dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Penampang Saluran Empat Persegi Panjang
(H.A Halim Hasmar, 2011:14)

- Luas tampang saluran $F_s = B.H$
- Keliling basah $P_s = B + 2 H$
- Radius hidrolik $= F_s/P_s$
- Debit aliran $Q = F_s . V$

(H.A Halim Hasmar 2011:23)

b. Luas Desain Saluran

Tinggi muka air pada saluran (H) dan lebar saluran (B), merupakan parameter untuk menentukan luas basah saluran (F_s). Luas basah/desain saluran (F_s) dianalisis berdasarkan debit hujan (Q) yang nota bend menjadi debit saluran dan kecepatan aliran air pada saluran (V) :

(H.A Halim Hasmar 2011:19)

$$Q = F_s \cdot V \dots\dots\dots 2.24$$

$$F_s = Q / V \dots\dots\dots 2.25$$

V adalah kecepatan aliran air pada saluran drainase, yang didapatkan dari tabel i/v atau dianalisis dengan formula Manning atau Chezy.

c. Kecepatan Aliran Air

Kecepatan aliran air pada saluran, ditentukan berdasarkan :

1) Tabel kemiringan saluran versus kecepatan aliran

Tabel 2.1 Kemiringan Saluran versus Kecepatan Rata-rata Aliran

Kemiringan Saluran 1 (%)	Kecepatan rata-rata V (m/dt)
< 1	0,40
1 - < 2	0,60
2 - < 4	0,90
4 - < 6	1,20
6 - < 10	1,50
10 - < 15	2,40

(H.A Halim Hasmar, 2011:20)

2) Berdasarkan Formula Manning dan Chezy

Formula Manning

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_s^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots 2.26$$

Keterangan :

V = kecepatan aliran air di saluran

n = Koefisien kekasaran dinding, tergantung jenis bahan saluran, untuk beton/plesteran 0,010.

R_s = Radius hidrolis = F_s/P_s

I = Kemiringan Saluran

(H.A Halim Hasmar 2011:20)

Tabel 2.2 Kecepatan Aliran yang Diizinkan pada Bahan Dinding dan Dasar Saluran

Jenis Bahan	Kecepatan aliran ijin (m/dt)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau <i>alluvial</i>	0,60
kerikil halus	0,75
Lempung keras/kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil Kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Beton-beton bertulang	1,50

(H.A Halim Hasmar, 2011:21)

Tabel 2.3 Kemiringan Dinding Saluran Berdasarkan Bahan Saluran

Jenis Bahan	Kemiringan dinding saluran (%)
Tanah	0 – 5
Kerikil	5 - 7,5
Pasangan	7,5

(H.A Halim Hasmar, 201:22)

2.7 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan herark (arus kegiatan) vertikal dan horisontal

(Iman Soeharto, 199:28)

2.8 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 serendahrendahnya 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. (VR Meilani, 2014:25)

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.

(VR Meilani, 2014:26)

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.
(VR Meilani, 2014:26)
- 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 perencanaan 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. (VR Meilani, 2014:27)

2.9 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

2.9.1 Volume/Kubikasi Pekerjaan

Yang dimaksud dengan uraian Volume Pekerjaan, ialah menguraikan secara rinci besar volume atau kubikasi suatu pekerjaan. Meriguraikan, berarti mengtutung besar volume masing-masing pekerjaan sesuai dergan gambar bestek dan gambar detail.

Sebelum menglutung volume masing-masing pekerjaan, lebih dulu harus drkuasai membaca gambar bestek berikut gambar detail/penjelasan. bestek.

(Bachtiar Ibrahim, 1993: 24)

2.9.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Yang dimaksud dengan harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan.

Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan.

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda, jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan. (Bachtiar Ibrahim, 1993:133)

2.9.3 Rencana Anggaran Biaya

Anggaran biaya suatu bangunan atau proyek ialah menghitung banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan atau proyek.

Susunan estimate real of cost bahwa biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkalian volume dengan Harga Satuan Pekerjaan yang bersangkutan .

$$RAB = \Sigma(\text{VOLUME} \times \text{HARGA SATUAN PEKERJAAN}) \dots\dots\dots 2.28$$

(Bachtiar Ibrahim, 1993: 165)

2.10 Barchart dan Kurva S

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah Barchart atau Diagram Batang atau Bagan Balok. Barchart adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap pekerjaan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal di bagian sebelah kanan dari aktivitas. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya (Callahan, 1992).

(Irika Widiasanti dan Lenggogeni, 2013:77-78)

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 sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif 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 dipresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana (Husen, 2011). (Irika Widiasanti dan Lenggogeni, 2013:125-126)

Cara atau langkah-langkah membuat barchart berdasarkan penjadwalan jaringan kerja AOA adalah sebagai berikut

1. Langkah pertama adalah mengisiskan kegiatan pada kolom kegiatan
2. Langkah kedua adalah membuat balok/batang sesuai panjang dengan durasi untuk kegiatan-kegiatan kritis terlebih dahulu.
3. Setelah kegiatan kritis digambarkan baloknya, maka dilanjutkan dengan menggambar balok/batang untuk kegiatan tidak kritis

(Irika Widiasanti dan Lenggogeni, 2013:86-87)

2.11 Network Planning

Metode jaringan kerja, menurut Istimawan Dipohusodo, merupakan cara grafis untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Jaringan menunjukkan susunan logis antar kegiatan, hubungan timbal balik antara pembiayaan penyelesaian proyek, dan berguna dalam merencanakan urutan kegiatan yang saling tergantung dihubungkan dengan waktu penyelesaian proyek yang diperlukan (Dipohusodo, 1996). Jaringan kerja ini nantinya akan sangat membantu dalam penentuan kegiatan-kegiatan kritis serta akibat keterlambatan dari suatu kegiatan terhadap waktu penyelesaian keseluruhan proyek. (Irika Widiyanti dan Lenggogeni, 2013:77).

Pada metode jaringan kerja dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi, jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1995).

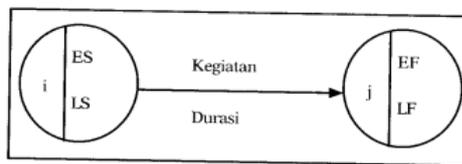
Jalur kritis penting artinya bagi para pelaksana proyek karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang pelaksanaannya harus tepat waktu, selesai juga tepat waktu. Jika terjadi keterlambatan, maka akan menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan.

Sebelum membuat jalur kritis dalam metode penjadwalan jaringan kerja AOA, haruslah diketahui terlebih dahulu cara perhitungan durasi proyek yang terbagi dalam hitungan maju dan hitungan mundur. Ada beberapa istilah yang terlibat sehubungan dengan perhitungan maju dan mundur metode AOA sebagai berikut:

- *Early Start (ES)*: waktu paling awal sebuah kegiatan dapat dimulai setelah kegiatan sebelumnya selesai. Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.
- *Late Start (LS)*: waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat diselesaikan tanpa memperlambat penyelesaian jadwal proyek.

- *Early Finish (EF)*: waktu paling awal sebuah kegiatan dapat diselesaikan jika dimulai pada waktu paling awalnya dan diselesaikan sesuai dengan durasinya. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.
- *Late Finish (LF)*: waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat dimulai tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

Berikut adalah gambar potongan jaringan kerja AOA dengan penempatan ES, LS, EF, dan LF. Adapun gambar potongan jaringan kerja dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Potongan Jaringan Kerja
(Irika Widiasanti dan Lenggogeni, 2013: 62)

Seperti telah disebutkan di atas, untuk mendapat angka-angka ES, LS, EF, dan LF, maka dikenal dua perhitungan dalam jaringan kerja AOA, yaitu perhitungan maju dan perhitungan mundur. (Irika Widiasanti dan Lenggogeni, 2013:61-62)