

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS memiliki posisi penting dalam unit perencanaan sistem saluran drainase dan pengendalian banjir. Dalam perencanaan drainase yang memperhitungkan air hujan, DAS memiliki kontribusi penting terhadap aliran air hujan yang turun dari atmosfer. Sedangkan dalam pengendalian banjir, DAS tidak hanya berpengaruh terhadap aliran permukaan tetapi juga berpengaruh terhadap limpasan (*runoff*).

##### 2.1.1. Definisi DAS

Daerah Aliran Sungai (DAS) secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah/kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama ke laut atau danau. Linsley (1980) menyebut DAS sebagai *“A river of drainage basin in the entire area drained by a stream or system of connecting streams such that all stream flow originating in the area discharged through a single outlet”*. Sementara itu IFPRI (International Food Policy Research Institute) 2002 menyebutkan bahwa *“A watershed is a geographic area that drains to a common point, which makes it an attractive unit for technical efforts to conserve soil and maximize the utilization of surface and subsurface water for crop production, and a watershed is also an area with administrative and property regimes, and farmers whose actions may affect each other’s interests”*.

Dari definisi di atas, dapat dikemukakan bahwa DAS merupakan ekosistem, dimana unsur organisme dan lingkungan biofisik serta unsur kimia berinteraksi secara dinamis dan di dalamnya terdapat keseimbangan *inflow* dan *outflow* dari material dan energi. Selain itu pengelolaan DAS dapat disebutkan merupakan suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan sumber daya alam (SDA) yang secara umum untuk mencapai tujuan peningkatan produksi pertanian dan kehutanan yang optimum dan berkelanjutan (lestari) dengan

upaya menekan kerusakan seminimum mungkin agar distribusi aliran air sungai yang berasal dari DAS dapat merata sepanjang tahun.

Dalam pendefinisian DAS pemahaman akan konsep daur hidrologi sangat diperlukan terutama untuk melihat masukan berupa curah hujan yang selanjutnya didistribusikan melalui beberapa cara seperti diperlihatkan pada **Gambar 2.1**. Konsep daur hidrologi DAS menjelaskan bahwa air hujan langsung sampai ke permukaan tanah untuk kemudian terbagi menjadi air larian, evaporasi dan air infiltrasi, yang kemudian akan mengalir ke sungai sebagai debit aliran.



Gambar 2.1. Daur Hidrologi DAS.

Sumber: Hidrologi dan Pengelolaan DAS (Chay Asdak, 2002).

Dalam mempelajari ekosistem DAS, dapat diklasifikasikan menjadi daerah hulu, tengah dan hilir. DAS bagian hulu dicirikan sebagai daerah konservasi, DAS bagian hilir merupakan daerah pemanfaatan. DAS bagian hulu mempunyai arti penting terutama dari segi perlindungan fungsi tata air, karena itu setiap terjadinya kegiatan di daerah hulu akan menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi debit dan transport sedimen serta material terlarut dalam sistem aliran airnya. Dengan perkataan lain ekosistem DAS, bagian hulu mempunyai fungsi perlindungan terhadap keseluruhan DAS. Perlindungan ini antara lain dari segi fungsi tata air, dan oleh karenanya pengelolaan DAS hulu

seringkali menjadi fokus perhatian mengingat dalam suatu DAS, bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi.

### 2.1.2. Batas-batas DAS

Batas-batas Daerah Aliran Sungai ditentukan dengan cara :

#### 1. Punggungan bukit/ tebing

Suatu DAS terdiri dari beberapa Sub-DAS. Seperti halnya penentuan jaringan aliran, maka batas-batas Sub-DAS dimodelkan dengan menggunakan nilai akumulasi sel sebagai parameter masukannya. Bahwa nilai akumulasi aliran sama dengan nol menunjukkan bahwa suatu tempat adalah punggungan bukit yang secara fisik merupakan suatu titik yang digunakan untuk membatasi satu Sub-DAS dengan Sub-DAS yang lain. Akumulasi aliran adalah jumlah sel yang terakumulasi di suatu sel tertentu yang disebabkan oleh arah aliran sel-sel dalam suatu data DEM mengarah pada sel tersebut. Pemodelan akumulasi aliran ini berguna untuk menentukan jumlah air limpasan permukaan yang diterima oleh suatu tempat atau titik dalam suatu DAS. Jika kemudian titik tersebut dianggap sebagai keluaran (*outlet*) bagi suatu jaring-jaring aliran, maka sel tersebut akan mendapatkan jumlah sel yang paling besar jika dibanding dengan sel lain dalam suatu DAS yang sama. Punggungan bukit juga dapat diartikan sebagai bagian permulaan (daerah hulu suatu DAS).

#### 2. Jalan

Jalan dapat didefinisikan sebagai permukaan tanah yang kedap air, yang telah mengalami perkerasan, sehingga air yang jatuh pada permukaannya akan mengalami limpasan kedaerah yang lebih rendah (bahu jalan). Dalam hal ini secara otomatis dua sisi bahu akan membentuk suatu daerah aliran yang berbeda arah pengalirannya, dan membentuk jaringan drainase sesuai daerah pengalirannya. Sehingga dapat menjadi salah satu penentu batas DAS.

#### 3. Garis pantai

Garis pantai berdasarkan IHO *Hydrographic Dictionary* (1970) adalah garis pertemuan antara pantai (daratan) dan air (lautan). Walaupun secara periodik permukaan laut selalu berubah, suatu tinggi

muka air tertentu yang tetap dan dapat ditentukan, harus dipilih untuk menjelaskan posisi garis pantai. Pada peta laut biasanya digunakan garis air tinggi (*high water line*) sebagai garis pantai. Hal ini berbeda sekali dengan garis pangkal dimana yang digunakan adakah garis air terendah (*low water line*). Sehingga garis pantai dapat dijadikan sebagai batas antara hilir sungai dengan lautan, dan menjadi batas DAS bagian hilir sungai.

## 2.2. Analisa Hidrologi

Tujuan utama analisa hidrologi dalam studi perencanaan ini adalah untuk menentukan debit maksimum yang terjadi pada daerah studi dengan menganalisa parameter-parameter yang ada terhadap semua perilaku hidrologi yang menentukan terhadap perencanaan lebih lanjut. Analisa hidrologi dilakukan terhadap parameter - parameter studi, yaitu :

1. Besarnya curah hujan yang terjadi pada kawasan studi.
2. Topografi daerah studi yang berpeluang untuk terjadinya genangan-genangan air ataupun kurang lancarnya sirkulasi air, dimana umumnya dijumpai pada daerah cekungan ( lembah ).
3. Tataguna lahan yang mungkin mengalami perubahan fungsi teknis.
4. Jumlah debit aktual yang dialirkan pada setiap ruas-ruas saluran.
5. Karakteristik profil saluran pada masing-masing ruas yang berbeda, maupun faktor non teknis lainnya.

### 2.2.1. Pelengkapan Data Curah Hujan

Data curah hujan yang disiapkan dalam laporan ini adalah kejadian hujan selama 10 tahun pada 4 stasiun pengamat hujan di sekitar daerah studi. Apabila terdapat kekosongan data maka diperlukan nilai pendekatan untuk stasiun tersebut. Perkiraan data curah hujan yang kosong memerlukan data-data curah hujan minimal dari dua stasiun terdekat pada tahun yang sama sebagai data pembanding (Moduto:1998).

Pelengkapan data curah hujan dapat dilakukan dengan 2 metode berikut:

1. Metode Aljabar

Metode ini digunakan apabila perbedaan curah hujan normal antara stasiun pembanding dengan stasiun yang kehilangan data kurang dari 10% (Moduto:1998).

$$R_x = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n R_n \quad (2-1)$$

2. Metode Perbandingan Normal

Metode ini digunakan jika perbedaan curah hujan tahunan normal antara stasiun pembanding dengan stasiun yang kehilangan data lebih dari 10%.

$$r_x = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{r_n \times R_x}{R_n} \quad (2-2)$$

keterangan:

$n$  : jumlah stasiun pembanding

$r_x$  : tinggi curah hujan yang dicari

$r_n$  : tinggi curah hujan pada tahun yang sama dengan  $r_x$  pada setiap

stasiun pembanding

$R_x$  : harga rata-rata tinggi curah hujan pada stasiun penakar yang

salah satu curah hujannya sedang dicari

$R_n$  : harga rata-rata tinggi curah hujan pada stasiun pembanding

selama kurun waktu yang sama

Perhitungan perbedaan curah hujan antara stasiun pembanding dan stasiun yang kehilangan data dilakukan dengan persamaan:

$$\Delta = \frac{S}{R} \times 100\% \quad (2-3)$$

Keterangan:

$\Delta$  : persen perbedaan curah hujan antara stasiun pembanding dengan

stasiun yang kehilangan data

S : standart deviasi

R : rata-rata curah hujan

### 2.2.2. Uji Konsistensi

Uji konsistensi curah hujan ini dimaksudkan untuk mengurangi kesalahan-kesalahan yang terjadi pada waktu pengamatan. Beberapa hal yang menyebabkan data hujan tidak konsisten antara lain karena pergantian jenis alat, perkembangan lingkungan sekitar pos hujan, pemindahan lokasi pos hujan atau perubahan elevasi pos hujan, dan perubahan alam. Salah satu cara untuk menguji konsistensi adalah dengan menggunakan analisis kurva massa ganda untuk data hujan musiman atau tahunan dari suatu DPS. Data yang konsisten akan membentuk kurva yang memiliki trend sama. Sedangkan apabila tidak konsisten, perlu dikalikan dengan faktor koreksi.

$$H_z = \left( \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} \right) H_o \quad (2-4)$$

Dengan:

$H_z$  = curah hujan yang diperkirakan

$H_o$  = curah hujan hasil pengamatan

$\tan \alpha$  = slope sebelum titik perubahan (trend lama)

$\tan \alpha_0$  = slope setelah titik perubahan (trend baru)

### 2.2.3. Curah Hujan Rata – rata

Curah hujan yang diperlukan untuk suatu analisa teknis rancangan pemanfaatan air dan pengendalian banjir adalah merupakan curah hujan rata – rata di seluruh daerah yang bersangkutan, dan bukan merupakan curah hujan pada suatu titik tertentu pada daerah yang dianalisis. Untuk menentukan tinggi hujan rata-rata suatu daerah dimana pada daerah tersebut terdapat beberapa stasiun penakar hujan yang tersebar tidak merata, tidak dapat ditentukan secara langsung. Karena masing-masing stasiun penakar hujan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. Maka untuk mendapatkan curah hujan pada suatu kawasan yang dianalisis dilakukan dengan mengambil curah hujan rata-rata dari beberapa stasiun penakar yang melingkupi daerah yang dianalisa.

Metode yang digunakan dalam perhitungan hujan daerah harian maksimum, yaitu :

### 1. Metode rata-rata aljabar (*Arithmetic main method*)

Pada metode analisis curah hujan daerah dengan cara *Arithmetic main method*, tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil harga rata-rata hitung dari penakar-penakar hujan dalam area yang diamati. Diberikan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad (2 - 5)$$

dengan :

$R$  = Curah hujan rata-rata harian maksimum daerah (mm).

$n$  = Jumlah stasiun hujan.

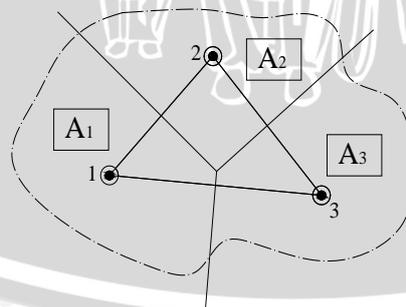
$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan pada stasiun penakar hujan (mm).

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah pada letak pengamatan ( $\text{km}^2$ ).

Cara ini umumnya digunakan bila letak stasiun penakar hujan tersebar merata pada seluruh daerah yang diamati, dan hasil penakar masing – masing pos penakar. Tetapi pada kenyataannya, umumnya letak – letak pos penakar hujan tidak merata pada seluruh daerah yang diamati.

### 2. Metode Poligon Thiessen

Jika titik-titik pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka seperti terlihat pada **Gambar 2.2** cara perhitungan curah hujan rata-rata itu dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.



Gambar 2.2. Poligon Thiessen.

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Tiap-tiap banyak *Thiessen* tersebut dihitung luasnya sehingga terdapat luas daerah pengaruh tiap-tiap stasiun.

2. Prosentase luas pengaruh tiap stasiun total didapat dari luas daerah stasiun tersebut dibagi luas total DAS.

Hujan rata-rata DAS dapat dihitung sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2-6)$$

### 3. Metode Garis Isohyet

Peta Isohyet digambar pada peta topografi dengan perbedaan (interval) 10-20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik pengamatan di dalam dan di sekitar daerah yang dimaksud. Luas bagian daerah antara dua garis Isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.3**. Curah hujan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1 \left( \frac{R_1 + R_2}{2} \right) + A_2 \left( \frac{R_2 + R_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left( \frac{R_{n-1} + R_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \quad (2-7)$$

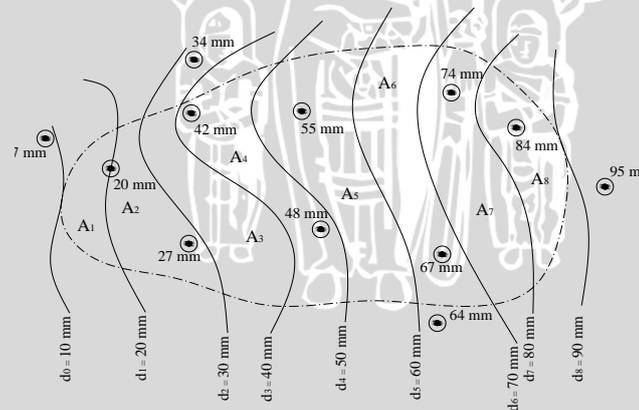
dengan :

$\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata harian maksimum daerah (mm).

$n$  = Jumlah stasiun hujan.

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan pada stasiun penakar hujan (mm).

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah pada letak pengamatan ( $\text{km}^2$ ).



Gambar 2.3. Peta Isohyet.

#### 2.2.4 Curah Hujan Rancangan

Definisi curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi dalam suatu daerah pada periode ulang tertentu, yang

dipakai sebagai dasar perhitungan perencanaan suatu dimensi bangunan air. (Dake, Jonas M. K.,1982).

Pemilihan bangunan air itu sendiri didasarkan pada beberapa pertimbangan hidroekonomis yang merupakan analisa dari kegiatan prakonstruksi dari semua kejadian - kejadian yang mungkin timbul akibat perilaku air itu sendiri. Pertimbangan - pertimbangan hidroekonomis tersebut antara lain :

1. Besarnya kerugian yang akan ditanggung jika bangunan-bangunan air tersebut rusak oleh debit hujan yang cukup besar atau tidak terkontrol.
2. Peluang sering tidaknya bangunan-bangunan air itu tidak rusak oleh debit air yang cukup besar atau tidak terkontrol.
3. Biaya konstruksi yang harus ditanggung dalam perencanaan bangunan air itu sendiri.

Seperti telah dijelaskan diatas bahwa curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi dalam suatu daerah pada periode ulang tertentu. Sebelum menghitung curah hujan rancangan, lebih baik mengetahui terlebih dahulu penentuan periode ulang untuk kategori saluran dan besarnya kota yang akan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2.1. Kriteria desain untuk pemilihan kala ulang hujan rancangan

| No. | Kota        | Jumlah Penduduk       | Debit Rencana Saluran |          |         |
|-----|-------------|-----------------------|-----------------------|----------|---------|
|     |             |                       | Primer                | Sekunder | Tersier |
| 1   | Kota Besar  | 500.000 s/d 1.000.000 | 10                    | 5        | 2       |
| 2   | Kota Sedang | 200.000 s/d 500.000   | 5                     | 2        | 2       |
| 3   | Kota Kecil  | 100.000 s/d 200.000   | 2                     | 1        | 1       |

Sumber : TOR pembuat master plan dan perencanaan teknis Direktorat PLP Direktorat Cipta Karya

Di dalam menentukan curah hujan rancangan pada selang waktu tertentu biasanya digunakan berbagai jenis distribusi frekwensi diantaranya distribusi normal, distribusi log normal, distribusi log Pearson type III dan distribusi Gumbel. Masing-masing distribusi memiliki sifat khas sehingga setiap data yang ada harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistika masing-masing distribusi tersebut. Sifat khas dari masing-masing distribusi frekuensi merupakan nilai dari koefisien kepeccangan (Cs) dan

nilai koefisien kurtosis ( $C_k$ ) yang merupakan ukuran ketajaman distribusi suatu data. Sifat khas distribusi frekuensi dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.2. Sifat khas distribusi frekuensi

| distribusi           | $C_s$        | $C_v$                  | $C_k$        |
|----------------------|--------------|------------------------|--------------|
| Normal               | $\sim 0$     | +                      | $\sim 3$     |
| Log-Normal           | $\sim 3.C_v$ | +                      | +            |
| Log-Pearson Type III | +            | Tidak ada sifat khusus | +/-          |
| Gumbel               | $\sim 1,139$ | $\sim 0,296$           | $\sim 5,402$ |

Sumber : Sri Hartono, 1993 : 245

Apabila harga  $C_s$  dan  $C_k$  tidak memenuhi persyaratan distribusi Gumbel dan Normal maka digunakan metode Log Pearson Type III, karena ini dapat dipakai untuk semua sebaran data.

#### 2.2.4.1 Parameter Statistik

Data hidrologi dapat diperlakukan sebagai perubahan statistik, distribusi frekuensi dan distribusi probabilitas statistik. Ciri-ciri probabilitas statistik dapat dinyatakan dalam parameter statistik. Prosedur analisis statistik dengan cara penyusunan dan penyajian data yang dikumpulkan dan ditemukan dengan parameter statistik sebagai berikut :

1. Rata – rata hitung

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2 - 8)$$

2. Simpangan baku

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2 - 9)$$

3. Koefisien kepencengan

$$C_s = \frac{n^2 \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \right]}{(n - 1)(n - 2)S_1^3} \quad (2 - 10)$$

## 4. Koefisien kurtosis

$$C_k = \frac{n^3 \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \right]}{(n-1)(n-2)(n-3)S_1^4} \quad (2-11)$$

## 5. Koefisien variasi

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2-12)$$

dengan :

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung

$X_i$  = Nilai pengamatan

$n$  = Jumlah data

#### 2.2.4.2. Distribusi Normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisis hidrologi, misal dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss.

Dalam pemakaian praktis, rumus untuk distribusi normal dapat ditulis sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T S \quad (2-13)$$

Keterangan:

$X_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  $T$ -tahunan.

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung variat.

$S$  = deviasi standar nilai variat.

$K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Nilai faktor frekuensi  $K_T$  umumnya sudah tersedia dalam tabel untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan Tabel 2.3, yang umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable reduced Gauss*).

Tabel 2.3. Nilai variabel reduksi Gauss

| Periode ulang,<br>T (tahun) | Peluang | $K_T$ | Periode ulang,<br>T (tahun) | Peluang | $K_T$ |
|-----------------------------|---------|-------|-----------------------------|---------|-------|
| 1,001                       | 0,999   | -3,05 | 3,330                       | 0,300   | 0,52  |
| 1,005                       | 0,995   | -2,58 | 4,000                       | 0,250   | 0,67  |
| 1,010                       | 0,990   | -2,33 | 5,000                       | 0,200   | 0,84  |
| 1,050                       | 0,950   | -1,64 | 10,000                      | 0,100   | 1,28  |
| 1,110                       | 0,900   | -1,28 | 20,000                      | 0,050   | 1,64  |
| 1,250                       | 0,800   | -0,84 | 50,000                      | 0,020   | 2,05  |
| 1,330                       | 0,750   | -0,67 | 100,000                     | 0,010   | 2,33  |
| 1,430                       | 0,700   | -0,52 | 200,000                     | 0,005   | 2,58  |
| 1,670                       | 0,600   | -0,25 | 500,000                     | 0,002   | 2,88  |
| 2,000                       | 0,500   | 0     | 1000,000                    | 0,001   | 3,09  |
| 2,500                       | 0,400   | 0,25  |                             |         |       |

Sumber : Bonnier, 1980

#### 2.2.4.3. Metode Distribusi Frekuensi Log-Pearson Tipe III

Metode ini dipergunakan apabila jumlah data cukup banyak, atau dengan pengertian bahwa semakin banyak data yang dianalisa maka simpangan yang dihasilkannya relatif kecil. Parameter yang digunakan dalam analisa debit hujan rancangan dengan cara ini adalah :

1. Harga rata-rata hujan daerah harian maksimum dari setiap stasiun penangkar.
2. Standar deviasi ( $S_x$ ) setelah ditransformasi dalam bentuk logaritma.
3. Koefisien kepeccengan ( $C_s$ ) setelah ditransformasikan dalam bentuk logaritma.

Adapun langkah-langkah dalam menghitung curah hujan daerah rancangan dengan metode log-Pearson tipe III adalah sebagai berikut :

1. Ubahlah data curah hujan harian sebanyak  $n$  buah ke dalam bentuk logaritma ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  menjadi bentuk logaritma  $\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \log X_n$ ).
2. Hitung rata-rata curah hujan harian dalam bentuk logaritma  $\overline{\log X}$  dengan persamaan sebagai berikut :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (2-14)$$

dengan :

$\overline{\log X}$  = Nilai rata-rata curah hujan harian dalam bentuk logaritma

$n$  = Jumlah data

3. Hitung nilai standar deviasi yang terjadi ( $S_x$ ) dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (2-15)$$

4. Hitung koefisien kepengcangan ( $C_s$ ) dengan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)S_x^3} \quad (2-16)$$

5. Hitung logaritma curah hujan harian dengan waktu balik yang dikehendaki dengan persamaan sebagai berikut :

$$\log R_{Tr} = \overline{\log X} + G \cdot S_x \quad (2-17)$$

Harga-harga  $G$  dapat diambil dari tabel 2.4.a untuk harga-harga  $C_s$  positif, dan dari tabel 2.4.b untuk harga-harga  $C_s$  negatif. Sehingga dengan harga  $C_s$  yang dihitung dan waktu balik yang dikehendaki  $G$  dapat diketahui.

6. Hitung antilog dari  $\log R_{Tr}$  untuk mendapatkan tinggi curah hujan harian dengan waktu balik yang dikehendaki  $R_{Tr}$ .

Tabel 2.4.a. *Pearson type III distribution value for positive skew coefficients recurrence interval in years*

| Skew Coefficient | 1,0101         | 1,053  | 1,111  | 1,25   | 2      | 5      | 10     | 25    | 50    | 100   | 200     |
|------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|---------|
|                  | Percent Chance |        |        |        |        |        |        |       |       |       |         |
| Cs (+)           | 99 (-)         | 95 (-) | 90 (-) | 80 (-) | 50 (-) | 20 (+) | 10 (+) | 4 (+) | 2 (+) | 1 (+) | 0,5 (+) |
| 3                | 0,667          | 0,665  | 0,66   | 0,636  | 0,396  | 0,42   | 1,18   | 2,278 | 3,152 | 4,051 | 4,97    |
| 2,9              | 0,690          | 0,688  | 0,681  | 0,651  | 0,39   | 0,44   | 1,195  | 2,277 | 3,134 | 4,013 | 4,909   |
| 2,8              | 0,714          | 0,711  | 0,702  | 0,666  | 0,384  | 0,46   | 1,21   | 2,275 | 3,114 | 3,973 | 4,847   |
| 2,7              | 0,74           | 0,736  | 0,724  | 0,681  | 0,376  | 0,479  | 1,224  | 2,272 | 3,097 | 3,932 | 4,783   |
| 2,6              | 0,769          | 0,762  | 0,747  | 0,696  | 0,368  | 0,499  | 1,238  | 2,267 | 3,071 | 3,889 | 4,718   |
| 2,5              | 0,799          | 0,79   | 0,771  | 0,771  | 0,36   | 0,518  | 1,25   | 2,262 | 3,048 | 3,845 | 3,452   |
| 2,4              | 0,832          | 0,819  | 0,795  | 0,725  | 0,351  | 0,537  | 1,262  | 2,256 | 3,023 | 3,8   | 4,584   |
| 2,3              | 0,867          | 0,85   | 0,819  | 0,739  | 0,341  | 0,555  | 1,274  | 2,248 | 2,997 | 3,753 | 4,515   |
| 2,2              | 0,905          | 0,882  | 0,844  | 0,752  | 0,33   | 0,574  | 1,284  | 2,24  | 2,97  | 3,705 | 4,454   |
| 2,1              | 0,946          | 0,914  | 0,869  | 0,765  | 0,319  | 0,592  | 1,294  | 2,23  | 2,942 | 3,656 | 4,327   |
| 2                | 0,99           | 0,949  | 0,895  | 0,777  | 0,307  | 0,609  | 1,302  | 2,219 | 2,912 | 3,605 | 4,298   |
| 1,9              | 1,037          | 0,984  | 0,92   | 0,788  | 0,294  | 0,627  | 1,31   | 2,207 | 2,881 | 3,553 | 4,223   |
| 1,8              | 1,087          | 1,02   | 0,945  | 0,799  | 0,282  | 0,643  | 1,318  | 2,193 | 2,848 | 3,499 | 4,147   |
| 1,7              | 1,14           | 1,056  | 0,97   | 0,808  | 0,268  | 0,66   | 1,324  | 2,179 | 2,815 | 3,444 | 4,069   |
| 1,6              | 1,197          | 1,093  | 0,994  | 0,817  | 0,254  | 0,675  | 1,329  | 2,163 | 2,78  | 3,388 | 3,99    |
| 1,5              | 1,256          | 1,131  | 1,018  | 0,825  | 0,24   | 0,69   | 1,333  | 2,146 | 2,743 | 3,33  | 3,91    |
| 1,4              | 1,318          | 1,163  | 1,041  | 0,832  | 0,225  | 0,705  | 1,337  | 2,128 | 2,706 | 3,271 | 3,828   |
| 1,3              | 1,388          | 1,206  | 1,064  | 0,838  | 0,21   | 0,719  | 1,339  | 2,108 | 2,666 | 3,211 | 3,745   |
| 1,2              | 1,449          | 1,243  | 1,066  | 0,844  | 0,195  | 0,732  | 1,34   | 2,087 | 2,626 | 3,149 | 3,661   |
| 1,1              | 1,518          | 1,28   | 1,107  | 0,848  | 0,18   | 0,745  | 1,641  | 2,066 | 2,585 | 3,087 | 3,575   |
| 1                | 1,588          | 1,317  | 1,128  | 0,852  | 0,164  | 0,758  | 1,34   | 2,043 | 2,542 | 3,022 | 3,489   |
| 0,9              | 1,66           | 1,353  | 1,147  | 0,854  | 0,148  | 0,769  | 1,339  | 2,018 | 2,498 | 2,957 | 3,401   |
| 0,8              | 1,733          | 1,388  | 1,166  | 0,856  | 0,132  | 0,78   | 1,336  | 1,993 | 2,453 | 2,891 | 3,312   |
| 0,7              | 1,806          | 1,423  | 1,183  | 0,857  | 0,116  | 0,79   | 1,333  | 1,967 | 2,407 | 2,824 | 3,223   |
| 0,6              | 1,88           | 1,458  | 1,2    | 0,857  | 0,099  | 0,8    | 1,328  | 1,939 | 2,359 | 2,755 | 3,132   |
| 0,5              | 1,955          | 1,491  | 1,216  | 0,856  | 0,083  | 0,808  | 1,323  | 1,91  | 2,311 | 2,686 | 3,041   |
| 0,4              | 2,029          | 1,524  | 1,231  | 0,855  | 0,066  | 0,816  | 1,317  | 1,88  | 2,261 | 2,615 | 2,949   |
| 0,3              | 2,14           | 1,555  | 1,245  | 0,853  | 0,05   | 0,824  | 1,309  | 1,849 | 2,211 | 2,544 | 2,856   |
| 0,2              | 2,175          | 1,586  | 1,258  | 0,85   | 0,033  | 0,83   | 1,301  | 1,818 | 2,159 | 2,472 | 2,763   |
| 0,1              | 2,252          | 1,616  | 1,27   | 0,846  | 0,017  | 0,836  | 1,292  | 1,785 | 2,107 | 2,4   | 2,67    |
| 0                | 2,236          | 1,645  | 1,282  | 0,842  | 0      | 0,842  | 1,282  | 1,751 | 2,054 | 2,326 | 2,576   |

Sumber : CD. Soemarto, 1986 : 245

Tabel 2.4.b. *Pearson type III distribution value for negative skew coefficients recurrence interval in years*

| Skew Coefficient | 1,0101 | 1,053  | 1,111  | 1,25   | 2              | 5      | 10     | 25    | 50    | 100   | 200     |
|------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|--------|--------|-------|-------|-------|---------|
| Cs (-)           | 99 (-) | 95 (-) | 90 (-) | 80 (-) | Percent Chance |        |        |       |       |       |         |
|                  |        |        |        |        | 50 (+)         | 20 (+) | 10 (+) | 4 (+) | 2 (+) | 1 (+) | 0,5 (+) |
| 0                | 2,326  | 1,645  | 1,282  | 0,842  | 0              | 0,842  | 1,282  | 1,751 | 2,054 | 2,326 | 2,576   |
| 0,1              | 2,4    | 1,683  | 1,292  | 0,836  | 0,017          | 0,846  | 1,27   | 1,716 | 2     | 2,252 | 2,482   |
| 0,2              | 2,475  | 1,7    | 1,301  | 0,83   | 0,033          | 0,85   | 1,258  | 1,68  | 1,945 | 2,178 | 2,388   |
| 0,3              | 2,544  | 1,726  | 1,309  | 0,824  | 0,05           | 0,853  | 1,245  | 1,643 | 1,89  | 2,104 | 2,294   |
| 0,4              | 2,615  | 1,75   | 1,317  | 0,816  | 0,066          | 0,855  | 1,231  | 1,606 | 1,834 | 2,029 | 2,201   |
| 0,5              | 2,686  | 1,744  | 1,323  | 0,808  | 0,083          | 0,856  | 1,216  | 1,567 | 1,777 | 1,955 | 2,108   |
| 0,6              | 2,755  | 1,797  | 1,328  | 0,8    | 0,099          | 0,857  | 1,2    | 1,528 | 1,72  | 1,88  | 2,016   |
| 0,7              | 2,824  | 1,819  | 1,333  | 0,79   | 0,116          | 0,857  | 1,183  | 1,488 | 1,683 | 1,806 | 1,926   |
| 0,8              | 2,891  | 1,839  | 1,336  | 0,78   | 0,132          | 0,856  | 1,166  | 1,448 | 1,606 | 1,733 | 1,837   |
| 0,9              | 2,957  | 1,858  | 1,339  | 0,769  | 0,148          | 0,854  | 1,147  | 1,407 | 1,549 | 1,66  | 1,749   |
| 1                | 3,022  | 1,877  | 1,34   | 0,758  | 0,164          | 0,852  | 1,128  | 1,366 | 1,492 | 1,588 | 1,664   |
| 1,1              | 3,067  | 1,894  | 1,341  | 0,745  | 0,18           | 0,848  | 1,107  | 1,324 | 1,435 | 1,518 | 1,581   |
| 1,2              | 3,149  | 1,91   | 1,34   | 0,732  | 0,195          | 0,844  | 1,086  | 1,282 | 1,379 | 1,449 | 1,501   |
| 1,3              | 3,211  | 1,925  | 1,339  | 0,719  | 0,21           | 0,838  | 1,064  | 1,24  | 1,324 | 1,383 | 1,424   |
| 1,4              | 3,271  | 1,938  | 1,337  | 0,705  | 0,225          | 0,832  | 1,041  | 1,198 | 1,27  | 1,318 | 1,351   |
| 1,5              | 3,33   | 1,951  | 1,333  | 0,690  | 0,24           | 0,825  | 1,018  | 1,157 | 1,217 | 1,256 | 1,282   |
| 1,6              | 3,388  | 1,962  | 1,329  | 0,675  | 0,254          | 0,817  | 0,994  | 1,116 | 1,166 | 1,197 | 1,216   |
| 1,7              | 3,444  | 1,972  | 1,324  | 0,66   | 0,268          | 0,808  | 0,97   | 1,075 | 1,116 | 1,14  | 1,155   |
| 1,8              | 3,499  | 1,981  | 1,318  | 0,643  | 0,282          | 0,799  | 0,945  | 1,035 | 1,069 | 1,087 | 1,097   |
| 1,9              | 3,553  | 1,989  | 1,31   | 0,627  | 0,294          | 0,788  | 0,92   | 0,996 | 1,023 | 1,037 | 1,04    |
| 2                | 3,605  | 1,996  | 1,302  | 0,609  | 0,307          | 0,777  | 0,895  | 0,959 | 0,98  | 0,99  | 0,995   |
| 2,1              | 3,656  | 2,001  | 1,294  | 0,592  | 0,319          | 0,765  | 0,869  | 0,923 | 0,939 | 0,946 | 0,949   |
| 2,2              | 3,705  | 2,006  | 1,284  | 0,574  | 0,33           | 0,752  | 0,844  | 0,888 | 0,9   | 0,905 | 0,907   |
| 2,3              | 3,753  | 2,009  | 1,274  | 0,555  | 0,341          | 0,739  | 0,819  | 0,855 | 0,864 | 0,867 | 0,869   |
| 2,4              | 3,8    | 2,011  | 1,262  | 0,537  | 0,351          | 0,725  | 0,795  | 0,823 | 0,83  | 0,832 | 0,833   |
| 2,5              | 3,845  | 2,012  | 1,25   | 0,518  | 0,36           | 0,711  | 0,771  | 0,793 | 0,789 | 0,799 | 0,8     |
| 2,6              | 3,889  | 2,013  | 1,238  | 0,499  | 0,368          | 0,696  | 0,747  | 0,764 | 0,768 | 0,769 | 0,769   |
| 2,7              | 3,932  | 2,012  | 1,224  | 0,479  | 0,376          | 0,681  | 0,724  | 0,738 | 0,74  | 0,74  | 0,741   |
| 2,8              | 3,973  | 2,01   | 1,21   | 0,46   | 0,384          | 0,666  | 0,702  | 0,712 | 0,714 | 0,714 | 0,714   |
| 2,9              | 4,013  | 2,007  | 1,195  | 0,44   | 0,33           | 0,651  | 0,681  | 0,083 | 0,689 | 0,69  | 0,69    |
| 3                | 4,051  | 2,003  | 1,18   | 0,42   | 0,39           | 0,636  | 0,66   | 0,666 | 0,666 | 0,664 | 0,667   |

Sumber : CD. Soemarto, 1986 : 246

#### 2.2.4.4. Distribusi Gumbel

Menurut Gumbel (1941), persoalan tertua yang berhubungan dengan harga-harga ekstrim adalah datang dari persoalan banjir. Tujuan dari teori statistik harga-harga ekstrim adalah untuk menganalisa hasil

pengamatan harga-harga ekstrim tersebut untuk meramal harga-harga ekstrim berikutnya.

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. Untuk memudahkan dalam perhitungan maka distribusi Gumbel dapat disederhanakan dalam bentuk:

$$X = \bar{X} + sK \quad (2-18)$$

dengan:

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung variat.

$s$  = deviasi standar nilai variat.

Faktor frekuensi  $K$  untuk harga-harga ekstrim Gumbel ditulis dengan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad (2-19)$$

$$Y_T = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \quad (2-20)$$

dengan:

$Y_T$  = *reduced variate*.

$Y_n$  = *reduced mean* yang tergantung dari besarnya sampel  $n$  (tabel 2.5).

$S_n$  = *reduced standard deviation* yang tergantung dari besarnya sampel  $n$  (tabel 2.6).

$T_r$  = periode ulang.

Tabel 2.5. *Reduced Mean,  $y_n$*

| N   | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10  | 0,4952 | 0,4996 | 0,5035 | 0,5070 | 0,5100 | 0,5128 | 0,5157 | 0,5181 | 0,5202 | 0,5520 |
| 20  | 0,5236 | 0,5252 | 0,5268 | 0,5283 | 0,5296 | 0,5309 | 0,5320 | 0,5532 | 0,5343 | 0,5353 |
| 30  | 0,5362 | 0,5371 | 0,5380 | 0,5388 | 0,5396 | 0,5403 | 0,5410 | 0,5418 | 0,5424 | 0,5436 |
| 40  | 0,5436 | 0,5442 | 0,5448 | 0,5453 | 0,5458 | 0,5463 | 0,5468 | 0,5473 | 0,5477 | 0,5481 |
| 50  | 0,5485 | 0,5489 | 0,5493 | 0,5497 | 0,5501 | 0,5504 | 0,5508 | 0,5511 | 0,5515 | 0,5518 |
| 60  | 0,5521 | 0,5524 | 0,5527 | 0,5530 | 0,5533 | 0,5535 | 0,5538 | 0,5540 | 0,5543 | 0,5545 |
| 70  | 0,5548 | 0,5550 | 0,5552 | 0,5555 | 0,5557 | 0,5559 | 0,5561 | 0,5563 | 0,5565 | 0,5567 |
| 80  | 0,5569 | 0,5570 | 0,5572 | 0,5574 | 0,5576 | 0,5578 | 0,5580 | 0,5581 | 0,5583 | 0,5585 |
| 90  | 0,5586 | 0,5587 | 0,5589 | 0,5591 | 0,5592 | 0,5593 | 0,5595 | 0,5596 | 0,5598 | 0,5599 |
| 100 | 0,5600 | 0,5602 | 0,5603 | 0,5604 | 0,5606 | 0,5607 | 0,5608 | 0,5609 | 0,5610 | 0,5611 |

Sumber: Dr. Ir. Suripin, M.Eng, 2004 : 51

Tabel 2.6. *Reduced Standard deviation, S<sub>n</sub>*

| N   | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10  | 0,9496 | 0,9676 | 0,9833 | 0,9971 | 1,0095 | 1,0206 | 1,0316 | 1,0411 | 1,0493 | 1,0565 |
| 20  | 1,0628 | 1,0696 | 1,0754 | 1,0811 | 1,0864 | 1,0915 | 1,0961 | 1,1004 | 1,1407 | 1,1080 |
| 30  | 1,1124 | 1,1159 | 1,1193 | 1,1226 | 1,1255 | 1,1285 | 1,1313 | 1,1339 | 1,1363 | 1,1388 |
| 40  | 1,1413 | 1,1436 | 1,1458 | 1,1480 | 1,1499 | 1,1519 | 1,1538 | 1,1557 | 1,1574 | 1,1590 |
| 50  | 1,1607 | 1,1623 | 1,1638 | 1,1658 | 1,1667 | 1,1681 | 1,1696 | 1,1708 | 1,1721 | 1,1734 |
| 60  | 1,1747 | 1,1759 | 1,1770 | 1,1782 | 1,1793 | 1,1803 | 1,1814 | 1,1824 | 1,1834 | 1,1844 |
| 70  | 1,1854 | 1,1863 | 1,1873 | 1,1881 | 1,1890 | 1,1898 | 1,1906 | 1,1915 | 1,1923 | 1,1930 |
| 80  | 1,1938 | 1,1945 | 1,1953 | 1,1959 | 1,1967 | 1,1973 | 1,1980 | 1,1987 | 1,1994 | 1,2001 |
| 90  | 1,2007 | 1,2013 | 1,2020 | 1,2026 | 1,2032 | 1,2038 | 1,2044 | 1,2049 | 1,2055 | 1,2060 |
| 100 | 1,2065 | 1,2069 | 1,2073 | 1,2077 | 1,2081 | 1,2084 | 1,2087 | 1,2090 | 1,2093 | 1,2096 |

Sumber: Suripin, 2004 : 52

#### 2.2.4.5. Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi frekwensi ini dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran hipotesa distribusi dari sampel data yang telah dianalisa sehingga jika kedua analisa tersebut dibandingkan memiliki penyimpangan yang sama dengan distribusi teoritisnya atau penyimpangan yang terjadi masih memungkinkan jika dibandingkan dengan penyimpangan kritis yang diizinkan. Karena setiap hipotesa bisa diterima atau tidak kebenarannya sehingga memerlukan suatu proses pemeriksaan uji kesesuaian yang diperlukan guna penyelesaian persoalan berikutnya, hal ini dapat diterangkan sebagai berikut :

1. Kesesuaian antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis.
2. Kebenaran tersebut dapat diterima atau ditolak.

Hipotesa merupakan perumusan sementara mengenai suatu hal yang dibuat untuk menjelaskan hal tersebut dan menuntun serta mengarahkan penyelidikan selanjutnya, kesesuaian antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang dihadapkan atau yang diperoleh secara teoritis. Ada dua cara untuk melakukan kesesuaian distribusi frekwensi yang umum digunakan untuk menguji probabilitas yang terjadi, yaitu :

a. Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara horisontal antara distribusi empiris dan distribusi teoritik. Dari data plotting data hujan pada kertas distribusi log-Pearson tipe III dapat dihitung besarnya probabilitas yang terbesar ( $\Delta P_{\max}$ ). (Soewarno.1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Bandung : Nova )

$$|P_{(t)} - P_{(e)}| = \Delta P_{\max} \quad (2-21)$$

dengan :

$P_{(t)}$  = Peluang teoritis.

$P_{(e)}$  = Peluang empiris.

$\Delta P_{\max}$  = Selisih ( $P_{(t)} - P_{(e)}$ ) yang dimutlakkan.

Untuk mengadakan pemeriksaan terlebih dahulu harus diadakan plotting data dari hasil pengamatan pada kertas probabilitas dan garis durasi yang sesuai dengan perhitungan secara teoritis. Plotting data dan garis durasi pada kertas probabilitas dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Dengan menyusun data curah hujan rata-rata harian maksimum tiap tahun disusun dari kecil ke besar atau sebaliknya.
2. Probabilitas dapat dihitung dengan rumus Weibull (C.D. Soemarto, 1987).

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-22)$$

dengan :

$P$  = Probabilitas.

$m$  = Nomor urut data yang sudah diurutkan.

$n$  = Jumlah data.

3. Memplot log data curah hujan ( $\log X_i$ ) sesuai dengan probabilitas empiris ( $P_e$ ) pada kertas probabilitas log-Pearson tipe III untuk mendapatkan  $\Delta P_{\max}$ .
4. Memplot garis durasi distribusi frekwensi.
5. Dari gambar yang dihasilkan untuk mengontrol perbedaan yang timbul dari cara empiris dan teoritis digunakan uji menggunakan Smirnov – Kolmogorovogorov Test.  $|P_{(t)} - P_{(e)}|$  dicari yang paling

maksimum untuk dikontrol terhadap nilai kritis ( $\Delta P_{cr}$ ) pada tabel Smirnov – Kolmogorov.

Tabel 2.7. Harga kritis ( $\Delta P_{cr}$ ) untuk Smirnov – Kolmogorov Test

| N      | $\alpha$        |                 |                 |                 |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|        | 0,2             | 0,1             | 0,05            | 0,01            |
| 5      | 0,45            | 0,51            | 0,56            | 0,67            |
| 10     | 0,32            | 0,37            | 0,41            | 0,49            |
| 15     | 0,27            | 0,3             | 0,34            | 0,4             |
| 20     | 0,23            | 0,26            | 0,29            | 0,36            |
| 25     | 0,21            | 0,24            | 0,27            | 0,32            |
| 30     | 0,19            | 0,22            | 0,24            | 0,29            |
| 35     | 0,18            | 0,2             | 0,23            | 0,27            |
| 40     | 0,17            | 0,19            | 0,21            | 0,25            |
| 45     | 0,16            | 0,18            | 0,2             | 0,24            |
| 50     | 0,15            | 0,17            | 0,19            | 0,23            |
| N > 50 | $1,07/\sqrt{N}$ | $1,22/\sqrt{N}$ | $1,36/\sqrt{N}$ | $1,63/\sqrt{N}$ |

Sumber : Soewarno, 1995 : 199

#### b. Uji Chi Square

Pengujian ini sama dengan pengujian Smirnov – Kolmogorov dimana dilakukan untuk menguji simpangan secara vertikal dan untuk menguji apakah distribusi teoritis yang dianalisa memiliki nilai yang sama dengan distribusi empiriknya.

$$(\chi^2)_{hit} = \sum_{i=1}^k \frac{(O_F - E_F)^2}{E_F} \quad (2-23)$$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut :

$$k = 1 + 3,22 \log n \quad (2-24)$$

$$dK = k - (P + 1) \quad (2-25)$$

dengan :

$O_F$  = Nilai yang diamati (*Observed Frequency*)

$E_F$  = Nilai yang diharapkan (*Expected Frequency*).

k = Jumlah kelas distribusi.

n = Banyaknya sampel data.

dK = Derajat kebebasan.

P = Parameter sebaran Chi Square, ( ditetapkan P = 2 ).

Agar distribusi frekwensi yang dipilih dapat diterima, maka harga  $X^2 < X^2_{Cr}$ . Harga  $X^2_{Cr}$  dapat diperoleh dengan menentukan taraf significant  $\Delta$  dengan derajat kebebasan (*level of significant*).

Tabel 2.8. Harga kritis ( $X^2_{Cr}$ ) untuk distribusi frekuensi dengan metode Chi Square

| Derajat kebebasan | Probabilitas |        |        |        |        |        |
|-------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   | 0,95         | 0,8    | 0,5    | 0,2    | 0,05   | 0,001  |
| 1                 | 0,004        | 0,064  | 0,455  | 1,642  | 3,841  | 10,827 |
| 2                 | 0,103        | 0,446  | 1,386  | 3,219  | 5,991  | 13,815 |
| 3                 | 0,352        | 1,005  | 2,357  | 4,642  | 7,815  | 16,268 |
| 4                 | 0,711        | 1,649  | 3,357  | 5,989  | 9,488  | 18,465 |
| 5                 | 1,145        | 2,343  | 4,351  | 7,289  | 11,07  | 20,517 |
| 6                 | 1,635        | 3,07   | 5,348  | 8,558  | 12,592 | 22,457 |
| 7                 | 2,167        | 3,822  | 6,346  | 9,803  | 14,067 | 24,322 |
| 8                 | 2,733        | 4,594  | 7,344  | 11,03  | 15,507 | 26,125 |
| 9                 | 3,325        | 5,38   | 8,343  | 12,242 | 16,919 | 27,877 |
| 10                | 3,94         | 6,179  | 9,342  | 13,442 | 18,307 | 29,588 |
| 11                | 4,575        | 6,989  | 10,341 | 14,631 | 19,975 | 31,264 |
| 12                | 5,226        | 7,807  | 11,34  | 15,812 | 21,026 | 32,909 |
| 13                | 2,892        | 8,634  | 12,34  | 16,985 | 22,362 | 34,528 |
| 14                | 6,571        | 9,467  | 13,339 | 18,151 | 23,685 | 36,123 |
| 15                | 7,962        | 10,307 | 14,339 | 19,311 | 24,996 | 37,697 |

Sumber : Soewarno,1995

### 2.2.5. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Untuk menentukan besarnya debit sungai berdasarkan curah hujan yang terjadi perlu kita tinjau terlebih dahulu hubungan antara debit hujan yang ada dengan topografi dan tata guna lahan pada kawasan yang ditinjau, parameter-parameter yang berpengaruh terhadap semua perilaku hidrolik air pada suatu daerah tertentu ditinjau terhadap beberapa faktor, yaitu :

#### a. Koefisien pengaliran (C)

Koefisien pengaliran adalah suatu perbandingan antara jumlah air yang mengalir pada suatu kawasan tertentu akibat curah hujan yang terjadi terhadap semua variabel kondisi daerah pengaliran yang meliputi :

- Kemiringan daerah aliran dan sungai.
- Jenis permukaan tanah.
- Luas dan bentuk daerah pengaliran.

- Suhu udara, angin serta evaporasi.
- Infiltrasi dan perkolasi air hujan.
- Karakteristik hujan.
- Daya tampung palung sungai dan daerah sekitarnya.
- Tata guna tanah.
- Tingkat jenuh air tanah.

Dengan faktor-faktor tersebut diatas, maka harga koefisien pengaliran tiap-tiap daerah pengaliran tidak akan sama. Koefisien pengaliran didefinisikan sebagai berikut :

$$P = \frac{R_0}{R} \tag{2-26}$$

dengan :

C = koefisien pengaliran

R<sub>0</sub> = jumlah limpasan

R = jumlah curah hujan

Berikut diberikan tabel koefisien pengaliran berdasarkan jenis permukaan dan tata guna lahan.

Tabel 2.9. Koefisien pengaliran berdasarkan jenis permukaan dan tata guna lahan

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Perumputan                   |             |
| • Tanah pasir, slope 2%      | 0,05 – 0,10 |
| • Tanah pasir, slope (2-7)%  | 0,10 – 0,15 |
| • Tanah pasir, slope 7%      | 0,15 – 0,20 |
| Kawasan bisnis               |             |
| • Pusat kota                 | 0,75 – 0,95 |
| • Daerah pinggiran           | 0,50 – 0,70 |
| Kawasan perumahan            |             |
| • Kepadatan 20 rumah/ha      | 0,50 – 0,60 |
| • Kepadatan (20-60) rumah/ha | 0,60 – 0,80 |
| • Kepadatan(60-160) rumah/ha | 0,70 – 0,90 |
| Daerah industri              |             |
| • Industri ringan            | 0,50 – 0,60 |
| • Industri berat             | 0,60 – 0,70 |
| Daerah pertanian             | 0,45 – 0,55 |
| Daerah perkebunan            | 0,20 – 0,30 |
| Tanah/pekuburan              | 0,10 – 0,25 |
| Tempat bermain               | 0,20 – 0,35 |
| Jalan aspal                  | 0,75 – 0,95 |
| Jalan beton                  | 0,80 – 0,95 |
| Jalan batu                   | 0,70 – 0,85 |

Sumber : Imam Subarkah, 1980 : 55

Koefisien pengaliran rata-rata ( $C_m$ ) suatu daerah yang terdiri dari beberapa jenis tata guna lahan, dapat juga ditentukan dengan mempertimbangkan bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya. Diberikan persamaan rumus sebagai berikut :

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-27)$$

dengan :

$C_m$  = Koefisien pengaliran rata-rata.

$A_i$  = Luas daerah masing-masing tata guna lahan ( $\text{km}^2$ ).

$C_i$  = Koefisien pengaliran masing-masing tata guna lahan.

$n$  = Banyaknya jenis penggunaan tanah dalam suatu daerah  
.... pengaliran.

#### b. Intensitas hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dalam suatu kawasan yang diamati dimana air tersebut mengalami konsentrasi (berkonsentrasi). Besarnya intensitas curah hujan itu berbeda-beda pada suatu daerah yang diamati disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekwensi kejadiannya. Untuk menganalisa curah hujan pada suatu kawasan tertentu dapat menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t_c} \right]^m \quad (2-28)$$

dengan :

$I$  = Intensitas Curah hujan harian ( $\text{mm/jam}$ ).

$R_{24}$  = Curah hujan harian ( $\text{mm}$ ).

$t_c$  = Waktu konsentrasi curah hujan yang terjadi.

$m$  = Konstanta ( $m = 2/3$ ).

#### c. Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari suatu titik yang paling jauh ke suatu titik tertentu yang ditinjau pada suatu daerah pengaliran. Untuk menentukan waktu mengalirnya air pada permukaan tanah yang ditinjau, dapat dengan menggunakan rumus empiris sebagai berikut :

$$t_c = t_0 + t_d \quad (2-29)$$

$$t_c = \frac{0,0195}{60} \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0,77} \quad (2-30)$$

$$t_0 = \frac{3,26(1,1-C)L_0^{0,5}}{S_0^{1/3}} \quad (2-31)$$

dengan :

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam).

$t_0$  = Waktu yang diperlukan air untuk melintas diatas tanah menuju saluran terdekat (jam).

$t_d$  = Waktu yang diperlukan untuk mengalir di saluran  $\left(\frac{L}{V}\right)$  (jam)

$L_0$  = Panjang titik terjauh pada lahan tegak lurus saluran yang ditinjau (m).

$S_0$  = Kemiringan lahan yang dilimpasi air hujan.

$L$  = Panjang penyaluran air hujan yang diukur (m).

$S$  = Kemiringan rata-rata penyaluran air hujan.

### 2.2.6. Rumus dalam Menganalisa Debit Air Hujan

Metode yang paling umum digunakan adalah dengan metode rasional, dimana metode ini juga dapat digunakan untuk perencanaan drainase dengan pengaliran yang sangat sempit. Besarnya debit rencana dihitung dengan menggunakan metode rasional karena daerah pengaliran yang diamati kurang dari 80 ha. Rumus metode rasional :

$$Q = \frac{1}{3,6} CIA \quad (2-32)$$

dengan :

$Q$  = Debit banjir rencana (  $m^3$ /detik ).

$C$  = Koefisien pengaliran (run off).

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

$A$  = Luas daerah aliran (  $km^2$  ).

### 2.2.7. Rumus Proyeksi Pertambahan Jumlah Penduduk

Proyeksi penduduk bukan merupakan ramalan jumlah penduduk tetapi suatu perhitungan ilmiah yang didasarkan pada asumsi dari komponen-komponen laju pertumbuhan penduduk, yaitu kelahiran,

kematian, dan perpindahan (migrasi). Beberapa metode proyeksi penduduk yang digunakan dalam perhitungan debit air kotor buangan domestik adalah: sebagai berikut :

### 1. Metode Rata rata Arimatik

Perkiraan jumlah penduduk dengan rata rata arimatik menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_t = P_o + (P_{n+1} - P_n) t \quad (2-33)$$

dengan :

$P_o$  = jumlah penduduk tahun ke 0

$P_t$  = jumlah penduduk tahun proyeksi

$t$  = periode perencanaan

$P_{n+1}$  = jumlah penduduk  $n + 1$

### 2. Metode geometrik

Metode ini banyak dipakai karena mudah dan mendekati kebenaran. Perkiraan jumlah penduduk dengan geometrik menggunakan persamaan sebagai berikut (Mulia Kusuma, 1981 : 254) :

$$P_t = P_o (1+r)^n \quad (2-34)$$

dengan :

$P_o$  = jumlah penduduk tahun yang diketahui

$P_t$  = jumlah penduduk tahun proyeksi

$r$  = prosen pertambahan penduduk tiap tahun

$n$  = tahun proyeksi

### 3. Perhitungan secara eksponensial

Perkiraan jumlah penduduk dengan eksponensial menggunakan persamaan sebagai berikut (Mulia Kusuma, 1981 : 255) :

$$P_t = P_o e^{rt} \quad (2-35)$$

dengan :

$P_t$  = Jumlah penduduk tahun yang akan ditinjau

$P_o$  = Jumlah Penduduk tahun 0

$r$  = Laju pertumbuhan penduduk

$t$  = Jangka waktu antara tahun  $t$  dengan tahun 0

$e$  = 2.71828

#### 4. Perhitungan secara grafis

Proyeksi penduduk dihitung dengan menggunakan kurva, *plotting* antara waktu (tahun) dengan populasi. Dari data yang dikumpulkan dan terbentuk kurva, kemudian direntangkan ke depan sesuai dengan bentuk *nature* kurva, akan diperoleh kurva yang diinginkan.

#### 2.2.8. Rumus dalam Menganalisa Debit Air Kotor Buangan Domestik

Untuk memperkirakan jumlah air buangan domestik yang akan dibuang melalui saluran drainase, harus diketahui terlebih dahulu jumlah kebutuhan air untuk setiap orang perharinya yang merupakan indikasi utama untuk menganalisa debit air buangan domestik termasuk persentase yang hilang dalam prosesnya. Untuk besaran buangan air kotor domestik yang sering digunakan dalam perencanaan untuk wilayah Indonesia adalah sebesar 150 liter/hari/jiwa (Sumber : buku Rekayasa Lingkungan penerbit Gunadarma) , dimana persentase kehilangan selama proses tersebut sebesar 20 %. Rumus yang digunakan :

$$Q_{ak\ total} = \frac{P_n \times 80\% \times K_{ab}}{A_{total}} 10^{-3} \quad (2-36)$$

$$Q_{ak} = Q_{ak\ total} \times A_{asal} \quad (2-37)$$

dengan :

$Q_{ak\ total}$  = Debit air kotor pada keseluruhan daerah ( $m^3/detik/km^2$ ).

$Q_{ak}$  = Debit air kotor pada daerah yang ditinjau ( $m^3/detik$ ).

$P_n$  = Jumlah penduduk (jiwa).

$K_{ab}$  = Koefisien jumlah air buangan domestik penduduk ( $m^3/detik/jiwa$ ).

$A_{total}$  = Luas total daerah ( $km^2$ ).

$A_{asal}$  = Luas asal daerah yang ditinjau ( $km^2$ ).

#### 2.2.9. Rumus dalam Menganalisa Debit Banjir Rancangan

Untuk mendesain suatu saluran drainase di perkotaan sebagai dasar analisa perhitungannya digunakan debit banjir rancangan drainase yang merupakan akumulasi dari debit yang berasal dari air hujan dan debit yang berasal dari air kotor buangan domestik penduduk. Hal tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{\text{rancangan}} = Q_{\text{ah}} + Q_{\text{ak}} \quad (2-38)$$

dengan :

$Q_{\text{ah}}$  = Debit air hujan ( $\text{m}^3/\text{detik}$ ).

$Q_{\text{ak}}$  = Debit air kotor ( $\text{m}^3/\text{detik}$ ).

## 2.3. Perencanaan Saluran Drainase

### 2.3.1. Kapasitas Saluran Drainase

Besarnya kapasitas saluran drainase dapat ditentukan berdasarkan dimensi saluran. Langkah perhitungan kapasitas saluran drainase) adalah sebagai berikut (Chow,1997:89) :

$$Q = A \cdot V \quad (2-39)$$

dengan :

$Q$  = kapasitas saluran ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )

$A$  = luas penampang saluran ( $\text{m}^2$ )

$V$  = kecepatan aliran rerata ( $\text{m}/\text{dt}$ )

Dengan menghubungkan rumus  $Q = V \cdot A$  dan besaran  $A$  dan  $P$  yang mengandung lebar dasar saluran dan tinggi air, dapat diperhitungkan dimensi saluran yang akan direncanakan berdasarkan data debit, koefisien Manning dan kemiringan dasar saluran.

### 2.3.2. Bentuk Saluran Drainase yang Ekonomis

Potongan saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan kemiringan dasar tertentu. Berdasarkan persamaan kontinuitas, tampak jelas bahwa untuk luas penampang melintang tetap, debit maksimum dicapai bila kecepatan aliran maksimum. Dari rumus Manning dapat dilihat bahwa untuk kemiringan dasar dan kekasaran tetap, kecepatan maksimum dicapai jika jari-jari hidraulik ( $R$ ) maksimum. Selanjutnya untuk luas penampang tetap, jari-jari hidraulik maksimum jika keliling basah ( $P$ ) minimum.kondisi seperti yang telah dipahami tersebut memberi jalan untuk menenukan dimensi penampang melintang saluran yang ekonomis untuk berbagai bentuk.

## 1. Saluran Trapezium

Saluran terbuka yang penampangnya berbentuk trapesium adalah yang paling banyak dijumpai didalam praktek, baik yang merupakan saluran-saluran alam atau sungai, maupun yang merupakan saluran-saluran buatan. Untuk merencanakan penampang trapesium digunakan rumus-rumus (Rangga Raju, 1986:86) :

Cara perhitungan :

- $A = (b + zh)h$
- $P = b + 2h\sqrt{1 + z^2}$
- $R = \frac{(b + zh)h}{b + 2h\sqrt{1 + z^2}}$

dengan: b = lebar saluran (m)

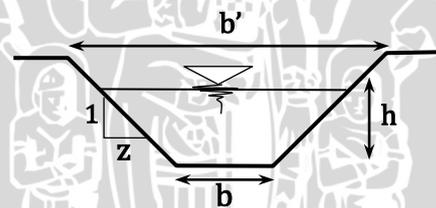
h = dalam saluran tergenang air (m)

z = kemiringan saluran

A = luas (m<sup>2</sup>)

P = keliling basah (m)

R = jari-jari hidrolis (m)



Gambar 2.4. Penampang trapesium.

Untuk saluran berbentuk trapesium (**Gambar 2.4**), bentuk yang paling ekonomis adalah jika kemiringan dindingnya membentuk sudut 60<sup>0</sup>.

Sehingga rumus di atas dapat ditulis menjadi :

- $A = h^2\sqrt{3}$
- $P = 2 h\sqrt{3}$
- $R = \frac{1}{2} h$

## 2. Saluran Persegi

Saluran terbuka yang mempunyai penampang berbentuk persegi pada umumnya merupakan saluran buatan. Di saluran-saluran alam hampir tidak pernah terdapat penampang persegi kecuali pada sungai-sungai di

daerah berbatu ( cadas ) sehingga tebingnya agak tegak. Sebagai saluran buatan juga tidak banyak dijumpai dibanding dengan saluran-saluran berpenampang trapesium. Hal ini karena perbatasan dinding tegak memerlukan konstruksi yang lebih mahal daripada dinding yang memiliki kemiringan lereng alam seperti berpenampang trapesium. Dengan makin diperlukannya jaringan drainase di kota-kota besar, saluran berpenampang persegi makin dipertimbangkan pemakaiannya karena terbatasnya lahan.

Cara perhitungan :

- $A = b \times y$
- $P = b + 2y$
- $R = \frac{by}{b + 2y}$

dengan:

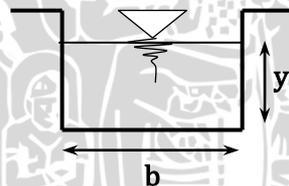
$b$  = lebar saluran (m)

$y$  = dalam saluran tergenang air (m)

$A$  = luas (m<sup>2</sup>)

$P$  = keliling basah (m)

$R$  = jari-jari hidrolis (m)



Gambar 2.5. Penampang persegi.

Untuk saluran berbentuk persegi (**Gambar 2.5**), bentuk yang paling ekonomis adalah jika kedalaman air setengah dari lebar dasar saluran, atau jari-jari hidrauliknya ( $R$ ) adalah setengah dari kedalaman air.

### 2.3.3 Kemiringan Saluran

Kemiringan saluran adalah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding saluran ( talud ). Kemiringan dasar saluran yang dimaksud adalah kemiringan dasar saluran arah memanjang yang pada umumnya dipengaruhi oleh kondisi topografi serta tinggi tekanan yang diperlukan untuk mendapatkan energi spesifik potensial, sehingga saluran mendapatkan pengaliran sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Sedangkan besarnya kemiringan dinding saluran yang dianjurkan dalam suatu

perencanaan sebuah saluran air harus sesuai dengan jenis bahan konstruksi yang digunakan untuk membentuk badan saluran itu sendiri, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.10. Kemiringan dinding saluran yang sesuai untuk berbagai jenis bahan

| Bahan saluran   | Kemiringan Dinding |
|---|--------------------|
| Batu  | hampir tegak lurus |
| Tanah Gambut, daerah berawa                             | 0,25 : 1           |
| Lempung teguh, atau tanah berlapis beton                | ( 0,5 – 1 ) : 1    |
| Tanah berlapis batu, atau tanah bagi saluran yang besar | 1 : 1              |
| Lempung kaku, atau tanah bagi parit kecil               | 1,5 : 1            |
| Tanah berlapis lepas                                    | 2 : 1              |
| Lumpur berpasir, atau lempung beton                     | 3 : 1              |

Sumber : Ven Te Chow, 1989 : 144

#### 2.3.4. Kecepatan Ijin Saluran Drainase

Kecepatan minimum yang diijinkan adalah kecepatan terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan dan tidak merangsang tumbuhnya tanaman air pada saluran. Kecepatan ijin dapat dilihat pada **Tabel 2.12** yang didasarkan pada jenis materialnya. Perhitungan kecepatan aliran dapat menggunakan rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (2-40)$$

dengan :

V = kecepatan aliran rerata (m/dt)

R = jari-jari hidrolis saluran (m)

S = kemiringan saluran

n = koefisien kekasaran Manning

Rumus ini merupakan bentuk yang sederhana namun memberikan hasil yang tepat, sehingga penggunaan rumus ini sangat luas dalam aliran seragam untuk perhitungan dimensi saluran. Koefisien kekasaran Manning dapat diperoleh dari **Tabel 2.11** dengan memperhatikan tipe saluran.

Tabel 2.11 Koefisien Manning

| Tipe Saluran                                    | Baik  | Cukup | Buruk |
|---|-------|-------|-------|
| Saluran tanah, lurus beraturan                  | 0,02  | 0,023 | 0,025 |
| Saluran tanah, digali biasa                     | 0,028 | 0,03  | 0,04  |
| Saluran batuan, tidak lurus dan tidak beraturan | 0,04  | 0,045 | -     |
| Saluran batuan, lurus beraturan                 | 0,03  | 0,033 | 0,035 |
| Saluran batuan, vegetasi pada sisinya           | 0,03  | 0,035 | 0,04  |
| dasar tanah, sisi batu koral                    | 0,03  | 0,03  | 0,04  |
| Saluran berliku-liku kecepatan rendah           | 0,025 | 0,028 | 0,03  |

Sumber : Suhardjono, 1984 : 28

Tabel 2.12. Kecepatan ijin berdasarkan material

| Jenis Bahan     | Kec. Ijin Minimum (m/dt) | Kec. Ijin Maksimum (m/dt) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|
| Lempung kokoh   | 0,75                     | 0,75                      |
| Lempung padat   | 1,1                      | 1,1                       |
| Kerikil kasar   | 1,2                      | 1,2                       |
| Batu besar      | 1,5                      | 1,5                       |
| Pasangan batu   | 1,5                      | 1,5                       |
| Beton           | 1,5                      | 1,5                       |
| Beton bertulang | 1,5                      | 1,5                       |

### 2.3.5. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan dari suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai ke permukaan air pada kondisi perencanaan. Jarak ini harus cukup untuk menampung gelombang dan fluktuasi permukaan air. Tinggi jagaan berguna untuk menaikkan muka air di atas tinggi muka air maksimum dan mencegah kerusakan tanggul akibat peluapan (*overtopping*).

Meningginya permukaan air sampai melebihi permukaan yang direncanakan untuk tinggi jagaan disebabkan oleh : gelombang karena angin, penutupan pintu air dihilir secara tiba-tiba, akibat pasang surut,

loncatan air, pengaliran air ke saluran, sedimentasi atau peningkatan koefisien kekasaran atau kesalahan operasi bangunan air di saluran (bukan karena penambahan debit).

Tabel 2.13. Tinggi jagaan minimum untuk saluran dari tanah dan dari pasangan

| Q (m <sup>3</sup> /dtk) | Tinggi jagaan (m) |       |
|-------------------------|-------------------|-------|
|                         | pasangan          | tanah |
| < 0.5                   | 0.2               | 0.4   |
| 0.5 - 1.50              | 0.2               | 0.5   |
| 1.50 - 5.00             | 0.25              | 0.6   |
| 5.00 - 10.00            | 0.3               | 0.75  |
| 10.00 - 15.00           | 0.4               | 0.85  |
| > 15.00                 | 0.5               | 1     |

Sumber : Anggrahini, 2005 : 366

### 2.3.6. Penentuan Dimensi Saluran Penampang

Dalam Penentuan dimensi saluran penampang terdapat dua cara yaitu cara normal (tanpa mempertimbangkan penampang yang terbaik) dan cara ekonomis (mempertimbangkan penampang yang terbaik). Perencanaan dimensi saluran terbuka memerlukan beberapa langkah sebagai berikut :

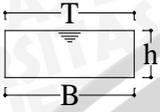
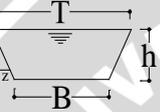
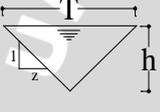
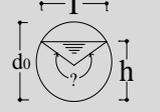
1. Pengumpulan semua informasi yang diperlukan, nilai debit air banjir Q, perkiraan koefien kekasaran n, dan kemiringan aliran z.
2. Hitung faktor penampang  $AR^{2/3}$  dengan persamaan Manning

$$AR^{2/3} = \frac{nQ}{\sqrt{z}} \quad (2-41)$$

3. Untuk cara normal dalam menghitung harga kedalaman aliran h menggunakan persamaan A dan R seperti pada **Tabel 2.14** (harga B diasumsi)
4. Untuk cara ekonomis dalam menghitung harga kedalaman aliran h menggunakan persamaan A dan R seperti pada **Tabel 2.15**. untuk keperluan praktis penampang ekonomis dapat dimodifikasi sepenuhnya tanpa mengganggu ketentuan spesifikasi alirannya.

5. Menentukan tinggi jagaan seperti pada **Tabel 2.13**.
6. Menghitung kecepatan rata-rata aliran dengan rumus Manning (pers.2-40). Periksa kecepatan yang diijinkan sesuai jenis bahan saluran.

Tabel 2.14. Unsur-unsur geometris penampang saluran.

| Penampang  | Luas penampang A                        | Keliling Basah O        | Jari-jari Hidraulik  | Kedalaman Hidraulik D   |
|--|---|-------------------------|--|---|
| <br>Persegi Panjang | $Bh$                                    | $B+2h$                  | $\frac{Bh}{B+2h}$  | $h$   |
| <br>Trapesium       | $(B+zh)h$                               | $B+2h\sqrt{1+z^2}$      | $\frac{(B+zh)h}{B+2h\sqrt{1+z^2}}$                         | $\frac{(B+zh)h}{B+2zh}$   |
| <br>Segitiga       | $zh^2$                                  | $2h\sqrt{1+z^2}$        | $\frac{zh}{2\sqrt{1+z^2}}$                                 | $\frac{1}{2}h$  |
| <br>Lingkaran     | $\frac{1}{2}(\theta - \sin\theta)d_0^2$ | $\frac{1}{2}\theta d_0$ | $\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right)d_0$ | $\frac{1}{8}\left(\frac{\theta - \sin\theta}{\sin 1/2\theta}\right)d_0$ |

Tabel 2.15. Elemen geometris penampang ekonomis.

| Penampang                       | Luas penampang A   | Keliling Basah O | Jari-jari Hidraulik    | Kedalaman Hidraulik D |
|---------------------------------|--------------------|------------------|------------------------|-----------------------|
| Persegi empat                   | $2h^2$             | $4h$             | $\frac{1}{2}h$         | $h$                   |
| Setengah Lingkaran              | $\frac{\pi}{2}h^2$ | $\pi h$          | $\frac{1}{2}h$         | $\frac{\pi}{4}h$      |
| Trapesium                       | $h^2\sqrt{3}$      | $2h\sqrt{3}$     | $\frac{1}{2}h$         | $\frac{3}{4}h$        |
| Segitiga setengah Persegi empat | $h^2$              | $2h\sqrt{2}$     | $\frac{1}{4}h\sqrt{2}$ | $\frac{1}{2}h$        |

#### 2.4. Konsep pencegahan dan penanganan banjir

Penanganan masalah banjir terdiri dari dua cara yaitu penanganan secara struktural dan penanganan secara non struktural. Penanganan secara struktural adalah penanganan yang bersifat jangka pendek dan menengah. Penanganan ini tidak hanya juga menggunakan metode konvensional tapi juga menggunakan metode eko-hidrolik. Beberapa contoh penanganan struktural yaitu : biopori, sumur resapan, sistem pompanisasi, metode eko-hidrolik, dan lain-lain. Sementara penanganan non struktural adalah penanganan yang bersifat jangka panjang. Oleh sebab itu pola penanganan ini diperlukan konsistensi dalam menjalankan program dan tersusun secara sistematis yang bersifat strategis. Adanya partisipasi masyarakat merupakan persyaratan pokok bagi berhasilnya upaya ini.

##### 2.4.1. Biopori

Lubang resapan biopori adalah metode resapan air yang ditujukan untuk mengatasi banjir dengan cara meningkatkan daya resap air pada tanah. Peningkatan daya resap air pada tanah dilakukan dengan membuat

lubang pada tanah dan menimbunnya dengan sampah organik untuk menghasilkan kompos. Sampah organik yang ditimbunkan pada lubang ini kemudian dapat menghidupi fauna tanah, yang seterusnya mampu menciptakan pori-pori di dalam tanah. Teknologi sederhana ini kemudian disebut dengan nama biopori. Contoh gambar biopori ditunjukkan pada

**Gambar 2.6.**

a) Keunggulan dan manfaat

Lubang resapan biopori adalah teknologi tepat guna dan ramah lingkungan untuk mengatasi banjir dengan cara :

1. Meningkatkan daya resapan air
2. Mengubah sampah organik menjadi kompos dan mengurangi emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub> dan metan),
3. Memanfaatkan peran aktivitas fauna tanah dan akar tanaman, dan mengatasi masalah yang ditimbulkan oleh genangan air seperti penyakit demam berdarah dan malaria.

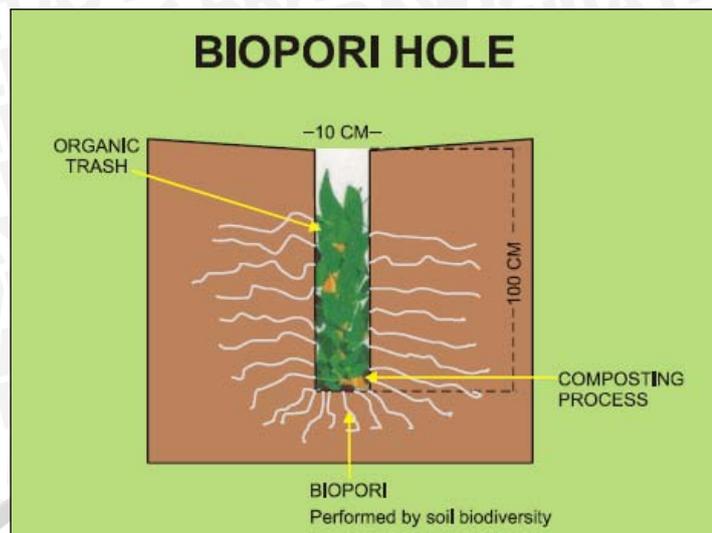
b) Cara pembuatan

1. Buat lubang silindris secara vertikal ke dalam tanah dengan diameter 10 cm. Kedalaman kurang lebih 100 cm atau tidak sampai melampaui muka air tanah bila air tanahnya dangkal. Jarak antar lubang antara 50 - 100 cm.
2. Mulut lubang dapat diperkuat dengan semen selebar 2 - 3 cm dengan tebal 2 cm di sekeliling mulut lubang.
3. Isi lubang dengan sampah organik yang berasal dari sampah dapur, sisa tanaman, dedaunan, atau pangkasan rumput.
4. Sampah organik perlu selalu ditambahkan ke dalam lubang yang isinya sudah berkurang dan menyusut akibat proses pelapukan.
5. Kompos yang terbentuk dalam lubang dapat diambil pada setiap akhir musim kemarau bersamaan dengan pemeliharaan lubang resapan.

c) Jumlah lubang resapan biopori

Jumlah lubang yang perlu dibuat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

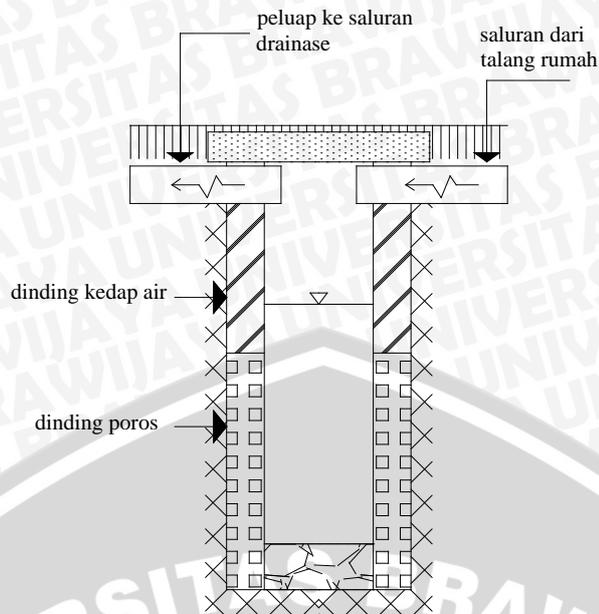
Jumlah LRB = intensitas hujan(mm/jam) x luas bidang kedap (m<sup>2</sup>) / Laju Peresapan Air per Lubang (liter/jam).



Gambar 2.6 Lubang Resapan Biopori.

#### 2.4.2. Sumur Resapan

Konsep dasar sumur resapan pada hakekatnya adalah memberi kesempatan dan jalan pada air hujan yang jatuh di atap atau lahan yang kedap air untuk meresap ke dalam tanah dengan jalan menampung air tersebut pada suatu sistem resapan. Berbeda dengan cara konvensional dimana air hujan dibuang/dialirkan ke sungai diteruskan ke laut, dengan cara seperti ini dapat mengalirkan air hujan ke dalam sumur-sumur resapan yang dibuat di halaman rumah. Sumur resapan ini merupakan sumur kosong dengan kapasitas tampungan yang cukup besar sebelum air meresap ke dalam tanah. Dengan adanya tampungan, maka air hujan mempunyai cukup waktu untuk meresap ke dalam tanah, sehingga pengisian tanah menjadi optimal. Contoh gambar sumur resapan ditunjukkan pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Salah satu contoh konstruksi sumur resapan

### 2.4.3. Pompa

Banjir atau genangan yang terjadi di daerah perkotaan, khususnya daerah yang terletak di dataran rendah dekat pantai, dapat berasal dari tiga sumber: yaitu kiriman dari hulu yang meluap dari sungai induk, hujan setempat, dan genangan akibat air pasang. Daerah yang tidak dapat dilayani oleh drainase sistem gravitasi dinamakan daerah drainase interior. Sistem drainase yang tidak dapat sepenuhnya mengandalkan gravitasi sebagai faktor pendorong maka perlu dilengkapi dengan stasiun pompa. Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam penampung banjir maupun langsung dari saluran drainase pada saat air tidak dapat mengalir secara gravitasi karena air di muaranya/pengurasnya lebih tinggi akibat pasang surut maupun banjir.

### 2.4.4. Eko-Hidraulik

Ekohidraulik merupakan salah satu upaya perpaduan yang melibatkan sejumlah disiplin ilmu yang mengkaji dan menjawab sejumlah persoalan utama yang berkaitan dengan air. Beberapa penanganan banjir dengan pendekatan konsep eko-hidraulik antara lain sebagai berikut:

1. DAS bagian hulu direboisasi atau mengkonversi hutan untuk meningkatkan retensi dan tangkapan di hulu.

2. Secara selektif mambangun atau mengaktifkan situ atau embung alamiah di DAS yang bersangkutan.
3. Penataan tata guna lahan meminimalisir limpasan langsung dan mempertinggi retensidan konservasi di DAS.
4. Menanami atau merenaturalisasi kembali sempadan sungai yang telah rusak.
5. Erosi tebing-tebing sungai harus ditangani dengan teknologi *eco-engineering* dengan menggunakan vegetasi setempat.
6. Sungai yang bermeander tetap dipertahankan sehingga dapat menyumbang retensi, mengurangi erosi, dan meningkatkan konservasi.
7. Memfungsikan daerah genangan atau polder alamiah di sepanjang sempadan sungai untuk menampung air.

Di samping pendekatan eko-hidrolik teknis di atas, juga sangat diperlukan pendekatan sosio-hidrolik dengan meningkatkan kesadaran masyarakat secara terus menerus akan peran mereka dalam mengatasi banjir.

