

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

##### **2.1.1. Penelitian Terdahulu**

Tujuan dari penelitian sebelumnya adalah untuk mendapatkan perbandingan dan referensi. Selanjutnya, asumsi kesamaan dengan penelitian ini harus dihindari. Oleh karena itu, dalam tinjauan pustaka ini, peneliti mempertimbangkan tujuan dan hasil penelitian sebelumnya sebagai berikut:

Adha Afrinanda Tanjung (2019), berjudul *“Tinjauan Perencanaan Drainase Pada Jalan Karya Wisata Kecamatan Medan Johor”*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya debit banjir rencana di daerah penelitian, untuk menentukan kapasitas saluran mampu menampung debit Ketika terjadi luapan. Hasil dari penelitian tersebut debit banjir rencana (Q) periode 2 tahun untuk drainase pada kawasan Jalan Karya Wisata Kecamatan Medan Johor adalah 1,511 m<sup>3</sup>/detik dan waktu konsentrasi (tc) adalah 0,217 jam, pada saluran kanan Q tamping sebesar 1,6854 m<sup>3</sup>/detik, sedangkan Q rancangan pada 2, 5, 10 sebesar 1,511, 1,614, 1,677 m<sup>3</sup>/detik.

Panji Tri Saputra (2020), berjudul *“Analisis Dimensi Saluran Drainase Akibat Genangan Air Pada Badan Jalan Patimura Yang Ramah Lingkungan”*. Tujuan dari penelitian ini adalah Menghitung debit air yang ada pada saluran drainase dan meninjau eksisting sistem drainase, Merencanakan desain saluran drainase yang ekonomis dan ramah lingkungan seperti kolam retensi dan sumur resapan agar mampu menampung debit air dalam upaya penanggulangan genangan banjir. Hasil dari penelitian ini adalah, data curah hujan selama 10 tahun (2009-2018) didapat intensitas hujan dengan durasi 60 mm/jam sebesar 121,298 mm/jam dari rumus Sherman, dan debit rencana 5,019 m<sup>3</sup>/detik.

Ulil Amri Fatahillah (2020), berjudul *“Analisa dan Perencanaan Sistem Drainase di Jalan. Banda Seraya Jempong Kecamatan Sekarbela Kota Mataram”*. Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain saluran drainase sesuai dengan debit rencana, untuk mengetahui kapasitas drainase di Jl. Benda Seraya Jempong Kecamatan Mataram. Hasil dari penelitian ini adalah, berdasarkan dari hasil analisa

perhitungan debit banjir rencana periode ulang 5 tahun tidak mampu ditampung oleh saluran yang ada. Nilai Q banjir lebih besar dari Q saluran eksisting.

Dhea Nabila Hersy (2021), berjudul “*Analisa Jaringan Drainase Terhadap Bencana Banjir Kawasan Permukiman Kelurahan Besar, Kecamatan Medan Labuhan Kota Medan*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi yang sesuai dengan mengelola data yang sudah ada, untuk mendapatkan debit banjir rencana dan waktu konsentrasi di daerah penelitian di drainase primer, sekunder dan tersier, melakukan evaluasi hidrolis untuk menangani permasalahan banjir pada daerah penelitian tersebut, dan menganalisa dimensi saluran rencana untuk kala ulang 10 tahun. Dari hasil penelitian tersebut perhitungan dimensi saluran eksisting drainase primer dan sekunder pada kawasan kelurahan Besar Kecamatan Medan Labuhan pada periode 2, 5, dan 10 tahun tidak dapat menampung besar debit banjir rencana pada daerah penelitian.

Muh Weka Putra Zaenal dan Firman Syarifuddin (2022), berjudul “*Analisa Perencanaan Sistem Drainase Di Kelurahan Tompobalang Kecamatan Somba Opu Kabupaten Gowa*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perencanaan drainase yang ada di Jalan Tirta Jeneberang dan untuk mengetahui dimensi saluran yang direncanakan. Hasil dari penelitian adalah berdasarkan perhitungan yang didapatkan debit rencana total yaitu  $Q_{rencana} = 2.7346 \text{ m}^3/\text{detik}$  yang dihitung menggunakan metode rasional dan dimensi saluran menggunakan penampang trapasium dengan lebar dasar saluran ( $b$ ) = 1.0 m, tinggi air ( $h$ ) = 1.2 m dan tinggi jagaan ( $w$ ) = 0,77 m

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Sistem Drainase**

Kata drainage berasal dari kata bahasa Inggris drainage yang berarti mengalirkan, membuang atau mengalirkan air. Drainase secara umum dipahami sebagai tindakan teknis untuk meminimalkan kelebihan air, baik dari lindi, air hujan, atau kelebihan air irigasi, dari suatu kawasan sehingga tidak mengganggu fungsi kawasan tersebut. Drainase juga dapat diartikan sebagai upaya pengaturan kualitas air tanah menurut salinitas. Oleh karena itu, drainase tidak hanya terkait dengan air perumahan, tetapi juga dengan air tanah (Suripin, 2004).

Drainase adalah suatu sistem pengelolaan kelebihan air, baik di atas tanah maupun di bawah air tanah. Kelebihan air dapat disebabkan oleh curah hujan yang tinggi atau curah hujan yang berkepanjangan (Wesli, 2008).

Air hujan yang jatuh dari daerah tersebut harus dialihkan atau dipindahkan dengan membangun saluran yang menampung air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Sistem saluran atas kemudian mengalir ke sistem yang lebih besar. Sistem yang lebih kecil juga terhubung ke saluran pembuangan rumah tangga dan sistem drainase bangunan infrastruktur lainnya. Oleh karena itu, jika terdapat banyak kotoran di selokan, maka harus diolah. Seluruh proses ini disebut sistem drainase (Prasetyo, 2018).

### **2.2.2. Fungsi Drainase**

Drainase berperan penting dalam mengendalikan kelebihan aliran permukaan yang memiliki banyak fungsi lain, diantaranya (Moduto, 2011) :

1. Meringankan daerah genangan air
2. Mengendalikan akumulasi limpasan air hujan yang berlebihan
3. Mengendalikan erosi, kerusakan jalan, dan kerusakan infrastruktur
4. Mengelola kualitas air

### **2.2.3. Jenis Drainase**

Drainase memiliki banyak jenis yang dilihat dari berbagai aspek. Jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut (Hasmar, 2002) :

#### **1. Menurut Sejarah Terbentuknya**

Drainase menurut sejarah terbentuknya dari berbagai cara, berikut ini adalah proses terbentuknya drainase :

- a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*), drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasang batu atau beton, gorong-gorong, dan lainnya. Saluran ini terbentuk oleh kerusukan air bergerak karena adanya gravitasi yang terjadi secara terus menerus yang kemudian membentuk jalan air permanen seperti sungai
- b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*), drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bagan khusus seperti pasang batu atau beton, gorong-gorong, dan pipa

## 2. Menurut Letak Bangunannya

Drainase menurut letak bangunannya terbagi dalam beberapa bentuk. Berikut ini bentuk drainase menurut letak bangunannya :

- a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*), saluran yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa *Open Channel Flow*
- b. Drainase Bawah Permukaan (*Sub Surface Drainage*), saluran yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah tanah (pipa) karena alasan tertentu

## 3. Menurut Fungsinya

Drainase berfungsi untuk mengalirkan air limpasan dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah, berikut ini jenis drainase menurut fungsinya :

- a. *Single Purpose*, saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja, misalnya air hujan atau air buangan lainnya
- b. *Multi Purpose*, saluran yang berfungsi mengalirkan air beberapa jenis air buangan baik secara bercampur ataupun bergantian, misalnya air buangan rumah tangga dan air hujan secara bersamaan

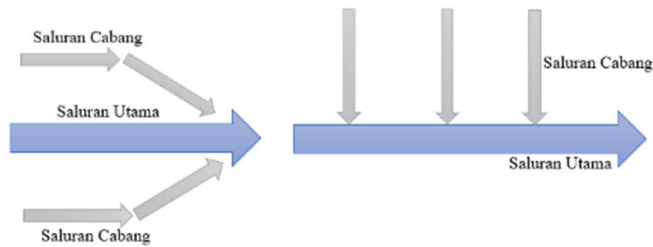
## 4. Menurut Konstruksinya

Dalam merancang sistem drainase terlebih dahulu harus diketahui jenis konstruksinya, berikut ini adalah jenis drainase menurut konstruksinya :

- a. Saluran terbuka, saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran lebih sesuai untuk drainase hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luas lahan yang cukup.
- b. Saluran tertutup, saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini digunakan untuk aliran kontrol dan air limpasan yang biasanya terletak dibawah bagian badan jalan.

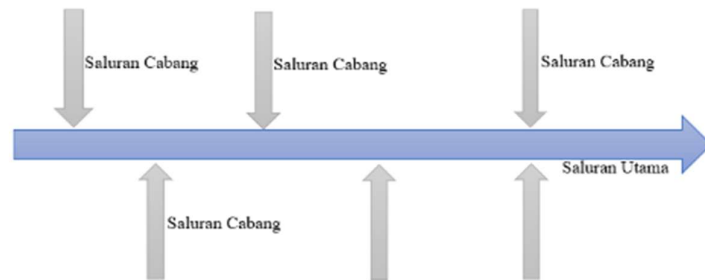
## 5. Menurut Pola Jaringan Drainase

- a. Siku, dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari elevasi sungai. Sungai sebagai saluran pembuangan akhir berada di tengah kota.



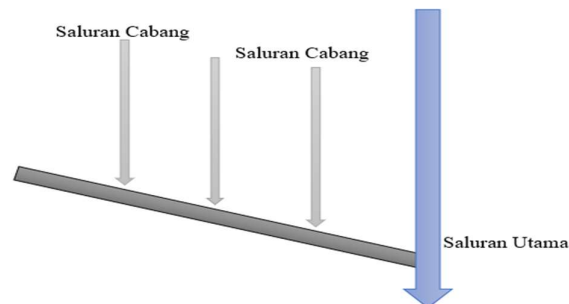
**Gambar 2.1** Pola Jaringan Drainase Siku

- b. Paralel, saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek. Apabila terjadi perkembangan kota saluran-saluran tersebut dapat disesuaikan.



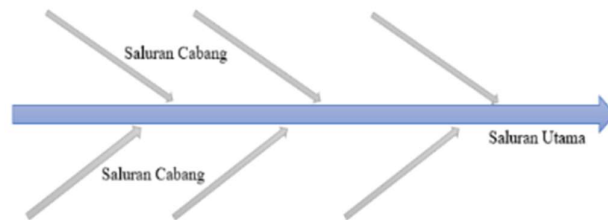
**Gambar 2.2** Pola Jaringan Paralel

- c. *Grid Iron* untuk daerah yang sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada pengumpul.



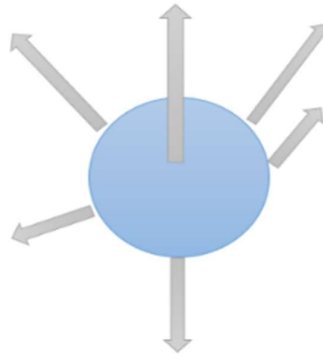
**Gambar 2.3** Pola Jaringan Grid Iron

- d. Alamiah, pola jaringan yang hampir sama dengan pola siku, namun jaringan saluran cabang tidak selalu berbentuk siku terhadap saluran utama.



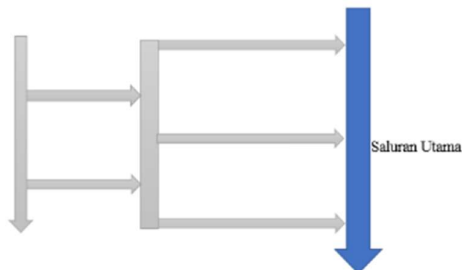
**Gambar 2.4** Pola Jaringan Alamiah

- e. Radial, pola jaringan yang mengalirkan air dari sumber air memancar ke berbagai arah, pola ini sangat cocok pada daerah yang berbukit.



**Gambar 2.5** Pola Jaringan Radial

- f. Jaring-jaring, pola yang mempunyai saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah yang topografinya datar.



**Gambar 2.6** Pola Jaringan Jaring-Jaring

- Saluran cabang adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya dialirkan ke saluran utama.

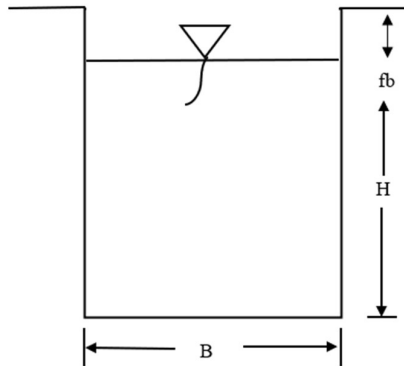
- Saluran Utama adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa harus membahayakan daerah yang dilaluinya.

## 6. Bentuk Penampang Saluran

Dalam perencanaan bentuk penampang drainase, dimensi saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis dan dapat menampung debit aliran yang ada. Adapun bentuk saluran antara lain :

### a. Persegi

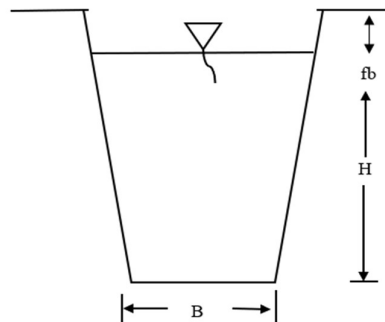
Saluran ini terbuat dari pasangan batu dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik.



**Gambar 2.7** Saluran Penampang Persegi

### b. Trapesium

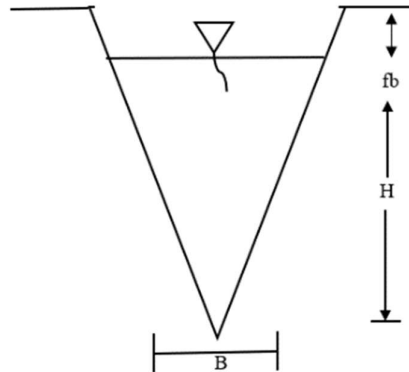
Saluran ini terbuat dari 6 tanah, batu dan beton. Memerlukan cukup ruang dan berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta buangan domestik.



**Gambar 2.8** Saluran Penampang Trapesium

c. Segitiga

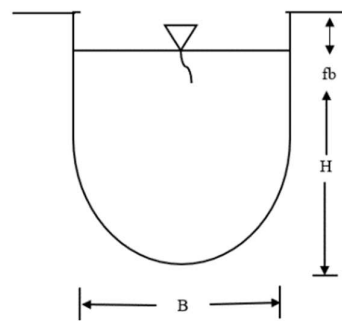
Saluran ini digunakan hanya dalam kondisi tertentu saja dan mempertimbangkan kondisi lahan yang ada.



**Gambar 2.9** Saluran Penampang Segitiga

d. Setengah Lingkaran

Saluran ini terbuat dari batu dan beton dengan cetakan yang telah tersedia. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta buangan domestik.



**Gambar 2.10** Saluran Penampang Setengah Lingkaran

### 2.3. Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi biasanya merupakan bagian pertama dari perencanaan struktur hidrolis. Disebutkan bahwa informasi dan kuantitas yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan input penting untuk analisis selanjutnya. Struktur hidrolis di jalan raya dan teknik hidrolis dapat berupa drum, bendungan, struktur luapan, dinding pelindung banjir, dll. Ukuran dan jenis bangunan ini sangat bergantung pada tujuan pembangunan dalam informasi yang diperoleh dari analisis



hidrologi. (Sri Harto, 1989). Definisi hidrologi berasal dari Dewan Sains dan Teknologi Federal Amerika Serikat (Van Te Chow, 1964), yang menurutnya hidrologi adalah ilmu tentang kandungan air di bumi, kejadiannya, sirkulasi dan distribusinya, sifat alami dan kimianya, dan tanggapan mereka terhadap kebutuhan manusia.

### 2.3.1. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi adalah sekumpulan data hidrologi yang merupakan variabel kontinu yang dapat dijelaskan dengan persamaan distribusi probabilitas. Setiap tipe distribusi memiliki parameter statistik yang terdiri dari mean ( $\mu = \bar{x}$ ), standar deviasi ( $\sigma = S$ ), koefisien variasi ( $Cv$ ), dan koefisien ketajaman ( $Ck$ ). (Suwarno, 1995).

Presipitasi adalah jumlah atau ketebalan hujan dalam kurun waktu tertentu (periode pengamatan), dinyatakan dalam milimeter. Dalam analisis hidrologi rencana drainase perkotaan digunakan data curah hujan pengamatan minimal 10 tahun yang dikumpulkan oleh stasiun penakar hujan terdekat dari lokasi penelitian. Jika data yang ada kurang dari 10 tahun, akan diusahakan untuk melengkapinya dengan data dari stasiun terdekat lainnya. Jumlah curah hujan sangat penting untuk penyusunan rencana penggunaan air dan rencana perlindungan banjir. Stasiun meteorologi Aji Tumenggung Pranoto Samarinda digunakan untuk wilayah studi.

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadian melalui penerapan distribusi. (Suripin, 2003). Pemilihan jenis distribusi curah hujan yang sesuai berdasarkan pada nilai koefisien asimetri, koefisien variasi, koefisien kurtosis yang diperoleh dari harga tabel parameter statistik dengan persamaan sebagai berikut :

- a. Curah hujan rata-rata ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.1)$$

Dimana :

$n$  = Jumlah data yang dianalisis

$\bar{X}$  = Curah hujan rata-rata (mm)

$X_i$  = Curah hujan (mm)

b. Standar deviasi (S) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (2.2)$$

c. Koefisien Variasi (Cv) :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.3)$$

d. Koefisien Asimetri atau Kemencengan (Cs) :

$$Cs = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.4)$$

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (2.5)$$

Dimana :

S = Standar deviasi

Cv = Koefisien Variasi

Cs = Koefisien Kemencengan

Ck = Koefisien Kurtosis

$\bar{X}$  = Curah Hujan Rata-rata (mm)

$X_i$  = Curah Hujan (mm)

n = Jumlah Data yang Dianalisis

syarat yang harus digunakan untuk distribusi adalah :

- Apabila harga  $Cs =$  bebas,  $Ck =$  Bebas, maka distribusi yang digunakan adalah distribusi *Log Pearson Type III*
- Apabila harga koefisien Asimetri mendekati tiga kali besar variasi ( $Cs = 3$  kali  $Cv$ ) maka distribusi yang digunakan adalah distribusi *Log Normal*
- Apabila harga  $Cs = 1,1369$ ,  $Ck = 5,4002$ , maka distribusi yang digunakan adalah distribusi *Gumbel*
- Apabila harga  $Cs = 0$ , maka distribusi yang digunakan adalah distribusi *Normal*  
Penentuan curah hujan diperlukan untuk ditransformasikan menjadi debit banjir rencana. Secara definisi curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi di suatu daerah pada periode ulang tertentu yang dipakai sebagai dasar perhitungan perencanaan suatu bangunan.

### 2.3.2. Distribusi Frekuensi

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi.

#### 1) Metode *Normal*

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisa hidrologi Data curah hujan disusun dari urutan yang terbesar sampai yang terkecil. Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss. Distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut :

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] - \infty \leq x \leq \infty \quad (2.6)$$

Dalam pemakaian praktis, umumnya rumus tersebut digunakan secara langsung karena telah dibuat tabel untuk keperluan perhitungan, dan juga dapat didekati dengan :

$$K_T \frac{X_T - \bar{x}}{S} \quad (2.7)$$

Dimana :

$P(X)$  = Fungsi densitas peluang normal (ordinat kurva normal)

$X$  = Variabel acak kontinu

$\mu$  = Rata-rata nilai  $X$

$\sigma$  = Simpangan baku dari nilai  $X$

$X_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  
T-tahun

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata hitung variat

$S$  = Deviasi standar nilai variat

$K_T$  = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi Gauss)

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

#### 2) Metode *Log Normal*

Dalam distribusi *Log Normal* dapat ditulis dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut :

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(Y-\mu_Y)^2}{2\sigma^2} \right] \times > 0 \quad (2.8)$$

$$Y = \text{Log } X \quad (2.9)$$

Dengan persamaan yang dapat didekati :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad (2.10)$$

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (2.11)$$

Dimana :

$P(X)$  = Peluang log normal

$X$  = Nilai variat pengamatan

$\sigma_Y$  = Deviasi standar nilai variat  $Y$

$\mu_Y$  = Nilai rata-rata populasi  $Y$

$Y_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  
T-tahunan

$\bar{Y}$  = Nilai rata-rata hitung variat

$S$  = Deviasi standar nilai variat

$K_T$  = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode  
Ulang

### 3) Metode *Log Pearson III*

Pada situasi tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah konversi kedalam bentuk logaritma, ternyata kedekatan antara data dan teori sudah cukup kuat untuk menjustifikasi pemakaian distribusi *Log Normal*. Salah satu distribusi yang dikembangkan person yang menjadi perhatian ahli sumber daya adalah *Log Pearson III* (LP III). Tiga parameter penting dalam LP III yaitu harga rata-rata, standar deviasi dan koefisien kemencengan. Yang menarik adalah jika koefisien kemencengan sama dengan nol maka perhitungan akan sama dengan log normal. Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi *Log Pearson Type III*

a. Mengubah data kedalam logaritma,  $X = \text{Log } X$

b. Hitung harga rata-rata :

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (2.12)$$

c. Standar deviasi :

$$S = \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{x})^2}{n} \right]} \quad (2.13)$$

d. Hitung koefisien kemencengan :

$$C_S = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(N-1)(N-2)S^3} \quad (2.14)$$

e. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus:

$$\text{Log} X_T = \text{Log} \bar{X} + K \cdot s \quad (2.15)$$

#### 4) Metode *Ej Gumbel*

Bentuk dari persamaan distribusi Gumbel dapat ditulis sebagai berikut:

$$X_{TR} = \bar{X} + K \cdot S \quad (2.16)$$

Besarnya faktor frekuensi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (2.17)$$

Dengan:

$X_T$  = Besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang  $T_r$  tahun  
(mm)

$T_r$  = Periode Tahunan Berulang (Return Period) (Tahunan)

$\bar{X}$  = Curah Hujan Maksimum Rata-rata Selama Tahun Pengamatan

S = Standar Deviasi

K = Faktor Frekuensi

$Y_{Tr}$  = Reduced Variate

$Y_n$  = Reduced Mean

$S_n$  = Reduced Standard

Sebelum menganalisis data hujan dengan salah satu distribusi di atas, perlu pendekatan dengan parameter – parameter statistik untuk menentukan distribusi yang tepat digunakan. Parameter – parameter tersebut meliputi :

### 2.3.3. Uji Kecocokan Distribusi

*Catchment area* adalah daerah cakupan atau tangkapan apabila terjadi hujan. Semakin besar *catchment area* maka semakin besar pula debit yang terjadi. Prinsip dasar dari penentuan daerah tangkapan adalah prinsip beda tinggi. Air akan mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Untuk kawasan yang cenderung datar pembagian *catchment area* dapat diasumsikan terbagi rata pada tiap sisi menuju saluran drainase. Untuk daerah-daerah berbukit, penentuan *catchment area* berpatokan pada titik tertinggi, yang kemudian akan mengalirkan ke tempat yang rendah berdasarkan alur topografi.

Untuk Menentukan kesesuaian distribusi frekuensi distribusi empiris dari sampel data terhadap fungsi distribusi frekuensi teoritis yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi empiris, diperlukan pengujian secara statistik yaitu : Uji kesesuaian Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi Kuadrat. (Hadisusanto, 2010).

#### 2.3.4. Uji Chi-Kuadrat

Metode uji kesesuaian Chi-Kuadrat biasanya digunakan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis, yakni menguji kebenaran distribusi yang digunakan pada perhitungan frekuensi analisis. Uji Chi-Kuadrat ini menggunakan parameter  $X^2$ , dimana metode ini diperoleh berdasarkan rumus:

- a. Jumlah Kelas

$$K = 1 + 3,222 \text{ Log}n \quad (2.18)$$

- b. Derajat Kebebasan

$$Dk = K - (R + 1) \quad (2.19)$$

- c. Nilai yang Diharapkan

$$EF = \frac{n}{K} \quad (2.20)$$

- d. Hitung Harga  $X^2Cr$

$$X^2Cr = \sum \frac{(Ef-of)^2}{Ef} \quad (2.21)$$

- e. Menentukan Batas Kelas

$$\Delta X = \frac{Xi \text{ Max} - X \text{ Min}}{K-1} \quad (2.22)$$

$$Xawal = Xmin - \frac{1}{2} \Delta X \quad (2.23)$$

Dimana :

$X^2$  = Harga Chi Kuadrat

Ef = Frekuensi (banyaknya pengamatan) yang diharapkan, sesuai pembagian kelas

Of = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

Nilai  $X^2$  yang terhitung ini harus lebih kecil dari harga  $X^2$  cr (yang didapat dari tabel Chi-Kuadrat kritis). Untuk derajat nyata tertentu yang sering diambil 5%. Adapun derajat kebebasan ini secara umum dapat dihitung dengan :

Dimana :

DK = Derajat kebebasan

K = Banyaknya kelas

P = Banyaknya keterikatan atau sama dengan banyaknya parameter, yang untuk sebaran Chi-Square adalah sama dengan 2 (dua).

### 2.3.5. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari satu titik terjauh dalam *catchment area* sampai pada titik yang ditinjau (titik kontrol) setelah tanah jenuh dan depresi-depresi terpenuhi. Dalam perhitungan ini untuk menghitung waktu konsentrasi digunakan rumus *Kirpich* (1990), sebagai berikut :

$$T_c = \left( \frac{0,87.L^2}{1000.S} \right) 0,385 \quad (2.24)$$

Dimana :

$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam).

L = Panjang saluran (m)

S = Standar deviasi

Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen, yaitu :

1. Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan tanah sampai saluran terdekat ( $T_o$ ) dalam menit
2. Waktu perjalanan dan pertama masuk saluran sampai titik keluaran ( $T_d$ ), (Suripin, 2004) sehingga :

$$T_c = T_o + T_d \quad (2.25)$$

Dimana ;

$$T_o = 0,0195 \left( \frac{L_o}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,77} \quad (2.26)$$

$$T_d = \frac{1}{3600} \frac{L_1}{V} \quad (2.27)$$

Dimana :

$T_o$  = Waktu pengaliran air yang mengalir dari atas permukaan lahan menuju saluran (*inlet time*) dalam menit

$T_d$  = Waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (*conduit time*) dalam menit

- 0,0195 = Nilai konsentrasi yang mempunyai dimensional TL  
 So = Kemiringan permukaan tanah yang dilalui aliran di atasnya  
 Lo = Jarak aliran terjauh dari atas tanah hingga saluran terdekat (m)  
 L1 = Jarak yang ditempuh aliran didalam saluran di tempat pengukuran (m)  
 V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

### 2.3.6. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah semakin singkat hujan berlangsung, intensitasnya cenderung semakin tinggi dan semakin besar periode ulangnya semakin tinggi pula intensitasnya. Jika data yang diketahui hanya hujan harian, maka digunakan rumus mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.28)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

T = Lamanya hujan (jam)

R<sub>24</sub> = Curah Hujan Maksimum Harian Dalam 24 Jam (mm)

### 2.3.7. Perhitungan Koefisien Tampung

Daerah yang memiliki cekungan untuk menampung air hujan relatif mengalirkan lebih sedikit air hujan dibandingkan dengan daerah yang tidak memiliki cekungan sama sekali. Efek tampungan oleh cekungan ini terdapat debit rencana diperkirakan dengan koefisien tampung yang diperoleh dengan rumus berikut ini : (Wesli, 2008).

$$C_s = \frac{2 T_c}{2 T_c + T_d} \quad (2.29)$$

Dimana :

T<sub>c</sub> = Waktu konsentrasi (jam)

T<sub>d</sub> = Waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (*conduit time*) dalam menit

### 2.3.8. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakan sebagai dasar untuk merencanakan tingkat pengamanan bahaya, berbagai macam bangunan-bangunan air



memerlukan perhitungan hidrologi yang merupakan bagian dan perencanaan bangunan-bangunan seperti bendungan, jembatan, bendung maupun perencanaan dari suatu bangunan pengendali (pengerukan, pelebaran, pembuatan pintu air, pembuatan tanggul dan terowongan (Haerussalam, 2008).

Pemilihan suatu teknik analisis penentuan banjir rencana tergantung dari data-data yang tersedia dan macam dari bangunan air tersebut. Setiap teknik mempunyai analisis dasar perhitungan hidrologi.

Salah satu metode untuk menghitung debit banjir rancangan adalah dengan metode Rasional (Iman Subarkah, 1980). Cara yang digunakan pertama kali oleh Mulvaney tahun 1847 di Irlandia. Persamaan Rasional yang dikembangkan sangat sederhana dan memasukkan parameter DAS sebagai unsur pokok, selain sifat-sifat hujan sebagai masukan. Jenis dan sifat parameter DAS tidak di perinci satu persatu, akan tetapi pengaruh secara keseluruhan ditampilkan sebagai koefisien limpasan (Sri Harto, 1993).

Dalam daerah perkotaan, kehilangan air boleh dikatakan sedikit dan disebabkan waktu konsentrasi yang pendek maka debit keseimbangan seringkali dicapai. Dari alasan inilah rumus rasional masih digunakan untuk menaksir banjir dalam daerah perkotaan. Untuk penaksiran besarnya debit banjir dalam daerah aliran sungai yang besar rumus ini sudah kurang baik digunakan (Soemarto, 1987). Sampai saat ini cara Rasional masih dapat diaplikasikan secara baik dan memberikan hasil yang layak digunakan untuk perencanaan banjir perkotaan dengan batasan-batasan tertentu (Lanny dan Joyce, 1996). Meskipun demikian penggunaan persamaan Rasional ini memiliki keterbatasan dalam hal luas daerah Tangkapan saluran sehingga metode ini umumnya hanya digunakan untuk perhitungan pada saluran drainase sehingga metode ini umumnya hanya digunakan untuk perhitungan pada saluran drainase perkotaan saja.

Perhitungan debit puncak banjir dengan metode ini berdasarkan asumsi :

- a. Terjadi hujan dengan intensitas yang sama di seluruh wilayah untuk desain banjirnya.
- b. Debit puncak akibat intensitas terjadi di titik tinjau paling hilir daerah pemersatuan ada waktu daerah hulu menyumbang aliran atau waktu konsentrasi.

- c. Asumsi diatas dijelaskan oleh Subarkah (1980) yang mengatakan bahwa pemikiran secara rasional ini didasari oleh anggapan bahwa laju pengaliran maksimum disaluran akan terjadi kalau lama waktu hujan sama dengan lama konsentrasi.

Lapisan yang dihitung dengan rumus Rasional tersebut mempunyai variabel I (Intensitas Hujan) yang merupakan besaran air limpasan dan koefisien C (Koefisien Limpasan Permukaan) yang juga faktor penentu dari besar limpasan, bisa dikendalikan sesuai fungsi penggunaan lahan yaitu berupa refleksi kegiatan manusia (Sabrina, 1997). Persamaan Rasional ini dapat digambarkan dalam persamaan aljabar sebagai berikut :

$$Q = Kc \cdot C \cdot I \cdot A, \quad (2.30)$$

Bila Q (m<sup>3</sup>/det), I (mm/jam) A (Km<sup>2</sup>)

Dimana :

C = Koefisien pengaliran (tanpa satuan)

Kc = Faktor konversi satuan unit

Sehingga :

$$Kc = \left[ \frac{(m^3/det)}{\left(\frac{10^{-3}}{3600}m/det\right)(10^6m^2)} \right] \quad (2.31)$$

Rumus Metode Rasional dalam satuan metrik adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2.28)$$

Dengan :

Q = Debit Banjir Maksimum (m<sup>3</sup>/det)

C = Koefisien Pengaliran

I = Intensitas Hujan Rerata Selama Waktu Tiba Banjir (mm/jam)

A = Luas Daerah Pengaliran (Km<sup>2</sup>)

### 2.3.9. Debit Rencana

Debit banjir rencana adalah besarnya debit yang direncanakan untuk suatu periode waktu tertentu. Perhitungan debit rencana dilakukan dengan menggunakan persamaan rasional. Perhitungan debit rencana peluang terjadinya  $Q \geq Q_t$ , sebagai berikut :

$$P(Q \geq Q_t) = \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2.32)$$

Dimana :

P = Peluang

T = Periode Ulang Tahunan

Qt = Debit Rencana Dengan Periode Ulang

#### 2.4. Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika dimaksudkan untuk mencari dimensi hidrolis dari saluran drainase dan bangunan-bangunan pelengkapanya. Dalam menentukan besaran dimensi saluran drainase, perlu diperhitungkan kriteria-kriteria perencanaan berdasarkan kaidah-kaidah hidrolika.

##### 2.4.1. Kapasitas Saluran

Pada tahap awal analisa diasumsikan bahwa yang terjadi adalah seragam. Analisa untuk menghitung kapasitas saluran, diperlukan persamaan kontinuitas dan rumus *Manning*, yaitu :

$$Q = Aw \cdot V \quad (2.33)$$

$$V = \frac{i}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2.34)$$

$$R = \frac{Aw}{P} \quad (2.35)$$

Dimana :

Q = Debit atau debit saluran (m<sup>3</sup>/det)

Aw = Luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan rata-rata (m/det)

n = Koefisien kekasaran dinding *manning*

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan memanjang saluran (%)

P = Keliling basah saluran (m)

i = Kemiringan saluran samping (%)

##### 2.4.2. Kecepatan Pengaliran

Penentuan kecepatan aliran air didalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar konstruksi saluran tetap aman. Persamaan *manning* : (Wesli, 2008).

$$V = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2.36)$$

Dimana :

- V = Kecepatan aliran (jam)  
 n = Koefisien kekasaran *Manning*  
 R = Jari-jari hidrolis  
 S = Kemiringan memanjang saluran  
 A = Luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)

Untuk desain dimensi saluran tanpa perkerasan, dipakai harga n *Manning* normal atau maksimum, sedangkan harga n *Manning* minimum hanya dipakai untuk pengecekan bagian saluran yang mudah terkena gerusan. Harga n *Manning* tergantung hanya pada kekasaran sisi dan dasar saluran.

### 2.4.3. Dimensi Saluran

Saluran adalah tempat aliran air sengaja dibuat manusia, secara umum alirannya adalah *steady flow* (aliran tetap) (Dimensi dan Sosialisasi Keteknikan Ditjen Cipta Karya, 2011). Faktor-faktor yang perlu di pertimbangkan dalam pemilihan bentuk saluran adalah :

- a) Tata guna lahan yang akan berpengaruh terhadap ketersediaan tanah.
- b) Kemampuan pengaliran dengan memperhatikan bahan saluran.
- c) Kemudahan pembuatan dan pemeliharaan

Dimensi saluran harus mampu mengalirkan debit rencana atau dengan kata lain debit yang dialirkan oleh saluran ( $Q_s$ ) sama atau lebih besar dari debit rencana ( $Q_{renc}$ ). (Wesli, 2008).

$$Q_s \geq Q_{renc} \quad (2.34)$$

Debit suatu penampang saluran ( $Q_s$ ) dapat diperoleh dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Q_s = A_s \cdot V \quad (2.37)$$

Dimana :

$Q_s$  = Debit saluran penampang

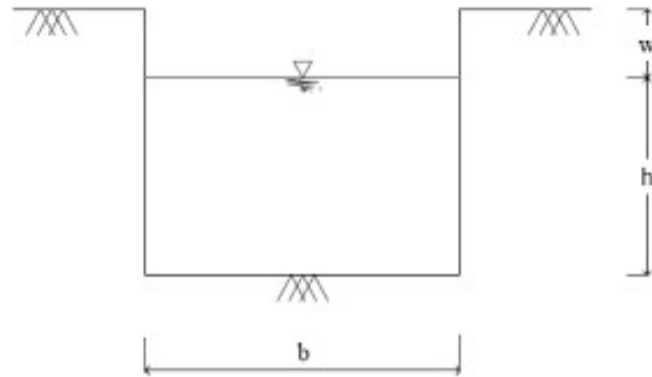
$A_s$  = Luas Penampang

$V$  = Kecepatan aliran

Dalam pencarian dimensi saluran ada beberapa rumus yang digunakan antara lain sebagai berikut : (Suripin, 2004).

1. Penampang Persegi Panjang
  - a. Mencari Luas Penampang Saluran

$$A_s = \frac{Q_{\text{Rata-rata}}}{v} \quad (2.38)$$



**Gambar 2.11** Penampang Persegi Panjang

- b. Mencari Tinggi Saluran

$$h = \sqrt{A_s} \quad (2.39)$$

- c. Mencari Lebar saluran

$$b = \sqrt{A_s} \quad (2.40)$$

- d. Mencari Keliling Besar Saluran

$$P_s = b + 2 h \quad (2.41)$$

- e. Mencari Luas Penampang Saluran

$$A = b + h \quad (2.42)$$

- f. Mencari Jari-jari Hidrolik

$$R_s = \frac{A_s}{P_s} \quad (2.43)$$

- g. Mencari Tinggi Jagaan

$$w = \sqrt{\frac{h}{2}} \quad (2.44)$$

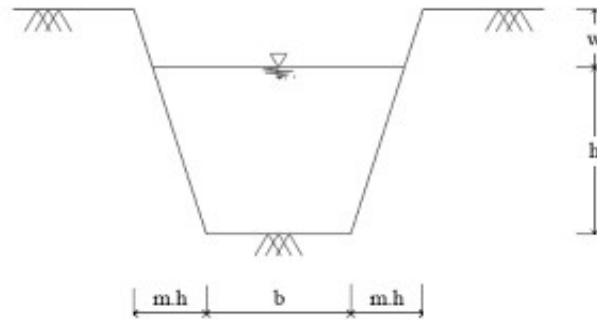
- h. Mencari Debit Kontrol

$$Q_s = A_s \cdot v \quad (2.45)$$

2. Penampang Trapesium

- a. Menghitung Luas Penampang Basah (A)

$$A = (b + mh) h \quad (2.46)$$



**Gambar 2.12** Penampang Trapesium

- b. Menghitung Lebar Dasar (B)

$$b = \frac{2}{3} \cdot h\sqrt{1 + m^2} \quad (2.47)$$

- c. Menghitung Keliling Basah (Ps)

$$Ps = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (2.48)$$

- d. Menghitung Jari-jari Hidrolis (Rs)

$$Rs = A/P \quad (2.49)$$

- e. Debit Saluran (Qs)

$$Qs = A \times V = A \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{0.5} \quad (2.50)$$

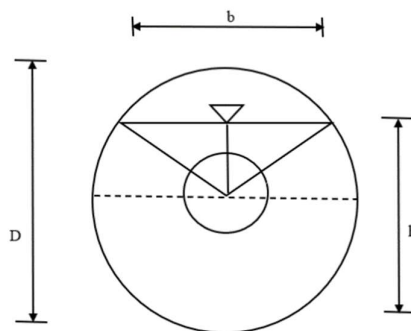
- f. Tinggi Jagaan (W)

$$w = \sqrt{\frac{h}{2}} \quad (2.51)$$

3. Penampang Lingkaran

- a. Kedalaman Aliran Saluran

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2.52)$$



**Gambar 2.13** Penampang Lingkaran

b. Luas Penampang

$$A_s = \frac{\pi}{2} y^2 \quad (2.53)$$

c. Debit Saluran

$$Q_s = A_s V \quad (2.54)$$

Dimana :

b = Lebar saluran (m)

h = Tinggi saluran (m)

m = Kemiringan talud (m)

P<sub>s</sub> = Keliling basah saluran (m<sup>3</sup>)

R<sub>s</sub> = Jari-jari hidrolis (m).

A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

W = Tinggi jagaan (m)

A<sub>s</sub> = Luas penampang saluran

V = Kecepatan aliran

S = Standar deviasi

Q<sub>s</sub> = Debit saluran (m<sup>3</sup>/det)