

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Drainase

#### 2.1.1 Definisi Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (Perencanaan Infrastruktur Khususnya). Secara umum drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase jalan merupakan prasarana yang dapat bersifat alami ataupun buatan yang berfungsi untuk memutuskan dan menyalurkan air permukaan maupun bawah tanah, biasanya menggunakan bantuan gaya gravitasi, yang terdiri atas saluran samping dan gorong-gorong ke badan air penerima atau tempat peresapan buatan. (Pedoman Perancangan Drainase Jalan, 2006.2). Adapun komponen sistem drainase permukaan jalan ditampilkan pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Penampang Melintang Jalan  
(sumber : Perencanaan Drainase Jalan Raya, 2019)

#### 2.1.2 Drainase Berdasarkan Konstruksinya

Berdasarkan konstruksinya, jenis drainase dapat dikelompokkan menjadi:

1. Drainase saluran terbuka

Drainase saluran terbuka adalah sistim saluran yang permukaannya terpengaruh dengan udara luar (atmosfir). Drainase saluran terbuka biasanya mempunyai luasan

yang cukup dan digunakan untuk mengalirkan air hujan atau air limbah yang tidak membahayakan kesehatan lingkungan dan tidak mengganggu keindahan.

## 2. Drainase saluran tertutup

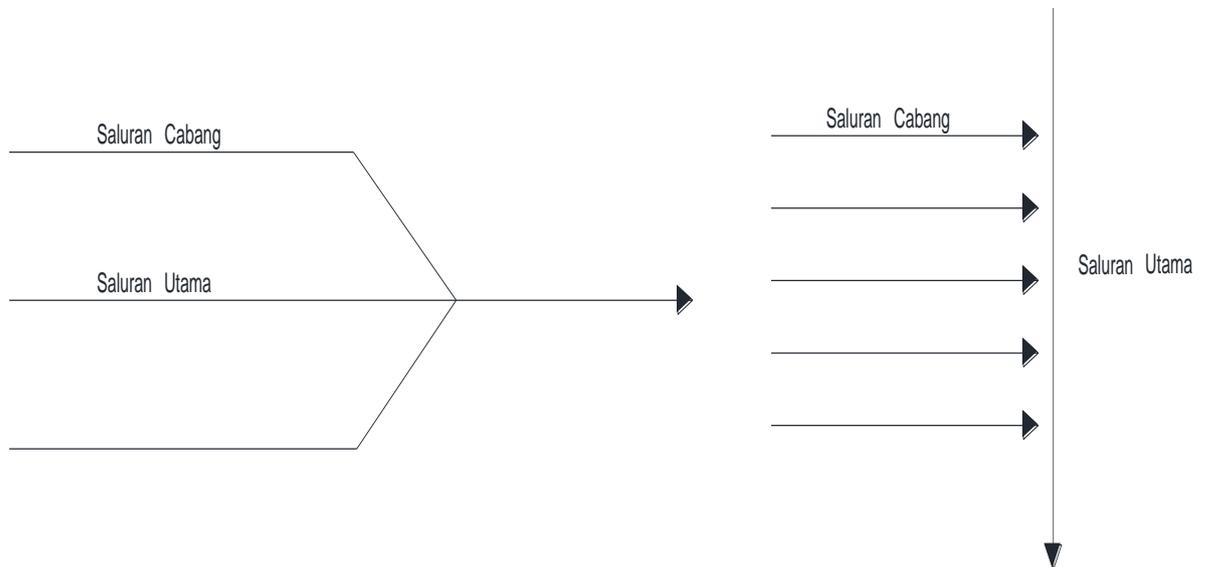
Drainase saluran tertutup adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfir). Saluran drainase tertutup sering digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan.

### 2.1.3 Pola jaringan Drainase

Pola sistem jaringan drainase terdiri dari beberapa saluran yang saling berhubungan dan membentuk suatu pola jaringan yang berbeda;

#### 1. Pola Siku

Pola siku adalah suatu pola di mana saluran cabang membentuk siku-siku pada saluran utama seperti pada Gambar 2.2 biasanya dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai dimana sungai merupakan saluran pembuang utama berada di tengah kota.

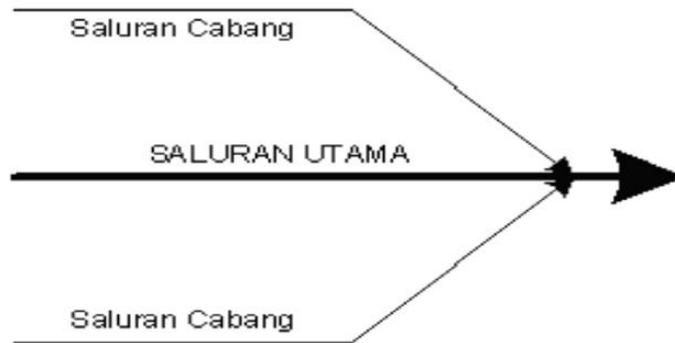


**Gambar 2.2.** Pola Jaringan Siku

(Sumber : Suripin, 2004)

## 2. Pola Paralel

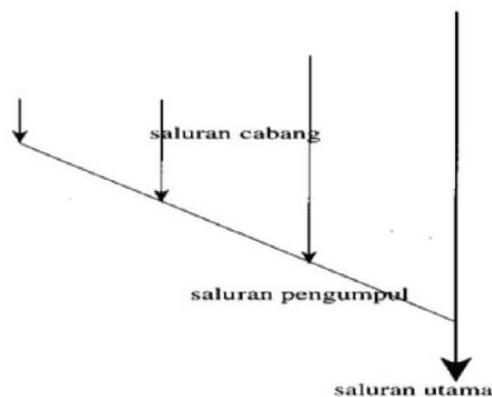
Pola paralel adalah suatu pola di mana saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang yang pada bagian akhir saluran cabang dibelokkan menuju saluran utama ditunjukkan pada Gambar 2.3 Pola Paralel. Pada pola paralel saluran cabang cukup banyak dan pendek-pendek.



**Gambar 2.3.** Pola Jaringan Paralel  
(Sumber : Suripin, 2004)

## 3. Pola *Grid Iron*

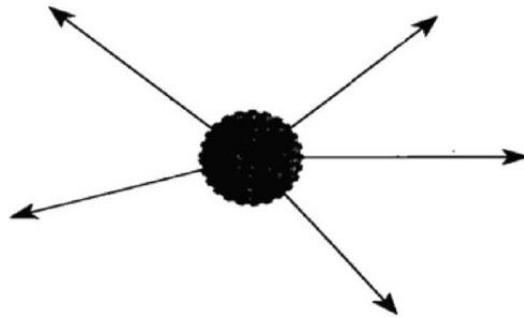
Pola *grid iron* merupakan pola jaringan drainase di mana sungai terletak di pinggiran kota. Sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul kemudian dialirkan pada sungai seperti diperlihatkan pada Gambar 2.4 dibawah ini.



**Gambar 2.4.** Pola Jaringan *Grid Iron*  
(Sumber : Suripin, 2004)

#### 4. Pola Alamiah

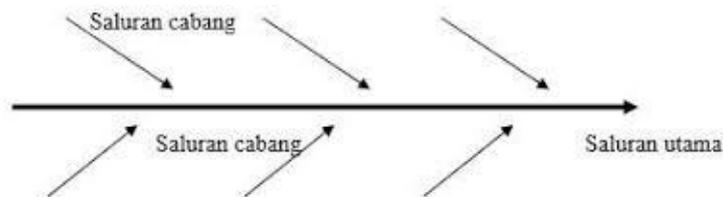
Pola alamiah adalah suatu pola jaringan drainase yang hampir sama dengan pola siku, di mana sungai sebagai saluran utama berada di tengah kota namun jaringan saluran cabang tidak selalu terbentuk siku terhadap saluran utama (sungai), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2. 5** Pola Jaringan Alamiah  
(Sumber : Suripin, 2004)

#### 5. Pola Radial

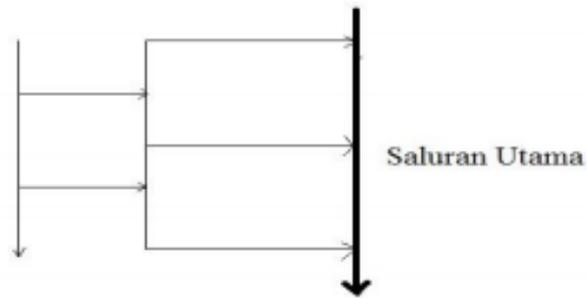
Pola radial adalah pola jaringan drainase yang mengalirkan air dari pusat sumber air memencar ke berbagai arah, pola ini sangat cocok digunakan pada daerah yang berbukit seperti diperlihatkan pada Gambar 2.6 Pola Jaringan Radial dibawah ini.



**Gambar 2. 6** Pola Jaringan Radial  
(Sumber : Suripin, 2004)

#### 6. Pola Jaring-jaring

Pola jaring-jaring adalah pola drainase yang mempunyai saluran-saluran pembuang mengikuti arah jalan raya. Pola ini sangat cocok untuk daerah yang topografinya datar. Ditunjukkan pada Gambar 2.7 Pola Jaring-Jaring.



**Gambar 2. 7** Pola Jaring-Jaring  
(Sumber : Suripin, 2004)

#### 2.1.4 Tujuan Drainase

Berdasarkan penggunaannya drainase dibedakan menjadi *single purpose* dan *multi purpose*. *Single purpose* adalah saluran yang bertujuan mengalirkan satu jenis air buangan seperti air hujan, limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain. Sedangkan *multi purpose* adalah saluran yang bertujuan mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

Drainase bertujuan untuk memindahkan kelebihan aliran permukaan ke badan air penerima atau ke tempat penampung air sementara seperti sumur serapan atau embung. Drainase jalan dibuat untuk mengalihkan aliran air permukaan dari hujan yang jatuh di badan jalan ke sisi jalan supaya tidak merusak perkerasan jalan itu sendiri. Drainase juga ditunjukkan untuk menahan laju erosi dari sisi jalan yang mengarah ke badan jalan sehingga jalan terhindar dari sedimen yang akan meningkatkan resiko tergelincir atau kecelakaan.

Drainase pada Gerbang Barat ITERA hingga Gerbang Selatan ITERA merupakan drainase dengan jenis *multi purpose* dimana drainase tersebut selain digunakan sebagai saluran pembuangan aliran permukaan akibat hujan, drainase juga digunakan sebagai saluran limbah yang berasal dari bangunan yang ada disekitar saluran drainase wilayah studi.

### **2.1.5 Fungsi Saluran Drainase**

Dalam sebuah sistim drainase digunakan saluran sebagai sarana pengaliran air yang terdiri dari saluran interseptor, saluran kolektor, dan saluran konveyor. Masing-masing saluran mempunyai fungsi yang berbeda yaitu sebagai berikut:

1. Saluran interseptor

Saluran interseptor adalah saluran yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain di bawahnya. Saluran ini biasanya dibangun dan diletakkan pada bagian sejajar dengan kontur atau garis ketinggian topografi. *Outlet* dari saluran ini biasanya berada pada saluran kolektor atau konveyor atau langsung pada saluran alamiah/sungai.

2. Saluran kolektor

Saluran kolektor berfungsi sebagai pengumpul aliran dari saluran drainase yang lebih kecil, misalnya saluran interseptor. *Outlet* saluran ini berada pada saluran conveyor atau langsung ke sungai. Letak saluran kolektor ini di bagian terendah lembah dari suatu daerah sehingga secara efektif dapat berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada.

3. Saluran konveyor

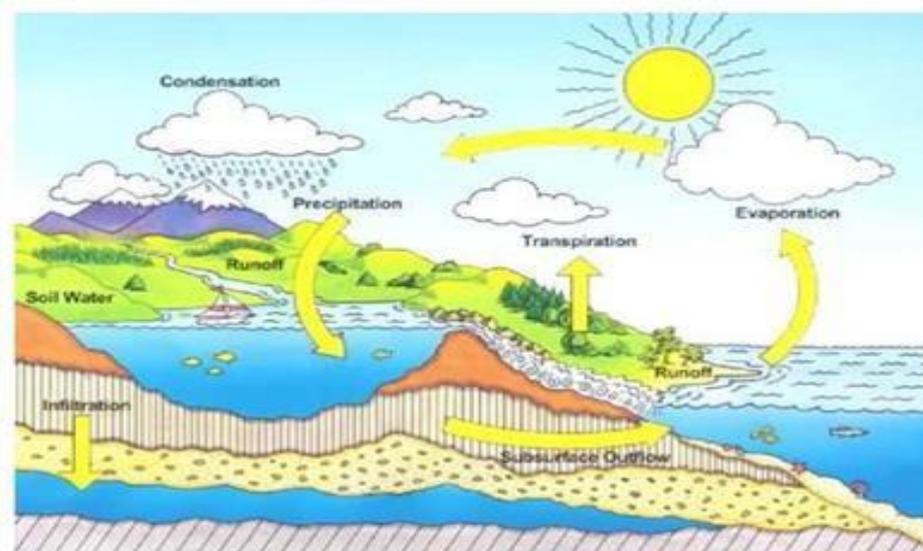
Saluran konveyor adalah saluran yang berfungsi sebagai saluran pembawa saluran air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan, misalnya ke sungai tanpa membahayakan daerah yang dilaluinya. Sebagai contoh saluran/kanal banjir atau saluran bypass yang bekerja khusus hanya mengalirkan air secara cepat sampai ke lokasi pembuangan. Letaknya boleh seperti saluran kolektor atau interseptor.

## **2.2 Analisis Hidrologi**

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari seluk beluk dan perjalanan air di permukaan bumi. Ilmu tentang air ini dipelajari orang untuk memecahkan masalah-masalah yang berhubungan dengan keairan, seperti manajemen air, pengendalian banjir, dan perencanaan bangunan air (Triatmojo, 2008).

### 2.2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah/kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama ke laut atau danau. 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 2.8 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 2.8.** Daur Hidrologi  
(Sumber : Guru pendidikan.com, 2019)

Cara menentukan metode curah hujan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

**Tabel 2.1.** Pemilihan Metode Curah Hujan

Faktor	Syarat-syarat	Jenis Metoda
	Jumlah pos penakar hujan cukup	Metoda Isohiet, Metoda Thissen, atau Metoda Rerata Aljabar dapat dipakai.

Faktor	Syarat-syarat	Jenis Metoda
Jaring-jaring Pos	Jumlah pos penakar hujan terbatas	Metoda Rata-rata Aljabar atau Metode Thiessen.
	Pos penakar hujan tunggal	Metoda Hujan Titik
Luas DAS	DAS Besar ( $>5000 \text{ km}^2$ )	Metoda Isohyet
	DAS Sedang ( $500 \text{ s/d } 5000 \text{ km}^2$ )	Metoda Thiessen
	DAS Kecil ( $<500 \text{ km}^2$ )	Metoda Rerata Aljabar
Topografi DAS	Pegunungan	Metode Rata-rata Aljabar
	Dataran	Metode Thiessen
	Berbukit dan Tidak Beraturan	Metode Isohyet

(sumber : Suripin, 2004)

### 2.2.2 Curah Hujan Rerata

Dalam mendesain drainase diperlukan data debit rencana sebagai dasar dalam perencanaannya. Namun, data debit tidak selalu tersedia untuk sungai-sungai kecil, terlebih lagi saluran drainase. Sebagai gantinya, digunakan data hujan pada daerah studi dan sekitarnya untuk diolah dengan metode yang telah ditentukan. Pada tabel 2.2 menunjukkan Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan.

**Tabel 2.2.** Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode ulang (tahun)	Metode Perhitungan Debit Hujan
< 10	2	Rasional
10 – 100	2 – 5	Rasional
101 – 500	5 - 20	Rasional
>500	10 - 25	Hidrograf satuan

(sumber : Suripin, 2004)

Dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada area tertentu, ada 3 (tiga) macam metode yang dapat digunakan. Metode tersebut menggunakan data curah hujan dari beberapa titik penakar hujan yang terdekat dalam menentukan besarnya

curah hujan pada area yang ditinjau. Data yang digunakan merupakan data curah hujan dari pos penakar hujan terdekat di sekitar kawasan Gerbang Barat ITERA hingga Gerbang Selatan ITERA dengan periode 10 tahun terakhir yaitu 2008-2017. Adapun metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Rata-rata aljabar

Merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Metode rata-rata aljabar cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/hampir merata, dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan kawasan diperoleh dari persamaan berikut:

$$P = \frac{P_1+P_2+..+P_n}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana  $p_1, p_2, \dots, p_n$  adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1,2,...,n dan n adalah banyaknya pos penakar hujan.

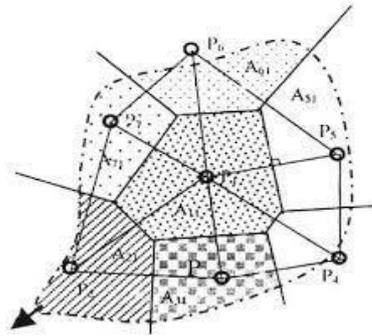
2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi jarak daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman luasan. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat . Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lainnya adalah linear dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{A_1P_1+A_2P_2+...+A_nP_n}{A_1+A_2+...+A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

- P : Hujan rerata (mm)
- P1,P2 : Hujan Pada Stasiun (mm)
- A1,A2 : Luasan daerah pada stasiun (km<sup>2</sup>)



**Gambar 2.9.** Metode Poligon Thiessen  
(Sumber : Suripin, 2004)

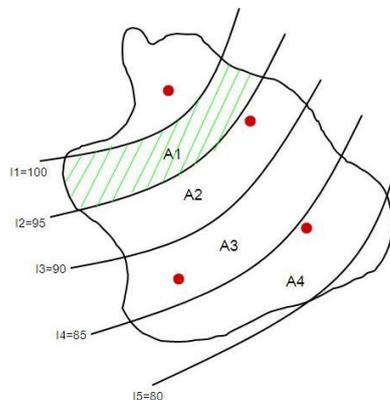
3. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Metode isohyet cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km<sup>2</sup>. Menghitung Hujan rata-rata DAS dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan:

- P = Hujan rata-rata area (mm)
- I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, ..., I<sub>n</sub> = Curah hujan pada stasiun yang diamati (mm)
- A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>n</sub> = Luas subarea stasiun hujan ( km<sup>2</sup> ).



**Gambar 2.10.** Metode Isohyet  
(Sumber : Suripin, 2004)

### 2.2.3 Frekuensi dan Probabilitas Curah Hujan

Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan analisis dan penafsiran secara statistik (*statistical inference*) hujan. Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan untuk menentukan periode ulang hujan. Periode ulang didapatkan dengan mencari nilai curah hujan maksimum dengan mengambil nilai data hujan paling maksimum dalam tahun tertentu. Beberapa metode analisis frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, antara lain sebagai berikut:

1. Distribusi Normal

Distribusi Normal atau kurva normal sering disebut dengan distribusi *Gauss*. Secara sederhana, persamaan distribusi normal dapat ditulis sebagai berikut:

$$X_T = X + (K_T S) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan:

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S}, \text{ merupakan faktor frekuensi}$$

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

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

S = Deviasi standar nilai variant

Nilai  $K_T$  didapat dari nilai reduksi Gauss yang ditampilkan pada tabel 2.3 sebagai berikut:

**Tabel 2.3.** Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

(sumber: Bonnier, 1980)

## 2. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal menggunakan persamaan variable acak  $Y = \log X$ . sehingga apabila  $Y = \log X$  terdistribusi secara normal, maka  $X$  disebut mengikuti Distribusi Log Normal.

Adapun persamaan Distribusi Log Normal adalah:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan :

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

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

$S$  = Deviasi standar nilai variant

$K_T$  = Faktor frekuensi

Faktor frekuensi merupakan fungsi dari peluang tahun periode ulang. Nilai  $K$ , dapat dilihat pada tabel 2.3 Nilai Variabel Reduksi Gauss.

3. Distribusi Log Normal III

Dalam keadaan tertentu, kedekatan antara data dan teori ternyata tidak cukup kuat untuk menjustifikasi pemakaian distribusi Log Normal walaupun data telah dikonversi ke dalam bentuk logaritmik. Untuk menyelesaikan masalah ini, digunakan distribusi dengan 3 (tiga) parameter utama; harga rata-rata, simpang baku dan koefisien kemencengan. Namun jika koefisien kemencengan sama dengan nol, maka distribusi kembali menggunakan Log Normal.

4. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan distribusi eksponensial, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$X = X + sK \dots\dots\dots(2.5)$$

di mana:

$$K = \frac{Y_{Tr}-Y_n}{S_n}, \text{ merupakan faktor probabilitas}$$

$Y_n = \text{reduced mean}$  yang tergantung jumlah sampel/data n

$S_n = \text{reduced standard deviation}$  yang juga tergantung pada jumlah sampel / data n

$Y_{Tr} = \text{reduced variate}$ , yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$Y_{Tr} = - \ln \left\{ - \ln \frac{T_r-2}{T_r} \right\}$$

**Tabel 2.4.** Nilai  $k_r$  untuk Distribusi Log-Person III

Koef.G	Interval kejadian (periode ulang)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
2	-0,99	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,892	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149
1	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,78	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,88	-0,857	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,85	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472
0	-2,326	-0,842	0	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
0,2	-2,472	-0,83	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,8	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88
-0,8	-2,891	-0,78	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-3,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-3,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318
-1,6	-3,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,116	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,035	1,087
-2	-2,607	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,959	0,99

(Sumber: Suripin, 2004)

**Tabel 2.5.** *Reduced Variate*,  $Y_{Tr}$  untuk Perhitungan Gumbel

Periode Ulang Tr(tahun)	<i>Reduced Variate</i> $Y_{Tr}$	Periode Ulang Tr(tahun)	<i>Reduced Variate</i> $Y_{Tr}$
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,251	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9089
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)

### 2.2.4 Uji Kesesuaian Distribusi

Sebelum menganalisis data hujan dengan salah satu distribusi di atas, diperlukan pendekatan parameter statistik untuk menentukan distribusi yang tepat. Parameter-parameter statistik tersebut adalah sebagai berikut:

$$1. \quad \text{Rata-rata (X)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots \dots \dots (2.6)$$

$$2. \quad \text{Simpang baku(S)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$3. \quad C_s = \frac{n \sum (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$4. \quad C_k = \frac{n \sum (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$5. \quad C_v = \frac{s}{\bar{x}} \dots \dots \dots (2.10)$$

**Tabel 2.6.** Karakteristik Distribusi Frekuensi

Jenis distribusi frekuensi	Syarat distribusi
Distribusi Normal	$C_s = 0$ dan $C_k = 3$
Distribusi Log Normal	$C_s > 0$ dan $C_k > 3$
Distribusi Gumbel	$C_s \leq 1,139$ dan $C_k \leq 5,402$
Distribusi Log-Person III	$C_s \neq 0$

Apabila hasil dari uji sebaran data termasuk ke dalam salah satu syarat tabel 2.6 di atas maka metode tersebut dapat dipilih untuk digunakan. Distribusi frekuensi perlu dilakukan pengujian parameter untuk menentukan apakah distribusi tersebut cocok terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan. Adapun metode uji kesesuaian distribusi yang sering digunakan dalam analisis hidrologi antara lain adalah Chi kuadrat (Chi-square), dan Smirnov-Kolmogorov.

1. Uji Chi Kuadrat

Metode ini digunakan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis pada perhitungan frekuensi analisis. Uji tersebut ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$X^2 = \frac{\sum(O_i - e_i)^2}{e_i} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan:

$X^2$  = Parameter Chi kuadrat terhitung

$e_i$  = Frekuensi teoritis

$O_i$  = Frekuensi pengamatan

2. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kesesuaian Smirnov Kolmogorov digunakan untuk menguji simpangan secara mendatar. Adapun tahapan uji ini adalah sebagai berikut:

- a. Data curah hujan diurutkan dari nilai terkecil sampai nilai terbesar
- b. Menghitung frekuensi dan kumulatif data
- c. Menghitung nilai Z-score (transformasi dari angka ke notasi pada distribusi normal)
- d. Menghitung F(x), yaitu nilai probabilitaskumulatif normal
- e. Menghitung perbedaan simpangan
- f. Dari hasil perbedaan simpangan, maka tentukan nilai simpangan maksimal dari hasil perhitungan data yang telah dilakukan

**2.2.5 Debit Hujan**

Dalam memperkirakan debit aliran permukaan, metode yang umum dipakai adalah metode rasional USSCS (1973). Metode ini sangat simple dan mudah penggunaannya, namun terbatas dalam penggunaannya untuk DAS dengan ukuran kurang dari 300. Metode ini memberikan asumsi bahwa hujan yang terjadi memiliki intensitas seragam di seluruh DAS selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi. Adapun rumus metode rasional adalah sebagai berikut:

$$Q_p = C \times I \times A \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

- Q = Debit banjir (puncak) dalam m<sup>3</sup>/ds
- C<sup>p</sup> = Koefisien aliran permukaan seperti dalam tabel 2.7 (0 < C ≤ 1 )
- I = Intensitas hujan dalam millimeter per jam (mm/jam)
- A = Luasan daerah aliran sungai dalam meter persegi (m<sup>2</sup>)

### 2.2.6 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien aliran merepresentasikan efek daerah aliran sungai terhadap kehilangan air hujan menjadi aliran permukaan bergantung pada kondisi alam permukaan tanah (tata guna lahan ) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Oleh karena itu diperlukan peta topografi dan melakukan *survey* lapangan agar corak topografi daerah proyek dapat lebih diperjelas. Pedoman Perencanaan Drainase Jalan (2006). Besarnya nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 2.7 sebagai berikut:

**Tabel 2.7. Harga Koefisien Pengaliran C**

Deskripsi Lahan / karakter permukaan	Koefisien, C
<b>Business</b>	
Perkotaan	0,70 - 0,95
Pinggirin	0,50 - 0,70
<b>Perumahan</b>	
Rumah tunggal	0,30 - 0,50
Multiunit, terpisah	0,40 - 0,60
Multiunit, tergabung	0,60 - 0,75
Perkampungan	0,25 - 0,40
Apartemen	0,50 - 0,70

Deskripsi Lahan / karakter permukaan	Koefisien, C
<b>Industri</b>	
Ringan	0,50 - 0,80
Besar	0,60 - 0,90
Atap	0,75 - 0,95
<b>Halaman, tanah berpasir</b>	
Datar, 2%	0,05 - 0,10
Rata-rata, 2-7%	0,10 - 0,15
Curam, 7%	0,15 - 0,20
<b>Halaman, tanah berat</b>	
Datar, 2%	0,13 - 0,17
Rata-rata, 2-7%	0,18 - 0,22
Curam, 7%	0,25 - 0,35
Halaman kereta api	0,10 - 0,35
Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
Taman, perkuburan	0,10 - 0,25
<b>Hutan</b>	
Datar, 0-5%	0,10 - 0,40
Bergelombang, 5-10%	0,25 - 0,50
Berbukit, 10-30%	0,30 - 0,60

### 2.2.7 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu yang sering dinyatakan dalam mm/jam. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung, intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya (Suripin, 2004). Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan beberapa rumus tergantung jangka waktu lamanya hujan terjadi. salah satu rumus untuk mencari intensitas curah hujan harian adalah Rumus Mononobe. Jika curah hujan harian, maka untuk menghitung intensitas hujan dapat digunakan Metode Mononobe (Joesron Loebis, 1992). Adapun Rumus Mononobe adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{R24}{24} \left( \frac{24}{tc} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

$I$  = Intensitas hujan (mm/jam)

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

$t_c$  = Waktu Konsentrasi (jam)

### 2.2.8 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari titik terjauh ke tempat keluaran DAS setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi (Suripin, 2004). Waktu konsentrasi sering juga disebut waktu tiba banjir, waktu konsentrasi digunakan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan untuk aliran permukaan mengalir dari titik terjauh dari daerah tangkapan hujan menuju saluran drainase yang direncanakan. Komponen utama dari waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat ( $t_0$ ) dan waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran ( $t_d$ ) (Suripin, 2004). Persamaan untuk menentukan waktu konsentrasi adalah sebagai berikut:

$$t_c = t_0 + t_d \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$t_0$  = *Inlet time*, waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di permukaan tanah dari titik terjauh ke saluran terdekat (jam).

$t_d$  = *Couduit time*, waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di dalam saluran sampai ke tempat pengukuran.

$I_0$  = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

$L$  = Panjang saluran (m)

$i_s$  = Kemiringan saluran memanjang

$V$  = Kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/s)  
(*sumber: Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, 2006*)

**Tabel 2.8.** Koefisien Hambatan (nd) Berdasarkan Kondisi Permukaan

No	Kondisi lapis permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	permukaan licin dan kokoh	0,100
4	tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimba dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai lebat	0,800

(sumber : Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, 2006)

### 2.2.9 Metode Perhitungan Debit Banjir

Secara umum, metode perhitungan yang berkaitan dengan memperkirakan laju aliran puncak (debit banjir) yang umum digunakan terdiri atas metode rasional dan metode hidrograf satuan (Suripin 2004). Penerapan terhadap metode-metode perhitungan debit banjir bergantung pada ketersediaan data, tingkat kedetailan perhitungan, dan tingkat bahaya kerusakan akibat banjir. Metode ini sangat sederhana dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk daerah aliran sungai dengan ukuran wilayah yang kecil (< 300 ha). Metode ini tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf dengan persamaan.

$$Q_p = 0,2778 C.I.A.....(2.15)$$

Keterangan:

$Q_p$  = Debit puncak ( $m^3/detik$ )

$C$  = Koefisien aliran permukaan ( $0 \leq C \leq 1$ )

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

$A$  = Luas DAS ( $km^2$ )

Waktu konsentrasi ( $t_c$ ) suatu daerah aliran sungai adalah waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran daerah aliran sungai (titik kontrol/*outlet*) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi. Dalam hal ini diasumsikan jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi maka setiap bagian daerah aliran sungai secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol, metode yang digunakan untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) dalam Suripin (2004) sebagai berikut:

$$T_c = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$L$  = Panjang saluran utama dari hulu sampai penguras (km)

$S$  = Kemiringan rata-rata saluran (m/m)

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen yaitu waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat ( $t_0$ ) dan waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran ( $t_d$ ), sehingga rumusnya dapat ditulis sebagai berikut:

$$t_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan:

$$t_0 = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times V} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

$n$  = Angka kekasaran Manning

$S$  = Kemiringan Lahan

$L$  = Panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan (m)

$L_s$  = Panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)

$V$  = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

## 2.3 Analisis Hidrolika

Hidrolika merupakan satu topik dalam ilmu terapan yang berurusan dengan sifat-sifat mekanis fluida, yang mempelajari perilaku aliran secara mikro maupun makro. Mekanika fluida meletakkan dasar-dasar teori hidrolika yang difokuskan pada rekayasa sifat-sifat fluida.

### 2.3.1 Debit Saluran

Dalam perhitungan debit saluran, biasanya digunakan persamaan kontinuitas. Adapun persamaan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

Q = Debit aliran air (m<sup>3</sup>/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luasan daerah layanan (km<sup>2</sup>)

Perhitungan kecepatan aliran pada saluran, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Chezy yang kemudian disempurnakan oleh Manning sebagai berikut:

$$V = C \times \sqrt{RS} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran (m/s)

R = Jari-jari hidrolis saluran

S = Kemiringan Dasar Saluran

C = Koefisien *Chezy*,  $\left(\frac{1}{n} \times R^{\frac{1}{6}}\right)$

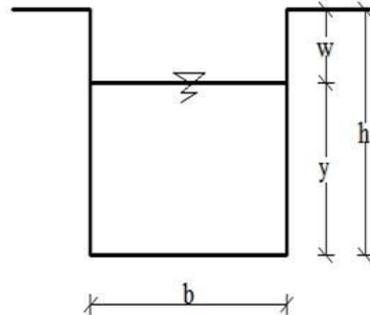
n = Koefisien *Manning*

Adapun kecepatan aliran pada saluran bergantung pada jenis material yang akan digunakan, kriteria pemilihan jenis material yang dijelaskan pada sub bab 2.3.2.

### 2.3.2. Kriteria Penampang Saluran

Dalam perencanaan saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai. Jenis kriteria penampang saluran drainase yang biasa digunakan adalah sebagai berikut ini:

#### 1. Kriteria Penampang Persegi



**Gambar 2.11.** Saluran Persegi

$$\text{Luas} = b \cdot y \dots \dots \dots (2.23)$$

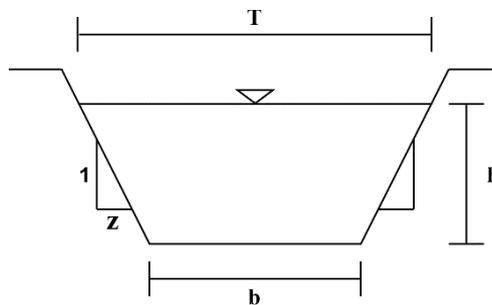
$$\text{Keliling} = b + 2y \dots \dots \dots (2.24)$$

$$\text{Jari-hari Hidorolik (R)} = \frac{b \cdot y}{b + 2y} \dots \dots \dots (2.25)$$

$$\text{Tinggi Jagaan (W)} = 25\% \times h \dots \dots \dots (2.26)$$

#### 2. Penampang Trapesium

Luas penampang melintang (A), keliling basah (P), lebar dasar penampang melintang (B) dan kemiringan dinding 1: m dapat dirumuskan sebagai berikut ini:



**Gambar 2.12.** Saluran Trapesium

$$A = (B + zh)h \dots \dots \dots (2.27)$$

$$P = B + 2h\sqrt{z^2 + 1} \dots \dots \dots (2.28)$$

$$\text{Jari-hari Hidrolik (R)} = \frac{(b+zh)h}{b+2h\sqrt{1+s^2}} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\text{Lebat Puncak (T)} = b + 2zh \dots\dots\dots(2.30)$$

**2.4 HEC-RAS**

*Hydrologic Engineering Center – River Analysis system (HEC-RAS)* merupakan aplikasi program dari *USACE (US Army Corps of Engineer)*. Aplikasi ini memiliki empat komponen hitungan hidrolika, yaitu: hitungan profil muka air aliran permanen, hitungan simulasi aliran tak permanen, hitungan transport sedimen, serta hitungan kualitas air. HEC-RAS merupakan program aplikasi yang memakai data geometri yang sama, hitungan hidraulika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan. Dalam penelitian ini *HEC-RAS* digunakan untuk mengetahui pola aliran yang masuk dan keluar pada saluran. Dalam menganalisis pola aliran, data yang dibutuhkan pada aplikasi *HEC-RAS* yaitu data debit, *cross-section*, serta elevasi muka air.

**2.5 Analisis Harga Satuan**

Analisa harga satuan terbagi menjadi 2 (dua), yaitu harga satuan pekerjaan dan satuan harga bahan dan upah. Harga satuan bahan dan upah pada setiap daerah cenderung berbeda-beda, maka dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek harus memiliki pedoman. Analisa harga satuan pekerjaan dan bahan dipengaruhi oleh nilai koefisien yang menunjukkan nilai satuan bahan/material, nilai satuan alat, upah tenaga kerja. Harga upah atau bahan yang didapatkan pada lokasi tertentu kemudian disatukan dalam suatu paket pekerjaan untuk dihitung rencana anggaran biaya dari pekerjaan tersebut

$$\text{RAB} = \sum (\text{Volume} \times \text{satuan pekerjaan}) \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana:

Bahan = Harga satuan bahan x koefisien analisis bahan

Upah = Harga satuan upah x koefisien analisis upah

Alat = Harga satuan alat x koefisien analisis alat