

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Dasar Teori**

##### **2.1.1 Drainase**

Drainase yang bisa diartikan sebagai menguras, mengaliri air, mengalihkan air. Drainase sendiri merupakan saluran yang mengalirkan air dari permukaan atau air yang berada dibawah tanah, baik terbentuk secara alam ataupun buatan. Sistem drainase dapat disebut sebagai parit di tanah atau di bawah tanah dan berperan penting dalam mengatur suplai air untuk mencegah banjir.

Drainase dapat disebut bangunan hidrolis yang berguna untuk menyalurkan muatan air, yang menyebabkan lahan dapat dipakai. Drainase bisa disebut sebagai upaya pengendalian kualitas air tanah yang berhubungan dengan remediasi (Suripin, 2004, 7).

##### **2.1.1.1 Drainase Perkotaan**

Drainase perkotaan biasa juga disebut sistem drainase, berikut definisi sistem drainase menurut Hasmar (2012, 1):

- 1) Drainase perkotaan, khususnya mempelajari tentang ilmu yang mepesialisasikan pada tata kota yang berhubungan dengan kondisi lingkungan sosial budayanya.
- 2) Drainase perkotaan sistem untuk mengeringkan dan mengalirkan air dari wilayah perkotaan yang meliputi:
  - Permukiman
  - Kawasan industri dan perdagangan
  - Kampus dan sekolah
  - Rumah sakit dan fasilitas umum
  - Lapangan olahraga
  - Lapangan parkir
  - Instansi militer, listrik, telekomunikasi
  - Pelabuhan udara.

### 2.1.1.2 Jenis-jenis Drainase

Drainase mempunyai beragam jenis dapat dilihat dari beberapa aspek. Berikut jenis saluran drainase menurut Hasmar (2012, 3):

#### 1) Menurut Sejarah Terbentuknya

##### a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase yang terjadi tanpa campur tangan manusia yang disebut alami dan tidak memiliki bangunan air disekelilingnya.

##### b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan adalah saluran yang terjadi dengan menerapkan ilmu drainase, agar mendapatkan perhitungan hidrologi dan hidrolika.

#### 2) Menurut Letak Saluran

##### a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Drainase permukaan tanah merupakan yang letaknya diatas muka tanah untuk mengintegrasikan air pada permukaan. Analisis salurannya berupa *open chanel flow*.

##### b. Drainase Bawah Tanah

Tujuan dari sistem drainase bawah adalah untuk mengintegrasikan limpasan melalui sarana bawah tanah (pipa). Alasannya antara lain persyaratan artistic dan persyaratan fungsional karena terdapat beberapa infrastruktur yang berada dibawah tanah.

#### 3) Menurut Fungsi

##### a. *Single Purpose*

Single Purpose merupakan drainase yang berujuan menyalurkan satu ragam buangan air, seperti air limbah industri, air limbah rumah tangga, air hujan dan lain-lain.

##### b. *Multi Purpose*

Multi Purpose merupakan drainase yang bertujuan menyalurkan beragam macam buangan air.

#### 4) Menurut Konstruksi

##### a. Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah bentuk didesain tidak memiliki tutup. Saluran ini biasanya seperti drainase di kawasan perumahan.

##### b. Saluran Tertutup

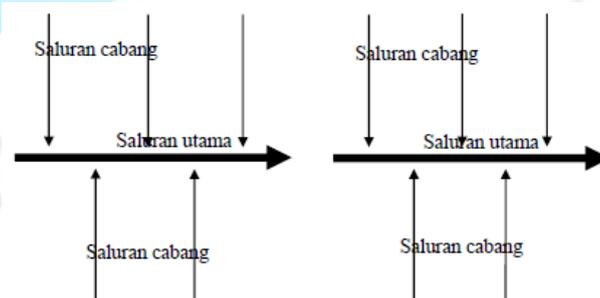
Saluran tertutup adalah bentuk didesain memiliki tutup. Saluran ini berguna untuk mengalirkan air kotor yang berada di pusat pemukiman

#### 2.1.1.3 Pola Jaringan Drainase

Hasmar (2012, 4-5) mengungkapkan bahwa terdapat enam pola jaringan drainase yang umum digunakan pada kawasan perkotaan, berikut penjelasannya:

##### 1) Siku

pola ini sering dipakai di medan yang lebih tinggi. Sungai berperan untuk menjadi saluran meintgrasikan aliran yang terakhir yang berada di tengah kota.

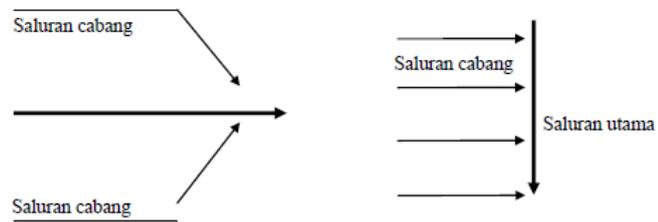


Gambar 2. 1 Pola Jaringan Drainase Siku (H.A. Halim Hamsar, 2012)

##### 2) Pararel

Jaringan ini bebrbentuk saluran utama yang sejajar dengan saluran sekunder. Sistem saluran seperti ini dengan

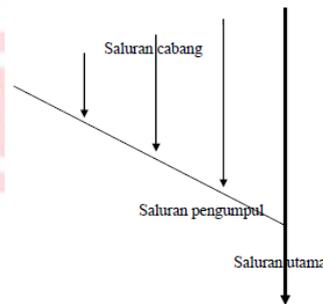
bentuk yang pendek, jika ada perkembangan kota, drainase akan mampu beradaptasi



Gambar 2. 2 Pola Jaringan Drainase Pararel (H.A. Halim Hamsar, 2012)

### 3) Grid Iron

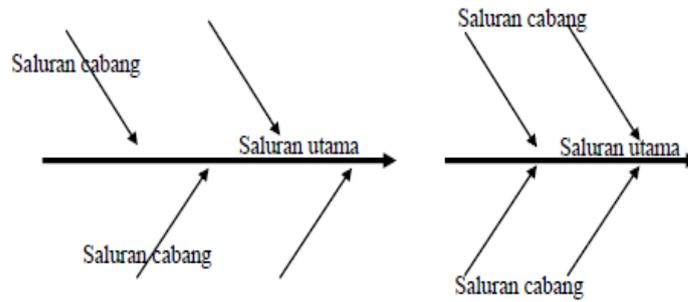
Grid Iron digunakan apabila sungainya berlokasi tidak di pusat kota sehingga menyebabkan cabang berkumpul jadi satu.



Gambar 2. 3 Pola Jaringan Drainase Grid Iron (H.A. Halim Hamsar, 2012)

### 4) Alamiah

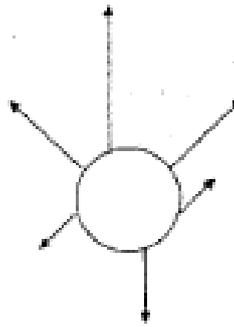
Pola ini mirip dengan pola siku, namun beban yang terjadi pada pola ini lebih besar. Model ini diimplementasikan di daerah dengan medan cukup tinggi dari medan lainnya. Sungai di tengah kota digunakan untuk aliran terakhir.



Gambar 2. 4 Pola Jaringan Drainase Alamiyah (H.A. Halim Hamsar, 2012)

### 5) Radial

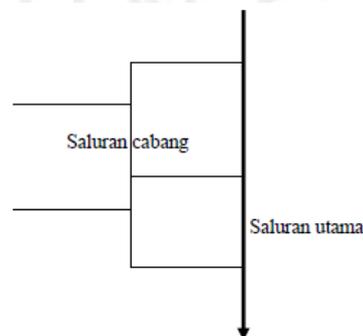
Pola radial umumnya berguna di perbukitan, pola ini saluran berpencar ke segala penjuru.



Gambar 2. 5 Pola Jaringan Drainase Radial (H.A. Halim Hamsar, 2012)

### 6) Jaring-Jaring

Pola ini memiliki drainase yang pembuangannya selaras dengan jalan raya, oleh karena itu pola ini dapat digunakan di daerah yang datar.



Gambar 2. 6 Pola Jaringan Drainase Jaring-jaring (H.A. Halim Hamsar, 2012)

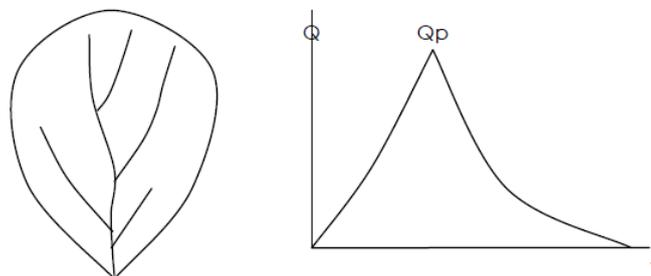
#### 2.1.1.4 Drainase Berwawasan Lingkungan (*Ecodrainage*)

Saluran ini adalah bentuk usaha pengelolaan muatan air yang berlebih sehingga air dapat menyerap air alami dari bawah tanah atau dengan membiarkan air mengalir ke sungai tanpa melebihi daya tampung sungai sebelumnya. Sistem yang ramah lingkungan ini, air yang berlebih pada saat musim hujan, dibudidayakan sehingga bisa dipakai dan tidak terbuang ke sungai. Namun, upaya yang dilakukan untuk menyusup tanah, dalam rangka memaksimalkan kadar air tanah sebagai cadangan selama musim kemarau. (Kementerian PU, 2014).

Metode *Ecodrainage* dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu: Lubang Resapan Biopori, Sumur Resapan, Kolam Konservasi (detensi atau retensi), Parit Infiltrasi, Rorak, *Side River Polder*, Penampung Air Hujan (PAH).

#### 2.1.2 Daerah Aliran Sungai

Asdak (2010) mendefinisikan Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai dikelilingi pegunungan sehingga aliran air dialirkan ke laut melalui sungai utama. Daerah Aliran Sungai (DTA atau catchment area) adalah suatu ekosistem kawasan yang komponen utamanya meliputi sumber daya alam (air, tanah dan tumbuh-tumbuhan). Pada gambar 2.8 menunjukkan contoh bentuk DAS.



Gambar 2. 7 Daerah Aliran Sungai (DAS) (I Wayan Sutapa, 2006)

### 2.1.3 Curah Hujan

Jumlah curah hujan yang diperlukan untuk pengembangan rencana penggunaan air dan proyek pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh wilayah yang bersangkutan. Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang mengendap di suatu tempat datar, tanpa menguap, meresap, atau mengalir. Satu liter air hujan berarti luas satu meter persegi di tanah datar dapat menampung segelas air atau satu liter air. Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan per satuan waktu. Jika dikatakan intens, itu berarti hujan lebat dan situasi ini sangat berbahaya karena dapat menyebabkan banjir.

Tabel 2. 1 Kriteria Pemilihan Tiga Metode

Luas DAS	Metode Hujan Rata-rata
DAS besar (> 5000 km <sup>2</sup> )	Metode Isohyet
DAS sedang (500 s/d 5000 km <sup>2</sup> )	Metode Thiessen
DAS kecil (<500 km <sup>2</sup> )	Metode Rata-Rata Aljabar

Sumber: Suripin, 2004

#### 2.1.3.1 Metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar)

Metode rata-rata dilakukan pada beberapa stasiun dengan cara menjumlahkan lalu membagi jumlah dari stasiun. Stasiun yang dipakai adalah yang terletak dekat dengan DAS. Perhitungan rata-rata aritmatik bekerja dengan baik jika stasiunnya dapat terbagi rata di daerah tangkapan air. (Triatmodjo, 2008).

Rumus:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

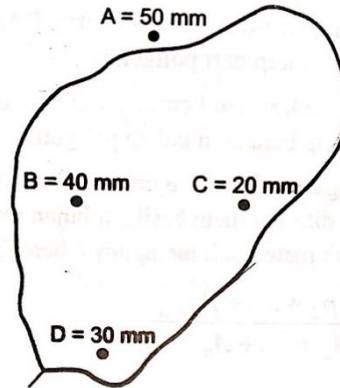
R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

n = Jumlah stasiun pengamatan

R1 = Curah hujan pada stasiun pengamatan satu (mm)

R2 = Curah hujan pada stasiun pengamatan dua (mm)

$R_n$  = Curah hujan pada stasiun pengamatan n (mm)



Gambar 2. 8 DAS Metode Aljabar (Triatmodjo, 2008)

### 2.1.3.2 Metode *Polygon Thiessen*

Perhitungan Thiessen ini memakai bobot setiap stasiun yang terwakili di dekat area yang terwakili. Jika stasiun curah hujan daerah penelitian tidak sama, sehingga dibuat curah hujan rata-rata untuk menghitung luas daerahnya masing-masing stasiun.

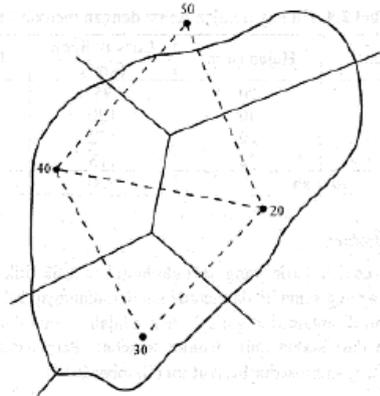
$$\bar{p} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

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

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ....., n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n



Gambar 2. 9 DAS Metode Polygon Thiessen (Triatmodjo, 2008)

### 2.1.3.3 Metode Ishoyet

Perhitungan ini memakai garis yang dihubungkan kepada titik tertentu sehingga memiliki ketinggian presipitasi yang sama. Dalam perhitungan isobarik, dapat di perkirakan curah hujan pada 2 daerah isobar sehingga terbagi secara merata dan sama dengan rata-rata kedua isobar.

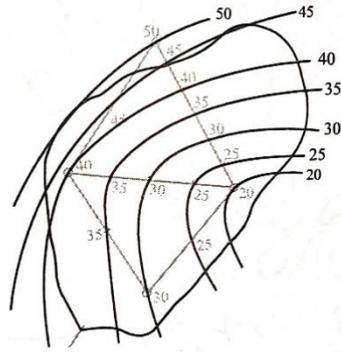
$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_2 + R_3}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n+1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad \dots(2.3)$$

Dimana:

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

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan stasiun 1, 2, ..., n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas bagian yang dibatasi oleh isohyet-isohyet (km<sup>2</sup>).



Gambar 2. 10 DAS Metode Isohyet (Triatmodjo, 2008)

### 2.1.4 Analisis Frekuensi Hidrologi

Merupakan metode yang bertujuan untuk menghasilkan probabilitas terjadinya curah hujan atau debit yang dihasilkan yang berfungsi untuk acuan perencanaan hidrologi mengantisipasi kejadian-kejadian ekstrem seperti banjir. Tujuan menganalisis frekuensi yaitu untuk korelasi antara kejadian ekstrim dengan frekuensi kejadian menggunakan distribusi probabilitas (Triatmodjo, 2008). Tahapan dalam melakukan analisis frekuensi yaitu:

#### 2.1.4.1 Perhitungan Parameter Statistik

- a. Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

$\bar{X}$  = nilai rata-rata curah hujan (cm)

$X_i$  = data curah hujan ke 1 (cm)

$n$  = data hujan

- b. Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

$Sd$  = Standar deviasi

$\bar{X}$  = nilai rata-rata curah hujan

n = Banyaknya data hujan

c. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \dots \dots \dots (2.6)$$

d. Koefisien *Skewness*/Kemencengan

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)Sd^3} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3 \dots \dots \dots (2.7)$$

e. Koefisien Kurtois

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4}{Sd^4} \dots \dots \dots (2.8)$$

**2.1.4.2 Pemilihan Sebaran**

Pemilihan jenis sebaran dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan dengan parameter untuk menentukan jenis sebaran.

*Tabel 2. 2 Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Sebaran*

Distribusi	Persyaratan
Normal	Cs ≈ 1 Ck ≈ 3
Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> + 3Cv Ck = Cv <sup>8</sup> +6Cv <sup>6</sup> +15Cv <sup>4</sup> +16Cv <sup>2</sup> +3
Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4
Log Pearson III	Cs ≠ 0

*Sumber: Triatmodjo, 2008*

### 2.1.4.3 Pengujian Sebaran

Pengujian sebaran bertujuan untuk menganalisis curah hujan Harian Maksimum (HHM) memakai dengan macam-macam metode:

#### a. Metode Gumbel

Bertujuan untuk mencari periode ulang tertentu memakai Metode Gumbel. Persamaan yang dipakai adalah (CD.Soemarto, 1999):

$$X_T = \bar{X} + \frac{Sd}{S_n}(Y_T - Y_n) \dots \dots \dots (2.9)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan Y<sub>T</sub> dapat dihitung dengan rumus:

Untuk T ≥ 20, maka : Y = ln T

$$Y_T = -\ln \left[ -\ln \frac{T-1}{T} \right] \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

X<sub>T</sub> = Nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun

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

Sd = Standar deviasi (simpangan baku)

Y<sub>T</sub> = Nilai reduksi variat (reduced variate) dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun, dapat dilihat pada tabel 2.3

Y<sub>n</sub> = Nilai rata-rata dari reduksi variat (reduce mean) nilainya tergantung dari

jumlah data (n), dapat dilihat pada tabel 2.4

$S_n$  = Standar deviasi dari standar deviasi (reduced standart deviation) nilainya tergantung dari jumlah data (n), dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. 3 . Nilai Reduce Variate ( $Y_T$ )

No	Periode Ulang, T (tahun)	Reduce Variate ( $Y_T$ )
1.	2	0,3668
2.	5	1,5004
3.	10	2,251
4.	20	2,9709
5.	25	3,1993
6.	50	3,9028
7.	75	4,3117
8.	100	4,6012
9.	200	5,2969
10.	250	5,5206
11.	500	6,2149
12.	1000	6,9087
13.	5000	8,5188
14.	10000	9,2121

Sumber: Suripin, 2004.

Tabel 2. 4 . Nilai Reduce 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	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
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: Suripin, 2004

Tabel 2. 5 Nilai Reduce Mean (Yn)

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	1,1047	1,1086
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

**b. Metode Log Pearson Type III**

Terdapat beberapa variable yang diperlukan untuk distribusi Log Pearson III adalah:

1. Harga rata-rata (Mean)
2. Simpangan baku (Standar Deviasi)
3. Koefisien Kemencengan.

Berikut langkah yang digunakan untuk menghitung curah hujan adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

1. Data harian curah hujan maksimum tahunan sebanyak n tahun dibentuk dalam logaritma.
2. Hitung harga rata-ratanya sebagai berikut:

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

Dimana:

$\log \bar{X}$  = Curah hujan.

N = Jumlah data.

$X_i$  = Curah hujan rata-rata.

3. Hitung harga simpangan baku (standar deviasinya):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.13)$$

4. Hitung koefisien kemencengan:

$$C_s = \frac{n \sum (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

Cs = Koefisien skewness.

5. Hitung logaritma curah hujan rancana dengan periode ulang tertentu dengan rumus sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + k.S \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

Xt = Curah hujan rancana periode ulang T tahun.

K = Harga yang diperoleh berdasarkan nilai Cs yang akan didapatkan pada tabel.

6. Menghitung koefisien kurtosis (Ck):

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \times \sum_{i=1}^n \{ \log(X_i) - \log \bar{X} \}^4 \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana:

Ck = Koefisien kurtosis.

7. Menghitung koefisien variasi (Cv):

$$C_v = \frac{S}{\log \bar{X}} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana:

Cv = Koefisien variasi.

8. Menghitung nilai ekstrem:

$$\log X = \overline{\log X} + G.S \dots \dots \dots (2.18)$$

9. Menentukan antilog dari LogX sehingga didapat hujan (debit banjir) rancangan yang dikehendaki.

**c. Metode Distribusi Normal**

Perhitungan periode ulang hujan memakai metode distribusi normal beracu dengan nilai variabel reduksi Gauss yang dapat dilihat dalam tabel 2.6.

Tabel 2. 6 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
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: Soewarno, 1995

Berikut merupakan rumus yang berujuan untuk mencari periode ulang distribusi normal.

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

$X_T$  = Curah hujan periode ulang (mm/hari).

$\bar{X}$  = Nilai hujan maksimum rata-rata (mm/hari).

$K_T$  = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi gauss).

$S$  = Standar deviasi (simpangan baku).

**d. Distribusi Log Normal**

Metode distribusi log normal digunakan nilai logaritma daru distribusi normal.

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana:

$X_T$  = Besarnya curah hujan dengan periode ulang T tahun

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

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

$Sd$  = Standar deviasi (simpangan baku)

Ciri khas statistik distribusi Log Normal adalah nilai koefisien deviasinya tiga kali nilai koefisien variasi (Cv) atau bernilai positif.

**2.1.4.4 Uji Kesesuaian Distribusi**

Uji ini bertujuan untuk mendistribusikan sampel untuk mencari probabilitas sebaran dari metode hujan rencana yang sudah ditentukan, sehingga perlu dilakukan pengecekan pengecekan parameter verifikasi. Tes parametrik yang akan disajikan adalah:

**a. Uji Smirnov – Kolmogorov**

Menurut Soewarno (1995), Uji ini sering disebut uji kecocokan non parametrik dimana pengujian tersebut tidak menggunakan beberapa fungsi distribusi. Prosedurnya sebagai berikut:

$$a = \frac{P_{max}}{P(x)} - \frac{P(x_i)}{\Delta_{cr}} \dots\dots\dots (2.21)$$

Prosedur uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof yaitu:

- i. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besaran nilai masing-masing data tersebut:

$$X_1 \rightarrow P(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P(X_n)$$

- ii. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya):

$$X_1 \rightarrow P'(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P'(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P'(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P'(X_n)$$

- iii. Dari dua nilai probabilitas, tentukan perbedaan terbesar antara probabilitas pengamat dan probabilitas teoritis..

- iv. Tabel nilai kritis dari Smirnov-Kolmogorof test, terdapat pada Tabel Lampiran B

**b. Uji Chi – Kuadrat (Chi Square)**

Uji Chi – Kuadrat bertujuan melakukan persamaan probabilitas untuk merepresntasikan data yang sudag dianalisis. Hasil pengambilan sampael parameter X2 dihitung dengan rumus:

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

$X_h^2$  = Parameter Chi – Kuadrat terhitung

G = Jumlah sub – kelompok

O<sub>i</sub> = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

K<sub>i</sub> = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter  $X_h^2$  ialah variabel acak. Probabilitas untuk mendapatkan nilai  $X_h^2$  sama ataupun lebih besar dibandingkan dengan nilai Chi – Kuadrat yang merupakan sebenarnya ( $X^2$ ). Tahapan yang dilakukan pada Uji parameter Chi – Kuadrat yaitu:

- i. Mengkelompokan data pengamatan.
- ii. Membagi data pada kelompok G subgrup yang beranggotakan masing-masing minimal empat data pengamatan.
- iii. Melakukan penjumlahan data pada persamaan distribusi yang berfungsi untuk menentukan data sebesar O, setiap sub grup.
- iv. Melakukan perjumlahan data berdasarkan rumus yang menghasilkan sebesar  $E_i$ .
- v. Setiap sub group dihitung nilai:  

$$(O_i - E_i) \& \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$
- vi. Jumlah keseluruhan G sub grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  menghasilkan nilai *Chi-Square* terhitung.
- vii. Menentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$  (Nilai  $R=2$  sehingga menghasilkan distribusi Normal dan Binomial, serta nilai  $R = 1$ , yang berguna sebagai distribusi poisson)

### 2.1.5 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan digunakan agar mendapatkan debit rencana ketika merencanakan pembangunan bangunan air. Pada umumnya besar intensitas hujan dipengaruhi oleh lama hujan berlangsung. Makin lama waktu hujan berlangsung maka intensitasnya makin berkurang (Soemarto, 1987).

Rumus untuk mendapatkan intensitas curah hujan sehingga mendapatkan analisis distribusi frekuensi yang sudah dirata-rata, menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[ \frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (jam)

R24 = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

### 2.1.6 Debit Banjir Rencana

Perhitungan ini menggunakan beberapa metode yaitu :

#### 2.1.6.1 Metode Rasional

Menurut Wanielista (1990) cara rasional hubungan antara limpasan dan intensitas curah hujan, sehingga hanya digunakan untuk memprediksi limpasan puncak (*peak discharge*). Cara ini dapat didefinisikan secara aljabar sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut (Subarkah, 1980):

$$Q_t = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \text{ (m}^3\text{/detik)} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana:

Q<sub>t</sub> = debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/dtk)

C = koefisien run off (koefisien limpasan)

I = intensitas maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = luas daerah aliran (km<sup>2</sup>)

Konstanta 0,278 adalah faktor konversi debit puncak ke satuan dalam m<sup>3</sup>/detik (Seyhan, 1990). Koefisien run off

didapatkan beberapa variable yaitu jenis tanah, kemiringan, luas dan bentuk pengaliran sungai. Berdasarsakan penentuan nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 2.7

Tabel 2. 7 Koefisien Pengaliran

Tipe daerah aliran	Kondisi daerah	Koefisien pengaliran (C)
Perumputan Perdagangan	Tanah Gemuk 2-7%	0,18 – 0,22
	Daerah kota	0,70 – 0,95
Perumahan	Daerah dekat kota	0,50 – 0,70
	Singel family	0,3 – 0,5
	Terpisah penuh	0,4 – 0,6
	Tertutup/rapat	0,6 – 0,7
Industri	Apartemen	0,5 – 0,7
	Ringan	0,5 – 0,8
	Berat	0,6 – 0,9

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya, 2012

#### 2.1.6.2 Metode Melchior

Metode Melchior merupakan metode yang bertujuan untuk memprediksi limpasan yang masuk ke suatu daerah tangkapan air (DAS) yang lebih besar dari 100 km<sup>2</sup>. Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut (Subarkah, 1980):

$$Qt = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \dots\dots\dots(2.25)$$

i. Koefisien Pengaliran ( $\alpha$ ):

Koefisien pengaliran Melchior berkisar 0,42-0,62 dan direkomendasi menggunakan 0,52 (Loebis, 1987).

ii. Koefisien Reduksi ( $\beta$ ):

$$f = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720\beta \dots\dots\dots(2.26)$$

iii. Menghitung waktu tiba banjir (t) dengan persamaan:

$$t = \frac{1000L}{3600V} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana:

T = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai (km)

V = Kecepatan air rata-rata

iv. Menghitung kecepatan aliran (V) dengan persamaan:

$$V = 1,31 \cdot \sqrt[5]{\beta \cdot q \cdot f \cdot i^2} \dots\dots\dots(2.28)$$

v. Menghitung kemiringan rata-rata dasar sungai dengan rumus:

$$i = \frac{H}{0,9L} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana:

I = Kemiringan rata-rata sungai

H = Beda elevasi antara titik yang dimaksud

L = Panjang alur sungai (km)

vi. Hujan Maksimum (q)

Curah hujan maksimum (q) dihitung dari grafik hubungan antara persentase curah hujan dengan t atas curah hujan harian dengan luas DPS dan waktu..

$$Qt = \alpha * q * F \frac{Rt}{200} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana:

Qt = debit banjir rencana (m3/det).

a = koefisien run off.

Ft = koefisien reduksi daerah untuk curah hujan DAS.

q = hujan maksimum (m3/km2/det).

t = waktu konsentrasi (jam).

F = luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>).

L = panjang sungai (km).

I = gradien sungai atau medan yaitu kemiringan rata-rata sungai (10% bagian hulu dari panjang sungai tidak dihitung. Beda tinggi dan panjang diambil dari suatu titik 0,1 L dari batas hulu DAS).

### 2.1.7 Kala Ulang

Berbagai jenis pekerjaan irigasi memerlukan perhitungan hidrologi sebagai bagian dari perencanaannya. Pemilihan interval kembali banjir desain untuk fasilitas air merupakan masalah ketergantungan yang besar pada analisis statistik dari urutan kejadian banjir.

Tabel 2. 8 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

Tipologi Kota	DAERAH TANGKAPAN AIR (Ha)			
	< 10	10 – 100	101 – 500	> 500
Kota Metropolitan	2 Th	2 – 5 Th	5 – 10 th	10 – 25 th
Kota Besar	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 20 th
Kota Sedang	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 10 th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 – 5 Th

Sumber: Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014, 2014

### 2.1.8 Model EPA SWMM

EPA SWMM (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat model simulasi hujan dinamis.

EPA SWMM merupakan aplikasi yang dibangun di tahun 1971 dan mendapatkan penaikan sistem yang besar dari awal terbentuk. EPA SWMM memiliki banyak fungsi sehingga sering dipakai di dunia pekerjaan khusunta di bidang perancangan drainase dan bangunan air lainnya.

Dalam langkah untuk menjalankan aplikasi ini maka sistem drainase merupakan hal yang penting untuk kuasai. Untuk melakukan

permodelan sistem drainase di EPA SWMM 5.2 maka beberapa bagian harus di miliki seperti titik pertemuan saluran, saluran, daerah tangkapa air dan lain-lain.

Objek Program EPA SWMM :

a. *Rain Gage*

Alat pengukur hujan berfungsi menampakan data input ke sistem dan kemudian memberikan data curah hujan untuk satu atau lebih *sub-catchment* di wilayah studi wilayah (Rosmann, 2015).

b. *Subcatchment*

*Subcatchment* daerah tangkapan air yang bertujuan memperlihatkan *run off* di dalam sistem drainase.(Rosmann, 2015).

c. *Outfall*

*Outfall* adalah titik akhir dari sistem drainase yang biasanya didefinisikan sebagai ujung batas hilir (Rosmann, 2015).

d. *Junction*

*Junction* merupakan titik di suatu sistem drainase ketika saluran bertemu. Secara tidak langsung *junction* alami saluran air, lubang di jaringan drainase, atau sambungan pipa. Persimpangan ini terletak pada elevasi terendah (sungai) yang berbatasan dengan sub-cekungan lainnya. Pertukaran dapat berupa pertemuan saluran permukaan alami, saluran pembuangan, dan lain-lain.(Rosmann, 2015).

e. *Conduit*

*Conduit* merupakan yang berfungsi menghubungkan *junction-junction* sehingga dapat memindahkan air. Bentuk desain *conduit* biasanya saluran tertutup, terbuka atau tidak beraturan (Rosmann, 2015).

f. *Flow Divider*

*Flow divider* merupakan komponen drainase untuk menyalurkan *inflow*. Sebuah flow divider bisa saja hanya

memiliki dua *conduit* pada satu sistemnya (Rosmann, 2015).

g. *Flow Regulators*

*Flow regulator* adalah sarana yang berfungsi melakukan pengalihan pada limpasan. (Rosmann, 2015).

h. *Pumps*

*Pumps* berfungsi sebagai alat peninggi elevasi.(Rosmann, 2015).

i. *Storage Unit*

Unit penyimpanan yang berfungsi untuk menyimpan air. (Rosmann, 2015).

## 2.2 Penelitian Terdahulu

### 2.2.1 Evaluasi Saluran Drainase Perumahan Menggunakan Model EPA SWMM

Dilihat dari simulasi model sistem drainase dari total 382 mm curah hujan rencana, rata-rata total limpasan yang terjadi pada masing-masing *subcatchment* sebesar 369,2 m<sup>3</sup> dan rata-rata limpasan maksimum yang dilalui masing-masing *subcatchment* sebesar 0,19 m<sup>3</sup>/detik. Limpasan paling besar terjadi pada *subcatchment* S24 sebesar 392,06 m<sup>3</sup>.

### 2.2.2 Rifki Priyambodo, Peningkatan Efektivitas Tampungan Situ Ciledug Pamulang Melalui Perbaikan Penampang, (2020)

Tujuan pada kajian ini yaitu meningkatkan efektivitas kolam tampungan dengan pemodelan aplikasi SWMM 5.2. Dalam tahapannya didapati analisis hidrologi untuk mencari besarnya curah hujan maksimum rencana tahun sebesar 107.000 mm dengan kala ulang 100 tahun untuk medapati diagram *hyeptograph* sebagai data curah hujan dalam aplikasi SWMM 5.2. Dalam hasil permodelannya dengan kedalaman kolam sebesar 1.3 meter, didapati besarnya debit inflow yang masuk ke dalam Situ Ciledug Pamulang sebesar 87.5037 m<sup>3</sup>/detik, serta flooding kolam tampungan sebesar 30.145 m<sup>3</sup>/detik. Sehingga diperlukan pertambahan kedalaman sebesar 0.7 meter untuk

menampung debit flooding tersebut sebagai salah satu solusi penanganan banjir akibat luapan Situ Ciledug Pamulang. Dengan penambahan kedalaman tersebut, kolam tampungan Situ Ciledug Pamulang dapat menampung serta menahan debit banjir akibat luapan lebih lama sesuai dengan konsep penanganan banjir yang efektif digunakan dalam wilayah perkotaan.

### **2.2.3 Shafira Khalisa, Analisis Drainase Sistem Biopori untuk Mengendalikan Banjir di Perumahan Pondok Maharta, Tangerang Selatan, (2020)**

Fasilitas akomodasi Pondok Maharta yang terletak di perkotaan mengalami perkembangan yang pesat, sehingga mengakibatkan ketidakseimbangan kawasan hijau yang ada sebagai kawasan pemukiman dan daerah aliran sungai. Ini adalah penyebab utama banjir. Debit banjir didapat dari SWMM 5.0 durasi 100 tahun, mendapatkan  $D_{max}$  0,98 m<sup>3</sup>/s. didapatkan perhitungan LRB 750 unit .