

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

2.1.1 Analisa Kapasitas Pengendalian Banjir Dengan Perbandingan Metode HSS, HEC-HMS dan HEC-RAS di Daerah Aliran Sungai Sei Sikambang, Kabupaten Deli Serdang (Lambot Trisaputra Sihotang dan Syahrizal, Ivan Indrawan / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, 2015)

Sungai Sei Sikambang merupakan salah satu anakan sungai atau Sub DAS dari Sungai Deli. Sub DAS Sei Sikambang terbentang sepanjang 4.223,93 ha meliputi Kabupaten/Kota Deli Serdang dan Medan. Pertumbuhan penduduk yang pesat di pinggiran DAS Sei Sikambang merubah fungsi daerah resapan air menjadi daerah berpotensi banjir di Kota Medan. Metodologi Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pengolahan data primer meliputi data karakteristik dan geometri sungai, data sekunder terdiri dari data stasiun hujan, data curah hujan harian maksimum, dan data karakteristik DAS yang di analisa kedalam metode Hidrograf Satuan Sintetik, HEC-RAS dan Simulasi HEC-HMS. Pada perhitungan debit banjir rancangan diperlukan data curah hujan, data pengukuran sungai, dan kondisi sungai. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung hujan rencana kala ulang 2,5,10,20,25 dan 50 tahun dengan Analisa distribusi frekuensi curah hujan seperti Distibusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Pearson III dan Distribusi Gumbel, sehingga dipilih analisa Distribusi Gumbel yang lebih mendekati dan lebih teliti. Data debit banjir kala ulang 15, 25 dan 50 kemudian dimodelkan dan disimulasikan pada software Hydrologic Engineering Center River Analysis System (HEC-RAS) Versi 4.0 dan The Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) untuk melihat sejauh mana pengaruh banjir yang terjadi pada kawasan sepanjang 1 km sungai seikambang yang dianalisa.

2.1.2 Perencanaan Sistem Drainase Kebon Agung Kota Surabaya Jawa Timur (Made Gita Pitaloka, Umboro Lasminto / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017)

Saluran Kebon Agung membentang dari Surabaya bagian selatan, Kecamatan Jambangan dan bermuara di sisi laut Surabaya bagian Timur, Kecamatan Rungkut. Saluran ini memiliki panjang 11 kilometer dan lebar berkisar antara 7 – 12 meter. Pada saluran Kebon Agung terdapat 2 rumah pompa, yaitu Pompa Kutisari dan Pompa Kebon Agung. Rumah pompa ini sudah berfungsi agar dapat mengurangi banjir di Surabaya, namun masih kurang maksimal, sehingga masih terjadi genangan di beberapa lokasi. Menurut BAPPEKO (Badan Perencanaan Pembangunan Kota) Surabaya tahun 2015, terjadi genangan setinggi 10-40 cm di Kecamatan Wonocolo dan setinggi 10-50 cm di Kecamatan Gununganyar. Perencanaan sistem drainase Kebon Agung dilakukan dengan meninjau kondisi saluran eksisting terlebih dahulu, kemudian melakukan analisa hidrologi dengan menggunakan program bantu HEC-HMS untuk mendapatkan debit banjir rencana. Sedangkan, analisa hidrolika menggunakan program bantu HEC-RAS dengan dua kali simulasi aliran tidak tetap (*unsteady flow*), yaitu simulasi kondisi saluran eksisting dan hasil perencanaan.

2.1.3 Studi Evaluasi dan Perencanaan Sistem Saluran Drainase Untuk Menanggulangi Banjir di Kota Puruk Cahu Kabupaten Murung Raya Provinsi Kalimantan Tengah (Ardian Suwindra, Ussy Andawayanti, Prima Hadi Wicaksono / Jurusan Pengairan / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2016)

Dalam beberapa tahun terakhir diketahui terjadi genangan di Kota Puruk Cahu yang mengganggu aktifitas masyarakat. Evaluasi saluran drainasi dan simulasi banjir diperlukan untuk mengetahui faktor penyebabnya. Luapan Sungai Barito mencapai ketinggian +41,00. Hasil analisa debit banjir historis didapatkan besarnya debit adalah 6.821,12 m³/dt dengan kala ulang 6 tahunan. Evaluasi kapasitas saluran drainase dilakukan dengan metode perbandingan antara debit rencana dengan kala ulang 10 tahun dan kapasitas saluran. Sedangkan simulasi banjir menggunakan RAS *Mapper* pada *software* HEC-RAS 5.0.3 dengan debit banjir rancangan 1 tahun, 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 20 tahun dengan alternatif solusi pembuatan tanggul dan kolam penampungan sementara dengan memanfaatkan lahan kosong di lokasi tersebut.

2.2 Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai system guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Menurut Suripin (2004) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase tidak hanya menyangkut air permukaan tapi juga air tanah. (Suripin, 2004)

Drainase yaitu suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase di sini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan air dan banjir. Kegunaan saluran drainase ini antara lain :

- 1) Meringankan daerah becek dan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
- 2) Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
- 3) Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
- 4) Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

(Suhardjono, dalam *Kelompok Kerja Sanitasi Kota Denpasar*, 2008)

2.2.1 Jenis- jenis Drainase

Jenis drainase dapat dikelompokkan sebagai berikut (Hadi Hardjaja, dalam *jurnal Kusumo 2009*):

- Drainase Menurut Sejarah Terbentuknya
 - 1) Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang, saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai. Daerah-daerah dengan drainase alamiah yang

relatif bagus akan membutuhkan perlindungan yang lebih sedikit daripada daerah-daerah rendah yang tertindak sebagai kolam penampung bagi aliran dari daerah anak-anak sungai yang luas.

2) Drainase Buatan

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu, gorong-gorong, dan pipa-pipa.

▪ Drainase Menurut Letak Bangunannya

1) Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan. Analisis alirannya merupakan analisis open channel flow (aliran saluran terbuka).

2) Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Subsurface Drainage*)

Saluran drainase yang bertujuan untuk mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa) dikarenakan alasan- alasan tertentu. Ini karena alasan tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran dipermukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, dan taman.

▪ Drainase Menurut Konstruksinya

1) Saluran Terbuka

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

2) Saluran Tertutup

Saluran yang pada umumnya sering di pakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan atau lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

▪ Drainase Menurut Sistem Buangannya

Pada sistem pengumpulan air buangan sesuai dengan fungsinya maka pemilihan sistem buangan dibedakan menjadi (*Hadi Hardjaja, dalam jurnal Kusumo 2009*):

1) Sistem Terpisah (*Separate System*)

Dimana air kotor dan air hujan dilayani oleh system saluran masing-masing secara terpisah.

2) Sistem Tercampur (*Combined system*)

Dimana air kotor dan air hujan disalurkan melalui satu saluran yang sama.

3) Sistem Kombinasi (*Pscudo Separate system*)

Merupakan perpaduan antara saluran air buangan dan saluran air hujan dimana pada waktu musim hujan air buangan dan air hujan tercampur dalam saluran air buangan, sedangkan air hujan berfungsi sebagai pengenceran penggelontor .kedua saluran ini tidak bersatu tetapi dihubungkan dengan sistem perpipaan interceptor.

2.2.2 Pola Jaringan Drainase

Suatu saluran pembuangan dibuat sesuai dengan kondisi lahan dan lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu drainase bisa di bangun dalam berbagai macam pola jaringan agar tercapai hasil yang optimal (*Sidhartha Karmawan, dalam jurnal Kusumo 2009*).

2.2.3 Fungsi Drainase

Drainase memiliki banyak fungsi, diantaranya (*Moduto, dalam jurnal Ainal Muttaqin 2011*):

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

2.3 Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang membahas mengenai sirkulasi air yang ada di bumi, yang meliputi kejadiannya, distribusinya, pergerakannya, sifat-sifat fisik dan kimianya, serta hubungannya dengan lingkungan kehidupan. Pengamatan hidrologi merupakan hal yang sangat kompleks karena dipengaruhi hujan yang sifatnya acak dan merupakan proses yang tidak pasti. Maka harus diterapkan ilmu statistik untuk menyaring sejumlah data hidrologi hasil pengukuran yang kritis kemudian dilakukan pengujian. Karena itulah ilmu hidrologi bukanlah ilmu yang eksak tetapi merupakan ilmu yang bersifat menafsirkan. Perhitungan data hujan diperlukan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana yang berpengaruh pada besarnya debit air yang mengalir melalui suatu sungai. Ilmu hidrologi diperlukan untuk menentukan desain parameter yang menunjang masalah keteknikan yaitu perencanaan, perancangan, dan

pengoperasian, terutama untuk bangunan hidraulik atau bangunan fisik yang lain. Untuk bidang teknik sumber daya air maka desain parameter cukup dinamik dan hanya merupakan perkiraan sehingga masih diperlukan wawasan yang cukup luas. Lain halnya dengan bidang struktur dimana parameternya sudah lebih pasti. Biasanya kalau untuk sesuatu yang sangat penting (misalnya menentukan tanggul banjir), desain parameter diestimasi dengan beberapa cara sehingga ada beberapa desain alternatif. Desain parameter ini dapat berubah jika lingkungannya berubah dan tergantung pada banyak faktor.

2.3.1 Metode Perhitungan Curah Hujan Daerah

Metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung curah hujan daerah adalah dengan metode *Thiessen*. Cara ini memperhitungkan luas daerah yang diwakili oleh stasiun yang bersangkutan, untuk digunakan sebagai faktor dalam menghitung hujan rata-rata. Poligon didapat dengan cara menarik garis hubung antara masing-masing stasiun, kemudian menarik garis-garis sumbunya.

Hasil metode polygon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5000 km², dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah- langkah sebagai berikut :

- 1). Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS. Antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
- 2). Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen (Gambar 2.1). Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada pos tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
- 3). Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS, A , dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.
- 4). Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut

Rumus:

$$R = \sum_{i=1}^{i=n} C_i \cdot R_i \quad \dots\dots(2.1)$$

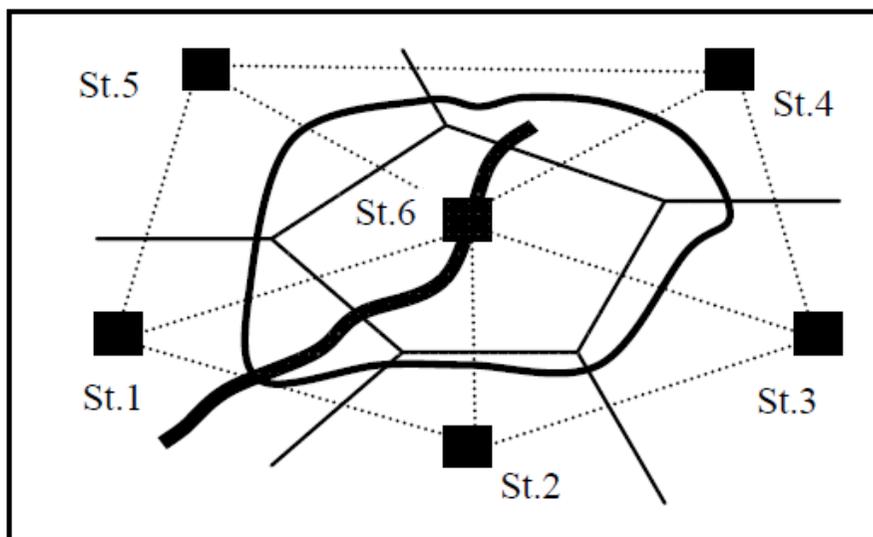
$$C_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \dots\dots (2.2)$$

dimana: R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

C_i = Koefisien *Thiessen* pada stasiun i

A_i = Luas DAS stasiun i (km²)

R_i = Curah hujan pada stasiun i (mm)



Gambar 2.1 Metode Polygon Thiessen

(Sumber: Suripin 2004)

Keterangan:

—————	: Batas Daerah Aliran Sungai (DAS)
—————	: Aliran air sungai
—————	: Garis Poligon
.....	: Garis hubung antar stasiun
■	: Stasiun hujan

Curah hujan yang dipakai adalah curah hujan harian maksimum dalam satu tahun yang terjadi pada stasiun pengukur dengan luas daerah tangkapan dominan. Sedangkan untuk stasiun pengukur yang lain, curah hujan harian yang terpakai adalah curah hujan harian yang terjadi pada hari yang sama dengan hari terjadinya curah hujan maksimum pada stasiun tersebut.

2.3.2 Metode Perhitungan Curah Hujan Rencana

Untuk mendapatkan data curah hujan rencana yang akurat, maka diperlukan adanya pembandingan. Makin banyak pembandingan maka makin akurat data tersebut.

1. Pengujian Sebaran

Dalam pengujian sebaran dikenal beberapa metode distribusi sebaran, yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log *Pearson* Tipe III. Untuk menentukan distribusi sebaran yang akan digunakan, diperlukan syarat-syarat statistik. Syarat-syarat tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pedoman Umum Penggunaan Metode Distribusi Sebaran

No.	Jenis Sebaran	Syarat
1	Normal	$C_s = 0 ; C_k = 3$
2	Log Normal	$C_s = 1,104 ; C_k = 5,24$
3	Gumbel	$C_s \approx 1,14 ; C_k \approx 5,4002$
4	Log <i>Pearson</i> Tipe III	$C_s \neq 0 ; C_{VI} = 0,3$

(Sumber : Suwarno, 1995)

Data statistik yang diperlukan

1) Standar Deviasi

$$S_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \dots(2.3)$$

2) Koefisien Skewness

$$C_s = \frac{n \sum_{i=0}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S_x^3} \quad \dots(2.4)$$

3) Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_x^4} \quad \dots(2.5)$$

4) Koefisien variasi

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{x}} \quad \dots(2.6)$$

Dimana: S_x = Standar deviasi

C_s = Koefisien *Skewness*

C_k = Koefisien *Kurtosis*

Cv= Koefisien variasi

X_i = Hujan harian maksimum daerah (mm)

\bar{X} = Hujan harian maksimum daerah rata-rata (mm)

n = Banyaknya data

2. Distribusi Sebaran

Setelah didapatkan standar deviasi (S_x), koefisien *Skewness* (Cs), koefisien *Kurtosis* (Ck), koefisien variasi (Cv) dari data curah hujan, maka sesuai dengan syarat-syarat statistik yang terdapat pada Tabel 3.1, akan didapatkan metode yang akan digunakan untuk pengujian sebaran dalam perhitungan curah hujan rencana. Keempat metode tersebut adalah *Log Pearson Tipe III*, Normal, Log Normal, dan Gumbel.

1. Metode *Log Pearson Tipe III*

$$\text{Rumus : } \quad \text{Log} X = \text{Log} \bar{x} + k \cdot S_{\text{Log}x} \quad \dots(2.7)$$

$$S_{\text{Log}x} = \sqrt{\frac{\sum \text{Log}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \dots(2.8)$$

$$Cs = \frac{n \sum \text{Log}(x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S_{\text{Log}x}^3} \quad \dots(2.9)$$

Dimana: X = Curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun(mm)

$\text{Log } x_i$ = Hujan harian maksimum daerah dalam logaritmik

$\text{Log } \bar{x}$ = Hujan harian maksimum daerah rata-rata dalam logaritmik

$S_{\text{Log}x}$ = Standar deviasi dalam logaritmik

K = Karakteristik distribusi peluang Log Pearson Tipe III

Cs = Koefisien kemencengan

n = Banyaknya data

2. Metode Normal

$$\text{Rumus: } X_t = \bar{x} + U.S_x \quad \dots(2.10)$$

dimana: X_t = Curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

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

S_x = Standar deviasi

U = *Standard Variable*, tergantung pada nilai T tahun (dapat dilihat pada Tabel 2.2)

Tabel 2.2 Hubungan Periode Ulang (T) Dengan Standard Variable (U)

Periode Ulang (T)	<i>Standard Variable (U)</i>
5	1,64
10	1,26
15	1,63
20	1,89
25	2,10
50	2,75

(Sumber : Imam Subarkah, 1978)

3. Metode Gumbel

$$\text{Rumus: } x_t = \bar{x} + k.S_x \quad \dots(2.11)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \dots(2.12)$$

$$k = \frac{Y_t + Y_n}{S_n} \quad \dots(2.13)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \dots(2.14)$$

$$Y_t = -Ln\{Ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\} \quad \dots(2.15)$$

dimana: X_t = Curah hujan dengan periode ulang t tahun (mm)

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

S_x = Standar deviasi

Y_t = Reduced Variate, tergantung dari nilai T periode ulang (dapat dilihat pada tabel 2.2)

- T = Periode ulang (tahun)
- Yn = Nilai rata-rata *reduced variate mena*,
tergantung dari banyaknya data (n) (dapat dilihat pada Tabel 2.4)
- Sn = Standar deviasi dari *reduced variate mean*,
tergantung dari banyaknya data (n) (dapat dilihat pada Tabel 2.4)
- n = Banyaknya data

Tabel 2.3 Hubungan T Dengan Yt

T	Yt
2	0,3065
5	1,4999
10	2,2054
20	2,9702
50	3.9019
100	4.6001
200	5.2958
500	6,2136
1000	6,9072

(Sumber: CD Soemarto, 1995)

Tabel 2.4 Hubungan Reduced Variate Mean (Yn) dan Reduced Deviation (Sn) dengan Banyaknya Data (n)

N	Yn	Sn	N	Yn	Sn
10	0,4952	0,9497	65	0,5535	1,1803
15	0,5128	1,0206	70	0,5548	1,1854
20	0,5236	1,0628	75	0,5559	1,1898
25	0,5309	1,0915	80	0,5569	1,1938

N	Yn	Sn	N	Yn	Sn
30	0,5362	1,1124	85	0,5578	1,1973
35	0,5402	1,1285	90	0,5586	1,2007
40	0,5436	1,1413	95	0,5593	1,2038
45	0,5436	1,1519	100	0,5600	1,2065
50	0,5485	1,1607	200	0,5672	1,2360
55	0,5504	1,1681	500	0,5724	1,2590
60	0,5521	1,1745	1000	0,5745	1,2690

(Sumber: CD Soemarto, 1995)

4. Metode Log Normal

Distribusi Log Normal yang digunakan yaitu Distribusi Log Normal 2 Parameter.

$$\text{Rumus: } \text{Log}X = \text{Log}\bar{x} + Y \cdot S_{\text{Log}x} \quad \dots(2.16)$$

$$\text{Log}\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}x_i}{n} \quad \dots(2.17)$$

$$S_{\text{Log}x} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{Log}x_i - \text{Log}\bar{x})^2 \quad \dots(2.18)$$

$$Cv = \frac{S_{\text{Log}x}}{\text{Log}\bar{x}} \quad \dots(2.19)$$

dimana: X = Curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

Y = Faktor frekuensi dari log normal 2 parameter sebagai fungsi dari koefisien variasi dan periode ulang T tahun (dapat dilihat pada lampiran Tabel 2.2)

Cv = Koefisien variasi

n = Banyaknya data

$\text{Log}x_i$ = Curah hujan dalam logaritmik

$\text{Log}\bar{x}$ = Curah hujan rata-rata dalam logaritmik

$S_{\text{Log}x}$ = Standar deviasi dalam logaritmik

Setelah didapatkan distribusi sebaran yang memenuhi syarat sesuai dengan data statistik, selanjutnya dilakukan uji sebaran dengan metode *Chi Kuadrat*. Pengujian kecocokan sebaran adalah untuk

menguji apakah sebaran yang dipilih dalam pembuatan kurva cocok dengan sebaran empirisnya. Uji *Chi Kuadrat* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik data yang dianalisa.

$$\text{Rumus: } X^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Of - Ef}{Of} \right)^2 \quad \dots(2.20)$$

dimana: X^2 = Harga *Chi Kuadrat*

Ef = Banyaknya frekuensi yang terbaca pada tiap kelas

Of = Banyaknya frekuensi yang diharapkan

n = Jumlah data

Prosedur yang digunakan dalam metode *Chi Kuadrat* adalah:

1. Urutkan data pengamatan (x) dari besar ke kecil
2. Hitung jumlah kelas yang ada, yaitu:

$$K = 1 + (3,322 \cdot \text{Log } n) \quad \dots(2.21)$$
3. Hitung nilai frekuensi yang diharapkan, yaitu:

$$Of = \frac{\sum n}{\sum K} \quad \dots(2.22)$$
4. Menentukan Panjang kelas (Δx), yaitu

$$\Delta x = \frac{X_{\text{terbesar}} - X_{\text{terkecil}}}{K - 1} \quad \dots(2.23)$$
5. Menentukan nilai awal kelas terendah, yaitu:

$$X_{\text{awal}} = X_{\text{terkecil}} - \frac{1}{2} \Delta x \quad \dots(2.24)$$
6. Hitung nilai *Chi Kuadrat* (X^2) untuk setiap kelas, kemudian hitung nilai total X^2

Nilai *Chi Kuadrat* (X^2) dari perhitungan harus lebih kecil dari nilai *Chi Kuadrat* kritis (X^2_{Cr}) pada tabel 2.5 untuk derajat kebebasan tertentu.

Rumus: DK = Derajat kebebasan
 K = Jumlah kelas
 P = Banyaknya keterikatan;

- nilai $P = 2$, untuk distribusi normal dan log normal

- nilai P = 1, untuk distribusi *Pearson* dan *Gumbel*

Tabel 2.5 Nilai Chi Kuadrat Kritis (χ^2_{Cr})

Dk	Derajat Kepercayaan (α)							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,020	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,142	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750

(Sumber: Soewarno, 1995)

Interpretasi hasil uji:

- 1). Apabila derajat kepercayaan (α) lebih dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima,
- 2). Apabila derajat kepercayaan (α) kurang dari 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima,
- 3). Apabila derajat kepercayaan (α) berada di antara 1 - 5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu data tambahan.

2.3.3 Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Untuk menghitung intensitas curah hujan digunakan metode menurut DRMononobe, yaitu:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad \dots(2.26)$$

dimana: I = Intensitas curah hujan (mm)/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = Lamanya curah hujan (jam)

2.3.4 Analisa Hujan Rata- Rata

Dalam perencanaan drainase kawasan, perlu diketahui besarnya curah hujan yang mewakili DAS kawasan tersebut. Adapun metode yang dapat digunakan, yaitu :

1. Rata-rata Aljabar (*Arithmetic Mean*)

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang sama. (cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar).

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad \dots(2.37)$$

2.3.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana adalah metode Rasional dan metode *Haspers*.

1. Metode Rasional

Metode rasional dapat dinyatakan secara aljabar dengan persamaan berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad \dots(2.38)$$

dimana: Q = Debit banjir rencana (m³/dt)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (km²)

Koefisien pengaliran (C) tergantung pada beberapa faktor antara lain jenis tanah, kemiringan, luas dan bentuk pengaliran sungai. Besarnya nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai Koefisien Pengaliran

Kondisi daerah pengaliran	Koefisien pengaliran (C)
Daerah pegunungan bertebing terjal	0,75 – 0,90
Daerah perbukitan	0,70 – 0,80
Tanah bergelombang yang bersemak- semak	0,50 -0,75
Tanah dataran yang digarap	0,45 – 0,65
Persawahan irigasi	0,70 – 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai kecil di dataran	0,45 – 0,75

Kondisi daerah pengaliran	Koefisien pengaliran (C)
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran lebih dari seperduanyan terdiri dari dataran	0,50 – 0,75

(Sumber : CD Soemarto, 1995)

2. Metode Haspers

$$\text{Rumus: } Q = \alpha \cdot \beta \cdot qn \cdot A \quad \dots(2.29)$$

$$qn = \frac{r}{3,6 \cdot t} \quad \dots(2.30)$$

$$r = \frac{t \cdot R_{24}}{t+1-0,0008(360-R_{24})(2-t)^2} ; \text{ untuk } t < 2 \text{ jam} \quad \dots(2.31-a)$$

$$r = \frac{t \cdot R_{24}}{t+1} ; \text{ untuk } 2 \text{ jam} \leq t \leq 19 \text{ jam} \quad \dots(2.31-b)$$

$$r = 0,707 \cdot R_{24} \cdot \sqrt{t+1} ; \text{ untuk } 19 \text{ jam} \leq t \leq 30 \text{ hari} \quad \dots(2.31-c)$$

$$t = 0,1 \cdot L^{0,8} \cdot I^{0,3} \quad \dots(2.32)$$

$$I = \frac{H}{L} \quad \dots(2.33)$$

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot A^{0,7}}{1 + 0,075 \cdot A^{0,7}} \quad \dots(2.34)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{1+3,7 \cdot 10^{-0,4t}}{t^2+15} \cdot \frac{A^{0,75}}{12} \quad \dots(2.35)$$

- dimana: Q = Debit rencana (m³/dt)
 α = Koefisien *Run Off*
 β = Koefisien reduksi
A = Luas DAS (km²)
qn = Hujan maksimum (m³/dt/ km²)
R₂₄ = Intensitas curah hujan (mm/jam)
r = Curah hujan (mm)
t = Waktu konsentrasi (hari)
I = Kemiringan sungai
L = Panjang aliran sungai (m)
H = Beda tinggi titik terjauh dengan lokasi pengamatan (m)

2.3.6 Periode Ulang Hujan

Besarnya curah hujan rencana dipilih berdasarkan pada pertimbangan nilai urgensi dan nilai sosial ekonomi kawasan yang

ditinjau. Nilai periode ulang hujan suatu kawasan yang sesuai dengan nilai urgensi dan nilai sosial ekonomi dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Periode Ulang Hujan (PUH)

No	Distribusi	PUH(tahun)
1	Saluran Mikro Pada Daerah	
	Lahan rumah, taman, kebun, kuburan, lahan tak terbangun	2
	Kesibukan dan perkantoran	5
	Ringan	5
	Menengah	10
	Berat	25
	Super berat/proteksi negara	50
2	Saluran Tersier	
	Resiko kecil	2
	Resiko besar	5
3	Saluran sekunder	
	Tanda resiko	2
	Resiko kecil	5
	Resiko besar	10
4	Saluran Primer (Induk)	
	Tanda resiko	5
	Resiko kecil	10
	Resiko besar	25
	Atau :	
	Luas DAS (25 A 50) Ha	5
	Luas DAS (50 A 100) Ha	5-10
	Luas DAS (100 A 1300) Ha	10-25
	Luas DAS (1300 A 6500) Ha	25-50
5	Pengendali Banjir Makro	100
6	Gorong- Gorong	
	Jalan raya biasa	10
	Jalan by pass	25
	Jalan ways	50
7	Saluran Tepian	
	Jalan raya biasa	5-10
	Jalan by pass	10-25
	Jalan ways	25-50

(Sumber : Surabaya Drainage Master Plan, 2012)

2.3.7 Uji Kecocokan Distribusi

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut.

Pengujian parameter yang sering dipakai adalah Chi kuadrat (Chi square) dan Smirnov – Kolgomorov. (*Sumber : Suripin, 2004*)

1. Uji Chi – Kuadrat (Chi Square)

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 , yang dapat dihitung dengan rumus berikut :

(*Sumber: Suripin, 2004*)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \dots(2.36)$$

dimana: χ^2 = parameter Chi – Kuadrat terhitung

G = jumlah sub-kelompok

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter χ^2 merupakan variable acak. Peluang untuk mencapai nilai χ^2 sama atau lebih besar dari nilai Chi-Kuadrat sebenarnya (χ^2) dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Prosedur uji Chi – Kuadrat adalah :

- 1). Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
- 2). Kelompokkan data menjadi G sub – grup, tiap – tiap sub grup minimal 4 data pengamatan. Tidak ada aturan yang pasti tentang penentuan jumlah kelas (grup).

Banyaknya kelas dapat dihitung dengan rumus :

$$k = 1 + 3,322 \log(n) \quad \dots(2.37)$$

(*Sumber: H.A. Sturges, 1926*)

Dimana: k = banyaknya kelas

n = banyaknya nilai observasi

- 3). Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i untuk tiap tiap sub grup
- 4). Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan (E_i)
- 5). Tiap – tiap sub grup hitung nilai :

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

- 6). Jumlah seluruh sub grup nilai menentukan nilai chi kuadrat hitung.
- 7). Menentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$, untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai $R = 1$, untuk distribusi Poisson).

Interpretasi hasilnya adalah :

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

Untuk mengetahui nilai derajat kepercayaan berdasarkan dari derajat kebebasan, dapat dilihat pada Tabel 2.6. Perhitungan distribusi akan dapat diterima apabila:

$$Xh_2 < Xh_2$$

Dimana: Xh_2 = Parameter Chi-Kuadrat terhitung

X_2 = Nilai kritis berdasarkan derajat kepercayaan dan derajat kebebasan

2.4 Analisis Hidrolika

Pada kasus sungai alam, tipe aliran yang ada adalah aliran tidak seragam (*non uniform flow*). Aliran sungai alam bisa dianggap sebagai aliran mantap (*steady flow*) maupun aliran tak mantap (*unsteady flow*). Pada teori Analisa hidrolika ini, aliran dianggap sebagai aliran mantap (*steady flow*). Profil muka air dihitung dengan cara membagi saluran menjadi bagian saluran yang pendek, lalu menghitung secara bertahap dari satu ujung ke ujung saluran lainnya. Cara atau metode ini biasa disebut sebagai Metode Tahapan Langsung atau *Direct Step Methods*.

Gambar 2.2 melukiskan bagian saluran sepanjang Δx , tinggi energi total di kedua ujung penampang 1 dan penampang 2 dapat disamakan sebagai berikut:

$$S_0 \Delta x + y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + S_f \Delta x \quad \dots(2.37)$$

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - S_f} = \frac{\Delta E}{S_0 - S_f} \quad \dots(2.38)$$

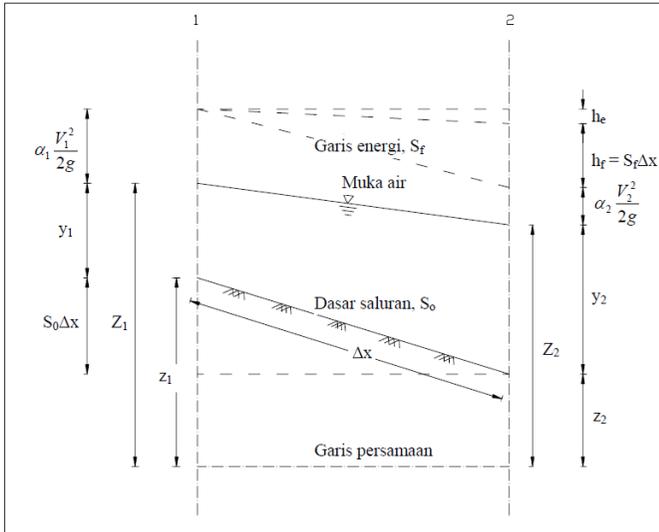
dengan E energi spesifik, dan dianggap $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$,

$$E = y + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad \dots(2.39)$$

Dimana: y = Kedalaman aliran (m)

V = Kecepatan rata-rata (m/dt)

- α = Koefisien energi
 S_0 = Kemiringan dasar
 S_f = Kemiringan geser



Gambar 2.2 Bagian Saluran Sepanjang Δx

(Sumber: Ven Te Chow, 1985)

Bila dipakai rumus *Manning*, kemiringan geser dinyatakan sebagai berikut :

$$S_f = \frac{n^2 \cdot V^2}{2,22 \cdot R^{4/3}} \quad \dots(2.40)$$

dimana R adalah jari- jari hidrolis. Besarnya nilai V pada kedua penampang dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} ; V_2 = \frac{Q}{A_2} \quad \dots(2.41)$$

dimana: V_1 = Kecepatan aliran pada penampang 1 (m/dt)

V_2 = Kecepatan aliran pada penampang 2 (m/dt)

Q = Debit aliran (m^3/dt)

A_1 = Luas basah penampang 1 (m^2)

A_2 = Luas basah penampang 2 (m^2)