

## **BAB II**

### **STUDI LITERATUR**

#### **2.1 Umum**

Dalam sebuah perencanaan dibutuhkan Pustaka yang akan dijadikan acuan perencanaan, agar spesifikasi perencanaan yang diinginkan dalam pelaksanaan lapangan dapat dicapai. Dalam bab ini akan disajikan berbagai teori untuk memperkuat materi pembahasan dari berbagai sumber, Maupun rumus-rumus yang akan dipakai untuk perencanaan normalisasi dan naturalisasi serta metode pengendalian yang akan digunakan untuk memperbaiki sungai dari banjir.

#### **2.2 Banjir**

Banjir merupakan bencana alam yang sangat sering terjadi di Indonesia, banjir biasanya terjadi pada daerah yang padat penduduk, contohnya seperti daerah ibukota Jakarta. Banjir biasanya disebabkan oleh beberapa faktor seperti curah hujan tinggi, kondisi sungai, erosi, sedimentasi, kapasitas sungai yang tidak memadai dan pengaruh air pasang. Sementara faktor manusia yang menjadi penyebabnya adalah perubahan kondisi daerah pengaliran sungai, kawasan kumuh, sampah, drainase lahan, bendung dan bangunan air, kerusakan bangunan pengendali banjir dan perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat (Kodoatie & Sugiyanto, 2002). Semakin meningkatnya permintaan sarana perumahan akan berdampak terhadap perubahan fungsi lahan dimana kawasan yang awalnya hutan atau kebun berubah menjadi

kawasan perumahan, sehingga berdampak terhadap tidak seimbangnya siklus hidrologi (Pratiwi, 2017). Banjir juga menyebabkan kerugian di beberapa sektor, mulai dari perekonomian, transportasi, bahkan tak jarang memakan korban jiwa. Oleh karena itu dibutuhkan solusi yang benar benar efektif untuk menangani permasalahan banjir untuk mengurangi kerugian yang terjadi.

### **2.3 Infiltrasi**

Menurut Asdak (2010), Infiltrasi adalah aliran air masuk kedalam tanah sebagai akibat gaya kapiler (gerakan air ke arah lateral) dan gravitasi (gerakan air ke arah vertikal). Setelah lapisan tanah bagian atas jenuh, kelebihan air tersebut mengalir ke tanah yang lebih dalam sebagai akibat gravitasi bumi dan dikenal sebagai proses perkolasi. Laju maksimal gerakan air masuk kedalam tanah dinamakan kapasitas infiltrasi. Kapasitas infiltrasi terjadi ketika intensitas hujan melebihi kemampuan tanah menyerap kelembapan tanah.

### **2.4 Pengerukan**

Menurut Eisma (2006) secara garis besar pengerukan dibagi mmenjadi 3 jenis yaitu :

- Pengerukan Awal (*Capital Dredging*)

Capital Dredging dilakukan pada tipe tanah yang telah lama mengendap. Pengerukan jenis ini biasanya digunakan dalam pengerjaan pelabuhan, alur pelayaran, waduk, atau area yang akan digunakan sebagai industri.

- Pengerukan Perawatan ( *Maintenance Dredging* )

Maintenance Dredging dilakukan pada tipe tanah yang belum lama mengendap. Pengerukan ini dilakukan untuk membersihkan siltation yang terjadi secara alami. Pengerukan ini biasanya diterapkan pada perawatan alur pelayaran dan pelabuhan.

- Pengerukan Ulang ( *Remedial Dredging* )

Remedial Dredging dilakukan pada wilayah yang telah dikeruk namun mengalami kesalahan. Kesalahan ini biasanya berupa kesalahan kedalaman pengerukan.

## **2.5 Vegetasi**

(Soetikno, 1990), Vegetasi menggambarkan perpaduan berbagai jenis tumbuhan disuatu wilayah atau daerah. Suatu tipe vegetasi menggambarkan suatu daera dari segi penyebaran tumbuhan yang ada baik secara ruang maupun waktu. Suatu tipe vegetasi kadangkala dibagi lagi menjadi beberapa komunitas yang dominan disebut sosiasi yaitu sekumpulan beberapa jenis tumbuhan yang tumbuh bersama-sama disuatu lingkungan.

## **2.6 Pengendalian Banjir**

Pada dasarnya pengendalian bisa dilakukan dengan berbagai cara, namun diperlukan pertimbangan yang matang untuk dapat menentukan solusi yang tepat bagi suatu permasalahan banjir di suatu daerah. Agar solusi yang kita buat tidak menimbulkan masalah baru di masa depan. Ada dua konsep pengendalian banjir yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu konsep normalisasi sungai dan naturalisasi sungai.

## **2.7 Normalisasi Sungai**

Normalisasi adalah mengembalikan bentuk sungai sesuai dengan peruntukan bentuk awalnya, Namun normalisasi dalam pengertian yang di realisasikan oleh Pemprov DKI Jakarta adalah melakukan pelebaran sungai dengan memindahkan masyarakat sekitar, pinggiran sungai dilakukan betonisasi (Nirwono 2020). Dalam penelitian ini pengertian Normalisasi yang diambil adalah normalisasi yang sudah dilakukan oleh pemerintah provinsi DKI Jakarta.

## **2.8 Naturalisasi Sungai**

Naturalisasi merupakan konsep penataan bantaran sungai yang lebih ramah lingkungan, dengan memanfaatkan ekosistem hijau, dimana di pinggiran sungai ditanami pohon, sehingga menjadikan bantaran sungai mampu menyerap air (Nirwono 2020). Naturalisasi merupakan salah satu penanganan banjir secara non struktural yang mengedepankan infiltrasi dalam peredaman debit banjir. Dengan melakukan penataan bantaran sungai yang ditanami vegetasi, sehingga penyerapan air yang terjadi lebih besar.

## **2.9 Analisis Hidrologi**

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Proses analisa hidrologi mencakup penentuan daerah aliran sungai (*catchment area*), memperkirakan data hujan yang hilang, analisis curah hujan kawasan, analisis frekuensi curah hujan, uji kecocokan data analisis, dan analisis debit banjir rencana.

### **2.9.1 Daerah Aliran Sungai (*Catchment Area*)**

Definisi Daerah Aliran Sungai menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Berikut merupakan persyaratan dalam menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) :

- Penentuan DAS sesuai dengan peta kontur/petarupa bumi
- Penarikan garis DAS tegak lurus dengan garis lurus yang menunjukkan ketinggian dari elevasi tinggi ke rendah atau dari hulu ke hilir
- Melakukan observasi terhadap tata guna lahan yang dapat berupa jalan, rel kereta api, drainase ataupun sungai

### **2.9.2 Memperkirakan Data Hujan yang Hilang**

Dalam melakukan analisis data curah hujan perlu dicek kontinuitas data, karena data curah hujan yang diperoleh biasanya tidak lengkap disebabkan beberapa faktor seperti, data yang tidak tercatat karena human error atau kerusakan alat pada stasiun hujan. Sehingga data-data hilang tersebut perlu dilengkapi dengan memperkirakan data curah hujan yang hilang pada stasiun terdekat. Berikut merupakan beberapa metode yang digunakan untuk melengkapi data hujan yang hilang :

### 2.9.2.1 Metode Rata-rata Aritmatika

Persamaan berikut digunakan bila perbedaan curah hujan tahunan normal antara stasiun pembanding dengan stasiun yang kehilangan data < 10%

$$Px = \frac{1}{n} x (P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$P_x$  = Tinggi Curah Hujan

$P_1, P_2, P_3 \dots P_{2n}$  = Tinggi curah hujan pada stasiun hujan 1,2,...n

$n$  = Banyaknya stasiun hujan

### 2.9.2.2 Normal Ratio Method

Jika perbedaan curah hujan tahunan normal > 10% antara stasiun pembanding dengan stasiun yang kehilangan data, maka menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{rx}{Rx} = \frac{1}{n-1} \left( \sum_{n=1}^n \frac{rn}{Rn} \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$Dr_x$  = Tinggi curah hujan yang dicari (mm/hari)

$R_x$  = Nilai rata-rata curah hujan pada stasiun hujan yang dicari  
(mm/hari)

$n$  = Banyaknya stasiun hujan

$R_n$  = Tinggi curah hujan pada tahun yang sama dengan  $r_x$  setiap

stasiun pembanding (mm/hari)

### 2.9.2.3 Metode Inversed Square Distance

$$P_x = \frac{\frac{1}{(dXA)^2} P_A + \frac{1}{(dXB)^2} P_B + \frac{1}{(dXC)^2}}{\frac{1}{(dXA)^2} + \frac{1}{(dXB)^2} + \frac{1}{(dXC)^2}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$P_x$  = Tinggi curah hujan yang dicari (mm/hari)

$P_A, P_B, P_C$  = Tinggi hujan pada stasiun disekitarnya (mm/hari)

$dXA, dXB, dXC$  = Jarak stasiun X terhadap masing – masing stasiun A,B,C

### 2.9.3 Analisis Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rencana pemanfaatan air dan rencana pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah , bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini biasa disebut curah hujan wilayah (Sosrodarsono, 1993). Dalam menentukan curah hujan kawasan ada beberapa metode yang dapat digunakan, diantaranya sebagai berikut :

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

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana dapat diperoleh dengan menghitung rata-rata aritmatik dari semua total penakar hujan di suatu kawasan yang datar (Seyhan, 1990).

$$P = \frac{(P_1+P_2+P_3+\dots+P_N)}{N} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

P = Tinggi curah hujan rata-rata

P<sub>1</sub>,P<sub>2</sub>,P<sub>3</sub>,...P<sub>n</sub> = Tinggi curah hujan pada stasiun hujan 1,2,...,n

N = Banyaknya stasiun hujan

### 2.9.3.2 Metode Poligon Thiessen

Metode poligon thiessen ini digunakan untuk kawasan-kawasan dengan jarak stasiun hujan yang tidak merata, metode ini tidak memperhitungkan topografi (Seyhan,1990).

$$R = \frac{R_A \cdot A_A + R_B \cdot A_B + R_C \cdot A_C + \dots + R_n \cdot A_n}{A_A + A_B + A_C + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.5)$$

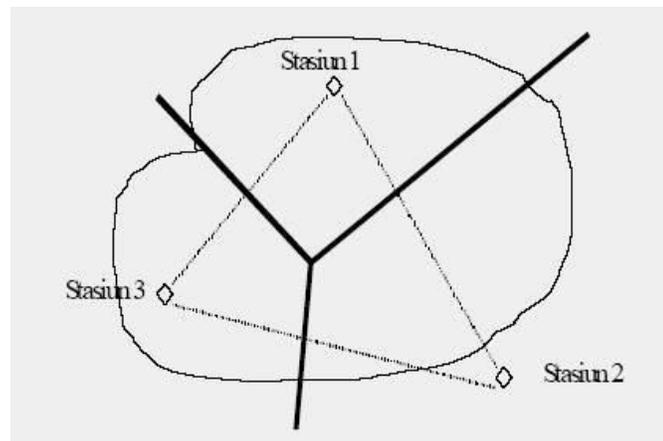
Dimana :

A = Luas Areal

R = Tinggi curah hujan rata-rata areal

R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub>, ... R<sub>n</sub> = Tinggi curah hujan pada stasiun hujan 1,2,...,n

A<sub>A</sub>, A<sub>B</sub>, A<sub>C</sub> ... A<sub>n</sub> = Luas areal dari pengaruh stasiun hujan 1,2,...,n



**Gambar 2. 1 Polygon Thiessen**  
(Sumber: [www.bebasbanjir2025.wordpress.com](http://www.bebasbanjir2025.wordpress.com))

### 2.9.3.3 Metode Isohyet

Metode isohyet sangat baik untuk kawasan bergunung atau kawasan dengan curah hujan yang singkat, karena mempertimbangkan bentuk topografi. Metode ini membutuhkan stasiun hujan di daerah kawasan tersebut (Seyhan, 1990).

$$R = \frac{A_A \left( \frac{R_A + R_B}{2} \right) + A_B \left( \frac{R_B + R_C}{2} \right) + \dots + A_{n-2} \left( \frac{R_{n-1} + R_B}{2} \right)}{A_A + A_B + A_C + \dots + A_{n-1}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

A = Luas Areal

R = Tinggi curah hujan rata-rata areal

$R_A, R_B, R_C, \dots R_n$ , = Tinggi curah hujan pada stasiun hujan 1, 2, ..., n

$A_A, A_B, A_C, \dots A_n$ , = Luas areal dari pengaruh stasiun hujan 1, 2, ..., n

#### **2.9.4 Analisa Frekuensi**

Analisa frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi, rata-rata sekali setiap N tahun atau dengan perkataan lain tahun berulangnya N tahun. Kejadian pada setiap kurun waktu tertentu tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi terdapat suatu kemungkinan dalam 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian 10 tahunan. Data yang diperlukan untuk menunjang teori kemungkinan ini adalah minimum 10 besaran hujan atau debit dengan harga tertinggi dalam setahun, jelasnya diperlukan data minimal 10 tahun.

#### **2.9.5 Parameter Distribusi**

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data, meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien skewness (kecondongan atau kemencengan). Parameter Distribusi Debit Banjir digunakan untuk perhitungan estimasi debit banjir dengan periode ulang tertentu dari data debit banjir maksimum tahunan yang ada.

Tabel 2. 1. Tabel distribusi Frekuensi

<u>Parameter / Statistik</u>	<u>Sampel</u>	<u>Populasi</u>
Rata-rata	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$
<u>Simpangan baku</u>	$s = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	$\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{\frac{1}{2}}$
<u>Koefisien variasi</u>	$CV = \frac{s}{\bar{x}}$	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$
<u>Koefisien skewness</u>	$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$	$\gamma = \frac{E[(x - \mu)^3]}{\sigma^3}$
Kurtosis (Ck)	$K = \alpha_4 = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{s^4}$	$K = \alpha_4 = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^4}{\sigma^4}$

(Sumber : [www.Google.com](http://www.Google.com))

Dimana :

xi = nilai kejadian/variabel ke-i

n = jumlah kejadian/variable

### 2.9.6 Distribusi Frekuensi Untuk Analisa Data Debit banjir

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi, lima jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah:

- 1). Distribusi Normal
- 2). Distribusi Log Normal 2 Parameter
- 3). Distribusi Log Normal 3 Parameter

- 4). Distribusi Pearson III
- 4). Distribusi Log-Person III
- 5). Distribusi Gumbel

#### 2.9.6.1 Distribusi Normal

Perhitungan Distribusi Normal sebagai berikut :

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_T \times S \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$X_{Tr}$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan (mm)

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

S = Standar deviasi dari data hujan X (mm)

$K_T$  =Faktor frekuensi (bergantung dari nilai T)

**Tabel 2. 2 Nilai KT Distribusi Normal**

No	Periode Ulang	Peluang	KT
1	1.001	0.999	-3.05
2	1.005	0.995	-2.54
3	1.01	0.99	-2.33
4	1.05	0.95	-1.64
5	1.11	0.9	-1.28
6	1.25	0.8	-0.84
7	1.33	0.75	-0.67
8	1.43	0.7	-0.52
9	1.67	0.6	-0.25
10	2	0.5	0
11	2.5	0.4	0.25
12	3.33	0.3	0.52
13	4	0.25	0.67
14	5	2	0.84
15	10	0.1	1.28
16	20	0.5	1.64
17	50	0.02	2.05
18	100	0.01	2.33
19	200	0.005	2.58
20	500	0.002	2.88
21	1000	0.001	3.09

(Sumber : Sumber : Bonnier, 1980 dalam Suripin, 2004)

### 2.9.6.2 Distribusi Log Normal 2 Parameter

Perhitungan Distribusi Log Normal 2 Parameter sebagai berikut :

$$X_{Tr} = \bar{X} + KT \times S \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

$X_{Tr}$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan (mm)

$\bar{X}$	= Curah hujan rata-rata (mm)
S atau SD	= Standar deviasi dari data hujan X (mm)
KT	= Nilai karakteristik (bergantung dari nilai koefisien variasi Cv)
Cv	= Koefisien Variasi

### 2.9.6.3 Distribusi Log Normal 3 Parameter

Perhitungan Distribusi Log Normal 3 Parameter sebagai berikut :

$$X_{Tr} = \bar{X} + KT \times S \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$X_{Tr}$	= Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan (mm)
$\bar{X}$	= Curah hujan rata-rata (mm)
S atau SD	= Standar deviasi dari data hujan X (mm)
KT	= Nilai karakteristik (bergantung dari nilai Cs)
Cs	= Koefisien Skewness
$\bar{X}$	= Curah hujan rata-rata (mm)
$X_i$	= Curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)
n	= Jumlah data

### 2.9.6.4 Distribusi Log Person III

Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III sebagai berikut :

$$\log X_t = \log \bar{X}_i + KT \times S_i \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

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

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

$S$  atau  $SD$  = Standar deviasi dari data hujan  $X$  (mm)

$KT$  = Koefisien frekuensi (bergantung pada koefisien kemencengan  $G$ )

**Tabel 2. 3 Nilai  $KT$  untuk Distribusi Log-Pearson III**

Koef. $G$	Interval Kejadian (Periode Ulang)							
	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	100
	Presentasi Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
0	-2.326	-0.842	0	0.842	1.282	1.751	2.051	2.328
-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	-2.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-2.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.27	1.318
-1.6	-2.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.98	0.99
-2.2	-3.705	-0.574	0.33	0.752	0.844	0.888	0.9	0.905
-2.4	-3.8	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.83	0.832
-2.6	-3.889	-0.49	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3	-7.051	-0.42	0.369	0.636	0.66	0.666	0.666	0.667

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2. 4 Nilai KT untuk Distribusi Log-Pearson III

Koef. G	Interval Kejadian (Periode Ulang)							
	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	100
	Presentasi Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3	-0.667	-0.636	-0.396	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.46	1.21	2.275	3.114	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.8
2.2	-0.905	-0.752	-0.33	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705
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	1.163	2.78	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.7	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	2.471

(Sumber : Suripin, 2004)

Berikut merupakan parameter-parameter yang digunakan untuk menganalisis distribusi di atas :

- Rata-rata

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (2.11)$$

- Standar deviasi / Simpangan baku

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.12)$$

- Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{S}{X} \dots\dots\dots (2.13)$$

- Koefisien Skewness

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2).S^3} \dots\dots\dots (2.14)$$

- Koefisien Kurtosis / Ketajaman

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3).S^4} \dots\dots\dots (2.15)$$

**Tabel 2. 5 Karakteristik Distribusi Frekuensi**

<b>Jenis Distribusi Frekuensi</b>	<b>Syarat Distribusi</b>
Distribusi Normal	$C_s = 0$ dan $C_k = 3$
Distribusi Log Normal	$C_s > 0$ $C_k > 3$
Distribusi Gumbel	$C_s \leq 1,139$ dan $C_k \leq 5,402$
Distribusi Pearson III	$C_s \neq 0$ dan $C_v = 0,3$
Distribusi Log-Pearson III	$C_s$ antara 0-0,9

(Sumber : Suripin, 2004)

### 2.9.6.5 Distribusi Gumbel

Perhitungan Distribusi Gumbel sebagai berikut :

$$X_{tr} = \bar{X} + K \times S_x \dots\dots\dots (2.16)$$

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

Dimana :

$X_{tr}$  = Besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang  $T_r$  mm)

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

$S_x$  = Standar deviasi dari data hujan X (mm)

K = Faktor Frekuensi Gumbel

$Y_{tr}$  = Reduced variated

$S_n$  = Reduced standard deviasi

$Y_n$  = Reduced Mean

**Tabel 2. 6 Reduce Mean ( $Y_n$ )**

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.507	0.51	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.522
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5268	0.5296	0.5309	0.532	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5471	0.538	0.5388	0.5396	0.5403	0.541	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.553	0.5533	0.5535	0.5538	0.554	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.555	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.557	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.558	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	0.56	0.56	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.561	0.5611

(Sumber : Suripin 2004)

**Tabel 2. 7 Reduce Standard Deviasi ( $S_n$ )**

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	1.108
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	1.148	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.159
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	1.177	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.189	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.193
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.198	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.202	1.2026	1.2032	1.2038	1.2049	1.2049	1.2055	1.206
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2081	1.2084	1.2087	1.209	1.2093	1.2096

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2. 8 Reduced Variated (Ytr)

Periode Ulang Tr (tahun)	Reduce Variate (Ytr)	Periode Ulang Tr (tahun)	Reduced Variate (Ytr)
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	6.9087
50	3.9028	5000	8.5188
75	4.3117	10000	9.2121

(Sumber : Suripin, 2004)

### 2.9.7 Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov

Untuk mengetahui distribusi frekuensi yang memenuhi kriteria perencanaan maka dilakukan uji kecocokan. Pengujian kecocokan dengan smirnov Kolmogorov adalah untuk menguji apakah sebaran yang dipilih dalam pembuatan *duration curve* cocok dengan sebaran empirisnya. Prosedur dasarnya mencakup perbandingan antara probabilitas kumulatif lapangan dan distribusi kumulatif teori. Tahapan-tahapan dalam melakukan uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sebagai berikut:

- Data curah hujan harian diurutkan dari kecil kebesar.
- Menghitung besarnya harga probabilitas dengan persamaan Weibull
- Dari grafik pengeplotan data curah hujan di kertas probabilitas akan didapat perbedaan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris yang disebut dengan  $\Delta_{hit}$ . Harga  $\Delta_{hit}$  tersebut kemudian dibandingkan dengan  $\Delta_{cr}$  yang didapat dari table smirnov-kolmogorov untuk suatu derajat tertentu ( $\Delta$ ), dimana untuk bangunan-bangunan air harga  $\Delta$  diambil 5%.

- Bila harga  $\Delta_{hit} < \Delta_{cr}$ , maka dapat disimpulkan bahwa penyimpangan yang terjadi masih dalam batas-batas yang diijinkan.

**Tabel 2. 9 Nilai Kritis Smirnov-Kolmogorov**

n	Nilai kritis Smirnov-Kolmogorov (a)			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
n>50	$\frac{1.07}{n^{0.5}}$	$\frac{1.22}{n^{0.5}}$	$\frac{1.36}{n^{0.5}}$	$\frac{1.63}{n^{0.5}}$

(Sumber : Soewarno, 1995)

### 2.9.8 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum yang mungkin terjadi pada suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Untuk menaksir banjir rancangan digunakan hidrograf-hidrograf sintetis yang telah dikembangkan di negara-negara lain, dimana parameter-parameternya disesuaikan terlebih dulu dengan karakteristik daerah pengaliran yang ditinjau (Soemarto 1987). Analisis debit banjir rencana dapat dilakukan dengan berbagai metode salah satunya dengan metode hidrograf satuan. Pada Sungai-sungai yang tidak ada atau sedikit sekali dilakukan observasi hidrograf banjirnya, maka perlu ditentukan karakteristik atau parameter daerah pengaliran

tersebut terlebih dahulu, misalnya waktu untuk mencapai puncak hidrograf, lebar dasar, luas DAS, kemiringan dasar sungai, panjang alur terpanjang (Length of the longest channel), koefisien pengaliran (run off coefficient) dan sebagainya. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah Metode Nakayasu, Metode Snyder Alexejev, dan SCS (Soil Conservation Service).

### 2.9.8.1 Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu

Berikut merupakan rumus Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana :

$$Qp = \frac{C.A.R_0}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

$Q_p$  = Debit puncak banjir ( $m^3/s$ )

$C$  = Koefisien Pengaliran

$R_0$  = Hujan satuan (mm)

$A$  = Luas daerah pengaliran sungai ( $km^2$ )

$T_p$  = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak (jam)

$T_{0,3}$  = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit sampai menjadi 30% dari puncak (jam)

$T_p$  dapat ditentukan menggunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_g + 0,8t_r \dots\dots\dots (2.19)$$

$T_{0,3}$  merupakan waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak dapat dihitung dengan persamaan :

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\alpha = \frac{0,47 (A.L)^{0,25}}{t_g} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

$\alpha$  = Parameter hidrograf

$\alpha = 2$  (daerah pengaliran biasa)

$\alpha = 1,5$  (bagian naik hidrograf lambat dan menurun dengan cepat)

$\alpha = 3$  (bagian naik hidrograf cepat dan menurun dengan lambat)

$T_r$  merupakan tenggang waktu yang dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \dots\dots\dots (2.22)$$

$T_g$  merupakan waktu konsentrasi yang dipengaruhi oleh panjang alur sungai, dinyatakan dengan persamaan berikut :

Untuk  $L > 15$  km

$$T_g = 0,4 + 0,058 L \dots\dots\dots (2.23)$$

Untuk  $L < 15$  km

$$T_g = 0,21 L^{0,7} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

$L$  = Panjang alur sungai (km)

$T_g$  = Waktu konsentrasi (jam)

Untuk bagian lengkung naik (rising limb) dengan selang  $0 < t < T_p$ , hidrograf satuan memiliki rumus :

$$Q_a = Q_p \left[ \frac{t}{T_p} \right]^{2,4} \dots \dots \dots (2.25)$$

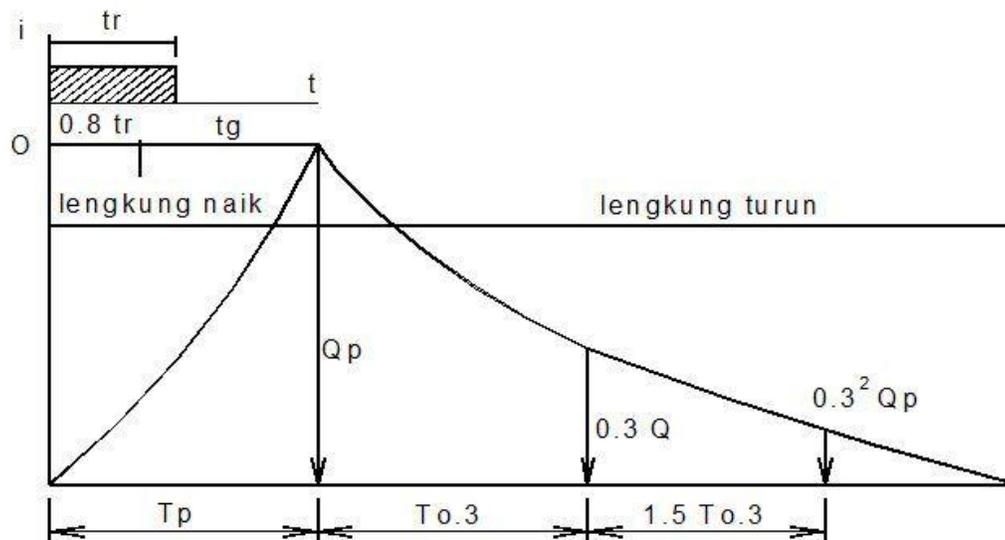
Dimana :

$Q_a$  = Limpasan sebelum mencapai debit puncak ( $m^3/s$ )

$t$  = Waktu (jam)

$Q_p$  = Debit puncak banjir ( $m^3/s$ )

$T_p$  = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak (jam)



Gambar 2. 2 Sketsa Hidrograf Nakayasu  
(Sumber : [www.google.com](http://www.google.com))

Bagian lengkung/kurva turun (decreasing limb) mempunyai persamaan sebagai berikut:

- Untuk selang nilai  $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_p 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \dots\dots\dots (2.26)$$

- Untuk selang nilai  $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_p 0,3^{(t-T_p+0,5.T_{0,3})/1,5T_{0,3}} \dots\dots\dots (2.27)$$

- Untuk selang nilai  $1,5T_{0,3} > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_p 0,3^{(t-T_p+1,5.T_{0,3})/2T_{0,3}} \dots\dots\dots (2.28)$$

### 2.9.8.2 Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder

Berikut merupakan rumus Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana :

$$q_p = 0.278 \times \frac{c_p}{t_p} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$Q_p = q_p \times A \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

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

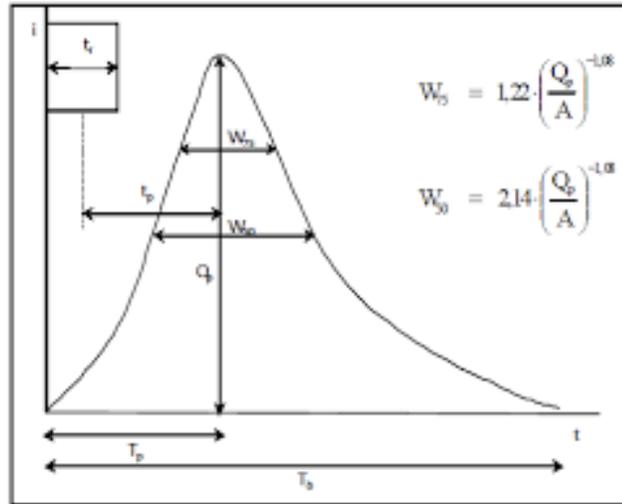
$q_p$  = Debit maksimum hidrograf satuan ( $m^3/det$ )

$C_p$  = Koefisien yang dipengaruhi waktu kelambatan (0,56 – 0,69)

$t_p$  = Waktu dari titik berat curah hujan efektif hingga puncak banjir

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

Persamaan snyder berhubungan dengan  $t_p$ , didefinisikan sebagai interval waktu dari titik tengah unit rainfall sampai puncak hidrograf satuan.



Gambar 2. 3 Grafik HSS Snyder  
(Sumber : Chow, et al, 1998)

Dimana :

L = Panjang sungai (km)

Lc = Panjang sungai dari hilir ke titik pusat DAS (km)

Ct = Koefisien yang dipengaruhi kemiringan slope (1.35 – 1.65)

$$t_e = \frac{t_p}{5,5} \dots\dots\dots (2.31)$$

Jika  $t_e > t_R$  maka,

$$t'_p = t_p + 0,25 (t_c - t_R) \dots\dots\dots (2.32)$$

Sehingga didapat waktu untuk mencapai debit maksimum

$$T_p = t'_p + 0,5 \dots\dots\dots (2.33)$$

Jika  $t_r < t_R$  maka,

$$T_p = t_p + 0,5 \dots \dots \dots (2.34)$$

Sedangkan untuk menghitung waktu dasar hidrograf menggunakan persamaan berikut:

$$T_b = 72 + 3 t_p \dots \dots \dots (2.35)$$

Dimana :

$T_p$  = Waktu untuk mencapai debit maksimum (jam)

$t_p$  = Waktu dari titik berat curah hujan efektif hingga puncak banjir

$t_e$  = Durasi hujan efektif (jam)

$t'_p$  = Basin lag untuk durasi efektif dari  $t_R$  dan  $t_p$  (jam)

$t_R$  = Waktu hujan standar (jam)

$T_b$  = Waktu dasar hidrograf

Persamaan Alexeyev berikut membantu dalam penentuan bentuk dari hidrograf :

$$Q = Y \cdot Q_p \dots \dots \dots (2.36)$$

$$X = \frac{t}{T_p} \dots \dots \dots (2.37)$$

$$Y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}} \dots \dots \dots (2.39)$$

$$a = 1,32 \lambda^2 + 0,15\lambda + 0,045 \dots \dots \dots (2.40)$$

$$\lambda = \frac{Q_p \cdot T_p}{A \cdot R} \dots \dots \dots (2.41)$$

Setelah  $\lambda$  dan  $\alpha$  dihitung, maka nilai  $Y$  untuk masing-masing  $X$  dapat dihitung (dengan membuat tabel), sehingga diperoleh :  $t = X.Tp$  dan  $Q = y.Qp$ , selanjutnya dibuat grafik hidrograf satuan.

### 2.9.8.3 Metode Soil Conservation Service (SCS) USA

Berikut merupakan rumus metode soil conservation service (SCS) yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana :

$$Q_p = \frac{CA}{tp} \dots \dots \dots (2.42)$$

Dimana :

$Q_p$  = Debit puncak hidrograf satuan ( $m^3/s$ )

$C$  = Konstanta = 2.08

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

$tp$  = waktu kelambatan antara titik berat hujan sampai puncak (jam)

$$tp = 0,6 Tc \dots \dots \dots (2.43)$$

$$Tp = \frac{tr}{2} + tp \dots \dots \dots (2.44)$$

$$tr = \frac{2 tp}{9} \dots \dots \dots (2.45)$$

$$Tc = 0.927 \left( \frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,47} \dots \dots \dots (2.46)$$

$$Tb = 2.67 Tp \dots \dots \dots (2.47)$$

Dimana :

$T_p$  = Waktu naik (time of rise) (jam)

$t_r$  = Lama terjadinya hujan efektif (jam)

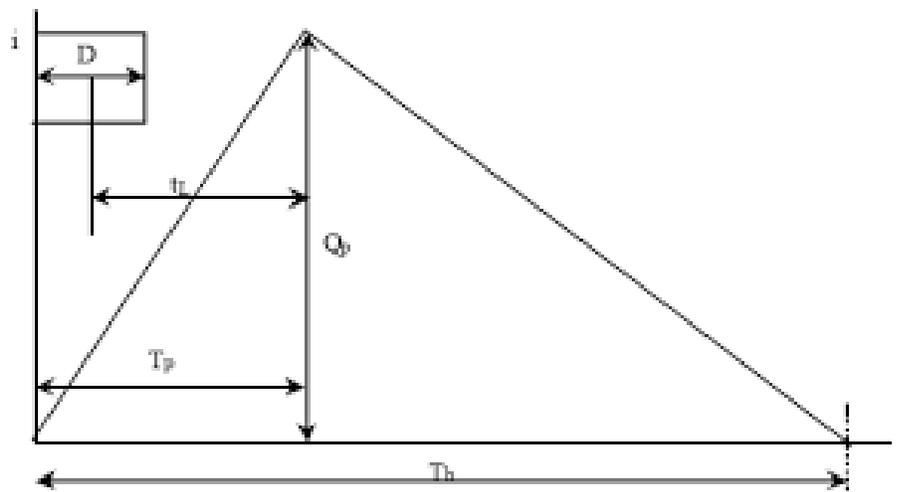
$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$T_b$  = Waktu dasar (jam)

$L$  = Panjang sungai (m)

$S$  = Kemiringan (slope) DAS =  $\Delta H/L$

$\Delta H$  = Perbedaan ketinggian antara titik terjauh di DAS dengan outlet



Gambar 2. 4 Satuan Hidrograf Sintetik SCS-USA

(Sumber : [www.google.com](http://www.google.com))

**Tabel 2. 10 Nilai Qp dam Tp SCS-USA**

t/TP	Q/Qp	t/TP	Q/Qp
0	0	1,3	0,84
0,1	0,015	1,6	0,75
0,2	0,075	2	0,32
0,3	0,16	2,2	0,24
0,4	0,28	2,4	0,18
0,5	0,43	2,6	0,13
0,6	0,6	2,8	0,098
0,7	0,77	3	0,075
0,8	0,89	3,5	0,036
0,9	0,97	4	0,018
1	1	4,5	0,009
1,1	0,98	5	0,004
1,2	0,92		

(Sumber : Bambang T, 2008)

## 2.10 Normalisasi Sungai

Normalisasi merupakan upaya pelebaran kapasitas pengaliran sungai, yang diharapkan nantinya mampu menampung debit banjir selanjutnya, yang akan disalurkan ke sungai yang lebih besar, agar tidak terjadi limpasan dari air sungai tersebut.



**Gambar 2. 5 Normalisasi Sungai Ciliwung**  
(Sumber: <https://megapolitan.kompas.com>)

Pekerjaan Normalisasi sungai pada umumnya meliputi kegiatan sebagai berikut :

### **2.10.1 Analisa Kapasitas Awal Sungai ( *existing* )**

Untuk menganalisa kapasitas awal sungai digunakan program yang bernama HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System). Merupakan paket program dari USCE (United State Corps of Engineer). Software ini dapat digunakan untuk melakukan perhitungan Aliran Tetap dan Aliran Tak Tetap (Steady Flow and Unsteady Flow ).

Sungai Tuntang merupakan sungai alam dengan penampang melintang sungai yang tidak beraturan (*non uniform*) dan berkelok-kelok (*meandering river*).

Sehubungan aliran yang terjadi berupa aliran tidak seragam (*non uniform flow*), dan untuk mempercepat proses perhitungan digunakan Program HEC-RAS. Sedangkan untuk sungai buatan atau saluran dengan penampang yang seragam (*uniform*), aliran yang terjadi berupa aliran seragam (*uniform flow*) dan dapat diselesaikan dengan menggunakan Persamaan Kontinuitas dan rumus Manning.

Komponen-komponen utama yang tercakup dalam analisa HEC-RAS ini adalah :

- Perhitungan profil muka air aliran tetap (*steady flow water surface profile computations*)
- Simulasi aliran tak tetap (*unsteady flow simulation*) dan perhitungan profil muka air

Komponen-komponen ini menghitung profil muka air dengan proses iterasi dari data masukan yang telah diolah sesuai dengan kriteria dan standar yang diminta oleh paket program ini.

Sedangkan output dari program ini dapat berupa grafik maupun tabel. Diantaranya adalah plot dari skema alur sungai, potongan melintang, profil, lengkung debit (*rating curve*), hidrograf (*stage and flow hydrograph*), juga variabel hidrolis lainnya. Selain itu juga dapat menampilkan gabungan potongan melintang (*cross section*) yang membentuk alur sungai secara tiga dimensi lengkap dengan alirannya.

### 2.10.2 Pengerukan Sungai

Pengerukan sungai pada umumnya bertujuan untuk menambah kapasitas tampungan sungai, dalam menampung debit air, pada penelitian ini simulasi pengerukan akan dilakukan menggunakan bantuan software HEC-RAS 5.0.7. Berikut merupakan Contoh pengerukan yang sudah pernah dilakukan pada sungai Ciliwung.



**Gambar 2. 6 Pengerukan Sungai Ciliwung**

(Sumber: <https://megapolitan.kompas.com>)

Biasanya pengerukan dasar sungai dilakukan sampai kapasitas sungai dinilai mampu untuk untuk menampung debit banjir pada periode ulang tertentu. Pada penelitian ini akan dilakukan pengerukan sungai sedalam 50 cm sampai dengan 100 cm. Kemudian apabila masih terjadi luapan maka akan dilakukan perbaikan tanggul yang menyebabkan air sungai meluap.

(Pratiwi, 2017) berdasarkan penelitian yang dilakukan sedimentasi pada kondisi existing selama 13 tahun maka bisa diketahui pada tahun pertama sudah bisa dilakukan *maintenance* dengan cara pengerukan secara manual karena ketinggian sedimen setiap tahunnya berkisar antara 10 -30 cm.

### **2.10.3 Perbaikan Tanggul Sungai**

Normalisasi tanggul dilakukan apabila terjadi luapan yang diakibatkan elevasi tanggul yang kurang memadai untuk menampung debit air sungai, pada penelitian ini simulasi perbaikan tanggul akan dilakukan pada software HEC-RAS 5.0.7. dengan meratakan elevasi tanggul sungai dengan tinggi jagaan yang sesuai dengan besarnya debit.

### **2.10.4 Tinggi Jagaan Sungai**

Besarnya tinggi jagaan sungai yang paling baik adalah berkisar antara 0.751.50 m. Hal-hal lain yang mempengaruhi besarnya nilai tinggi jagaan adalah penimbunan sedimen di dalam sungai, berkurangnya efisiensi hidrolis karena tumbuhnya tanaman, penurunan tebing dan kelebihan jumlah aliran selama terjadinya hujan. Sedangkan secara praktis untuk menentukan besarnya tinggi jagaan yang diambil berdasarkan debit banjir dapat diambil dengan menggunakan tabel :

Tabel 2. 11 Tinggi Jagaan Sungai

Debit Rencana (m <sup>3</sup> /det)	Tinggi Jagaan (m)
<b>Q&lt;200</b>	<b>0,5</b>
<b>200&lt;Q&lt;500</b>	<b>0,75</b>
<b>2000&lt;Q&lt;5000</b>	<b>1,25</b>
<b>5000&lt;Q&lt;10000</b>	<b>1,50</b>

(Sumber : Ir. Sugianto, Pengendali Banjir)

### 2.11 Naturalisasi Sungai

Naturalisasi adalah mengembalikan bentuk sungai ke kondisi alami, meliuk-liuk bak ular, tampang melintang bervariasi, dan ditumbuhi tanaman lebat sebagai habitat organisme tepian sungai (Nirwono 2020). Naturalisasi merupakan salah satu penanggulangan banjir secara non struktural, dengan memanfaatkan penataan vegetasi pada bantaran sungai yang nantinya diharapkan mampu menyerap air lebih besar dan mengurangi kecepatan aliran.



Gambar 2. 7 Naturalisasi pada Sungai Kalang di Singapura

(Sumber: <http://sim.ciptakarya.pu.go.id>)

### **2.11.1 Penanaman Vegetasi**

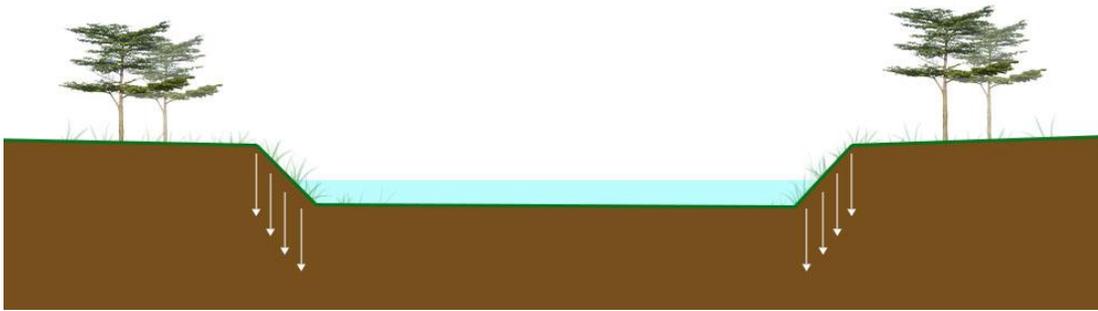
Vegetasi yang tepat untuk ditanam didaerah bantaran sungai adalah vegetasi yang jenis pepohonan yang mempunyai penakaran yang kuat namun tidak merusak konstruksi disekitarnya, mampu tumbuh pada tanah padat, tahan terhadap hama dan penyakit, dan mampu menyerap air dengan cepat.

Jenis pohon yang termasuk dalam kriteria tersebut salah satunya adalah pohon mahoni, pohon mahoni banyak digunakan sebagai tanaman untuk RTH, selain itu pohon juga mampu membuat tanah memiliki laju infiltrasi dengan kategori cepat. Menurut (Aurelia. 2018), pohon mahoni masuk kedalam kategori dengan infiltrasi cepat, yaitu sekitar 202,1 mm/jam.

Untuk penanaman vegetasi untuk daerah perkotaan disarankan 50% dari daerah sempadan sungai.

### **2.11.2 Penyerapan Air (Infiltrasi)**

Perhitungan Infiltrasi pada bantaran sungai ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menyerap air rembesan. Dengan menggunakan rumus horton infiltrasi akan dihitung pada bagian dinding saluran karena penyerapan terjadi pada dinding saluran.



Gambar 2. 8 Infiltrasi Pada Dinding Saluran

### 2.11.3 Model Horton

Model Horton adalah salah satu model infiltrasi yang terkenal dalam hidrologi yang dikembangkan oleh Horton pada tahun 1933. Horton mengakui bahwa kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya waktu hingga mendekati nilai yang konstant. Ia menyatakan pandangannya bahwa penurunan kapasitas infiltrasi lebih dikontrol oleh faktor yang beroperasi di permukaan tanah dibanding dengan proses aliran di dalam tanah.

### 2.11.4 Laju Infiltrasi Horton

Laju infiltrasi berdasarkan Model Horton dihitung dengan rumus:

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \dots\dots\dots (2.48)$$

$$k = \frac{f_0 - f_c}{F_c} \dots\dots\dots (2.49)$$

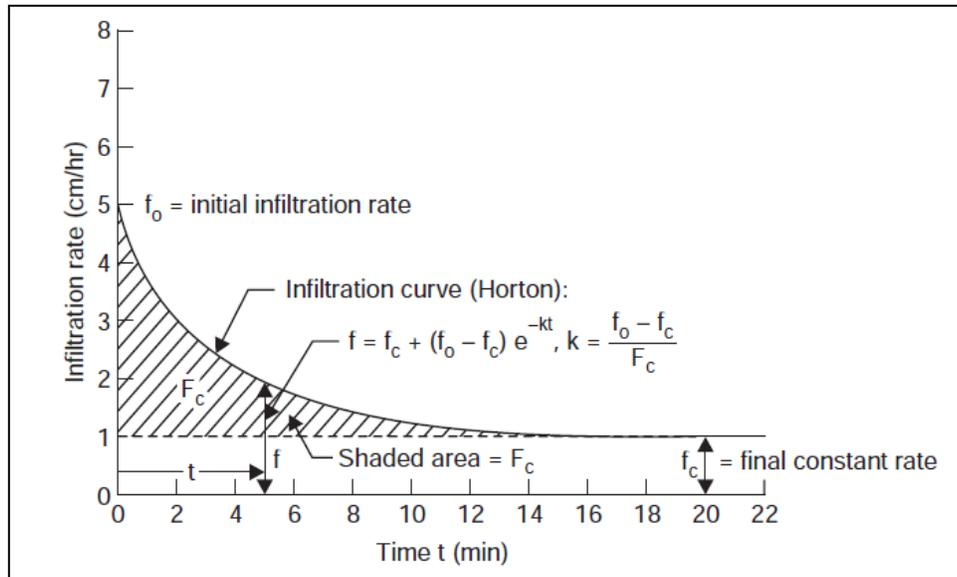
Keterangan:

$f$  = laju infiltrasi(cm/jam)

$f_0$  = laju infiltrasi awal (cm/jam)

$f_c$  = laju infiltrasi akhir (cm/jam)

- e = bilangan dasar logaritma Naperian
- Fc = selisih total volume infiltrasi dengan volume infiltrasi konstan (cm)
- = luas kurva yang diarsir (gambar di bawah)
- t = waktu yang dihitung dari mulainya hujan (jam)



Gambar 2. 9 Kurva Infiltrasi Menurut Horton

Berikut merupakan perkiraan parameter yang diberikan oleh horton:

Tabel 2. 12 Perkiraan Parameter Untuk Rumus Horton

Soil and Cover Complex	$f_0$ (mm/jam)	$f_c$ (mm/jam)	$K$ Menit <sup>-1</sup>
Standart agricultural (bare)	280	6 - 220	1,6
Standart agricultural (turfed)	900	20 - 290	0,8
Peat	325	2 - 29	1,8
Fine Sandy Clay (bare)	210	2 - 25	2,0
Fine Sandy Clay (turfed)	670	10 - 30	1,4

(Sumber: Hydrology Handbook, Second Edition)

## **2.12 Studi Terdahulu**

Dalam penyusunan penelitian ini peneliti menggunakan beberapa referensi studi yang telah dilakukan sebagai acuan dan informasi, berikut adalah tabel resume jurnal yang digunakan :

### **2.12.1 Normalisasi Sungai Ciliwung Menggunakan Program HEC-RAS 4.1 (Studi Kasus Cililitan–Bidara Cina). (Restu Wigati, Soedarsono, Pribadi., 2016)**

Pada penelitian ini pemodelan Normalisasi dilakukan dengan bantuan software HEC-RAS 4.1. Penelitian ini diatarbelakangi kerapnya sungai ciliwung dikaitkan dengan banjir yang sering terjadi di Jakarta, berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan penanggulangan banjir, pada penelitian ini dilakukan Normalisasi, untuk menambah kapasitas sungai.

Metode penelitian yang digunakan yaitu analisis hidrologi dan analisis hidrolika menggunakan program HEC-RAS dengan melakukan simulasi aliran berdasarkan penampang yang sudah direncanakan.

Hasil dari penelitian ini adalah dengan kala ulang banjir 50 dan 100 tahun menghasilkan debit yang diperlukan lebih besar dari debit rencana sehingga Normalisasi sungai mampu mengatasi permasalahan banjir pada sungai ciliwung.

**2.12.2 Normalisasi Sungai Rantauan Sebagai Alternatif Penanggulangan Banjir Di Kecamatan Jelimpo Kabupaten Landak. (Martin, Fransiskus Higang, Stefanus Barlian Soeryamassaoeka., 2013)**

Penelitian ini dilatar belakangi oleh banjir yang terjadi di kecamatan jelimpo pada 11 february 2013 yang mengakibatkan di kecamatan jelimpo lumpuh total. Tindakan penanggulangan yang dilakukan yaitu dengan Normalisasi Sungai Rantauan.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis hidrologi, analisis hidrolika dengan bantuan program HEC-RAS 4.1.0. berdasarkan penampang sungai existing, dengan input data curah hujan hidrograf.

Hasil dari penelitian ini adalah Debit banjir pada DAS Rantauan adalah sebesar 118,759 m<sup>3</sup>/detik untuk periode ulang 2 tahun, 159,115 m<sup>3</sup>/detik untuk periode ulang 5 tahun, 180,253 m<sup>3</sup>/detik untuk periode ulang 10 tahun, 197,549 m<sup>3</sup>/detik untuk periode ulang 20 tahun, 217,246 m<sup>3</sup>/detik untuk periode ulang 50 tahun, dan 230,698 m<sup>3</sup>/detik untuk periode ulang 100 tahun. Penampang rencana normalisasi Sungai Rantauan direncanakan menjadi 13 jenis penampang yang semakin besar dari hulu ke hilir. Akibat upaya Normalisasi, luas penampang Sungai Rantauan mengalami peningkatan sebesar 191,3% sampai 430,1% dari luas penampang eksisting menjadi sebesar 20,25 m<sup>2</sup> sampai 92,25 m<sup>2</sup>. Berdasarkan analisa hidrolika dengan program HEC-RAS didapatkan bahwa penampang rencana normalisasi Sungai Rantauan dapat mengalirkan debit banjir.

### **2.12.3 Kajian Pengelolaan Banjir DKI dan Sekitarnya Bagi Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan ( *Center For Infrastukture and Built Environtment, 2020* )**

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh banjir yang sering terjadi pada ibukota DKI Jakarta yang mengalami peningkatan baik frekuensi maupun intensitasnya. Yang disebabkan oleh banyak faktor, mulai dari faktor teknik seperti meteorologis tutupan lahan, kondisi badan dan bantaran sungai, pendangkalan akibat sedimentasi, sampah menurunnnya muka tanah, kenaikan air laut, dll.

Upaya penanganan banjir secara terpadu dapat ditinjau dari aspek struktural(berupa *grey* dan *green infrastructure*), serta nonstruktural. Pengembangan *grey infrastructure* banyak diimplementasiakan dalam bentuk perluasan penampnag, yang bertujuan untuk menambah kapasitas aliran, dan mengurangi terjadinya frekuensi terjadinya banjir. Pendekatan *grey infrastuctue* perlu disertai oleh upaya penanganan banjir yang ramah lingkungan seperti restorasi sungai dan pantai, dengan konsep LID (*Low Impact Depelovment*) pada kawasan perumahan dan pemukiman.

Implementasi konsep penanganan banjir terpadu yang diusulkan memerlukan target proporsional dan berkelanjutan tentang berapa besar kontribusi *grey* dan *green infrastructure* dalam manajemen banjir, yang disepakati dalam masterplan lintas sektor, lintas pemerintah daerah, dan ditetapkan oleh peraturan yang setara dengan Keputusan Presiden, dan ditetapkan sebagai acuan pokok.

#### **2.12.4 Evaluasi Kapasitas Kolam Retensi Cienteung Sebagai Upaya Mereduksi Banjir Baleendah, Kabupaten Bandung ( Asri Annisa Fitriani, Vitta Pratiwi, 2018)**

Penelitian ini dilatarbelangi oleh banjir yang sering terjadi di Baleendah, Kabupaten Bandung, yang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya daerah yang berada di topografi cekung, curah hujan tinggi dan penyempitan badan sungai, sehingga dibutuhkan upaya pengendalian.

Metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan analisa hidrologi dengan data curah hujan 15 tahun, guna mendapat hasil debit banjir rencana dengan berbagai periode ulang, analisis debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu, Snyder dan SCS-USA, analisa hidrolika dengan bantuan program HEC-RAS 5.0.7 untuk memodelkan berbagai skenario alternatif pengendalian banjir.

Berdasarkan hasil analisis, efektivitas kolam retensi Cieunteung sebesar 30,18% dan mampu mereduksi banjir 11,89%. Direkomendasikan alternatif penanganan banjir yaitu Skenario 2 (kolam retensi tambahan dan normalisasi dasar sungai) untuk Sungai Cigado dengan % reduksi 62,62%. Skenario 3 (normalisasi dasar sungai, tanggul sungai dan kolam retensi baru) untuk Sungai Cisangkuy dengan % reduksi 19,51%. Skenario 2 (normalisasi dasar dan tanggul sungai) untuk Sungai Citarum dengan % reduksi 0,0012%.

### **2.12.5 Laju Infiltrasi pada Tegakan Mahoni dan Lahan Terbuka di Universitas Hasanudin ( Aurelia Andara, 2018)**

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan antara laju infiltrasi pada tegakan pohon mahoni dan lahan terbuka di are kampus hasanudin, yang nantinya diharapkan hasil dari penelitian ini bisa digunakan oleh orang yang membutuhkan data laju infiltrasi khususnya pada tegakan pohon mahoni dan lahan terbuka.

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan pengambilan data 6 slot, 3 slot untuk pohon mahoni dengan kerapatan tajuk yang berbeda, dan 3 slot untuk lahan terbuka yang bertutupan tumpud dengan keraoatan yang berbeda, perhitungan dilakukan dengan perhitungan infiltrasi menurut horton.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laju infiltrasi pada tegakan mahoni termasuk kategori cepat dengan nilai rata-rata 202,1 mm/jam dan laju infiltrasi pada lahan terbuka termasuk dalam kategori sedang sampai cepat dengan rata-rata sebesar 88,6 mm/jam, sedangkan sifat fisik yang paling berpengaruh terhadap laju infiltrasi pada tegakan mahoni yaitu kelembapan dan pada lahan terbuka yaitu porositas.

### **2.12.6 Channel Metamorphosis, Floodplain Disturbance, and Vegetation Development: Ain River, France. (Richard A Marston, Jacky Girel, Guy Pauntou, Herve Oiegay, Jean Paul Bravad, Chris Arneson, 1995)**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan dan menjelaskan metamorfosis saluran Sungai Ain di timur tengah Prancis dan efek gangguan dataran banjir dan perkembangan vegetasi. Dengan lokasi studi pada Sungai Ain Sepanjang

195 km, Mulai dari pegunungan jura sampai dengan sSungai Rhfne antara Lyon, Prancis dan Jenewa, Swiss.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan mengumpulkan peta lanscape banjir dengan periode ulang 100 tahun, untuk tahun 1945 dan 1991. Dengan bantuan program Arc-Gis.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada sungai Ain terdapat penurunan keanekaragaman vegetasi yang diakibatkan oleh banjir yang sangat kuat yang terjadi pada daerah dataran banjir, namun kehadiran vegetasi tersebut juga mampu mereduksi debit banjir tersebut, terutama vegetasi yang berada pada dasar sungai.

**2.12.7 Journal of Water Resource and Protection; Renaturalizing Floodplains  
(Marcelle Nardelli Baptista, Ricardo Valcarel, 2020)**

Semakin berkurangnya dataran banjir pada lembah sungai, seringkali menjadi penyebab banjir ketika hujan yang terjadi secara signifikan, hal ini dinilai dapat membahayakan bagi fungsi tangkapan hidrologi dan mengubah layanan ekosistem mereka, diperkirakan saat ini 50% dari lahan basah didunia telah hilang.

Metode penelitian yang dilakukan yaitu metode analisa deskriptif dengan mengumpulkan berbagai sumber.

Hasil penelitian diketahui bahwa metode struktur konvensional digunakan untuk mencegah banjir, seperti longitudinal tanggul, seringkali sebagian tidak efektif selama peristiwa bencana karena, selain dari mengurangi pasokan jasa ekosistem, solusi ini dinilai hanya mengurangi konsekuensi dari masalah, bukan penyebabnya. Konservasi dan pemulihan dataran banjir diakui sebagai metode pengolahan yang

efisien dan alami dan dalam beberapa kasus dapat dijadikan pengganti dari solusi struktural. Namun dengan memperhatikan tata guna lahan pada daerah sungai.

**2.12.8 Affects of an Extreme Flood on River Morphology ( Case Study: Karoon River, Iran), ( Saleh Yousefi, Somayeh Mirzace, Saskia Keesstra, Nicola Surian, Hmid Reza Pourghasemi, Hamid Reza Zakizadeh, Sahar Tabibian, 2017)**

Penelitian ini dilatar belakangi banjir ekstrim yang terjadi pada 14 April 2016 di sungai karoon, Iran. Itu merupakan debit banjir tertinggi yang tercatat dalam kurun waktu 60 tahun terakhir di Karoon River. Akibat dari banjir tersebut terjadi pelebaran saluran secara signifikan.

Metode penelitian yang digunakan adalah analisa hidrologi, analisis morfologi, Pemetaan lokasi dengan menggunakan OLI (Operation Land Imager) yang dianalisa menggunakan Program ENVI 4.8.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa, tutupan lahan menunjukkan bahwa areal pertanian, tutupan riparian, pemukiman, sedimentasi, dan badan air adalah 18.609,6,953,3,6,718,3,848,4, dan 2.797 ha, masing-masing sebelum kejadian banjir. Sisi saluran aktif hampir seluruhnya terdiri dari areal pertanian dan lahan pemukiman. *Analisis morfologi* saluran menunjukkan pelebaran rata-rata 73 m setelah terjadinya banjir, *Hubungan antara perubahan saluran dengan tipe tutupan lahan*. Hasil menunjukkan bahwa sekitar 1.209 ha (4.3%) dari dataran banjir di wilayah studi

dipengaruhi oleh proses erosi (47%, 20%, 26%, dan 7% pada Pertanian, Pemukiman, tutupan Tepi Sungai, dan daerah sedimentasi)

**2.12.9 Impact of River Morphology on Extreme Flood Level Prediction: a Probabilistic Approach (S. Van Vuren, M. Kok & S. J. Ouwerkerk, 2003)**

Sebagian besar sungai yang terdapat di Belanda memiliki tanggul di sepanjang sungai dan pantainya, dalam makalah ini kami menyelidiki dampak morfologi sungai terhadap tinggi muka air banjir yang ekstrim.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu komputasi DWL, dimana ditinjau apakah keadaan morfologi sungai dapat menyebabkan ketinggian air lebih rendah atau lebih tinggi dari DWL yang diturunkan dengan komputasi tradisional. Dengan bantuan simulasi Monte Carlo model Sobek Morfodinamik 1-D.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa setiap keadaan morfologi sebelum komputasi DWL menghasilkan ketinggian yang berbeda 0.01-0.06 m, Pengaruh morfologi sungai selama terjadi banjir hampir tidak terlihat.

**2.12.10 From Flood Control to Flood Adaptation : a case study on the Lower Green River Valley and the City of Kent in King County, Washington (Kuei Hsien Liao, 2014)**

Meski telah berinvestasi besar besaran dalam Infrastruktur Pengendalian Banjir (FCI), namun banjir masih terjadi di sekitar Kota Kent di King City, sedangkan ekosistem sungai banyak diabaikan oleh pembangunan (FCI) ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah memungkinkan untuk mengubah upaya pengendalian banjir menjadi adaptasi banjir. Dengan studi kasus di Lembah Green River di King County.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melihat urbanisasi penduduk di dataran banjir, dengan metode analisa deskriptip mempelajari dari berbagai kasus yang terjadi dan impact yang terjadi.

Hasil penelitian ini menyatakan bahwa, banyak hal yang perlu diperhatikan untuk melakukan perubahan dari metode pengendalian banjir ke adaptasi banjir, dan membutuhkan dukungan lebih lanjut dengan penelitian empiris, karena telah dibangunnya (FCI), sebagai pengendali banjir, akan sangat memakan biaya apabila dibongkar unntuk menggunakan sistem yang baru, dan ini akan memberikan dampak yang buruk terhadap persepsi sosial.