

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kota Surabaya merupakan Ibukota Provinsi Jawa Timur yang menjadi pusat kegiatan pemerintahan, ekonomi, politik, sosial budaya dan kegiatan lainnya. Laju pertumbuhan penduduk kota Surabaya berkembang dengan pesat sehingga kebutuhan lahan pemukiman juga meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan perubahan tata guna lahan dan mengurangi daerah resapan air hujan, sehingga menyebabkan banjir di beberapa daerah di Surabaya. Salah satu kawasan kota Surabaya yang sering terjadi banjir adalah kawasan Surabaya Barat.

Surabaya Barat memiliki sistem drainase yaitu Sistem Drainase Gunungsari. Dalam sistem drainase tersebut memiliki saluran primer yaitu saluran primer Gunungsari (Gambar 1.1 dan Gambar 1.2). Saluran primer ini menampung debit banjir dan debit air buangan penduduk dari saluran sekunder yang dilayaninya antara lain saluran sekunder Simo Gunung, Simo Mulyo Barat, Simo Mulyo, Darmo Satelit, dan Darmo Indah. Saluran tersebut sering terjadi genangan atau banjir pada saat hujan. Hal ini dikarenakan adanya perubahan tata guna lahan, yang awalnya merupakan daerah resapan air berubah menjadi daerah padat pemukiman.

Adanya perubahan struktur tanah dari persawahan menjadi areal industri mengakibatkan terganggunya daya resap tanah sehingga aliran permukaan (run off) menjadi semakin besar. Pada akhirnya kondisi inilah yang menyebabkan timbulnya genangan di beberapa lokasi karena debit limpasan yang ada sudah tidak dapat lagi tertampung oleh kapasitas saluran.

Berdasarkan peta genangan air Kota Surabaya tahun 2016, ada beberapa titik genangan atau banjir yang terjadi di daerah Surabaya Barat. Lokasi genangan tersebut ditampilkan pada Gambar 1.3. Persoalan-persoalanyang terjadi berkaitan dengan sistem drainase di kota Surabaya secara umum adalah sebagai berikut:

- Tidak mengalirnya air dari badan jalan ke saluran sehingga cenderung terjadi

genangan air pada saat hujan.

- Ukuran dimensi saluran yang tidak sesuai mengakibatkan meluapnya air hujan ke jalan.
- Kurang berfungsinya saluran drainase, sebagai tempat mengalirnya air hujan dari badan jalan ke saluran, hal ini dikarenakan kurangnya pemeliharaan, yang mengakibatkan tersumbatnya tali air tersebut akibat pengendapan kotoran atau sampah.
- Banyaknya sampah dan lumpur yang menyebabkan penyumbatan aliran air dan kapasitas saluran menjadi kecil sehingga tidak mampu menampung debit air hujan yang masuk terutama saat hujan lebat. Hal ini berkaitan dengan kurangnya tingkat kesadaran masyarakat terhadap kebersihan saluran.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit limpasan drainase di Surabaya Barat khususnya di Darmo Indah, Darmo Harapan, Darmo Satelit, Kupang Jaya, Simo Mulyo Barat, Simo Mulyo, dan Simo Gunung.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Saluran sekunder Darmo Indah, Darmo Harapan, Darmo Satelit, Kupang Jaya, Simo Mulyo, Simo Mulyo Barat, dan Simo Gunung termasuk sistem drainase Gunungsari yang berada di Surabaya Barat. Saluran-saluran sekunder tersebut 80% sering terjadi genangan air saat terjadi hujan dan menyebabkan beberapa saluran tersier mengalami genangan air bahkan banjir. Genangan air atau banjir yang terjadi, menyebabkan aktifitas warga menjadi terganggu.

Hal ini disebabkan adanya bertambahnya jumlah penduduk dan pembangunan infrastruktur yang ada di Surabaya Barat. Pembangunan yang ada menyebabkan perubahan tata guna lahan yang semula berupa lahan terbuka hijau berubah menjadi gedung, bangunan, jalan serta fasilitas lainnya sehingga daerah resapan air menjadi berkurang dan air hujan yang jatuh ke tanah sebagian menjadi limpasan permukaan (genangan air). Untuk mengatasi genangan air diperlukan evaluasi saluran sekunder yang ada. Masalah genangan air yang terjadi di saluran sekunder tersebut disebabkan oleh hal-hal berikut :

1. Kondisi perubahan tata guna lahan menjadi area industri dan pemukiman.
2. Adanya pendangkalan, penyempitan saluran dan tersumbatnya saluran.
3. Tingginya curah hujan yang terjadi pada musim penghujan.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Berapa perubahan koefisien limpasan pada tahun 2002 sampai 2017 untuk tata guna lahan eksisting dan rencana tata ruang tahun 2030?
2. Berapa debit banjir rancangan pada kala ulang 2,5,10 tahun?
3. Apakah kapasitas eksisting saluran drainase saat ini dapat menampung debit banjir yang terjadi?
4. Bagaimana solusi penanganan limpasan drainase untuk upaya penanggulangan perubahan tata guna lahan yang terjadi di kota Surabaya?

### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menganalisis perubahan koefisien limpasan pada tahun 2002 sampai 2017 untuk tata guna lahan eksisting dan rencana tata ruang tahun 2030.
2. Menghitung debit banjir rancangan kala ulang 2,5,dan 10 tahun
3. Menghitung kapasitas eksisting saluran dengan membandingkan debit banjir kala ulang
4. Mendapatkan solusi penanganan limpasan drainase untuk upaya penanggulangan perubahan tata guna lahan yang terjadi di kota Surabaya.

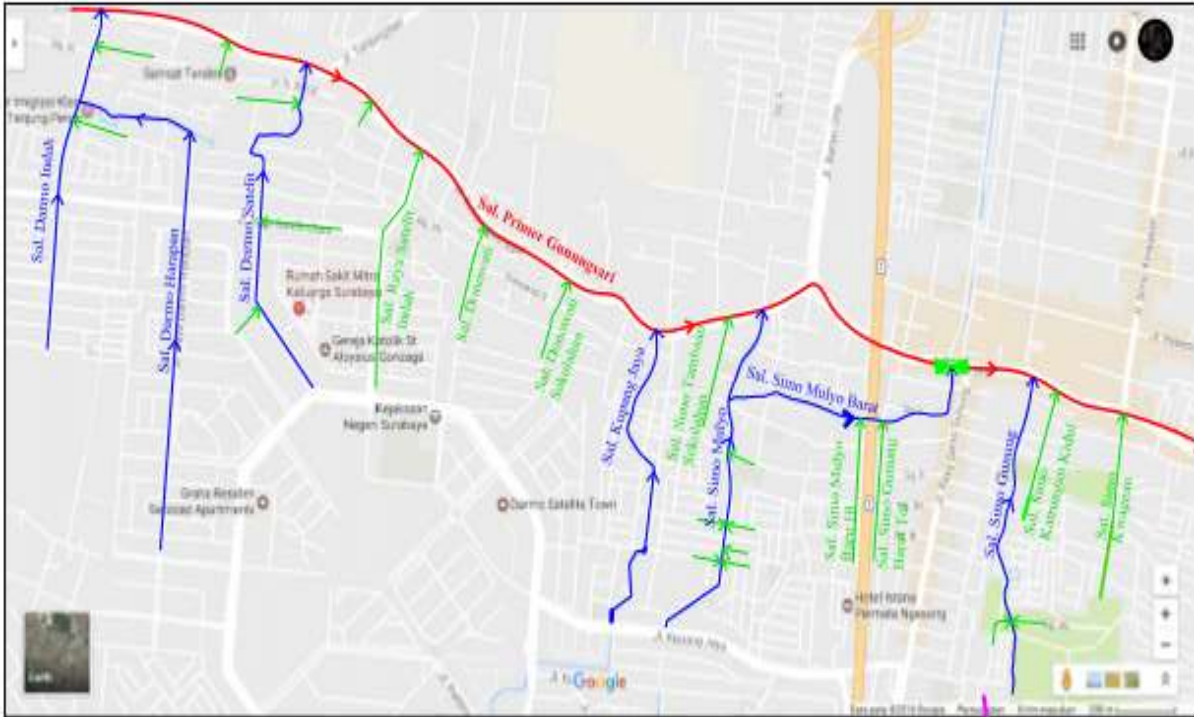
### **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Daerah yang dianalisis hanya daerah limpasan drainase Kota Surabaya Barat
2. Mengevaluasi tingkat penyalahgunaan tata guna lahan.
3. Debit banjir rencana yang digunakan hanya debit limpasan.
4. Tidak memperhitungkan rencana anggaran biaya
5. Tidak memperhitungkan sedimentasi.
6. Tidak mendesain ulang dimensi saluran

## 1.6 Lokasi Studi

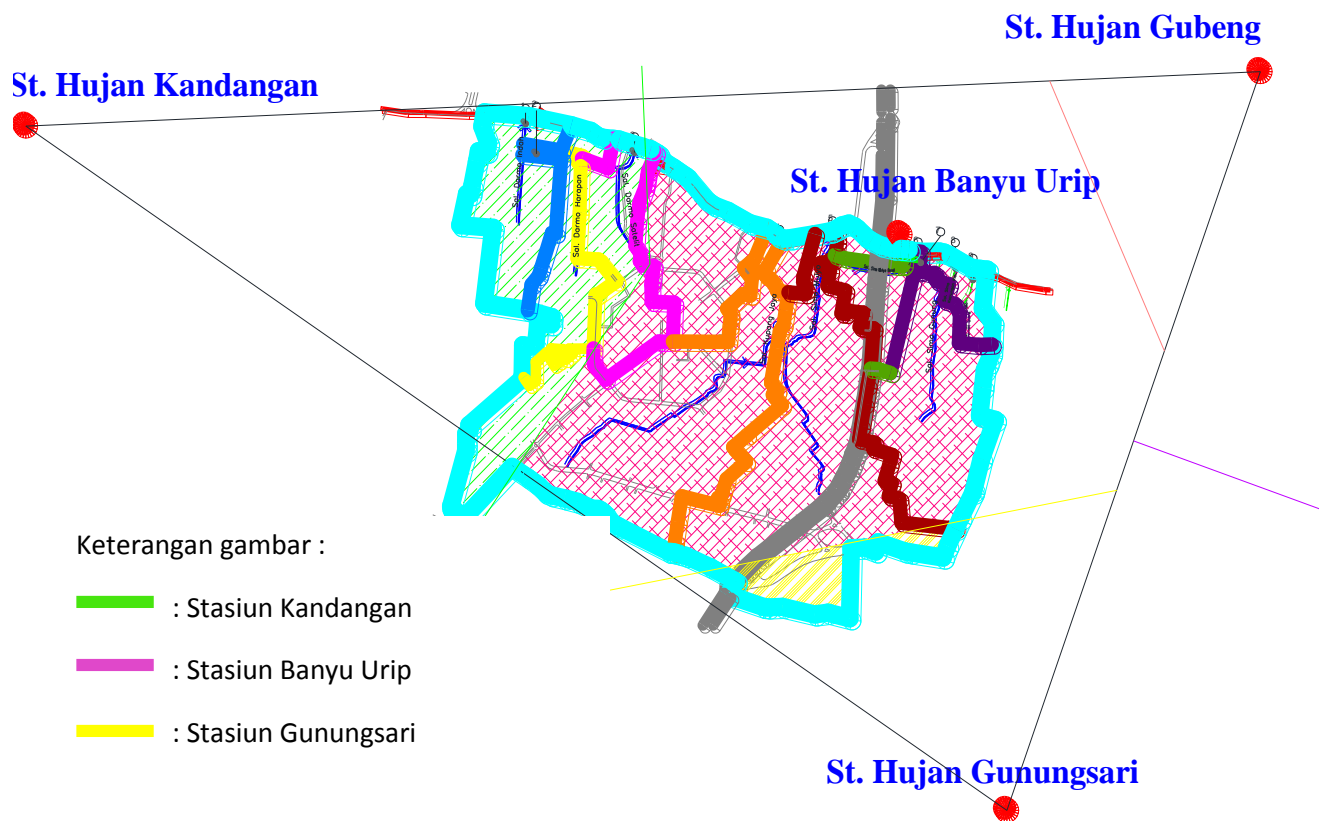
Lokasi studi yang akan ditinjau ditampilkan pada Gambar 1.1.



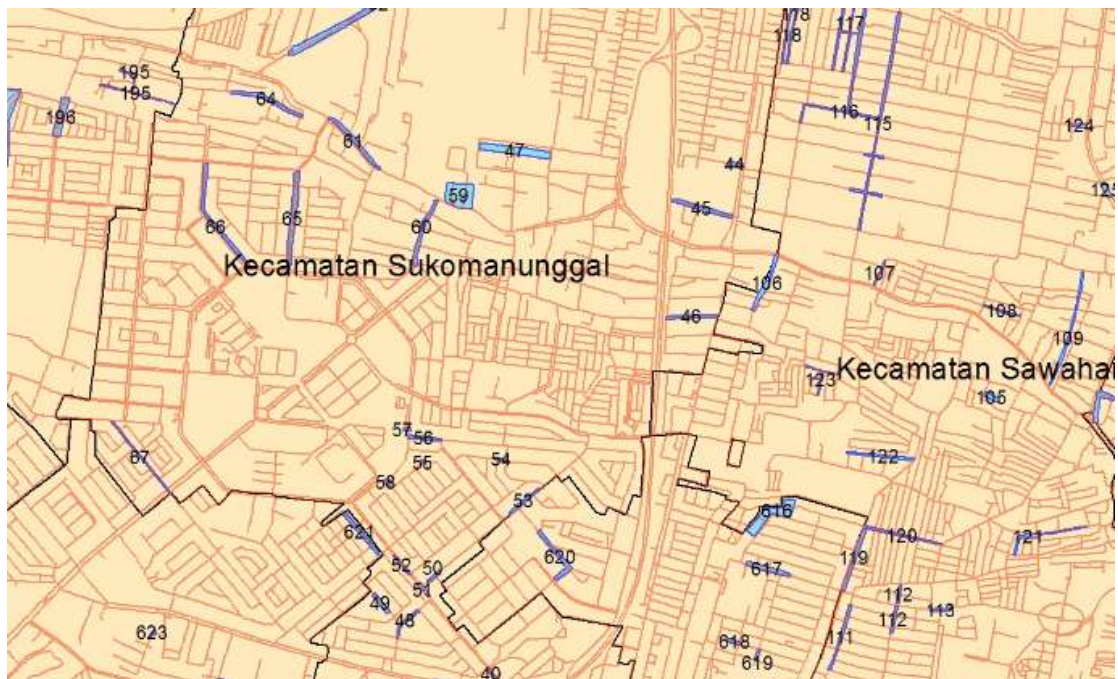
Keterangan gambar :

- : Saluran Primer
- : Saluran Sekunder
- : Saluran Tersier

*Gambar 1.1* Peta Lokasi Sistem Drainase yang Berada di Surabaya Barat



Gambar 1.2 Batas DAS dan Sub DAS Gunungsari



Keterangan gambar :

— : titik genangan

Gambar 1.3 Peta Genangan Kota Surabaya Tahun 2016

*“Halaman sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Analisis Hidrologi**

##### **2.1.1 Pengertian Umum**

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama makhluk hidup (Triatmodjo, 2010). Selain itu, pengertian lain dari hidrologi adalah ilmu yang mendukung desain dan operasi dari struktur hidrolika, suplai air, limbah air, irigasi, drainase, generator hidropower, kontrol banjir, kontrol erosi dan sedimentasi, kontrol intrusi air laut, dsb (Chow, 1988). Hidrologi banyak dipelajari oleh para ahli di bidang teknik sipil dan pertanian. Ilmu tersebut dapat digunakan dalam beberapa kegiatan berikut :

1. Memperkirakan besarnya debit banjir yang terjadi karena hujan deras, sehingga dapat direncanakan bangunan-bangunan pengendali banjir seperti pembuatan tanggul banjir, saluran drainase, gorong-gorong, jembatan, dsb.
2. Memperkirakan jumlah air yang dibutuhkan oleh suatu jenis tanaman, sehingga dapat direncanakan bangunan untuk melayani kebutuhan tersebut.
3. Memperkirakan jumlah air yang tersedia di suatu sumber air (mata air, sungai, danau, dsb.) yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti penyediaan air baku (air untuk keperluan rumah tangga, industri, irigasi, dsb.)

Analisis hidrologi merupakan analisa awal yang digunakan dalam mengevaluasi sistem saluran drainase untuk mengetahui besarnya debit yang akan dialirkan sehingga dapat ditentukan besarnya dimensi saluran drainase tersebut. Besar debit yang digunakan adalah debit rencana yang didapat dari debit hujan rencana pada periode ulang tertentu.

##### **2.1.2 Menghitung Hujan Kawasan**

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang hanya terjadi pada suatu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan tidaklah cukup untuk menggambarkan curah hujan wilayah tersebut, oleh karena itu di berbagai

tempat pada daerah aliran sungai tersebut dipasang alat penakar hujan untuk mendapatkan gambaran mengenai sebaran hujan di seluruh daerah aliran sungai. Beberapa metode untuk mendapatkan curah hujan wilayah adalah dengan : cara rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen dan Isohyet. Dalam kajian ini, analisa curah hujan wilayah digunakan :

### 2.1.2.1 Metode Aritmatik

Metode aritmatik didapat dengan mengambil nilai rata-rata hitung (arithmetic mean) pengukuran hujan di stasiun hujan di dalam area cakupan. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

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

dengan :

$\bar{R}$  = Tinggi curah hujan rata- rata

$R_i$  = Tinggi curah hujan pada stasiun hujan ke-i

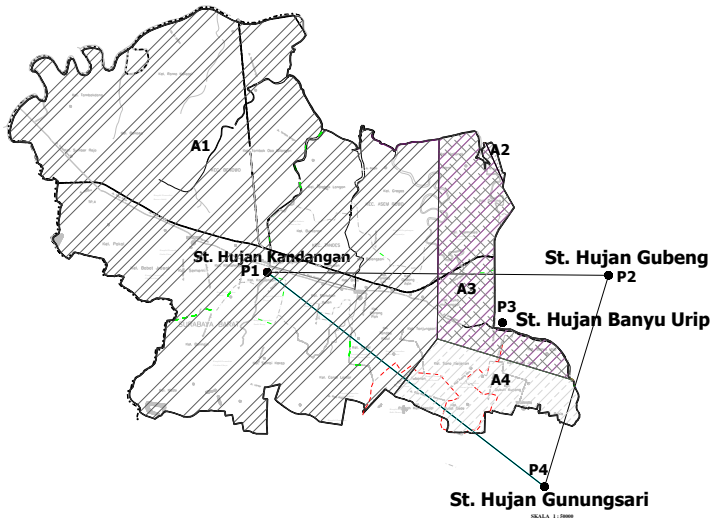
### 2.1.2.2 Metode Polygon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya dan digunakan apabila penyebaran stasiun hujan pada daerah yang ditinjau tidak merata. Pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun.

Prosedur penerapan metode Poligon Thiessen meliputi langkah-langkah berikut ini :

- a. Stasiun hujan digambar pada peta daerah yang ditinjau. Antara stasiun hujan dibuat garis lurus penghubung sehingga membentuk segitiga.
- b. Tiap-tiap sisi segitiga dibuat garis berat sehingga saling bertemu dan membentuk suatu poligon yang mengelilingi setiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon, sedangkan untuk stasiun yang berada di dekat batas daerah, garis batas daerah membentuk batas tertutup dari poligon. Dapat dilihat pada Gambar 2.1.
- c. Luas area pada tiap-tiap poligon dapat diukur, kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di tiap poligon. Hasil jumlah hitungan tersebut dibagi dengan total luas daerah yang ditinjau.





Gambar 2.1 Poligon Thiessen.

- d. Curah hujan wilayah DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\bar{R} = R_i \times C_i \quad (2.2)$$

dengan :

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

$R_i$  = Curah hujan maksimum yang tercatat pada stasiun hujan (mm)

$C_i$  = Koefisien *Thiessen*

- e. Koefisien *Thiessen*

$$C_i = \frac{\text{Luas Pengaruh St.Hujan-}i}{\text{Luas Total DAS}} \quad (2.3)$$

- f. Curah hujan rata-rata DAS metode *polygon thiessen* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_2 + \dots + P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.4)$$

dengan :

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = Curah hujan tercatat di stasiun hujan  
1, 2, ..., n

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas area poligon 1, 2, ..., n

n = Banyaknya stasiun hujan

### 2.1.2.3 Metode Isohiet

Isohiet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohiet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut. Isohiet menggambarkan kontur dengan curah hujan yang sama (Triatmodjo, 2010).

Prosedur pembuatan garis isohiet meliputi langkah-langkah berikut :

- Lokasi stasiun hujan dan kedalaman hujan digambarkan pada peta daerah yang ditinjau.
- Membuat interpolasi antara nilai kedalaman hujan di stasiun yang berdampingan dengan pertambahan nilai yang ditetapkan.
- Membuat kurva yang menghubungkan titik-titik interpolasi yang mempunyai kedalaman hujan yang sama.
- Mengukur luas daerah antara dua isohiet yang berurutan, kemudian dikaliakn dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet.
- Menjumlah dari hitungan pada butir  $d$  untuk seluruh garis isohiet dibagi dengan luas daerah yang ditinjau dan meghasilkan kedalaman hujan rerata.
- Hujan rata- rata DAS dengan metode isohiet dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\bar{P} = \frac{A_1 \cdot \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \cdot \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \cdot \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.5)$$

atau

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.6)$$

dengan :

$\bar{p}$  = Hujan rerata kawasan

$I_1, I_2, \dots, I_n$  = Garis isohiet ke 1, 2, 3 ..., n, n+1

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah yang dibatasi oleh garis isohiet ke 1, 2, dan 3, ..., n dan n+1

### 2.1.3 Curah Hujan Rancangan

Sistem hidrologi biasanya dipengaruhi oleh hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Tujuan dari analisa frekuensi dan hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa- peristiwa tersebut yang berkaitan dengan frekuensi kejadian melalui penerapan distribusi kemungkinan. Ada beberapa metode distribusi yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan atau distribusi probabilitas kontinyu, yaitu:

- a. Distribusi Normal
- b. Distribusi Gumbel
- c. Distribusi *Log Person Tipe III*

Dalam menentukan metode distribusi yang akan dipilih untuk menghitung curah hujan harian maksimum, terlebih dahulu dilakukan perhitungan parameter statistik, yaitu:

1. Nilai rata-rata tinggi hujan

Tinggi rata-rata hujan diperoleh dari rata-rata penakaran tinggi hujan. Rumus yang digunakan :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.7)$$

dengan :

$\bar{X}$  = Rerata (mm)

$X_i$  = Variabel random (mm)

$n$  = Jumlah data

*Sumber: Triatmodjo, 2010*

2. Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.8)$$

dengan :

$Sd$  = Standar deviasi

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

$X_i$  = Variabel random (mm)

$n$  = Jumlah data

*Sumber: Soewarno, 1995*

### 3. Koefisien Kemencengan (Cs)

Koefisien Kemencengan disebut juga Koefisien *Skewness* adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi (Soewarno, 1995). Dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (2.9)$$

dengan :

$Cs$  = Koefisien *skewness*

$Sd$  = *Standart deviasi*

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

$X_i$  = Variabel random (mm)

$n$  = Jumlah data

*Sumber : Triatmodjo, 2010*

### 4. Koefisien Keruncingan (Ck)

Koefisien Keruncingan atau disebut juga dengan Koefisien Kurtosis adalah nilai yang digunakan untuk mengukur keruncingan suatu kurva distribusi (Soewarno, 1995). Koefisien kurtosis dapat dihitung dengan rumus :

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \quad (2.10)$$

dengan :

$Ck$  = Koefisien kurtosis

$Cv$  = Koefisien variasi

$n$  = Jumlah data

$Sd$  = Standar deviasi

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

$X_i$  = Variabel random (mm)

*Sumber : Triatmodjo, 2010*

Setiap distribusi memiliki syarat-syarat parameter statistik. Adapun syarat-syarat parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2 .1 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$Cs = 0$ $Ck = 3$
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3 Cv$

No	Distribusi	Persyaratan
3	Gumbel	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$ $Cs = 1.14$ $Ck = 5.4$
4	<i>Log Pearson III</i>	Selain dari nilai diatas / flexibel

Sumber : Triatmodjo, 2010

### 2.1.3.1 Distribusi Normal

Distribusi normal disebut Distribusi *Gauss*. Persamaan umum yang digunakan yaitu :

$$X = \bar{X} + k.S \quad (2.11)$$

dengan :

$X$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu atau pada periode ulang tertentu.

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

$S$  = Deviasi standar nilai variat

$k$  = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari pada peluang atau periode ulang dan tipe model matematik dari distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Sumber : Soewarno, 1995

### 2.1.3.2 Distribusi Gumbel

Persamaan Distribusi Gumbel adalah :

$$X = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y - Y_n) \quad (2.12)$$

dengan :

$X$  = Nilai variat yang diharapkan terjadi

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

$Y$  = Nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu, atau dapat dihitung dengan rumus :

$$Y = -\ln \left[ -\ln \frac{T-1}{T} \right] \quad (2.13)$$

Untuk  $T \geq 20$ , maka  $Y = \ln T$

$Y_n$  = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduced variate*)

nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada Tabel 2.2

$S_n$  = Deviasi standar dari reduksi variat (*standard deviation of the*

*reduced variate*), nilainya tergantung dari jumlah data ( $n$ ) dan dapat dilihat pada

Tabel 2.3

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel 2.2 Hubungan Reduksi Variat Rata-Rata ( $Y_n$ ) dengan Jumlah Data ( $n$ )

$n$	$Y_n$	$n$	$Y_n$	$n$	$Y_n$	$n$	$Y_n$
10	0,4592	34	0,5396	58	0,5518	82	0,5572
11	0,4996	35	0,5402	59	0,5518	83	0,5574
12	0,5053	36	0,5410	60	0,5521	84	0,5576
13	0,5070	37	0,5418	61	0,5524	85	0,5578
14	0,5100	38	0,5424	62	0,5527	86	0,5580
15	0,5128	39	0,5430	63	0,5530	87	0,5581
16	0,5157	40	0,5436	64	0,5533	88	0,5583
17	0,5158	41	0,5442	65	0,5535	89	0,5585
18	0,5202	42	0,5448	66	0,5538	90	0,5586
19	0,5220	43	0,5453	67	0,5540	91	0,5587
20	0,5236	44	0,5458	68	0,5543	92	0,5589
21	0,5252	45	0,5463	69	0,5545	93	0,5591
22	0,5268	46	0,5468	70	0,5548	94	0,5592
23	0,5283	47	0,5473	71	0,5550	95	0,5593
24	0,5296	48	0,5477	72	0,5552	96	0,5595
25	0,5309	49	0,5481	73	0,5555	97	0,5596
26	0,5320	50	0,5485	74	0,5557	98	0,5598
27	0,5332	51	0,5489	75	0,5559	99	0,5599
28	0,5343	52	0,5493	76	0,5561	100	0,5600
29	0,5353	53	0,5497	77	0,5563		
30	0,5362	54	0,5501	78	0,5565		
31	0,5371	55	0,5504	79	0,5567		
32	0,5380	56	0,5508	80	0,5569		
33	0,5388	57	0,5511	81	0,5570		

Sumber : Soemarto, 1999

Tabel 2.3 Hubungan antara deviasi standar dan reduksi variat ( $S_n$ ) dengan jumlah data ( $n$ )

$N$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,032	1,0411	1,409	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,096	1,1004	1,105	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,131	1,1339	1,136	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,154	1,1557	1,157	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,17	1,1708	1,172	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,181	1,1824	1,183	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,191	1,1915	1,192	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1980	1,1987	1,199	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,204	1,2049	1,206	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,209	1,2090	1,209	1,2096

Sumber : Suripin, 2003:50-52

### 2.1.3.3 Distribusi Log Person Tipe III

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi *log person tipe III* adalah:

- 1) Menentukan logaritma dari semua nilai variat  $X$
- 2) Menghitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X}{n} \quad (2.14)$$

n = jumlah data

- 3) Menghitung nilai deviasi standar dari log X :

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (2.15)$$

- 4) Menghitung nilai koefisien kemencengan

$$Cs = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)^3} \quad (2.16)$$

Sehingga persamaan umum dari log pearson III adalah :

$$\log X = \overline{\log X} + k \cdot (S \log X) \quad (2.17)$$

- 5) Menentukan anti log dari log X, untuk mendapatkan nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan CS nya. Nilai k dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel 2.4 Nilai K Distribusi Log Pearson Type III

(CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,707	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,053	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675

(CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,196	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,161	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,063	1,087	1,097	1,130
-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,000	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,711	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber : Soewarno, 1995

#### 2.1.4 Uji Kecocokan Distribusi Probabilitas

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan *Smirnov-Kolmogorov* (Bambang Triatmojo, 2010).

##### 2.1.4.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Soewarno, 1995).

Parameter Chi-kuadrat dihitung dengan rumus:

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.18)$$

dengan :

$Xh^2$  = 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  $i$

Prosedur uji Chi-kuadrat adalah :

- 1) Mengurutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
- 2) Mengelompokkan data menjadi  $G$  sub-group, tiap-tiap sub group minimal 4 data pengamatan. Pengelompokan data ( $G$ ) dapat dihitung dengan rumus :

$$G = 1 + 1,37 \ln(n) \quad (2.19)$$



$n$  = jumlah data

- 3) Menentukan nilai batas sub kelompok dengan menggunakan rumus :

$$\text{Log}X = \bar{X} + (k \times S) \quad (2.20)$$

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

$k$  = Nilai variabel reduksi Gauss (Tabel 2.5)

$S$  = Standar deviasi

- 4) Menjumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap-tiap sub group.  
 5) Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$ .  
 6) Menghitung nilai pada tiap sub grup :

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.21)$$

- 7) Menjumlahkan seluruh  $G$  sub-grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi kuadrat.  
 8) Menentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$  (nilai  $R=2$  untuk distribusi normal dan binominal, dan nilai  $R=1$  untuk distribusi *Poisson*).  
 9) Parameter  $Xh^2$  merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai  $Xh^2$  sama atau lebih besar dari pada nilai chi kuadrat yang sebenarnya ( $X^2$ ) dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Interpretasi hasilnya adalah :

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

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel 2.5 Nilai Chi Kuadrat Teoritis

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000939	0,00016	0,00098	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	<b>5,991</b>	7,378	9,21	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	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,582	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber : Soewarno, 1995

#### 2.1.4.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*, sering juga disebut juga uji kecocokan non parametik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995).

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- 1) Mengurutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} \quad (2.22)$$

$$P(X <) = 1 - P(X) \quad (2.23)$$

dengan :

$P(X)$  = peluang

$m$  = nomor urut kejadian

$n$  = jumlah data

- 2) Menentukan masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya) :

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_m = P'(X_m)$$

$$X_n = P'(X_n)$$

$$f(t) = \frac{X - \bar{X}}{Sd} \quad (2.24)$$

dengan :

$F(t)$  = distribusi normal standar

$X$  = curah hujan

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

- 3) Menentukan peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke- $m$   $P'(X_m)$ , peluang teoritis tersebut didapat dari tabel.

- 4) Menentukan peluang pengamatan dari rumus:

$$P(X_m) = 1 - P'(X_m) \quad (2.25)$$

- 5) Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis,  $D_{maks} = [P(X_m) - P'(X_m)]$

- 6) Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) tentukan harga  $D_0$  (lihat Tabel 2.6)

- 7) Apabila  $D$  lebih kecil dari  $D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, namun apabila  $D$  lebih besar dari  $D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel 2.6 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	$\alpha$			
	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	0,30	0,34	0,40
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	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n > 50	$1,07/n^{0,5}$	$1,22/n^{0,5}$	$1,36/n^{0,5}$	$1,63/n^{0,5}$

Sumber : Soewarno, 1995

### 2.1.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit air hujan untuk saluran drainase ini dilakukan berdasarkan hujan harian maksimum yang terjadi pada suatu periode ulang tertentu. Hal ini dilakukan mengingat adanya hubungan antara hujan dan aliran sungai dimana besarnya aliran dalam sungai ditentukan dari besarnya hujan, intensitas hujan, luas daerah lama waktu hujan, luas daerah aliran sungai dan ciri-ciri daerah alirannya.

Metode yang digunakan untuk menghitung debit air hujan yaitu Metode Rasional dan Metode Hidrograf.

#### 2.1.5.1 Metode Rasional

Metode rasional dipakai apabila data aliran sungai tidak mencakupi sehingga digunakan data curah hujan, persamaan yang dipakai :

$$Q = 0,278.C.I.A \quad (2.26)$$

dengan :

Q = Debit banjir rencana pada periode ulang tertentu ( $m^3/det$ )

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan pada periode ulang tertentu ( $mm/jam$ )

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

#### 2.1.5.2 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Hidrograf satuan sintetik (HSS) adalah hidrograf yang di dasarkan atas sintetis parameter-parameter daerah aliran sungai. Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu merupakan suatu cara untuk mendapatkan hidrograf banjir rancangan dalam suatu DAS.

Untuk membuat suatu hidrograf banjir pada sungai, perlu dicari

karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut. Adapun karakteristik tersebut adalah:

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (time of peak)
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (time lag)
3. Tenggang waktu hidrograf (time base of hydrograph)
4. Luas daerah tangkapan air
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (length of the longest channel)
6. Koefisien pengaliran.

Debit puncak banjir dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q_p = \frac{C.A.R_e}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})} \quad (2.27)$$

Dimana :

$Q_p$  = debit puncak banjir m<sup>3</sup>/det)

$R_o$  = hujan satuan (mm)

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

$T_{0,3}$  = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit. Dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak

$T_r$  = satuan waktu dari curah hujan (jam)

$T_g$  = waktu konsentrasi (jam)

$\alpha$  = koefisien karakteristik DAS

Untuk menentukan  $T_p$  dan  $T_{0,3}$  digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_g + 0,8. t_r \quad (2.28)$$

$$T_{0,3} = \alpha. t_g \quad (2.29)$$

$$t_r = 0,5t_g \text{ sampai } t_g \quad (2.30)$$

(Sumber : Triatmodjo, 2010)

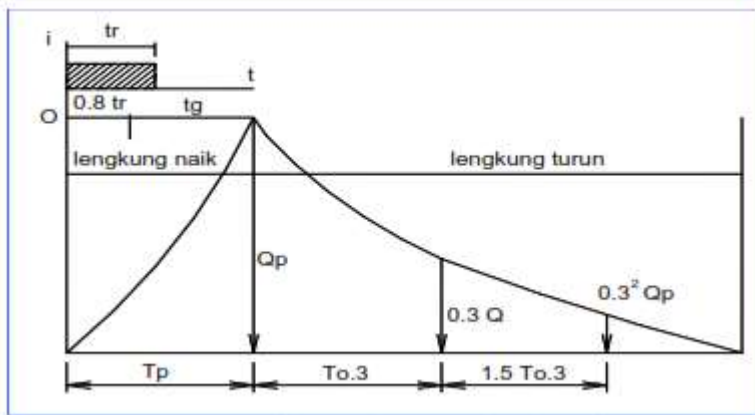
$t_g$  adalah *time lag* yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).  $t_g$  dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

- Sungai sepanjang , < 15Km menggunakan rumus

$$T_g = 0,21. L^{0,7} \quad (2.31)$$

- Sungai sepanjang, > 15Km menggunakan rumus

$$T_g = 0,4 + 0,058. L \quad (2.32)$$



Gambar 2.2 Hidrograf satuan Sintesis Nakayasu

- a. Pada kurva naik ( $0 \leq t \leq T_p$ )

$$Q_t = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (2.33)$$

- b. Pada kurva turun ( $T_p \leq t \leq T_p + T_{0,3}$ )

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \quad (2.34)$$

- a. Pada kurva turun ( $T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ )

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})} \quad (2.35)$$

- b. Pada kurva turun ( $t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ )

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})} \quad (2.36)$$

### 2.1.5.3 HSS Gama I

HSS Gama I dikembangkan oleh Sri Hartato (1993,2000) berdasar perilaku hidrologis di 30 DAS di Pulau Jawa pada dekade 1980-an yang mengkombinasikan antara Metode Strahler dan pendekatan Kraijenhorr van der Leur. Meskipun diturunkan dari data DAS di Pulau Jawa, ternyata hidrograf satuan sintesis Gama I juga berfungsi baik untuk berbagai daerah lain di Indonesia. HSS Gama I terdiri dari empat variabel pokok, yaitu waktu naik (TR), debit puncak (QP), waktu dasar (TB), dan sisi resesi yang ditentukan oleh koefisien tampungan (K).

1. Waktu Naik (TR)

$$TR = 0,43 \left[ \frac{L}{100.SF} \right]^3 + 1,0665.SIM + 1,2775 \quad (2.37)$$

2. Debit Puncak (QP)

$$QP = 0,1836.A^{0,5886}.TR^{-0,4008}.JN^{-0,2381} \quad (2.38)$$

3. Waktu Dasar (TB)

$$TB = 27,4132.TR^{0,4175}.S^{-0,0986}.SN^{0,7344}.RUA^{0,2574} \quad (2.39)$$

4. Koefisien Tampungan (K)

$$K = 0,5617 \cdot A^{0,1798} \cdot S^{-0,1446} \cdot SF^{-1,0897} \cdot D^{0,0452} \quad (2.40)$$

Sehingga, untuk menggambar hidrograf satuan sintetikya digunakan persamaan yaitu :

$$Q_t = Q_p \cdot e^{-t/K} \quad (2.41)$$

Penggunaan masing-masing metode diatas tergantung oleh data yang tersedia. Menurut Suripin kriteria desain hidrologi ditunjukkan pada tabel 2.7 Adalah sebagai berikut :

Tabel 2.7 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (tahun)	Metode Perhitungan Debit Banjir
< 10	2	Rasional
10 - 100	2 - 5	Rasional
101 - 500	5 - 20	Rasional
> 500	10 - 25	Hidrograf Satuan

Sumber : *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, 2004*

## 2.1.6 Penentuan Batas DAS (Daerah Aliran Sungai)

### 2.1.6.1 Definisi DAS

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung atau punggung-punggungan bukit dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik atau stasiun hujan yang ditinjau (Triatmodjo, 2010). Air hujan yang jatuh di dalam DAS akan mengalir ke sungai utama yang ditinjau, sedangkan air hujan yang jatuh di luar DAS akan mengalir ke sungai lain yang ada di sebelahnya. Daerah aliran sungai (DAS) dibatasi oleh batas topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur yang berarti ditetapkan berdasarkan air permukaan. Batas ini tidak ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian (Sri Harto, 1993).

Luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah yang ditinjau dengan menggunakan peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Semakin luas DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula debit sungai.

### 2.1.6.2 Menentukan Batas DAS

Batas-batas DAS dapat ditentukan dengan cara :

1. Punggungan gunung atau bukit

Suatu DAS terdiri dari beberapa Sub-DAS. Dalam penentuan jaringan aliran, batas-batas Sub-DAS dimodelkan dengan menggunakan nilai akumulasi sel sebagai parameter masukannya. Nilai akumulasi aliran sama dengan nol menunjukkan bahwa suatu tempat adalah punggung bukit yang secara fisik merupakan suatu titik yang digunakan untuk membatasi satu Sub-DAS dengan Sub-DAS yang lain. Akumulasi aliran adalah jumlah sel yang

terakumulasi di suatu sel tertentu yang disebabkan oleh arah aliran sel-sel dalam suatu data DEM mengarah pada sel tersebut. Permodelan akumulasi aliran ini berguna untuk menentukan jumlah air limpasan permukaan yang diterima oleh suatu tempat atau titik dalam suatu DAS. Kemudian, jika titik tersebut dianggap sebagai keluaran (*outlet*) bagi suatu jaring-jaring aliran maka sel tersebut akan mendapatkan jumlah sel yang paling besar jika dibanding dengan sel lain dalam suatu DAS yang sama. Punggung gunung atau bukit dapat diartikan sebagai bagian permulaan (daerah hulu suatu DAS).

## 2. Jalan

Jalan dapat didefinisikan sebagai permukaan tanah yang telah mengalami perkerasan, sehingga air yang jatuh pada permukaannya akan mengalami limpasan ke daerah yang lebih rendah (bahu jalan). Dalam hal ini, kedua sisi bahu jalan akan membentuk suatu daerah aliran yang berbeda arah pengalirannya dan membentuk jaringan drainase sesuai daerah pengalirannya. Oleh karena itu, jalan dapat menjadi salah satu penentu batas DAS.

## 3. Garis Pantai

Garis pantai berdasarkan IHO *Hydrographic Dictionary* (1970) adalah garis pertemuan antara pantai (daratan) dan air (lautan). Walaupun secara periodik tinggi permukaan laut selalu berubah, tinggi muka air tertentu yang tetap dan dapat ditentukan, harus dipilih untuk menjelaskan posisi garis pantai. Peta laut digunakan garis air tinggi (*high water line*) sebagai garis pantai. Berbeda dengan garis pangkal, dimana garis yang digunakan adalah garis terendah (*low water line*). Oleh karena itu, garis pantai dapat digunakan sebagai batas antara hilir sungai dengan lautan dan menjadi batas DAS bagian hilir sungai.

### 2.1.7 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) adalah perbandingan antara air yang mengalir di permukaan tanah (*surface run off*) dengan air hujan yang terjadi. Besar debit air hujan dipengaruhi oleh besar nilai koefisien pengaliran atau koefisien limpasan yang tergantung pada penggunaan lahan (*land use*), jenis tanah dan juga topografi daerah pengaliran.

Untuk daerah pengaliran yang terdiri dari atas beberapa jenis tata guna lahan, maka nilai C diambil rata-ratanya sesuai dengan bobot luasannya dengan rumus :



$$C_{gab.} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.42)$$

atau

$$C_{gab.} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.43)$$

dengan :

$C_{gab.}$  = Koefisien pengaliran rata-rata

$A_i$  = Luas daerah dari masing-masing tata guna lahan (km<sup>2</sup>)

$n$  = Banyaknya jenis penggunaan tanah dalam suatu daerah pengaliran

Pada kenyataannya nilai koefisien pengaliran biasanya lebih dari 0 kurang dari 1.

Adapun angka koefisien pengaliran untuk berbagai tata guna lahan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Tipe Daerah Aliran	Koefisien Pengaliran (C)
Rerumputan	
Tanah pasir, datar, 2%	0,50 – 0,10
Tanah pasir, sedang, 2 – 7%	0,10 – 0,15
Tanah pasir, curam, 7%	0,15 – 0,20
Tanah gemuk, datar, 2%	0,13 – 0,17
Tanah gemuk, sedang, 2 – 7%	0,18 – 0,22
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25 – 0,35
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75 – 0,95
Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Daerah singe family	0,30 – 0,50
Multi unit terpisah	0,40 – 0,60
Multi unit tertutup	0,60 – 0,75
Sub-urban	0,25 – 0,40
Daerah apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Daerah ringan	0,50 – 0,80
Daerah berat	0,60 – 0,90
Taman, Kuburan	0,10 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,35
Halaman kereta api	0,20 – 0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10 – 0,30

Tipe Daerah Aliran	Koefisien Pengaliran (C)
Jalan: beraspal	0,70 – 0,95
beton	0,80 – 0,95
batu	0,70 – 0,85
Atap	0,75 – 0,95

Sumber : Triatmodjo,2010

### 2.1.8 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi air hujan per satuan waktu dengan satuan mm/jam. Besarnya intensitas air hujan yang berbeda-beda disebabkan oleh lamanya hujan atau frekuensi terjadinya hujan. Perhitungan intensitas curah hujan digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan jam-jaman dari data curah hujan harian. Untuk perhitungan curah hujan jam-jaman berdasarkan data curah hujan harian dari stasiun hujan dapat digunakan rumus Mononobe.

$$I = \left[ \frac{R_{24}}{24} \right] \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (2.44)$$

dengan :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah Hujan Maksimum Periode Ulang (mm)

t = Durasi Hujan (jam)

Untuk mencari tinggi hujan pada jam ke t, persamaan rumus yang dipakai adalah :

$$R' t = t \times R_t - (t - 1) \times R_{(t-1)} \quad (2.45)$$

dengan :

$R_t$  = Rata-rata hujan harian sampai jam ke t (mm)

$R_{24}$  = Tinggi hujan dalam 24 jam

t = Waktu hujan (jam)

Untuk mencari tinggi hujan efektif, persamaan rumus yang dipakai adalah :

$$R_{eff} = C \times X_t \quad (2.46)$$

dengan :

$R_{eff}$  = Curah hujan efektif (mm)

C = Koefisien pengaliran

$X_t$  = Tinggi curah hujan rencana (mm)

### 2.1.9 Waktu Konsentrasi (Tc)

Untuk mengetahui waktu konsentrasi dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$Tc = t_o + t_f \quad (2.47)$$

dengan :

$t_o$  = *overland flow time ( inlet time )* , waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan untuk sampai di *inlet* ( jam )

$t_f$  = *channel flow time*, waktu yang diperlukan air mengalir sepanjang saluran sampai di *outlet* ( jam )

Untuk mengetahui nilai  $t_o$  dan  $t_f$  dapat menggunakan rumus berikut :

#### 2.1.9.1 Rumus Kirpich

$$t_c = \left( \frac{0,87.L^2}{1000.S} \right)^{0,385} \quad (2.48)$$

dengan :

L = Panjang saluran utama ( m )

S = Kemiringan rata – rata dasar saluran

$$t_o = 0,0195 \left( \frac{L_o}{\sqrt{I_o}} \right)^{0,77} \quad \text{untuk } L_o > 400 \text{ m} \quad (2.49)$$

dengan :

$t_o$  = *overland flow time (inlet time)*, waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan untuk sampai di *inlet* ( jam )

$L_o$  = Jarak mengalirnya air hujan mengalir diatas permukaan sampai *inlet* ( m )

$I_o$  = Kemiringan rata – rata dari daerah aliran  $\left( \frac{\Delta H}{L} \right)$

#### 2.1.9.2 Rumus Kerby

$$t_o = 1,44 \left( n \cdot \frac{L_o}{\sqrt{I_o}} \right)^{0,467} \quad \text{untuk } L \leq 400 \text{ m} \quad (2.50)$$

dengan :

$t_o$  = *overland flow time ( inlet time )* , waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan untuk sampai di *inlet* ( jam )

$L_o$  = Jarak mengalirnya air hujan mengalir diatas permukaan sampai *inlet* ( m )

$I_0$  = Kemiringan rata – rata dari daerah aliran ( $\frac{\Delta H}{L}$ )

$n$  = Kekerasan daerah pengaliran menurut *Kerby*

$$t_f = \frac{L}{v} \times 3600 \text{ (jam)} \quad (2.51)$$

dengan :

$L$  = Panjang saluran (m)

$V$  = Kecepatan air pada saluran (m/dt)

### 2.1.9.3 Rumus *Rhiza*

$$f = \frac{L}{v} \text{ dengan } V = 72. \left( \frac{\Delta H}{L} \right)^{0,6} \quad (2.52)$$

dengan :

$L$  = Panjang sungai di daerah aliran (km)

$V$  = Kecepatan rambat banjir (km/jam)

$\Delta H$  = Beda tinggi antara titik terjauh di hulu dengan titik pengamatan (km)

### 2.1.9.4 Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Jalan 2006, waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan menggunakan rumus :

$$t_0 = \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{S}} \quad (2.53)$$

dan

$$t_f = \frac{L_s}{60 \times V} \quad (2.54)$$

dengan :

$L$  = Panjang lahan (m)

$L_s$  = Panjang saluran (m)

$nd$  = Koefisien hambatan (Tabel 2.10)

$S$  = Kemiringan lahan

$V$  = Kecepatan aliran (m/det)

Penggabungan antara  $t_0$  dan  $t_f$  dimaksudkan untuk mendapatkan lamanya waktu konsentrasi seluruh aliran baik yang mengalir di daerah pengaliran maupun di saluran sehingga dapat diketahui besar banjir yang sesungguhnya pada titik pengamatan. Sedangkan beda tinggi antara titik terjauh di hilir dengan titik pengamatan ( $\Delta H$ ), diperoleh dari

kemiringan saluran eksisting rata-rata pada *long section* dan untuk harga koefisien pengaliran (C) seperti telah diuraikan sebelumnya, dapat dilihat pada **Tabel 2.8**.

## 2.2 Analisis Debit Kumulatif

### 2.2.1 Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

Dalam perencanaan suatu sistem drainase perlu diketahui juga jumlah air buangan atau limbah yang akan mengalir ke saluran drainase selain jumlah air hujan yang masuk ke saluran. Dengan memperhitungkan besarnya jumlah penduduk untuk memperkirakan debit air buangan limbah penduduk yang masuk ke saluran drainase. Jumlah penduduk dapat dihitung sesuai dengan kepadatan penduduk di daerah kajian dan dapat dihitung dengan beberapa metode, antara lain :

#### 2.2.1.1 Metode Geometrik

Persamaan yang digunakan dalam metode ini yaitu :

$$P_n = P_o (1 + r)^{dn} \quad (2.55)$$

dengan :

$P_n$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun periode

$P_o$  = Jumlah penduduk pada awal tahun periode

$r$  = rata-rata pertambahan penduduk per tahun

$dn$  = kurun waktu

*Sumber : Buku Ajar Teknik Lingkungan TKS 4203, 2008*

#### 2.2.1.2 Metode Rata-Rata Aritmatik

Perkiraan jumlah penduduk dengan rata-rata aritmatik menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_n = P_o + (r \times n) \quad (2.56)$$

dengan :

$P_n$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun periode

$P_o$  = Jumlah penduduk pada awal tahun periode

$r$  = rata-rata pertambahan penduduk per tahun

$n$  = kurun waktu

### 2.2.1.3 Metode Selisih Kuadrat Minimum (*Least Square*)

Persamaan yang digunakan dalam metode ini yaitu :

$$P_n = a + b \cdot t \quad (2.57)$$

dengan :

$P_n$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun

$t$  = Tambahan tahun terhitung dari tahun dasar

$$a = \frac{(E.P)(E.t^2) - (E.t)(E.P.t)}{N(E.t^2) - (E.t)^2}$$

$$b = \frac{N(E.P.t) - (E.t)(E.P)}{N(E.t^2) - (E.t)^2}$$

$N$  = Jumlah data yang diambil harus ganjil

*Sumber : Buku Ajar Teknik Lingkungan TKS 4203, 2008*

### 2.2.1.4 Menentukan metode yang digunakan

Untuk menentukan metode yang akan digunakan antara metode Aritmatuk, Geometrik, dan Least Square, dapat menggunakan rumus dibawah ini agar mendapatkan koefisien korelasi untuk perhitungan proyeksi penduduk.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\{[n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2][n(\sum X^2) - (\sum X)^2]\}^{0,5}} \quad (2.58)$$

Dengan :

$r$  = koefisien korelasi

$n$  = jumlah data

*Sumber : Buku Ajar Teknik Lingkungan TKS 4203, 2008*

### 2.2.1.5 Debit Air Kotor Buangan Domestik

Untuk memperhitungkan jumlah air buangan domestik yang akan dibuang melalui saluran drainase, harus diketahui terlebih dahulu jumlah kebutuhan air untuk setiap orang perharinya yang merupakan indikasi utama untuk menganalisa debit air buangan domestik termasuk presentase yang hilang dalam prosesnya. Untuk besaran buangan air kotor domestik yang sering digunakan dalam perencanaan untuk wilayah Indonesia adalah sebesar 150 liter/hari/jiwa (Sumber : buku Rekayasa Lingkungan, penerbit Gunadarma), dimana presentse kehilangan selama proses tersebut sebesar 20%. Rumus yang digunakan :

$$Q_{ak\ total} = \frac{P_n \times 80\% \times K_{ab}}{86400} \quad (2.59)$$

Dengan :

$Q_{ak\ total}$  = Debit air kotor pada keseluruhan daerah ( $m^3/det/km^2$ )

$P_n$  = Jumlah Penduduk (jiwa)

$K_{ab}$  = Koefisien jumlah air buangan domestik penduduk ( $m^3/det/jiwa$ )

## 2.3 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika adalah menganalisis kapasitas penampang saluran terhadap debit banjir yang terjadi dengan menggunakan analisis hidrolika sederhana. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui kemampuan dari kapasitas saluran sekunder untuk menampung dan mengalirkan debit banjir rencana. Salah satu penyebab banjir adalah karena ketidakmampuan penampang dalam menampung debit banjir yang terjadi.

### 2.3.1 Perhitungan Kapasitas Eksisting Saluran

Perhitungan kapasitas eksisting bertujuan untuk mengetahui besarnya kapasitas eksisting saluran untuk menampung dan mengalirkan debit banjir rencana. Perhitungan ini menggunakan persamaan yang dinyatakan dalam rumus:

$$Q = A \times V \quad (2.60)$$

dengan :

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

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

V = Kecepatan aliran (m/det)

*Sumber: Suripin (2003, p.130)*

Untuk menentukan V dilakukan perhitungan dengan Metode Manning :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S_0^{\frac{1}{2}} \quad (2.61)$$

dengan :

n = Koefisien kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolis ( $R = \frac{A}{P}$ )

S<sub>0</sub> = Kemiringan dasar saluran

*Sumber: Suripin (2003, p.144)*

Nilai kekerasan Manning dapat menjadi kekasaran gabungan apabila dalam suatu saluran ada lebih dari satu jenis bahan yang menyusun saluran tersebut. Misalnya saluran yang terbuat dari pasangan batu kali pada dinding sedangkan dasar saluran adalah tanah, untuk menentukan nilai kekasaran Manning gabungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n_{gabungan} = \frac{(P_1.n_1^2 + P_2.n_2^2 + \dots + P_n.n_n^2)^{\frac{1}{2}}}{P^{\frac{1}{2}}} \quad (2.62)$$

dengan :

P = Keliling basah

$n$  = Nilai kekasaran Manning

Nilai koefisien Manning didapat berdasarkan lapisan bahan permukaan saluran yang diinginkan dan dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Nilai Koefisien Manning ( $n$ )

Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Minimum	Normal	Maksimum
<b>1. Beton</b>			
Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran gangguan	0,011	0,013	0,014
Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
<b>2. Saluran dilapisi atau dipoles</b>			
Pasangan batu pecah disemen	0,017	0,025	0,03
Pasangan batu kosong	0,023	0,032	0,035
<b>3. Tanah lurus dan seragam</b>			
Bersih baru	0,016	0,018	0,03
Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
Berkerkil	0,022	0,025	0,03
Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
<b>4. Saluran alam</b>			
Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0,025	0,030	0,035
Saluran belukar	0,035	0,050	0,070

Sumber: *Ven te Chow*

### 2.3.2 Geometri Saluran

Evaluasi sistem drainase yang ada di daerah Simo Gunung, Simo Mulyo Barat, Simo Mulyo, Darmo Satelit, dan Darmo Indah digunakan penampang saluran persegi dan trapesium sesuai dengan kondisi eksisting saluran.

Dalam merencanakan geometri saluran diperlukan dimensi saluran antara lain lebar saluran ( $b$ ), kedalaman saluran ( $H$ ), dan tinggi jagaan ( $w$ ). Tinggi jagaan ( $w$ ) diperlukan agar tidak terjadi luapan air (*over topping*). Besarnya tinggi jagaan disajikan pada Tabel 2.12.

Tabel 2.10 Tinggi Jagaan ( $w$ )

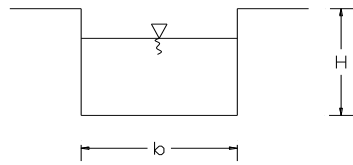
Besarnya debit $Q$ ( $m^3/det$ )	Tinggi Jagaan ( $w$ )	
	sal. pasangan batu kali	sal. Tanah
< 0,50	0,20	0,40
0,50 - 1,50	0,20	0,50
1,50 - 5,00	0,25	0,60
5,00 - 10,00	0,30	0,75
10,00 - 15,00	0,40	0,85
> 15,00	0,50	1,00

Sumber: *Anggrahini (2005, p.366)*



### 2.3.2.1 Penampang Saluran Persegi

Penampang saluran persegi ditampilkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Penampang saluran segi empat

dengan :

$$b = \text{Lebar dasar saluran} \quad (\text{m})$$

$$H = \text{Kedalaman saluran} \quad (\text{m})$$

$$A = \text{Luas penampang basah saluran} \quad (\text{m}^2)$$

$$= b \times H \quad (2.63)$$

$$P = \text{Keliling basah} \quad (\text{m})$$

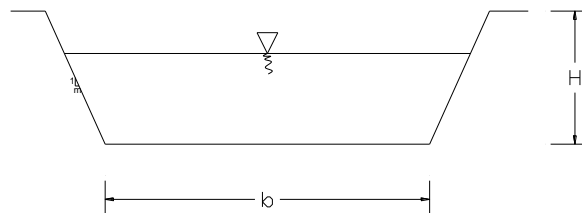
$$= b + 2H \quad (2.64)$$

$$R = \text{Jari- jari hidrolis saluran} \quad (\text{m})$$

$$= A/P \quad (2.65)$$

### 2.3.2.2 Penampang Saluran Trapesium

Penampang saluran persegi ditampilkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Penampang saluran trapesium

dengan :

$$b = \text{Lebar dasar saluran} \quad (\text{m})$$

$$H = \text{Kedalaman saluran} \quad (\text{m})$$

$$m = \text{Kemiringan saluran}$$

$$A = \text{Luas penampang basah saluran} \quad (\text{m}^2)$$

$$= (b + mH)H \quad (2.66)$$

$$P = \text{Keliling basah} \quad (\text{m})$$

$$= b + 2H\sqrt{1+m^2} \quad (2.67)$$

R = Jari- jari hidrolis saluran (m)

$$= A/P \quad (2.68)$$

## 2.4 Analisis Tata Guna Lahan

### 2.4.1 Pengertian Umum

Lahan berbeda dengan tanah. Istilah tanah lebih mengarah pada tubuh tanah (soil) dan materi tanah (materials) yang menekankan pada sifat fisik tanah secara kimiawi dan organik (Sadyohutomo, 2006: 8). Sementara itu lahan lebih dikaitkan pada unsur pemanfaatan /peruntukan / penggunaan dari bentang tanah dalam hal ini dipahami sebagai ruang. Dengan demikian, bila coba didefinisikan, penatagunaan lahan adalah upaya atau hasil upaya mengatur penggunaan tanah yg rasional, dan serasi [UPA60]; penguasaan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah yg berwujud konsolidasi pemanfaatan tanah; melalui pengaturan kelembagaan yg terkait dg pemanfaatan tanah sbg satu kesatuan sistem utk kepentingan masyarakat secara adil.

Dengan memahami ruang sebagai wadah yang meliputi ruang darat, laut dan udara termasuk di dalam bumi sebagai satu kesatuan wilayah (UU no. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang), maka peranan penatagunaan lahan menjadi sangat penting, tidak hanya sebagai ruang fungsional tempat berlangsungnya aktivitas tetapi juga secara politik sebagai wujud teritori atau wilayah kedaulatan.

Penggunaan Lahan adalah segala macam bentuk campur tangan manusia secara tetap maupun berkala terhadap sumber daya alam dan sumber daya buatan yang secara keseluruhan disebut "lahan" dengan maksud untuk memenuhi kebutuhan hidup baik berupa kebendaan atau kejiwaan atau keduanya (Vink, 1975 dalam Dwi Astuti, 2006). Ada banyak faktor yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan, salah satunya adalah banyaknya jumlah penduduk, namun luas lahannya tetap. Sehingga memicu penduduk untuk melakukan perpindahan. Perpindahan penduduk pada umumnya terjadi dari desa ke kota. Apabila kota sudah tidak mencukupi, maka penduduk punya alternatif untuk pindah di pinggiran kota. Perpindahan penduduk dari desa ke kota menyebabkan perubahan penggunaan lahan biasa terjadi di pinggiran perkotaan. Bintarto dalam Djauhari Noor (2006) mengungkapkan bahwa telah terjadi gerakan penduduk yang terbalik, yaitu dari kota ke daerah pinggiran kota yang sudah termasuk ke wilayah desa.

#### **2.4.1.1 Metode Overlay**

Analisis overlay diakui secara luas sebagai salah satu metode analisis peta. Pengguna peta meletakkan salah satu peta yang lainnya untuk mendeteksi data antar peta yang terkandung di dalamnya (Goodchild; Mcharg dalam Lo, 2002). Pengolahan data penggunaan lahan dengan melakukan overlay untuk satu area dalam waktu yang berbeda menghasilkan penilaian terhadap perubahan penggunaan lahan (Duker and Talcott's dalam Rhind and Hudson, 1980). Langkah awal yang dibutuhkan dalam membandingkan data penggunaan lahan dengan menggunakan computer khususnya untuk menghasil suatu peta harus dalam satu sistem koordinat, ini berarti peta penggunaan lahan yang menggunakan sistem proyeksi yang berbeda harus dirubah ke dalam sistem proyeksi yang sama (Rhind and Hudson,1980).s

#### **2.4.1.2 Metode Eksisting**

Analisis eksisting adalah kesesuaian lahan lokasi permukiman digunakan mengetahui tingkat kecocokan lahan untuk pembangunan permukiman berdasarkan kondisi fisik lahan tujuan dari analisis ini adalah :

1. menganalisis tingkat kesesuaian lahan
2. mengetahui persebaran dan luas lahan permukiman eksisting berdasarkan kelas kesesuaian lahan permukiman
3. mengetahui persebaran dan luas lahan permukiman cadangan yang sesuai dengan kelas kesesuaian lahan untuk lokasi permukiman

Analisis yang digunakan adalah metode survei meliputi pengukuran, pengamatan langsung di lapangan.

*“Halaman sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Uraian**

Metodologi adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan dan menganalisis permasalahan yang telah dilampirkan pada diagram alir. Metode atau langkah-langkah yang dilakukan pada analisis pengaruh perubahan tataguna lahan terhadap debit limpasan drainase di kota Surabaya Barat yaitu persiapan, idenfikasi masalah, studi literature, pengumpulan data, analisis data, kesimpulan dan saran.

##### **3.1.1 Persiapan**

Persiapan yang dilakukan untuk mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir diantaranya :

1. Mengurus surat perijinan yang diperlukan sebagai kelengkapan administrasi penyusunan Tugas Akhir.
2. Mencari informasi sekaligus menentukan data-data yang diperlukan.
3. Melakukan pengamatan (*survey*) lapangan yang bertujuan untuk mengetahui lokasi dan kondisi permasalahan yang ada.

##### **3.1.2 Identifikasi Masalah**

Mengidentifikasi penyebab masalah genangan yang terjadi pada sistem drainase Gunungsari di kota Surabaya Barat.

##### **3.1.3 Studi Literatur**

Studi literatur adalah mempelajari ilmu-ilmu dan mencari referensi tentang drainase untuk menunjang pengerjaan tugas akhir. Studi literatur bisa didapat dari berbagai sumber informasi seperti : buku, jurnal, internet dan berita.

##### **3.1.4 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data penunjang yang akan digunakan dalam menganalisis pengaruh perubahan tataguna lahan terhadap debit limpasan di Kota Surabaya Barat diperoleh dari data primer dan data sekunder yang akan disajikan sebagai berikut :

- Data Primer :

Data Primer adalah data yang diperoleh dengan cara mengadakan peninjauan atau survey langsung di lapangan. Peninjauan lapangan di lapangan dilakukan dengan beberapa pengamatan dan identifikasi langsung. Data primer yang harus dikumpulkan yaitu data pengukuran dan survei, data yang didapat antara lain :

1. Dimensi saluran *existing* saluran sekunder dan saluran tersier
2. Arah aliran.
3. Batas DAS.
4. Lokasi yang terjadi genangan.

- Data Sekunder:

Data Sekunder adalah dengan mencari informasi secara ilmiah pada instansi pemerintah maupun lembaga terkait dengan analisis perubahan tataguna lahan terhadap debit limpasan drainase di Kota Surabaya Barat. Data sekunder yang harus dikumpulkan antara lain:

1. Data curah hujan

Data hujan diperlukan dari 4 stasiun pencatat curah hujan, yaitu stasiun hujan Kandangan, Gunungsari, Banyu urip, dan Gubeng. Data curah hujan yang telah di dapat kemudian diolah dalam perhitungan untuk analisis hidrologi. Data ini didapat dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Surabaya.

2. Peta Wilayah Kota Surabaya Barat didapat dari Badan Perencanaan Pembangunan Kota dan Kantor Pekerjaan Umum Kota Surabaya

Peta yang digunakan antara lain :

- Peta DAS Gunungsari
- Peta Topografi
- Peta Letak Stasiun Hujan
- Peta Layout *Surabaya Drainage Master Plan* (saluran Gunungsari dan sistem jaringannya)
- Peta Tata Guna Lahan
- Peta Skema Jaringan

3. Peta dan Data lama dan tinggi genangan wilayah Kota Surabaya Barat didapat dari kantor Bappeda Kota Surabaya.

4. Data Jumlah penduduk yang didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya.

### 3.1.5 Metode Analisa dan Pengolahan Data

Setelah Pengumpulan data telah diperoleh, kemudian dianalisis secara bertahap dengan langkah-langkah pengolahan data sebagai berikut :

1. Pengolahan data :
  - a. Menentukan batas DAS
  - b. Menentukan koordinat stasiun hujan
  - c. Melakukan pengecekan data hujan
2. Analisa Hidrologi

Dalam analisa hidrologi akan membahas langkah dalam menentukan debit banjir rencana. Langkah-langkah dalam menentukan debit banjir rencana adalah sebagai berikut :

- a. Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum, menentukan tinggi curah hujan harian maksimum dengan menggunakan 2 (dua) metode yaitu :
  - Metode curah hujan ekstrem
  - Metode curah hujan pada kejadian yang sama
- b. Uji Konsistensi Data, metode yang digunakan untuk menguji konsistensi data curah hujan tersebut yaitu dengan metode kurva masaa ganda (*double mass curve method*).
- c. Perhitungan Curah Hujan Wilayah, dengan menggunakan 3 metode yaitu :
  - Metode Aritmatik
  - Metode Poligon *Thiessen*
  - Metode *Ishoyet*
- d. Perhitungan Curah Hujan Rancangan, untuk menentukan curah hujan rancangan dilakukan dengan menggunakan distribusi probabilitas yaitu :
  - Distribusi Normal
  - Distribusi Log Normal
  - Distrusi *Gumbel*
  - Distribusi *Log Pearson III*

Sebelum menentukan metode distribusi yang akan digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan parameter dasar statistik. Dalam perhitungan parameter dasar statistik mencari nilai :

- Koefisien *Skewness* ( $C_s$ )
- Koefisien Kurtosis ( $C_k$ )

- Standar deviasi
  - Xrata-rata
- e. Melakukan Uji Kecocokan Distribusi, Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu :
- Metode Uji Chi-Kuadrat
  - Metode Uji *Smirnov-Kolmogorov*
- f. Perhitungan Intensitas Curah Hujan, menggunakan metode mononobe
- g. Perhitungan Koefisien Pengaliran
- h. Perhitungan Debit Banjir Rencana
3. Analisis Hidrolika
- Perhitungan Kapasitas *existing* saluran sekunder
4. Analisis Koefisien Pengaliran
- a. Pada kondisi eksisting
  - b. Untuk kondisi yang akan datang
  - c. Menghitung Luas Daerah Aliran Air
5. Analisis Debit Kumulatif
- a. Perhitungan pengolahan data jumlah penduduk dengan menggunakan 3 (tiga) metode yaitu :
    - Metode Aritmatik
    - Metode Geometrik
    - Metode *Least Square*
  - b. Menghitung debit kumulatif periode ulang 2, 5, dan 10 tahun dengan menggunakan metode sebagai berikut :
- $$Q_{ak} = Q_{renc} + Q_{dom}$$

### 3.1.6 Kesimpulan

Bagian ini akan berisi kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil perhitungan analisis Pengaruh Perubahan Tataguna Lahan Terhadap Debit Limpasan di Kota Surabaya Barat.

### 3.2 Diagram Alir Metodologi (*Flow Chart*)

Sistematika penyusunan tugas akhir ini dapat dilihat dalam bentuk diagram alir yang merupakan proses penyusunan awal hingga akhir yang mempunyai tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan tataguna terhadap debit limpasan dan memberikan solusi

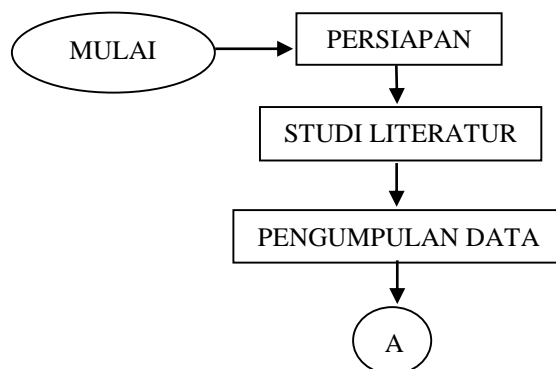


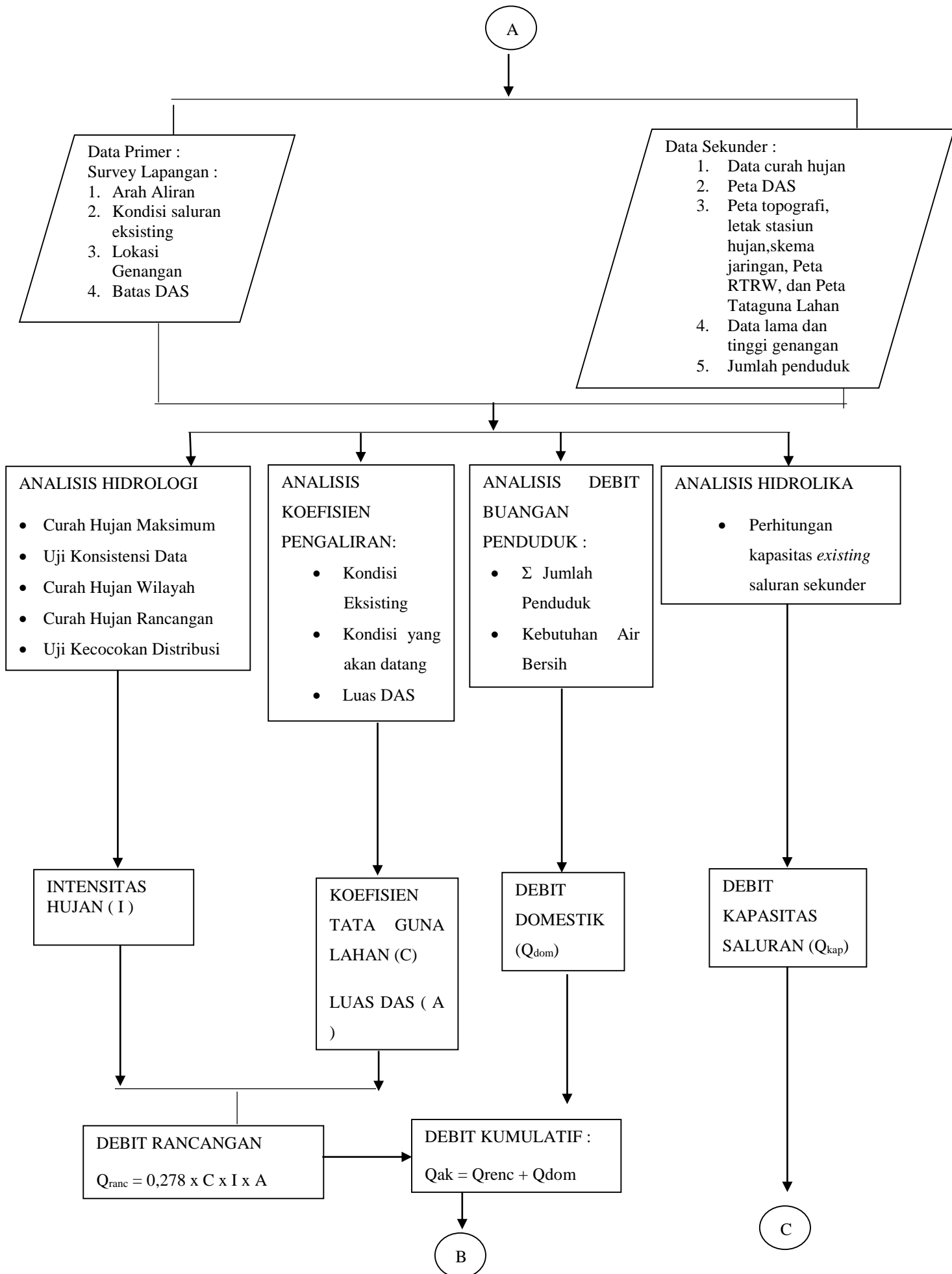
alternatif pada saluran sekunder agar dapat menampung debit banjir rancangan sesuai kala ulang yang direncanakan.

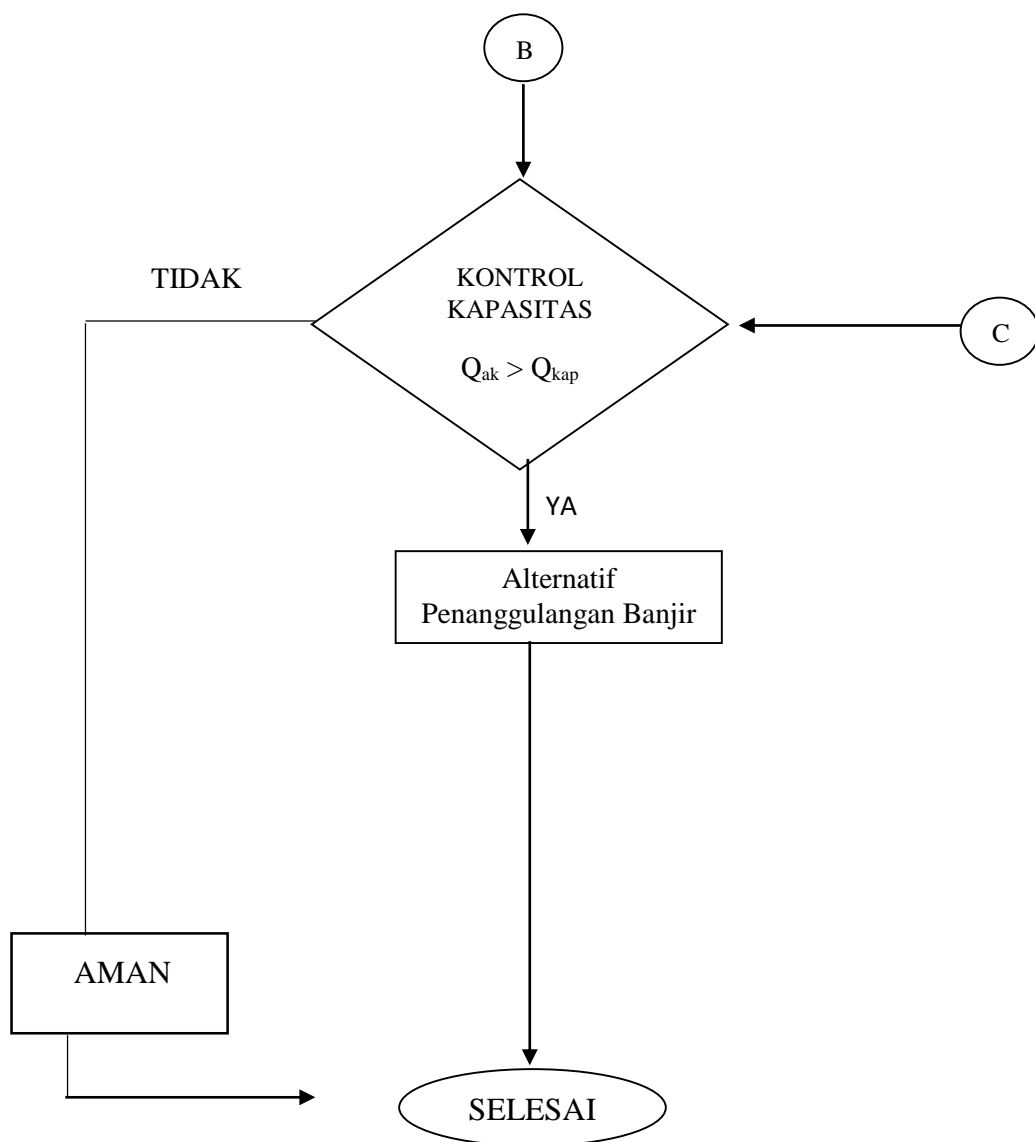
Proses penyusunan tugas akhir dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Mencari data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan yaitu dengan data primer dan data sekunder
2. Setelah data yang diperlukan untuk perhitungan sudah didapat, selanjutnya data diolah dengan analisis hidrologi, analisis koefisien pengaliran, analisis debit kumulatif dan analisis hidrolika. Analisis tersebut terdiri dari beberapa tahapan yang telah dipaparkan pada analisis data sub bab 3.1.5.
3. Hasil dari analisis hidrologi, analisis koefisien pengaliran , analisis debit domestik dan analisis hidrolika yaitu :
  - a. Debit banjir rancangan
  - b. Nilai C
  - c. Debit kumulatif
  - d. Kapasitas *existing* saluran
4. Selanjutnya melakukukan evaluasi saluran dengan membandingkan debit kumulatif dan kapasitas *existing* saluran.
  - a. Apabila debit kumulatif > kapasitas *existing* saluran, maka perlu dilakukan upaya penanganan banjir
  - b. Apabila debit kumulatif < kapasitas *existing* saluran, maka tidak perlu dilakukan upaya penanganan banjir (AMAN)
5. Setelah mengetahui hasil evaluasi saluran selanjutnya dapat menyimpulkan hasil dari analisa tersebut.

Berikut adalah diagram alir dalam penyusunan tugas akhir :







Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi (Flow Chart)

*“Halaman sengaja dikosongkan”*

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisis Hidrologi**

Analisis hidrologi bertujuan untuk mengetahui besarnya debit banjir yang dapat ditampung dan dialirkan oleh saluran drainase sehingga dapat menentukan besarnya dimensi saluran yang diperlukan. Langkah-langkah untuk melakukan analisis hidrologi adalah sebagai berikut:

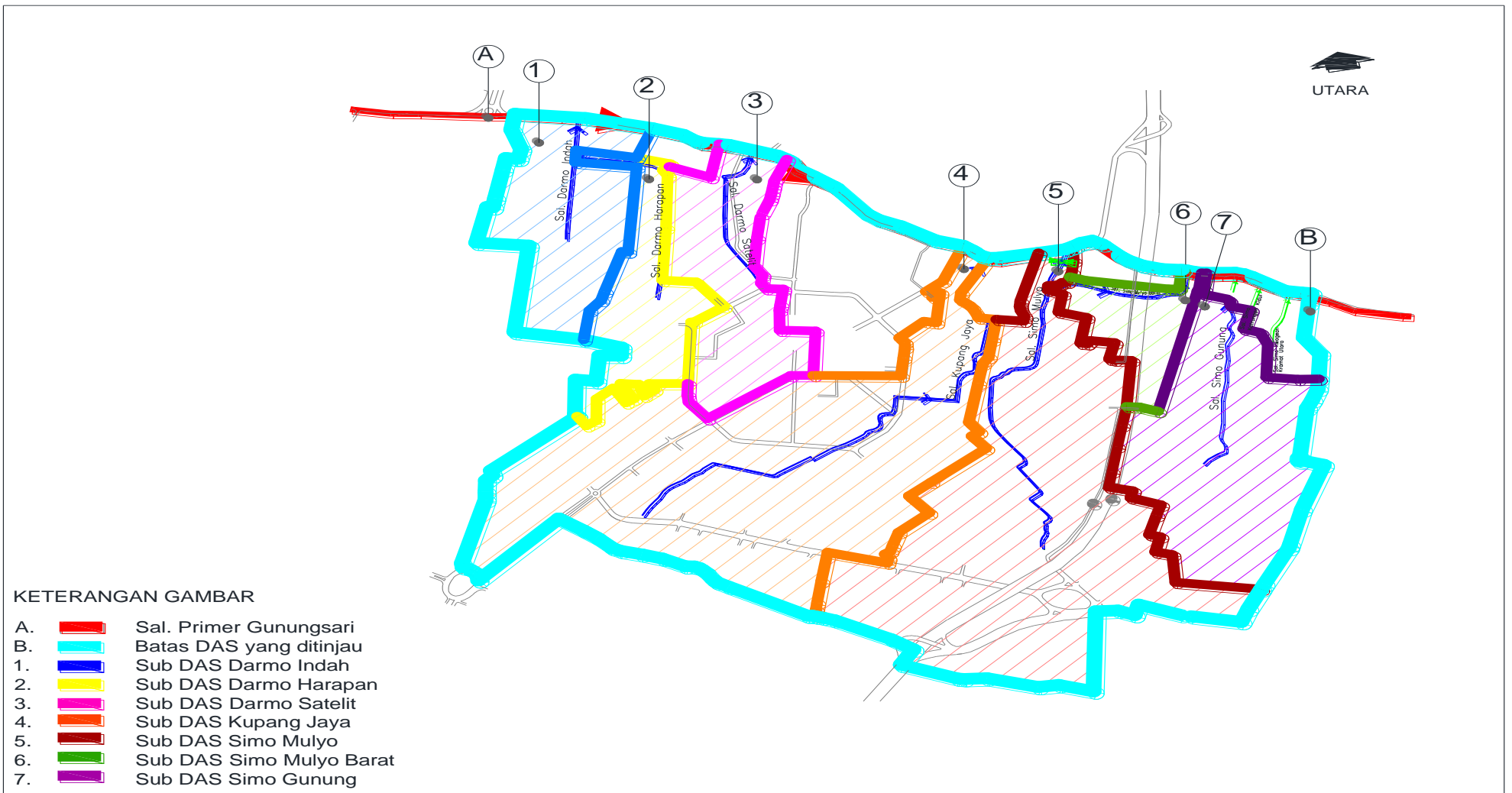
1. Survei lokasi untuk mengetahui kondisi eksisting (lapangan/lokasi) dan saluran drainase beserta arah alirannya.
2. Menentukan batas Daerah Aliran Saluran (DAS) dan sub DAS yang ditinjau berdasarkan peta kontur yang terdapat pada *Surabaya Drainage Master Plan* (SDMP).
3. Menentukan stasiun hujan yang berpengaruh dalam DAS tersebut berdasarkan hasil survei di lapangan dan peta letak stasiun hujan yang terdapat pada SDMP.
4. Menghitung luas DAS.
5. Mencari data hujan berdasarkan stasiun hujan yang berpengaruh yang akan digunakan dalam perhitungan curah hujan selanjutnya. Data hujan yang dipakai untuk perhitungan yaitu data hujan selama 10 tahun terakhir.
6. Menentukan curah hujan harian berdasarkan data hujan yang ada.
7. Menghitung curah hujan wilayah berdasarkan data curah hujan maksimum dengan menggunakan salah satu metode perhitungan curah hujan wilayah. Ada tiga metode yang bisa digunakan yaitu metode Aritmatik, Metode Poligon *Thiessen*, dan Metode Ishoyet. Pemilihan metode berdasarkan letak penyebaran stasiun hujannya.
8. Menghitung curah hujan rancangan kala ulang 2, 5, 10 tahun menggunakan distribusi probabilitas. Dalam memilih distribusi probabilitas yang akan digunakan, langkah-langkah yang harus dilakukan yaitu:

- a. Menghitung parameter dasar statistik untuk mengetahui distribusi probabilitas yang dapat digunakan berdasarkan nilai Koefisien *Skewness* ( $C_s$ ) dan Koefisien *Kurtosis* ( $C_k$ ) yang ada pada syarat pemilihan jenis distribusi probabilitas.
  - b. Setelah memilih distribusi probabilitas yang akan digunakan, selanjutnya menghitung curah hujan rancangan dengan distribusi probabilitas yang dipilih.
9. Melakukan uji kecocokan distribusi probabilitas dengan menggunakan dua metode uji kecocokan yaitu uji Chi-Kuadrat dan *Smirnov-Kolmogorov*.
  10. Menghitung intensitas hujan berdasarkan hujan rancangan dengan menggunakan rumus Mononobe.
  11. Menghitung koefisien pengaliran ( $C$ ) DAS yang ditinjau berdasarkan peta tata guna lahan yang terdapat pada SDMP.
  12. Menghitung debit banjir rencana pada periode ulang 2, 5, 10 tahun dengan menggunakan metode Rasional dan metode hidrograf.

#### **4.1.1 Daerah Aliran Sungai**

Sistem drainase Gunungsari dapat diketahui pada peta topografi yang terdapat pada SDMP dan dari peta tersebut dapat ditentukan batas DAS dan sub DAS yang ditinjau berdasarkan hasil survei di lapangan. Daerah tersebut memiliki saluran sekunder yaitu saluran sekunder Darmo Indah, Darmo Harapan, Darmo Satelit, Kupang Jaya, Simo Mulyo, Simo Mulyo Barat, dan Simo Gunung. Sistem drainase pada daerah tersebut terletak pada sistem drainase Gunungsari yang terletak di Surabaya Barat.

. Saluran sekunder ini menampung dan mengalirkan debit banjir dari saluran tersier ke saluran primer Gunungsari. Setelah mengetahui batas DAS dan sub DAS yang ditinjau, dapat ditentukan pula stasiun hujan yang berpengaruh. Stasiun hujan yang berpengaruh dapat diketahui pada peta letak stasiun hujan yang terdapat pada SDMP dan berdasarkan survei di lapangan. Stasiun hujan yang berpengaruh yaitu stasiun hujan Kandangan, Gunungsari, Banyu Urip, dan Gubeng. Batas DAS, sub DAS dan stasiun hujan yang ditinjau ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Batas DAS, sub DAS, dan stasiun hujan yang ditinjau

Sumber : Surabaya Drainage Master Plan (SDMP)

#### 4.1.2 Menentukan Curah Hujan Harian Maksimum

Menentukan curah hujan harian maksimum bertujuan untuk mendapatkan besarnya curah hujan harian maksimum pada masing-masing stasiun hujan yang akan digunakan dalam perhitungan curah hujan rancangan kala ulang tertentu. Menentukan tinggi curah hujan harian maksimum dapat menggunakan metode curah hujan ekstrem dan metode curah hujan maksimum pada kejadian yang sama. Tetapi pada perhitungan ini tidak menggunakan metode hujan maksimum pada kejadian yang sama karena data yang diambil tinggi curah hujan setiap harinya pada tiap stasiun hujan dan tanggal yang sama memiliki kelemahan. Maka dari itu digunakan metode curah hujan ekstrem karena mengambil data curah hujan terbesar untuk paling aman dalam mengetahui kapasitas saluran eksisting.

##### 1. Metode Curah Hujan Ekstrem

Metode curah hujan ekstrem yaitu mengambil langsung curah hujan dari data curah hujan harian terbesar (maksimum) dalam satu tahun pada masing-masing stasiun hujan. Contoh pengambilan data curah hujan dengan metode curah hujan ekstrem :

Curah hujan harian maksimum pada tahun 2005, yaitu :

St.hujan Kandangan = 90 mm

St.hujan Gunungsari = 110 mm

St.hujan Banyu Urip = 106 mm

St.hujan Gubeng = 132 mm

Selanjutnya, curah hujan harian maksimum pada tahun 2006 sampai 2015 disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Curah Hujan Maksimum Dengan Metode Curah Hujan Ekstrem

Tahun	St. Hujan Kandangan	St. Hujan Gunungsari	St. Hujan Banyu Urip	St. Hujan Gubeng
2006	90	110	132	106
2007	97	96	107	104
2008	120	81	87	98
2009	78	78	107	86
2010	127	114	89	106
2011	79	102	84	81
2012	82	102	67	70
2013	75	97	69	99
2014	81	86	78	109
2015	63	70	88	61

Sumber : Hasil Perhitungan



### 4.1.3 Perhitungan Uji Konsistensi Data

Perhitungan ini digunakan karena adanya perbedaan data curah hujan harian maksimum pada masing-masing stasiun hujan. Hal ini bertujuan untuk menguji kebenaran data curah hujan (konsisten) tersebut. Metode yang dapat digunakan untuk menguji konsistensi data curah hujan tersebut yaitu dengan metode kurva masaa ganda (*double mass curve method*).

Kurva massa ganda adalah membandingkan hujan tahunan kumulatif sebagai stasiun hujan yang diuji (pos hujan A) terhadap stasiun hujan pembanding (pos hujan B). Stasiun hujan pembanding merupakan nilai rerata dari beberapa stasiun hujan di dekatnya (stasiun hujan yang diuji). Data digambarkan pada koordinat kartesian X-Y dan data stasiun hujan yang diuji pada sumbu tegak (sumbu-Y) sedangkan, rerata data hujan stasiun hujan pembanding pada sumbu datar (sumbu-X). Apabila terdapat perubahan kemiringan, maka perlu dilakukan koreksi dengan dikalikan faktor koreksi (C) :

$$Y_z = C \times Y$$

$$C = \left( \frac{\tan \alpha_0}{\tan \alpha} \right)$$

dengan :

$$\tan \alpha_0 = \text{kemiringan sebelum perubahan} \left( \frac{y_0}{x_0} \right)$$

$$\tan \alpha = \text{kemiringan sesudah perubahan} \left( \frac{y}{x} \right)$$

Contoh perhitungan uji konsistensi data :

- Stasiun hujan Kandangan

Data curah hujan harian maksimum stasiun hujan Kandangan yang telah didapat (Tabel 4.3 kolom 1) akan diuji dengan data curah hujan dari stasiun hujan yang lainnya (stasiun hujan Gunungsari, Banyu urip, dan Gubeng) yang didapat pada perhitungan curah hujan harian maksimum. Stasiun hujan Kandangan sebagai stasiun yang diuji sedangkan stasiun hujan yang lainnya sebagai stasiun penguji. Setelah mendapatkan data curah hujan, langkah selanjutnya yaitu data curah hujan stasiun penguji dirata-rata dan dikumulatitkan (hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.2 (kolom 2 dan 4). Untuk data curah hujan stasiun yang diuji hanya dikumulatitkan saja (Tabel 4.2 kolom 3). Hasil kumulatif data curah hujan dari stasiun yang diuji dan stasiun penguji selanjutnya, diplot pada koordinat kartesian. Kolom 3

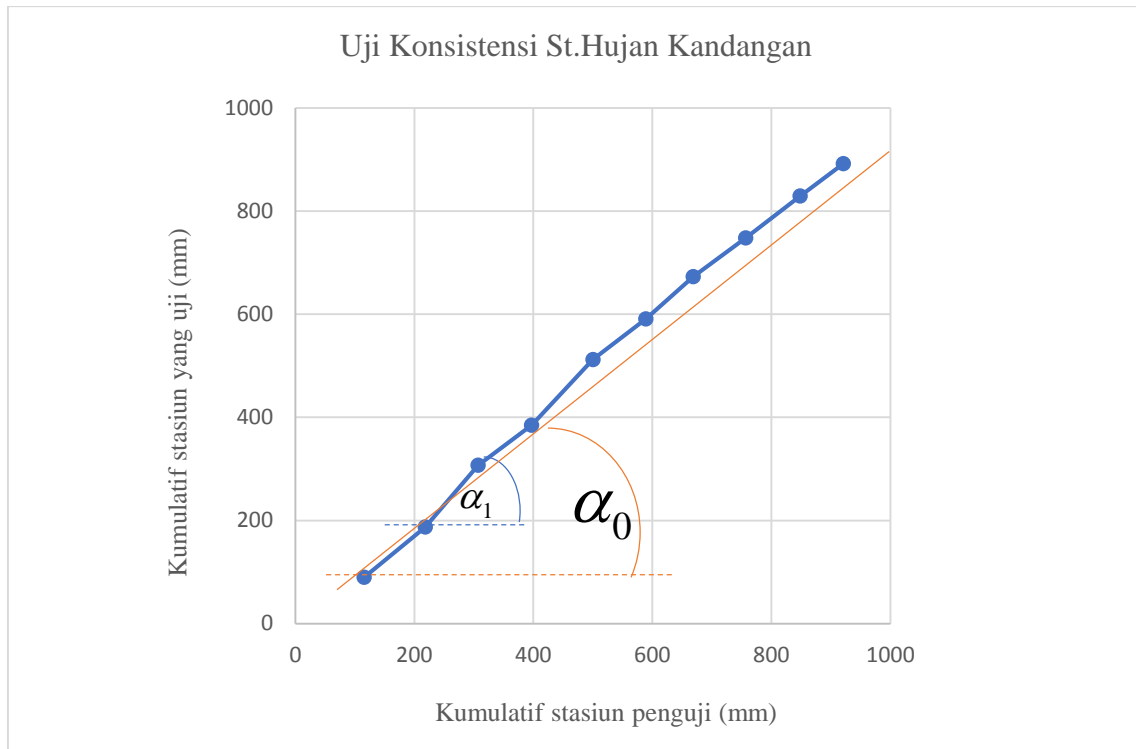
berada di sumbu-Y, sedangkan kolom 4 berada di sumbu-X. Hasil plot tersebut akan membentuk kurva massa ganda (Gambar 4.2).

Pada kurva tersebut dibuat garis lurus (garis berwarna merah) untuk menandakan data curah hujan yang tidak konsisten. Tabel 4.2 kolom 5 yaitu sudut sebelum terjadi perubahan kemiringan, sedangkan kolom 6 yaitu sudut sesudah terjadi perubahan kemiringan. Setelah mendapatkan hasil kolom 5 dan 6, selanjutnya dapat menghitung nilai C (kolom 7) yaitu faktor koreksi yang digunakan untuk mengoreksi data yang tidak konsisten. Nilai C didapatkan dari hasil pembagian antara kolom 5 dibagi dengan kolom 6, kemudian nilai C tersebut dikalikan dengan kolom 1 dan didapatkan hasil curah hujan terkoreksi (kolom 8). Hasil curah hujan terkoreksi stasiun Kandangan digunakan untuk melakukan pengujian stasiun hujan yang lainnya (stasiun hujan Banyu Urip, Gunungsari, dan Gubeng).

**Tabel 4.2 Perhitungan Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Kandangan**

Tahun	Stasiun Uji Kandangan	Rata-Rata Stasiun Penguji	Kumulatif stasiun yang diuji	Kumulatif Stasiun Penguji	$\tan \alpha_0$	$\tan \alpha$	Nilai C	Terkoreksi
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
2006	90	116	90	116		-	-	90
2007	97	102	187	218		-	-	97
2008	120	89	307	307		1,23	0,77	93
2009	78	90	385	397		-	-	78
2010	127	103	512	500	0,95	1,06	0,90	114
2011	79	89	591	589		-	-	79
2012	82	80	673	669		-	-	82
2013	75	88	748	757		-	-	75
2014	81	91	829	848		-	-	81
2015	63	73	892	921		-	-	63

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.2 Kurva Massa Ganda

Perhitungan uji konsistensi stasiun hujan Gunungsari, Banyu Urip, dan Gubeng dilakukan dengan cara yang sama seperti perhitungan uji konsistensi stasiun hujan Kandangan. Tetapi, yang berbeda hanya pada stasiun yang diuji dan stasiun penguji. Untuk pengujian stasiun Banyu Urip, yang menjadi stasiun penguji yaitu stasiun Kandangan, Gunungsari, dan Gubeng. Pengujian stasiun hujan Gunungsari, yang menjadi stasiun penguji yaitu Kandangan, Banyu Urip, dan Gubeng sedangkan pengujian stasiun Gubeng yang menjadi stasiun penguji yaitu stasiun Kandangan, Banyu Urip dan Gunungsari. Hasil curah hujan terkoreksi pada setiap stasiun digunakan untuk pengujian stasiun hujan yang lainnya. Misalnya hasil curah hujan terkoreksi stasiun Banyu Urip, hasil tersebut digunakan untuk pengujian stasiun hujan Gunungsari dan Gubeng. Hal yang sama juga dilakukan pada pengujian Gunungsari dan Gubeng. Perhitungan uji konsistensi stasiun hujan Banyu Urip, Gunungsari, dan Gubeng disajikan pada Tabel 4.3, 4.4, dan 4.5.

Tabel 4.3 Perhitungan Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Banyu Urip

Tahun	Stasiun Uji	Rata-Rata Stasiun	Kumulatif Stasiun	Kumulatif	$\tan \alpha_0$	$\tan \alpha$	Nilai C	Terkoreksi
	Banyu Urip	Penguji	Yang Diuji	Stasiun Penguji				
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
2006	132	102	132	102		-	-	132
2007	107	99	239	201		-	-	107
2008	87	91	326	292		-	-	87
2009	107	81	433	372		1,25	0,62	67
2010	89	111	522	483	0,78	-	-	89
2011	84	87	606	571		-	-	84
2012	67	85	673	655		0,77	1,02	68
2013	69	90	741	746		-	-	69
2014	78	92	819	838		-	-	78
2015	88	65	907	902		1,21	0,64	56

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.4 Perhitungan Uji Konsistensi Data Stasiun Gunungsari

Tahun	Stasiun Uji	Rata-Rata Stasiun	Kumulatif Stasiun	Kumulatif	$\tan \alpha_0$	$\tan \alpha$	Nilai C	Terkoreksi
	Gunungsari	penguji	Yang Diuji	Stasiun Penguji				
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
2006	110	109	110	109		-	-	110
2007	96	103	206	212		-	-	96
2008	81	93	287	305		-	-	81
2009	78	77	365	381		-	-	78
2010	114	103	479	484	0,80	-	-	114
2011	102	81	581	566		1,00	0,80	82
2012	102	73	683	639		1,07	0,75	77
2013	97	81	780	720		-	-	97
2014	86	89	866	809		-	-	86
2015	70	60	936	869		-	-	70

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 Perhitungan Uji Konsistensi Data Stasiun Gubeng

Tahun	Stasiun Uji	Rata-Rata Stasiun	Kumulatif Stasiun	Kumulatif	$\tan \alpha_0$	$\tan \alpha$	Nilai C	Terkoreksi
	Gubeng	Penguji	Yang Diuji	Stasiun Penguji				
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
2006	106	111	106	111		-	-	106
2007	104	100	210	211		-	-	104
2008	98	87	308	298		-	-	98
2009	86	74	394	372		1,00	0,84	72
2010	106	106	500	477	0,84	-	-	106
2011	81	81	581	559		-	-	81
2012	70	76	651	634		-	-	70
2013	99	80	750	715		0,94	0,90	89
2014	109	82	859	796		1,06	0,79	86
2015	61	63	920	860		-	-	61

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.4 Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Perhitungan curah hujan wilayah ini bertujuan untuk mendapatkan curah hujan wilayah pada masing-masing stasiun hujan pada kawasan yang ditinjau. Ada 3 metode yang sering digunakan dalam perhitungan analisa curah hujan wilayah, yaitu Metode Aritmatik, Metode Poligon *Thiessen*, dan Metode Ishoyet. Pada perhitungan ini metode yang digunakan yaitu metode Poligon *Thiessen*, karena penyebaran stasiun hujan pada DTA yang ditinjau tidak merata.

Metode Poligon *Thiessen* menghitung bobot luasan dari masing-masing stasiun hujan. Persamaan yang digunakan berdasarkan persamaan 2.3 :

$$\text{Koefisien } Thiessen = \frac{\text{Luas Pengaruh st.hujan}-i}{\text{Luas total DAS Gunungsari}}$$

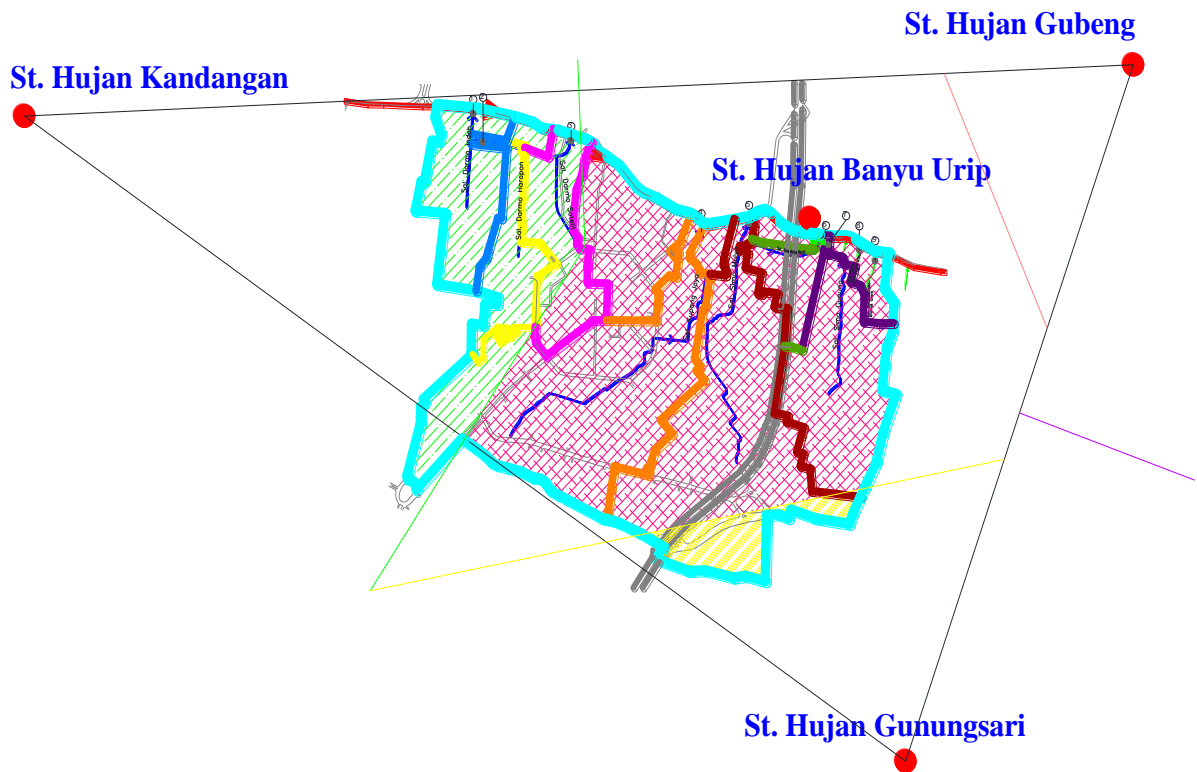
Data yang tersedia adalah data hujan harian selama 10 tahun, maka dicari curah hujan maksimal tiap tahunnya di setiap stasiun hujan. Kemudian dari curah hujan maksimal tersebut bisa dihitung curah hujan wilayah menggunakan metode Poligon *Thiessen* yang mengacu pada persamaan (2.2):

$$\bar{R} = R_i \times C_i$$

Langkah-langkah untuk memperoleh luas pengaruh dari masing-masing stasiun hujan adalah:

1. Peta DAS yang ada pada Gambar 4.1 sudah diketahui batas DAS.
2. Dari peta tersebut dapat diketahui stasiun hujan yang berpengaruh yaitu Kandangan, Gunungsari, Banyu Urip, dan Gubeng.
3. Setelah mengetahui stasiun hujan yang berpengaruh, kemudian hubungkan dengan stasiun hujan tersebut yang berdekatan sampai membentuk segitiga (1-2, 2-3, 3-1, 1-3, 3-4, 4-1, 2-3, 3-4, 4-2).
4. Dari hasil garis yang terbentuk, tentukan titik tengahnya sebagai letak garis berat.
5. Dari titik-titik tersebut ditarik garis tegak lurus yang memotong garis penghubung antara stasiun hujan satu dengan yang lainnya.
6. Garis penghubung bisa dihilangkan untuk memudahkan mengetahui daerah pengaruh dari tiap-tiap stasiun hujan yang ditinjau.
7. Setelah mengetahui batas daerah pengaruh masing-masing stasiun hujan, selanjutnya menghitung luasan dari masing-masing daerah pengaruh tersebut. Maka bisa diketahui luasan tiap stasiun hujan dan total luas DAS.

8. Luas DAS juga bisa dihitung dengan menjumlahkan luas keempat stasiun tersebut. Pembagian luas pengaruh stasiun hujan dengan metode Poligon *Thiessen* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Poligon Thiessen

Sumber : *Surabaya Drainage Master Plan 2000*

Hasil luasan yang didapat dari Poligon *Thiessen* yaitu:

1. Luas total DAS yang ditinjau = 41,7849 km<sup>2</sup>
2. Luas pengaruh dari:
  - a. Stasiun hujan Kandangan = 0 km<sup>2</sup>
  - b. Stasiun hujan Gunungsari = 2,1638 km<sup>2</sup>
  - c. Stasiun hujan Banyu Urip = 39,6211 km<sup>2</sup>
  - d. Stasiun hujan Gubeng = 0 km<sup>2</sup>

Berdasarkan hasil luasan yang didapat dari Poligon *Thiessen*, luas pengaruh stasiun hujan Gubeng dan Kandangan yaitu sebesar 0 km<sup>2</sup>, sehingga perhitungan curah hujan wilayah hanya stasiun hujan Gunungsari dan Banyu Urip saja dan perhitungan tersebut ditampilkan pada Tabel 4.6

Contoh perhitungan curah hujan wilayah :

1. Perhitungan koefisien *Thiessen* / bobot tiap stasiun :

$$\begin{aligned} \text{Koefisien } Thiessen \text{ st.hujan Banyu Urip} &= \frac{\text{Luas pengaruh st.hujan Banyu Urip}}{\text{Luas total DAS Gunungsari}} \\ &= \frac{39,6211\text{km}^2}{41,7849\text{km}^2} = 0,948 \end{aligned}$$

Maka koefisien tiap stasiun sebagai berikut:

$$\text{Koef. st.hujan Gunungsari} = 0,052$$

$$\text{Koef. st.hujan Banyu Urip} = 0,948$$

2. Perhitungan curah wilayah:

Data curah hujan yang telah terkoreksi, selanjutnya dihitung untuk mendapatkan curah hujan wilayah dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$R_{2006} = (110\text{mm} \times 0,052) + (132\text{mm} \times 0,948)$$

$$R_{2006} = 130,86\text{mm}$$

Perhitungan curah hujan wilayah pada tahun 2006 sampai 2015 untuk masing-masing stasiun hujan, disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Tahun	Stasiun Hujan		Luas Pengaruh Masing-Masing Stasiun		Ch Wilayah (mm)
	St. Hujan Gunungsari	St. Hujan Banyu Urip	St. Hujan Gunungsari	St. Hujan Banyu Urip	
			0,052	0,948	
2006	110	132	5,70	125,16	130,86
2007	96	107	4,97	101,46	106,43
2008	81	87	4,19	82,49	86,69
2009	78	67	4,04	63,31	67,35
2010	114	89	5,90	84,39	90,29
2011	82	84	4,23	79,43	83,66
2012	77	68	3,96	64,80	68,76
2013	97	69	5,02	65,11	70,13
2014	86	78	4,45	73,96	78,41
2015	70	56	3,62	53,57	57,20

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.1.5 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Perhitungan ini digunakan untuk menentukan curah hujan rancangan dengan menggunakan distribusi probabilitas. Sebelum menentukan metode distribusi yang akan digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan parameter dasar statistik. Dalam perhitungan parameter dasar statistik ini akan dicari nilai Koefisien *Skewness* ( $C_s$ ), Koefisien Kurtosis ( $C_k$ ), Standar deviasi, dan Xrata-rata. Adapun

perhitungan disajikan pada Tabel 4.7. Perhitungan nilai Cs dan Ck mengacu pada persamaan (2.7) sampai (2.10):

1. Nilai rata-rata (mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{839,791}{10} = 83,979$$

2. Perhitungan Standar Deviasi

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

$$S = \sqrt{\frac{4197,392}{9}} = 21,5958$$

3. Perhitungan Nilai Koefisien *Skewness* (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1) \times (n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

$$Cs = \frac{10}{(9) \times (8) \times 21,5958^3} \times 84467,084$$

$$= 1,165$$

4. Perhitungan Nilai Koefisien Kurtosis (Ck)

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

$$Ck = \frac{10^2}{(9) \times (8) \times (7) \times (21,5958^4)} \times 5768852,574$$

$$= 5,262$$

Setiap distribusi memiliki syarat-syarat parameter dasar statistik berdasarkan nilai Cs dan Ck. Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 4.7 dalam menentukan distribusi hujan yang berdasarkan syarat parameter dasar statistik.



Tabel 4.7 Perhitungan Parameter Dasar Statistik

Tahun	CH Wil. (mm)	Xi (urut)	(Xi - Xrata)	(Xi - X) <sup>2</sup>	(Xi - X) <sup>3</sup>	(Xi - X) <sup>4</sup>
2006	130,861	130,861	46,882	2197,890	103040,716	4830719,518
2007	106,430	106,430	22,451	504,060	11316,798	254076,642
2008	86,689	90,295	6,316	39,886	251,899	1590,874
2009	67,350	86,689	2,710	7,345	19,907	53,952
2010	90,295	83,660	-0,319	0,102	-0,032	0,010
2011	83,660	78,414	-5,565	30,967	-172,327	958,965
2012	68,763	70,134	-13,845	191,690	-2653,981	36744,908
2013	70,134	68,763	-15,217	231,543	-3523,277	53612,055
2014	78,414	67,350	-16,629	276,539	-4598,684	76473,570
2015	57,195	57,195	-26,784	717,372	-19213,935	514622,080
Σ	839,791	839,791	0,000	4197,392	84467,084	5768852,574
X rata	83,979	83,979	0,000	419,739	8446,708	576885,257
S	21,5958					
S <sup>3</sup>	10071,765					
S <sup>4</sup>	217507,438					
n	10					
n-1	9					
n-2	8					
n-3	7					
Cs	1,165					
Ck	5,262					
Cv	0,257					

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.8 Syarat Penentuan Distribusi Probabilitas

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0	1,16	Tidak Diterima
		Ck = 3	5,26	
2	Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> +3Cv	0,79	Tidak Diterima
		Ck = Cv <sup>8</sup> + 6Cv <sup>6</sup> + 15Cv <sup>4</sup> + 16Cv <sup>2</sup> + 3	4,13	
3	Gumbel	Cs = 1,14	1,16	Tidak Diterima
		Ck = 5,4	5,26	
4	log pearson III	Selain dari nilai diatas/flexibel		Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan parameter dasar statistik yang mendapatkan nilai Cs dan Ck, dsitribusi probabilitas yang dapat digunakan untuk perhitungan curah hujan

rancangan yaitu *Log Pearson III*. Distribusi ini dipilih karena nilai  $C_s$  dan  $C_k$  sesuai dengan syarat penentuan distribusi probabilitas (Tabel 4.8).

Perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode distribusi *Log Pearson III* yang mengacu pada persamaan (2.14) sampai (2.17):

1. Mengubah data ke dalam logaritma  $X_i = \text{Log}X_i$

$$X_i = 130,861\text{mm}$$

$$\text{Log}X_i = 2,027$$

2. Menghitung nilai rata-rata

$$\begin{aligned} \text{Log}\bar{X} &= \frac{\sum \text{Log}X}{n} \\ &= \frac{19,1234}{10} = 1,9123 \end{aligned}$$

3. Menghitung standar deviasi

$$\begin{aligned} S_{\text{log}X} &= \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}X - \text{Log}\bar{X})^2}{(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{0,0990}{9}} = 0,1049 \end{aligned}$$

4. Menghitung nilai  $C_s$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{n \times \sum (\text{Log}X - \text{Log}\bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times (S_{\text{log}X})^3} \\ C_s &= \frac{10 \times (0,0051)}{(9) \times (8) \times (0,1049)^3} = 0,616 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan *Log pearson III* ditampilkan pada Tabel 4.10.

Perhitungan curah hujan rancangan :

Berdasarkan nilai  $C_s = 0,616 \approx 0,6$ , maka dapat ditentukan nilai  $k$  untuk setiap periode ulang yang didapat dari Tabel 4.10, sehingga curah hujan rancangan untuk periode ulang :

- 2 tahun

$$\text{Log}X_2 = \overline{\text{Log}X} + k \times (S_{\text{log}X})$$

$$\text{Log}X_2 = 1,912 + (0,099 \times 0,105) = 83,70\text{mm}$$

- 5 tahun

$$\text{Log}X_5 = \overline{\text{Log}X} + k \times (S_{\text{log}X})$$

$$\text{Log}X_5 = 1,912 + (0,800 \times 0,105) = 99,14\text{mm}$$

- 10 tahun

$$\text{Log}X_{10} = \overline{\text{Log}X} + k \times (S_{\frac{1}{\text{log}X}})$$

$$\text{Log}X_{10} = 1,912 + (1,328 \times 0,105) = 112,63 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan *Log Pearson III* didapatkan hasil curah hujan rancangan :

Periode ulang 2 th dengan curah hujan = 83,70 mm

Periode ulang 5 th dengan curah hujan = 99,14 mm

Periode ulang 10 th dengan curah hujan = 112,63 mm

Tabel 4.9 Rekapitulasi Perhitungan Log Pearson III

Jumlah Data	$X_i$	$\log X_i$	$\log X_i - \log \bar{X}$	$(\log X_i - \log \bar{X})^2$	$(\log X_i - \log \bar{X})^3$
1	130,861	2,1168	0,2045	0,0418	0,0085
2	106,430	2,0271	0,1147	0,0132	0,0015
3	90,295	1,9557	0,0433	0,0019	0,0001
4	86,689	1,9380	0,0256	0,0007	0,0000
5	83,660	1,9225	0,0102	0,0001	0,0000
6	78,414	1,8944	-0,0179	0,0003	0,0000
7	70,134	1,8459	-0,0664	0,0044	-0,0003
8	68,763	1,8374	-0,0750	0,0056	-0,0004
9	67,350	1,8283	-0,0840	0,0071	-0,0006
10	57,195	1,7574	-0,1550	0,0240	-0,0037
$\Sigma$		19,1234	0,0000	0,0990	-0,0051
$\bar{X}$		1,9123			
n		10			
$\log \bar{X}$		1,912			
n-1		9			
n-2		8			
S		0,10490			
$S^3$		0,00115			
$C_s$		0,61630			

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.10 Nilai K Distribusi Log Pearson Type III

(CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3	-0,36	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97	7,25
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652	6,6
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444	6,2
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,91
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,66
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99	5,39
1,4	-0,225	0,707	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,11
1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661	4,82
1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489	4,54
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,25
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,96
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949	3,67
0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,38
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67	3,235
0	0	0,842	1,282	1,751	2,053	2,326	2,576	3,09
-0,1	0,017	0,836	1,27	1,761	2	2,252	2,482	3,95
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388	2,81
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,54
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,4
-0,6	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,15
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	1,749	1,91
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,8
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,196	1,27	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,161	1,197	1,216	1,28
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,063	1,087	1,097	1,13
-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99	1,995	1
-2,2	0,33	0,752	0,844	0,888	0,9	0,905	0,907	0,91
-2,5	0,36	0,711	0,711	0,793	0,798	0,799	0,8	0,802
-3	0,396	0,636	0,66	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber: Soewarno, 1995

#### 4.1.6 Uji Kecocokan Distribusi Probabilitas

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan *Smirnov-Kolmogoro* (Triatmojo, 2010). Uji kecocokan ini dapat dilakukan dengan salah satu cara tersebut, tetapi untuk lebih meyakinkan hasil dari pengujian ini sebaiknya dilakukan dengan menggunakan dua cara.

##### 4.1.6.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Soewarno, 1995).

Perhitungan Chi-Kuadrat untuk *Log Pearson III* :

- Banyaknya data (n) = 10

- Derajat signifikan ( $\alpha$ ) = 5%
  - Jumlah kelas/Sub Kelompok (G) =  $1 + 3,322 \text{ Log } n$   
 $= 1 + 3,322 \text{ Log } 10$   
 $= 4,32 \sim 4$
- a. Derajat Kebebasan (DK) =  $G - R - 1$   
 $= 4 - 2 - 1 = 1$

Perhitungan Chi-Kuadrat untuk *Log Pearson III* ditampilkan pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Perhitungan Chi-Kuadrat untuk Log Pearson III

Peringkat (m)	xi	P = m/(n+1)	G = 1 + 3,322 Log n
1	2,117	9,09%	
2	2,027	18,18%	
3	1,956	27,27%	
4	1,938	36,36%	
5	1,923	45,45%	
6	1,894	54,55%	4
7	1,846	63,64%	
8	1,837	72,73%	
9	1,828	81,82%	
10	1,757	90,91%	
$\Sigma$	19,123		
X rata	1,9123		
S	0,1049		

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Menentukan nilai batas sub kelompok

Dari perhitungan diatas didapatkan ada 4 sub kelompok. Dari 4 sub kelompok tersebut ditentukan nilai batas tiap kelompok. Perhitungan nilai batas sub kelompok menggunakan rumus:

$$\text{Log}X = \bar{X} + (k \times S).$$

Nilai k didapat dari tabel variabel reduksi *Gauss* pada Tabel 2.5

Untuk P = 25%  $\rightarrow k = 0,67$ ,  $\text{Log}X_1 = \bar{X} + k.S$

$$\text{Log}X_1 = 1,912\text{mm} + (0,67 \times 0,105) = 1,98\text{mm}$$

Untuk P = 50%  $\rightarrow k = 0$ ,  $\text{Log}X_2 = \bar{X} + k.S$

$$\text{Log}X_2 = 1,912\text{mm} + (0 \times 0,105) = 1,91\text{mm}$$

Untuk P = 75%  $\rightarrow k = -0,67$ ,  $\text{Log}X_3 = \bar{X} + k.S$

$$\text{Log}X_3 = 1,912\text{mm} + (-0,67 \times 0,105) = 1,84\text{mm}$$

Dari perhitungan diatas, batas sub kelompok dapat ditabelkan seperti pada Tabel 4.13

Tabel 4.12 Nilai Batas Tiap Kelompok

Kelompok	Nilai Batas
I	$X \leq 1,84$
II	$1,84 < X \leq 1,91$
III	$1,91 < X \leq 1,98$
IV	$X \geq 1,98$

Sumber: Hasil Perhitungan

c. Menentukan  $E_i$

$E_i$  adalah frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya (Bambang Triatmodjo, 2010). Maka, untuk mencari  $E_i$  menggunakan rumus:

$$E_i = \frac{\text{Jumlahdata}(n)}{\text{Jumlahkelas}(G)}$$

$$E_i = \frac{10}{4} = 2,5$$

d. Menentukan Chi-Kuadrat hitung ( $\chi^2$ )

Menentukan Chi-Kuadrat menggunakan (Persamaan 2.20) :

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

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(3 - 2,5)^2}{2,5} = 0,10$$

Pehitungan chi-kuadrat hitung selanjutnya ditampilkan pada Tabel 4.13.

Hasil perhitungan chi kuadrat hitung yaitu:

Nilai Chi-Kuadrat hitung = 0,40

Derajat Kebebasan (DK) = 2

Derajat signifikan alpha = 5%

Nilai Chi Teoritis = 5,991

Tabel 4.13 Perhitungan Chi-Kuadrat Hitung

Nilai batas	$O_i$	$E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$\chi^2$
$X \leq 1,84$	3	2,5	0,25	0,10
$1,84 < X \leq 1,91$	2	2,5	0,25	0,10
$1,91 < X \leq 1,98$	3	2,5	0,25	0,10
$X \geq 1,98$	2	2,5	0,25	0,10
	10	10	nilai chi kuadrat =	0,40

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari perhitungan Chi-Kuadrat untuk distribusi hujan dengan metode *Log Pearson tipe III*, diperoleh nilai Chi-Kuadrat hitung 0,40, nilai DK = 2, dan derajat signifikan  $\alpha = 5\%$ ,

maka diperoleh Chi-Kuadrat teoritis 5,991 (sesuai pada Tabel 4.14). Perhitungan akan diterima apabila nilai Chi-Kuadrat teoritis > nilai Chi-Kuadrat hitung. Dari perhitungan diatas diperoleh nilai  $5,991 > 0,40$ , sehingga perhitungan diterima.

Tabel 4.14 Nilai Chi-Kuadrat Teoritis

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000939	0,00016	0,00098	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	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	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber : Soewarno, 1995

#### 4.1.6.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*, sering juga disebut uji kecocokan non parametik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno,1995). Perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov dapat ditampilkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

Peringkat (m)	xi	$P = m / (n + 1)$	$P(X <) = 1 - P$	$f(t)$	p'(X)	p'(X<)	D
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1	2,12	0,09	0,91	1,95	0,0256	0,9744	0,0653
2	2,03	0,18	0,82	1,09	0,1377	0,8623	0,0441
3	1,96	0,27	0,73	0,41	0,3409	0,6591	-0,0682
4	1,94	0,36	0,64	0,24	0,4052	0,5948	-0,0416
5	1,92	0,45	0,55	0,10	0,4602	0,5398	-0,0057
6	1,89	0,55	0,45	-0,17	0,5675	0,4325	-0,0220
7	1,85	0,64	0,36	-0,63	0,7357	0,2643	-0,0993
8	1,84	0,73	0,27	-0,71	0,7620	0,2380	-0,0347

Peringkat (m)	xi	$P = m / (n + 1)$	$P(X <) = 1 - P$	$f(t)$	$p'(X)$	$p'(X <)$	D
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
9	1,83	0,82	0,18	-0,80	0,7881	0,2119	0,0301
10	1,76	0,91	0,09	-1,48	0,9306	0,0694	-0,0215
$\Sigma$	19,12					<b>D =</b>	<b>0,0653</b>
rata-rata	1,91						

Sumber: Hasil Perhitungan

Kolom 1 : Menunjukkan urutan data dari yang terbesar sampai terkecil

Kolom 2 : Data yang didapatkan dari hasil perhitungan log pearson III. Data tersebut diurutkan dari yang terbesar sampai terkecil.

Kolom 3 : Nilai peluang  $P = m / (n + 1)$

m = peringkat

n = banyaknya data

Kolom 4 : 1 dikurangi dengan kolom 3

$$P(X <) = 1 - P$$

Kolom 5 : Distribusi normal standar

$$f(t) = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

Kolom 6 : 1 dikurangi kolom 7

$$P'(X) = 1 - P'(X <)$$

Kolom 7 : Peluang teoritis yang terjadi dengan mencocokkan nilai f(t) dengan Tabel 2.7.

Kolom 8 : Selisih antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis

$$D = P'(X <) - P(X <)$$

Banyaknya data (n) = 10

D = 0,0653

Derajat kepercayaan = 5%

Do = 0,41

Dari perhitungan pada tabel diperoleh nilai  $D = 0,0653$  pada peringkat (m) = 1. Dengan derajat kepercayaan = 5% dan banyaknya data = 10, maka diperoleh nilai  $Do = 0,41$  (sesuai pada Tabel 4.16). Karena nilai  $D < Do$  ( $0,0653 < 0,41$ ), maka persamaan distribusi *Log Pearson Tipe III* diterima.



Tabel 4.16 Nilai Kritis DO untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	$\alpha$ (derajat kepercayaan)			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	<b>0,41</b>	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

Sumber: Soewarno, 1995

Kesimpulan dari perhitungan diatas yaitu jenis distribusi yang dapat digunakan untuk perhitungan hujan rencana adalah distribusi Log Pearson tipe III. Hal ini dikarenakan distribusi tersebut memenuhi dari uji Chi Square maupun Kolmogorov.

#### 4.1.7 Perhitungan Intensitas Hujan

Perhitungan intensitas hujan digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan jam-jaman dari data curah hujan harian. Untuk perhitungan curah hujan jam-jaman berdasarkan data curah hujan harian dari stasiun hujan dapat digunakan rumus Mononobe berdasarkan persamaan (2-30) :

$$I = \left[ \frac{R24}{24} \right] \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3}$$

Berdasarkan perhitungan intensitas dengan rumus Mononobe, hasil dari perhitungan tersebut dibuat grafik lengkung intensitas untuk mengetahui berapa besarnya intensitas yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana dengan metode rasional.

Contoh perhitungan intensitas hujan :

Intensitas hujan periode ulang 10 tahun dengan durasi hujan = 2 jam.

$$I_{10} = \left[ \frac{112,63mm}{24} \right] \left[ \frac{24}{2} \right]^{2/3}$$

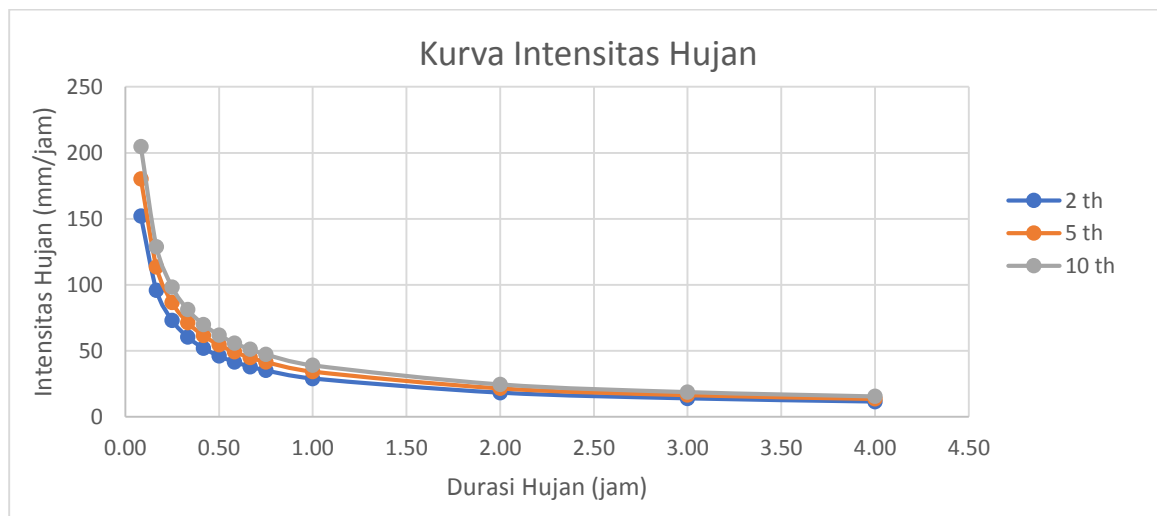
$$I_{10} = 24,597mm / jam$$

Perhitungan intensitas hujan untuk periode ulang 2 dan 5 tahun ditampilkan pada Tabel 4.17, sedangkan untuk kurva lengkung intensitas hujan disajikan pada Gambar 4.4.

Tabel 4.17 Perhitungan Intensitas Hujan

Durasi Hujan (menit)	Durasi Hujan (Jam)	Intensitas Hujan (mm/jam)		
		2 th	5 th	10 th
5	0,08	152,093	180,154	204,659
10	0,17	95,812	113,490	128,927
15	0,25	73,119	86,609	98,390
20	0,33	60,358	71,494	81,219
25	0,42	52,015	61,612	69,992
30	0,50	46,062	54,560	61,982
35	0,58	41,563	49,232	55,928
40	0,67	38,023	45,038	51,165
45	0,75	35,152	43,637	47,301
60	1	29,017	34,371	39,046
120	2	18,280	21,652	24,597
180	3	13,950	16,524	18,771
240	4	11,515	13,640	15,495

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.4 Kurva Lengkung Intensitas Hujan Kota Surabaya

#### 4.1.8 Perhitungan Intensitas Hujan Rencana

Perhitungan intensitas hujan rencana bertujuan untuk mendapatkan hasil intensitas hujan yang digunakan untuk menghitung debit rencana  $Q_{renc}$  dengan memperhitungkan waktu konsentrasi aliran ( $t_c$ ).

Waktu konsentrasi ( $T_c$ ) adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk bergerak dari titik terjauh pada daerah pengaliran sampai ke titik pembuangan. Perhitungan waktu konsentrasi ( $T_c$ ) menggunakan persamaan (2.47):

$$T_c = t_o + t_f$$

Langkah-langkah untuk menghitung waku konsentrasi ( $T_c$ ) yaitu sebagai berikut:

#### 4.1.8.1 Menghitung *Inlet Time* ( $t_0$ )

Perhitungan *inlet time* ( $t_0$ ) bertujuan untuk mendapatkan waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh pada petak tersier. Awal saluran yang dimaksud yaitu saluran tersier yang ada petak tersier. Saluran tersebut nantinya akan mengalirkan air ke dalam saluran sekunder yang melayaninya. Saluran tersier dan saluran sekunder tersebut disajikan pada skema jaringan yang ada pada Gambar 4.5. Perhitungan  $t_0$  menggunakan persamaan (2-41) dan perhitungannya ditampilkan pada Tabel 4.18

Tabel 4.18 Perhitungan *Inlet Time* ( $t_0$ )

Kode saluran	Lokasi		L m	Elevasi		S	nd	$t_0$	
	Nama Saluran Sekunder	Tersier		Hulu	Hilir			menit	jam
				[6]	[7]				
[1]	[2]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
B	Darmo Indah	Raya Darmo Indah	326.225	17.000	8.500	0.02606	0.4	29.61	0.49
		Darmo Indah Selatan 4	211.775	12.000	7.000	0.02361	0.4	20.19	0.34
		Darmo Indah Barat 1A	205.125	6.000	4.730	0.00619	0.4	38.19	0.64
		Darmo Indah Barat 1B	200.975	5.350	4.870	0.00239	0.4	60.25	1.00
		Darmo Indah Barat 2	201.325	4.280	4.010	0.00134	0.4	80.54	1.34
		Darmo Indah Timur 1	179.325	4.480	4.000	0.00268	0.4	50.78	0.85
		Tandes Kidul 2	165.35	4.460	4.000	0.00278	0.4	45.93	0.77
C	Darmo Harapan	Raya Permai Utara	457.925	21.000	9.000	0.02621	0.4	41.44	0.69
		Regency	184.3	11.050	9.000	0.01112	0.4	25.60	0.43
D	Darmo Satelit	Darmo Puncak Permai	458.375	19.210	7.065	0.02650	0.4	41.26	0.69
		Yupiter	165.75	7.930	6.000	0.01164	0.4	22.50	0.38
		Raya Satelit Utara	242.95	5.760	5.000	0.00313	0.4	63.64	1.06
		Satelit Utara 6	154.15	5.760	5.000	0.00493	0.4	32.16	0.54
E	Kupang Jaya	Pradah Kali Kendal	385.125	26.090	21.300	0.01244	0.4	50.59	0.84
		Mayjend HR.Mohammad	285.025	23.700	21.520	0.00765	0.4	47.75	0.80
		Raya Darmo Permai 1	606	22.690	20.020	0.00441	0.4	133.76	2.23
		Darmo Permai Utara 2	337.25	21.990	18.890	0.00919	0.4	51.54	0.86
		Darmo Permai Selatan 5	271.825	20.470	18.090	0.00876	0.4	42.56	0.71
		Darmo Permai Utara 1	315.8	20.590	17.640	0.00934	0.4	47.87	0.80
		Darmo Permai Selatan 5	214.775	20.470	15.750	0.02198	0.4	21.23	0.35
		Raya Darmo Permai 3 Selatan	291.35	17.640	13.020	0.01586	0.4	33.90	0.56

Kode saluran	Lokasi		L m	Elevasi		S	nd	to	
	Nama Saluran			Hulu	Hilir			menit	jam
	Sekunder	Tersier		[6]	[7]				
[1]	[2]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
		Pradah Permai 2	402.95	23.700	12.150	0.02866	0.4	34.87	0.58
		Raya Darmo Permai 3 Utara	350.35	19.000	12.980	0.01718	0.4	39.16	0.65
		Darmo Permai Timur	232.6	17.000	12.980	0.01728	0.4	25.92	0.43
		SCTV	354.35	17.430	12.800	0.01307	0.4	45.42	0.76
		Darmo Baru 1	253.725	16.570	13.000	0.01407	0.4	31.34	0.52
		Kupang Baru 2	194.025	13.680	12.000	0.00866	0.4	30.55	0.51
		Kupang Jaya	147.65	11.950	8.630	0.02249	0.4	14.43	0.24
		Simo Hilir Baru Barat 11	143.5	11.000	7.700	0.02300	0.4	13.86	0.23
F	Simo Mulyo	Dukuh Kupang Barat	545.7	22.000	17.940	0.00744	0.4	92.69	1.54
		Putat Indah Timur	581.35	30.000	17.940	0.02074	0.4	59.13	0.99
		Putat Gede Timur	559.45	26.090	17.940	0.01457	0.4	67.91	1.13
		Kupang Indah 17	409.65	20.630	13.000	0.01863	0.4	43.98	0.73
		Kupang Indah 19	220.625	19.000	13.550	0.02470	0.4	20.57	0.34
		Ngesong/Dukuh Kupang 2	185.95	18.690	11.550	0.03840	0.4	13.90	0.23
		Kupang Indah 7	312.075	18.890	10.540	0.02676	0.4	27.95	0.47
		Raya Kupang Baru	301.625	18.530	10.450	0.02679	0.4	27.00	0.45
		Kupang Indah 1	312.7	16.000	10.350	0.01807	0.4	34.08	0.57
		Kupang Baru 1	194.275	10.600	10.000	0.00309	0.4	51.22	0.85
G	Simo Mulyo Barat	Simo Mulyo Baru 10	252.125	10.500	6.500	0.01587	0.4	29.33	0.49
		Simo Gunung Barat Tol	429.1	16.000	6.352	0.02248	0.4	41.93	0.70
H	Simo Gunung	Dukuh Kuoang Barat 25	463.5	21.200	15.540	0.01221	0.4	61.45	1.02
		Dukuh Kupang Barat 9	220.725	16.290	15.540	0.00340	0.4	55.48	0.92
		Dukuh Kupang Barat 1	269.75	16.620	12.500	0.01527	0.4	31.98	0.53
		Dukuh Kupang Barat 2	267.3	16.290	12.500	0.01418	0.4	32.89	0.55

Sumber : Hasil Perhitungan

Berikut penjelasan dari Tabel 4.18:

- Kolom 2 : saluran sekunder yang ditinjau.
- Kolom 4 : saluran tersier yang dilayani oleh saluran sekunder (kolom 2) berdasarkan skema jaringan pada Gambar 4.5.
- Kolom 5 : panjang lahan yang diukur dari titik terjauh lahan ke titik kontrol dari saluran tersier.
- Kolom 6 dan 7: elevasi hulu dan hilir dari lahan yang didapatkan dari peta topografi (SDMP)
- Kolom 8 : kemiringan lahan (kolom 6–kolom 7).
- Kolom 9 : koefisien hambatan berdasarkan jenis permukaan yang ada di lapangan yaitu padang rumput (Tabel 2.9).
- Kolom 11 : nilai  $t_o = \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{S}}$  (jam), yang mengacu pada persamaan (2.53).
- Kolom 10 : kolom 11 diubah dalam satuan menit.

#### 4.1.8.2 Menghitung *Channel Flow Time* ( $t_f$ )

Perhitungan *channel flow time* ( $t_f$ ) bertujuan untuk mendapatkan waktu aliran dalam saluran sekunder sepanjang  $L_s$  dari ujung saluran sekunder sampai ke outlet. Perhitungan ini disajikan pada Tabel 4.19 dan berikut penjelasannya:

- Kolom 2 : saluran sekunder yang ditinjau.
- Kolom 3 : luas daerah saluran sekunder tiap segmen (Gambar 4.5).
- Kolom 4 : panjang saluran sekunder.
- Kolom 5 : kecepatan aliran yang dihitung dengan menggunakan rumus yang mengacu pada persamaan (2.61).
- Kolom 6 : nilai  $t_f = \frac{L_s}{60 \times V}$ , yang mengacu pada persamaan (2.54).

#### 4.1.8.3 Menghitung Waktu Konsentrasi ( $T_c$ )

Setelah mendapatkan nilai  $t_o$  dan  $t_f$ , selanjutnya dapat menghitung waktu konsentrasi ( $T_c$ ). Perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik–titik tertentu. Perhitungan  $T_c$  ditampilkan pada Tabel 4.20 dan berikut penjelasannya :

- Kolom 2 : saluran sekunder yang ditinjau (Gambar 4.5).
- Kolom 3 : hasil perhitungan  $t_f$  pada Tabel 4.19.

Kolom 4 : hasil perhitungan  $t_0$  pada Tabel 4.18 diambil yang terbesar diantara saluran tersier masing-masing sekunder.

Kolom 5 : nilai  $T_c$  (kolom 3 + kolom 4).

Kolom 6 : kolom 5 diubah menjadi satuan jam.

Tabel 4.19 Perhitungan Channel Flow Time ( $t_f$ )

Lokasi		Luas		Panjang saluran	V	$t_f$
Kode Saluran	Nama Saluran	(ha)	km2	(m)	(m/s)	(menit)
[1]	[2]	[3]		[4]	[5]	[6]
B	Darmo Indah	4.640	0.464	400	1.67	3.99
		2.185	0.218	305	0.75	6.74
C	Darmo Harapan	3.481	0.348	700	1.38	8.45
		2.087	0.209	500	0.91	9.18
D	Darmo Satelit	2.784	0.278	600	0.74	13.43
		3.201	0.320	608	0.92	11.05
E	Kupang Jaya	4.268	0.427	1600	1.90	14.02
		1.705	0.171	1550	1.59	16.25
F	Simo Mulyo	3.134	0.313	1000	1.96	8.52
		1.604	0.160	800	1.72	7.77
G	Simo Mulyo Barat	1.045	0.105	269	1.17	3.84
		3.124	0.312	400	0.81	8.20
H	Simo Gunung	2.253	0.225	500	1.22	6.85
		4.086	0.409	600	1.34	7.45
		2.189	0.219	715	2.05	5.80

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.20 Perhitungan Waktu Konsentrasi ( $T_c$ )

Lokasi			$t_f$	$t_0$	$T_c$	
Kode saluran	Nama Saluran	Ruas	(menit)	(menit)	(menit)	(jam)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
B	Darmo Indah	1-5	3,99	80,54	84,53	1,41
		5-2	6,74	45,93	52,67	0,88
C	Darmo Harapan	3-4	8,45	41,44	49,89	0,83
		4-5	9,18	41,44	50,62	0,84
D	Darmo Satelit	6-7	13,43	63,64	77,07	1,28
		7-8	11,05	32,16	43,21	0,72
E	Kupang Jaya	9-10	14,02	133,76	147,78	2,46
		10-11	16,25	31,34	47,58	0,79
F	Simo Mulyo	12-13	8,52	92,69	101,20	1,69
		13-14	6,47	51,22	58,98	0,98
G	Simo Mulyo Barat	14-15	3,84	51,22	55,06	0,92
		14-16	8,20	29,33	37,53	0,63
H	Simo Gunung	16-17	6,85	41,93	48,77	0,81
		18-19	7,45	61,45	68,90	1,15
		19-20	5,80	61,45	67,25	1,12

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah mendapatkan nilai  $T_c$ , intensitas hujan dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang mengacu pada persamaan (2.44).

Contoh perhitungan intensitas hujan :

- Saluran sekunder Darmo Indah ruas 1-5

Curah hujan *Log Pearson III*,  $R_{10th} = 112,63$  mm

$t_c = 1,41$  jam

$$I = \left[ \frac{112,63}{24} \right] \left[ \frac{24}{1,41} \right]^{2/3}$$

$$I_{10} = 31,07 \text{ mm / jam}$$

Perhitungan intensitas hujan untuk masing-masing saluran sekunder dengan curah hujan rancangan 2, 5, dan 10 tahun ditampilkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Perhitungan Intensitas Hujan Rencana

Kode saluran	Lokasi		$T_c$ (jam)	I (mm/jam)		
	Nama Saluran	Ruas		$R_2$ 83,70	$R_5$ 99,14	$R_{10}$ 112,63
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]		
B	Darmo Indah	1-5	1,41	23,09	27,35	31,07
		5-2	0,88	31,65	37,49	42,59
C	Darmo Harapan	3-4	0,83	32,82	38,87	44,16
		4-5	0,84	32,50	38,49	43,73
D	Darmo Satelit	6-7	1,28	24,56	29,09	33,05
		7-8	0,72	36,12	42,78	48,60
E	Kupang Jaya	9-10	2,46	15,91	18,85	21,41
		10-11	0,79	33,87	40,12	45,57
F	Simo Mulyo	12-13	1,69	20,48	24,26	27,56
		13-14	0,98	29,79	35,28	40,08
		14-15	0,92	30,73	36,40	41,35
G	Simo Mulyo Barat	14-16	0,63	39,68	47,00	53,39
		16-17	0,81	33,31	39,46	44,83
H	Simo Gunung	18-19	1,17	26,46	31,34	35,61
		19-20	1,12	26,89	31,85	36,19

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil dari perhitungan intensitas hujan selanjutnya digunakan untuk menghitung debit rencana untuk masing-masing saluran sekunder dengan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun.

#### 4.1.9 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya koefisien pengaliran berdasarkan tata guna lahan yang ada pada sub DAS yang ditinjau. Tata guna lahan pada masing-masing sub DAS yang disajikan memiliki nilai koefisien pengaliran yang berbeda-beda. Pada masing-masing sub DAS terbagi menjadi beberapa segmen dalam perhitungannya. Pembagian per segmen tersebut ditandai dengan garis putus-putus berwarna biru muda. Nilai koefisien pengaliran berdasarkan perubahan tiap tahunnya ditampilkan pada Tabel 4.22.

Contoh perhitungan koefisien pengaliran:

Saluran sekunder Darmo Indah (sub DAS B, ruas 1-5) :

$$\text{Luas sub DAS} = 463980 \text{ m}^2$$

Tata guna lahan dan luas tata guna lahannya:

$$\text{Pemukiman} \quad C_1 = 0,75, \text{ luas } A_1 = 450483 \text{ m}^2$$

$$\text{Bisnis} \quad C_2 = 0,95, \text{ luas } A_2 = 0 \text{ m}^2$$

$$\text{Lahan Kosong} \quad C_3 = 0,2, \text{ luas } A_3 = 0 \text{ m}^2$$

$$\text{RTH} \quad C_4 = 0,3, \text{ luas } A_4 = 12708 \text{ m}^2$$

$$\text{Industri} \quad C_5 = 0,5, \text{ luas } A_5 = 0 \text{ m}^2$$

Koefisien pengalirannya ( $C_{gab}$ ), berdasarkan persamaan (2.42) :

$$C_{gab} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$C_{gab} = \frac{450483 \text{ m}^2 \cdot 0,75 + 0 \cdot 0,95 + 0 \cdot 0,2 + 12708 \text{ m}^2 \cdot 0,3 + 0 \cdot 0,5}{0,75 + 0,95 + 0,2 + 0,3 + 0,5} = 0,736$$

Setelah mengetahui besarnya koefisien masing-masing saluran sekunder, selanjutnya dapat menghitung besarnya debit banjir rencana pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Perhitungan koefisien pengaliran saluran sekunder ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.22 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C) Tahun 2002

Kode DAS	Nama saluran	Ruas	Luas Total		C1		C2		C3		C4		C5		C gab
			sub DAS	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C			
			m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	
B	Darmo Indah	1-5	463980	0,75	451273	0,95	0	0,2	0	0,3	12708	0,5	0	0,738	
		5-2	218480	0,75	216370	0,95	0	0,2	1623	0,3	488	0,5	0	0,745	
C	Darmo Harapan	3-4	348080	0,75	332460	0,95	0	0,2	0	0,3	15625	0,5	0	0,730	
		4-5	208700	0,75	208133	0,95	0	0,2	567,5	0,3	0	0,5	0	0,749	
D	Darmo Satelit	6-7	278370	0,75	250268	0,95	0	0,2	6321,75	0,3	21780	0,5	0	0,702	
		7-8	320070	0,75	320070	0,95	0	0,2	0	0,3	0	0,5	0	0,750	
E	Kupang Jaya	9-10	426790	0,75	384543	0,95	0	0,2	617,5	0,3	41630	0,5	0	0,705	
		10-11	170530	0,75	158730	0,95	0	0,2	0	0,3	11800	0,5	0	0,719	
F	Simo Mulyo	12-13	313400	0,75	264668	0,95	0	0,2	8377,5	0,3	40358	0,5	1648	0,680	
		13-14	160400	0,75	157955	0,95	0	0,2	2100	0,3	350	0,5	0	0,742	
		14-15	104530	0,75	104530	0,95	0	0,2	0	0,3	0	0,5	2203	0,761	
G	Simo Mulyo Barat	14-16	312407	0,75	312407	0,95	0	0,2	0	0,3	0	0,5	0	0,750	
		16-17	225300	0,75	225300	0,95	0	0,2	0	0,3	0	0,5	0	0,750	
H	Simo Gunung	18-19	408550	0,75	380200	0,95	0	0,2	8862,5	0,3	19488	0,5	0	0,717	
		19-20	218900	0,75	218900	0,95	0,00	0,2	0	0,3	0	0,5	0	0,750	

Sumber : Hasil Perhitungan



Tabel 4.23 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C) Tahun 2007

Kode DAS	Nama saluran	Ruas	Luas Total		C1		C2		C3		C4		C5		C gab
			sub DAS	m <sup>2</sup>	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	
B	Darmo Indah	1-5	463980	451273	0	0	12708	0	0.738						
		5-2	218480	215365	0	2628	488	0	0.742						
C	Darmo Harapan	3-4	348080	342455	0	0	5625	0	0.743						
		4-5	208700	208701	0	0	0	0	0.750						
D	Darmo Satelit	6-7	278370	234090	12483	9667.5	22130	0	0.704						
		7-8	320070	320070	0	0	0	0	0.750						
E	Kupang Jaya	9-10	426790	315935	40055	4670	66130	0	0.693						
		10-11	170530	153070	0.75	0.95	5330	0.2	0	0.3	12130	0.5	0	0.724	
F	Simo Mulyo	12-13	313400	207060	0	20482.5	85858	0	0.591						
		13-14	160400	150700	0	8600	1100	0	0.717						
		14-15	104530	104530	0	0	0	0	0.750						
G	Simo Mulyo Barat	14-16	312407	312408	0	0	0	0	0.750						
		16-17	225300	225300	0	0	0	0	0.750						
H	Simo Gunung	18-19	408550	380450	0	8612.5	19488	0	0.717						
		19-20	218900	218900	0.00	0	0	0	0.750						

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Hasil perhitungan koefisien pengaliran ( C ) pada tahun 2002 semua saluran tidak ada penggunaan lahan bisnis. Pada Tahun 2007 terdapat perubahan penggunaan lahan, adanya lahan bisnis pada saluran darmo satelit dan kupang jaya.

Tabel 4.24 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C) Tahun 2009

Kode DAS	Nama saluran	Ruas	Luas Total		C1		C2		C3		C4		C5		C gab
			sub DAS	m <sup>2</sup>	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	
B	Darmo Indah	1-5	463980	451273	0	0	12708	0	0.738						
		5-2	218480	217995	0	0	488	0	0.749						
C	Darmo Harapan	3-4	348080	318568	21390	0	8125	0	0.752						
		4-5	208700	208700	0	0	0	0	0.750						
D	Darmo Satelit	6-7	278370	252323	1545	2450	22055	0	0.711						
		7-8	320070	320070	0	0	0	0	0.750						
E	Kupang Jaya	9-10	426790	403608	13062	2017.5	8105	0	0.745						
		10-11	170530	149703	0.75	0.95	9028	0.2	0	0.3	11800	0.5	0	0.729	
F	Simo Mulyo	12-13	313400	269280	19350	6127.5	16995	1648	0.726						
		13-14	160400	147788	10163	2100	350	0	0.754						
		14-15	104530	102328	0	0	0	2203	0.745						
G	Simo Mulyo Barat	14-16	312407	312408	0	0	0	0	0.750						
		16-17	225300	225300	0	0	0	0	0.750						
H	Simo Gunung	18-19	408550	364925	15278	8862.5	19488	0	0.724						
		19-20	218900	218900	0	0	0	0	0.750						

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.25 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C) Tahun 2012

Kode DAS	Nama saluran	Ruas	Luas Total		C1		C2		C3		C4		C5		C gab
			sub DAS	Luas	Luas	Luas	Luas	Luas	Luas	Luas	Luas	Luas			
													Nilai C	Nilai C	
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		
B	Darmo Indah	1-5	463980	463980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.750	
		5-2	218480	218480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.750	
C	Darmo Harapan	3-4	348080	348080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.750	
		4-5	208700	208703	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.750	
D	Darmo Satelit	6-7	278370	274323	685	3362.5	0	0	0	0	0	0	0	0.744	
		7-8	320070	320070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.750	
E	Kupang Jaya	9-10	426790	416463	8735	1592.5	0	0	0	0	0	0	0	0.752	
		10-11	170530	170530	0.75	0	0.95	0	0.2	0	0.3	0	0.5	0	0.750
F	Simo Mulyo	12-13	313400	310440	0	0	2960	0	0	0	0	0	0	0.746	
		13-14	160400	160400	0	0	0	0	0.254	0	0	0	0	0.750	
		14-15	104530	104530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.750	
G	Simo Mulyo Barat	14-16	312407	312408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.750	
		16-17	225300	225300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.750	
H	Simo Gunung	18-19	408550	361725	0	22837.5	23988	0	0	0	0	0	0	0.693	
		19-20	218900	218898	3.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0.750	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Hasil perhitungan koefisien pengaliran ( C ) pada Saluran Darmo Harapan, Darmo Satelit dan Saluran Kupang Jaya Tahun 2009 sebelumnya terdapat lahan bisnis, fasilitas umum dan RTH. Pada Tahun 2012 di Saluran Darmo Harapan tidak terdapat lahan bisnis, fasilitas umum dan RTH. Pada Saluran Darmo Satelit dan Kupang Jaya ada perubahan luas penggunaan lahan bisnis, fasilitas umum dan RTH.

- Saluran Darmo Satelit 2009 (ruas 6-7)
  - Luas Lahan Bisnis = 1.545 m<sup>2</sup>
  - Luas Lahan Fasum = 2.450 m<sup>2</sup>
  - Luas RTH = 22.055 m<sup>2</sup>
- Saluran Darmo Satelit 2012 (ruas 6-7)
  - Luas Lahan Bisnis = 685 m<sup>2</sup>
  - Luas Lahan Fasum = 3.362,5 m<sup>2</sup>
  - Luas Lahan RTH = 0
- Saluran Kupang Jaya 2009 (ruas 9-10)
  - Luas Lahan Bisnis = 13.062 m<sup>2</sup>
  - Luas Lahan Fasum = 2.017,5 m<sup>2</sup>
  - Luas Lahan RTH = 8.105 m<sup>2</sup>
- (ruas 10-11)
  - Luas Lahan Bisnis = 9028 m<sup>2</sup>
  - Luas Lahan Fasum = 0
  - Luas Lahan RTH = 11.800 m<sup>2</sup>
- Saluran Kupang Jaya 2012 (ruas 9-10)
  - Luas Lahan Bisnis = 8.735 m<sup>2</sup>
  - Luas Lahan Fasum = 1.592,5 m<sup>2</sup>

	Luas Lahan RTH	= 0
Saluran Kupang Jaya 2012 (ruas 10-11)	Luas Lahan Bisnis	= 0
	Luas Lahan Fasum	= 0
	Luas Lahan RTH	= 0

Tabel 4.26 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C) Tahun 2014

Kode DAS	Nama saluran	Ruas	Luas Total		C1		C2		C3		C4		C5		C gab
			sub DAS	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C			
			m <sup>2</sup>	Nilai C	m <sup>2</sup>	C	m <sup>2</sup>	C	m <sup>2</sup>	C	m <sup>2</sup>	C	m <sup>2</sup>	C	
B	Darmo Indah	1-5	463980		463980		0		0		0		0		0.750
		5-2	218480		216858		0		1623		0		0		0.747
C	Darmo Harapan	3-4	348080		348080		0		0		0		0		0.750
		4-5	208700		208700		0		0		0		0		0.750
D	Darmo Satelit	6-7	278370		242440		29060		6871.75		0		0		0.760
		7-8	320070		320070		0		0		0		0		0.750
E	Kupang Jaya	9-10	426790		416670		9503		617.5		0		0		0.754
		10-11	170530	0.75	162505	0.95	8025	0.3	0	0.3	0	0.5	0		0.759
F	Simo Mulyo	12-13	313400		301068		6205		6127.5		0		0		0.745
		13-14	160400		157065		0		3335		0		0		0.741
		14-15	104530		104530		0		0		0		0		0.750
G	Simo Mulyo Barat	14-16	312407		312408		0		0		0		0		0.750
		16-17	225300		225300		0		0		0		0		0.750
H	Simo Gunung	18-19	408550		398838		0		9712.5		0		0		0.739
		19-20	218900		218900		0.00		0		0		0		0.750

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.27 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C) Tahun 2017

Kode DAS	Nama saluran	Ruas	Luas Total		C1		C2		C3		C4		C5		C gab
			sub DAS	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C	Luas	Nilai C			
			m <sup>2</sup>	Nilai C	m <sup>2</sup>	C	m <sup>2</sup>	C	m <sup>2</sup>	C	m <sup>2</sup>	C	m <sup>2</sup>	C	
B	Darmo Indah	1-5	463980		463981		0		0		0		0		0.750
		5-2	218480		216858		0		1623		0		0		0.746
C	Darmo Harapan	3-4	348080		348080		0		0		0		0		0.750
		4-5	208700		208700		0		0		0		0		0.750
D	Darmo Satelit	6-7	278370		237438		34060		6871.75		0		0		0.761
		7-8	320070		320070		0		0		0		0		0.750
E	Kupang Jaya	9-10	426790		415570		10453		767.5		0		0		0.754
		10-11	170530	0.75	162505	0.95	8025	0.2	0	0.2	0	0.3	0		0.759
F	Simo Mulyo	12-13	313400		274613		8655		9650		0		20482.5		0.709
		13-14	160400		154615		0		3335		2100		350		0.730
		14-15	104530		104530		0		0		0		0		0.750
G	Simo Mulyo Barat	14-16	312407		312408		0		0		0		0		0.750
		16-17	225300		225300		0		0		0		0		0.750
H	Simo Gunung	18-19	408550		399688		0		8862.5		0		0		0.738
		19-20	218900		218900		0		0		0		0		0.750

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Hasil perhitungan koefisien pengaliran ( C ) pada Saluran Kupang Jaya, Simo Mulyo, dan Simo Gunung Tahun 2014 sebelumnya terdapat lahan bisnis, RTH dan fasilitas umum. Pada Tahun 2017 terdapat perubahan luas penggunaan lahan bisnis, RTH dan fasilitas umum.

1. Saluran Kupang Jaya 2014 (ruas 9-10)	Luas Lahan Bisnis = 9.503 m <sup>2</sup> Luas Lahan RTH = 617,5m <sup>2</sup> Luas Lahan Fasum = 0
2. Saluran Simo Mulyo 2014 (ruas 12-13)	Luas Lahan Bisnis = 6.205 m <sup>2</sup> Luas Lahan RTH = 6.127,5 m <sup>2</sup> Luas Lahan Fasum = 0
3. Saluran Simo Gunung 2014 (ruas 18-19)	Luas Lahan Bisnis = 0 Luas Lahan RTH = 9.712,5 m <sup>2</sup> Luas Lahan Fasum = 0
4. Saluran Kupang Jaya 2017 (ruas 9-10)	Luas Lahan Bisnis = 10.453 m <sup>2</sup> Luas Lahan RTH = 767,5 m <sup>2</sup> Luas Lahan Fasum = 0
5. Saluran Simo Mulyo 2017 (ruas 12-13)	Luas Lahan Bisnis = 8.655 m <sup>2</sup> Luas Lahan RTH = 20.482,5 m <sup>2</sup> Luas Lahan Fasum = 0
6. Saluran Simo Gunung 2017 (ruas 18-19)	Luas Lahan Bisnis = 0 Luas Lahan RTH = 8.862.5 m <sup>2</sup> Luas Lahan Fasum = 0

Hasil perkembangan penggunaan lahan yang dihitung berdasarkan koefisien aliran C dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.28 Rekapitulasi Nilai C pada Tahun 2002 dan Tahun 2007

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Koef.Pengaliran ( C )		Prosentase Perubahan (%)
			2002	2007	
B	Darmo Indah	1-5	0.738	0.738	0.00
		5-2	0.745	0.742	-0.34
C	Darmo Harapan	3-4	0.730	0.743	1.77
		4-5	0.749	0.750	0.20
D	Darmo Satelit	6-7	0.702	0.704	0.26
		7-8	0.750	0.750	0.00
E	Kupang Jaya	9-10	0.705	0.693	-1.74
		10-11	0.719	0.724	0.75
F	Simo Mulyo	12-13	0.680	0.591	-15.10
		13-14	0.742	0.717	-3.29
		14-15	0.761	0.750	-1.39
G	Simo Mulyo Barat	14-16	0.750	0.750	0.00
		16-17	0.750	0.750	0.00
H	Simo Gunung	18-19	0.717	0.717	0.05
		19-20	0.750	0.750	0.00

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.29 Rekapitulasi Nilai C pada Tahun 2009 dan Tahun 2012

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Koef.Pengaliran ( C )		Prosentase Perubahan (%)
			2009	2012	
B	Darmo Indah	1-5	0.738	0.750	1.67
		5-2	0.749	0.750	0.13
C	Darmo Harapan	3-4	0.752	0.750	-0.24
		4-5	0.750	0.750	0.00
D	Darmo Satelit	6-7	0.711	0.744	4.68
		7-8	0.750	0.750	0.00
E	Kupang Jaya	9-10	0.745	0.752	0.95
		10-11	0.729	0.750	2.82
		12-13	0.726	0.746	2.74
F	Simo Mulyo	13-14	0.754	0.750	-0.59
		14-15	0.745	0.750	0.71
G	Simo Mulyo Barat	14-16	0.750	0.750	0.00
		16-17	0.750	0.750	0.00
H	Simo Gunung	18-19	0.724	0.693	-4.32
		19-20	0.750	0.750	0.00

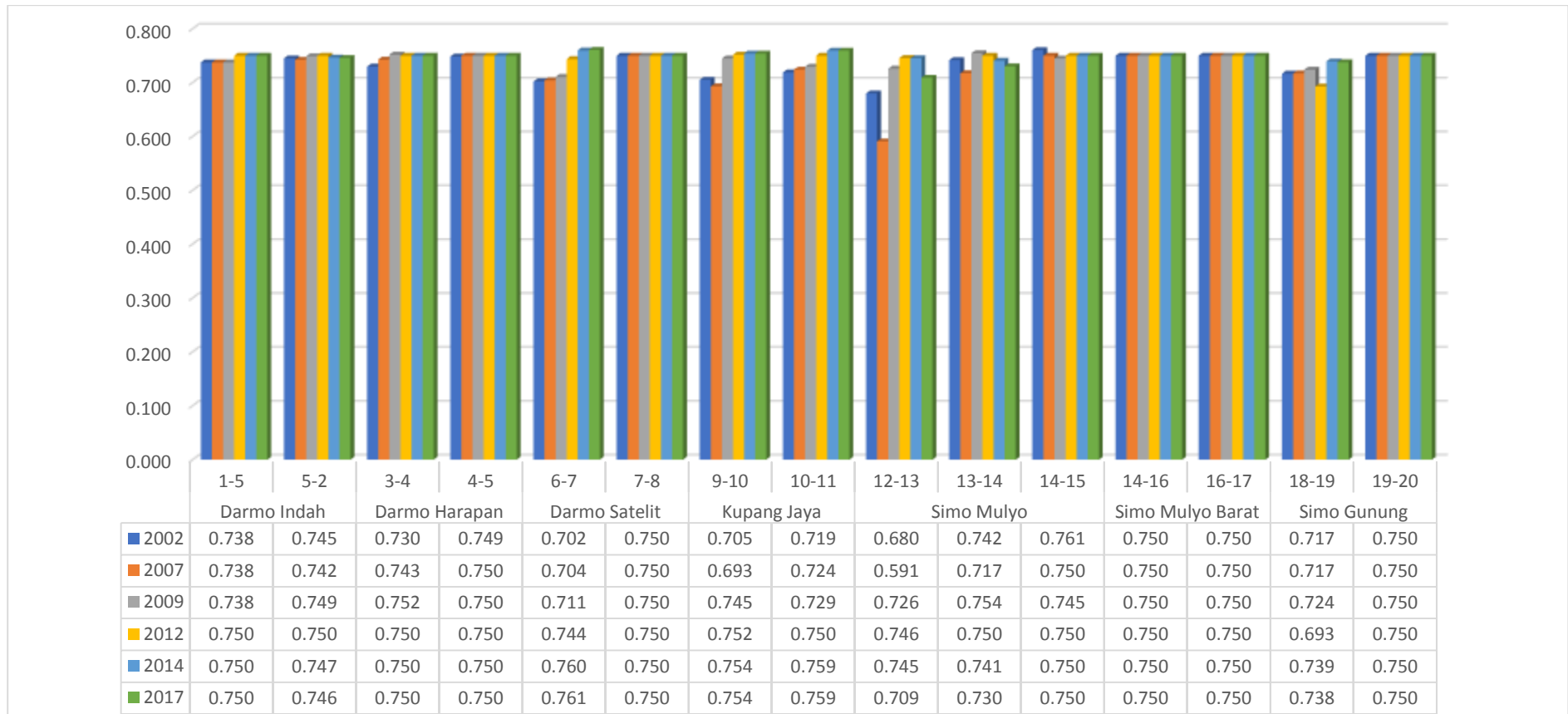
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.30 Rekapitulasi Nilai C pada Tahun 2014 dan Tahun 2017

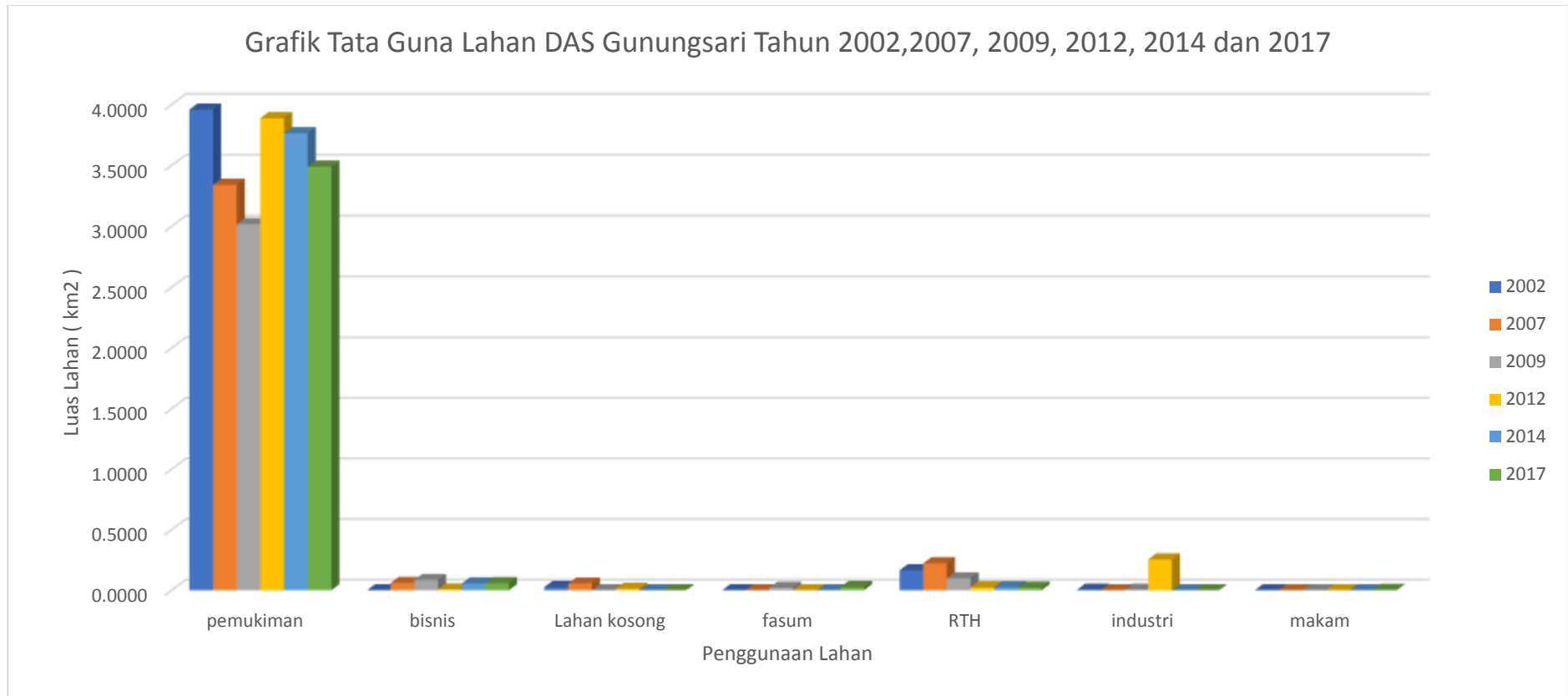
Kode	Nama Saluran	Lokasi	Koef.Pengaliran ( C )		Prosentase Perubahan (%)
			2014	2017	
B	Darmo Indah	1-5	0.750	0.750	0.00
		5-2	0.747	0.746	-0.10
C	Darmo Harapan	3-4	0.750	0.750	0.00
		4-5	0.750	0.750	0.00
D	Darmo Satelit	6-7	0.760	0.761	0.15
		7-8	0.750	0.750	0.00
E	Kupang Jaya	9-10	0.754	0.754	0.01
		10-11	0.759	0.759	0.00
		12-13	0.745	0.709	-4.83
F	Simo Mulyo	13-14	0.741	0.730	-1.39
		14-15	0.750	0.750	0.00
G	Simo Mulyo Barat	14-16	0.750	0.750	0.00
		16-17	0.750	0.750	0.00
H	Simo Gunung	18-19	0.739	0.738	-0.17
		19-20	0.750	0.750	0.00

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada gambar 4.5 bisa dilihat bahwa ada penurunan nilai koefisien ekstrim pada saluran Simo Mulyo (ruas 12-13) tahun 2002 dan 2007. Hal itu disebabkan karena adanya perubahan luas penggunaan lahan untuk RTH ( Ruang Tata Hijau) dan lahan kosong yang semula luas lahan kosong 8.377,5 m<sup>2</sup> dan RTH 40.357,5 di tahun 2007 mengalami perluasan untuk lahan kosong 20.482,5 m<sup>2</sup> dan RTH 85.857,5 m<sup>2</sup> sehingga air hujan yang turun langsung diserap ke tanah. Pada Tahun 2009 luas lahan RTH berkurang menjadi 16.995 m<sup>2</sup> dan lahan kosong berubah fungsi menjadi lahan fasilitas umum.



Gambar 4.5 Grafik Nilai Koefisien Aliran. C Per Sub DAS Tahun 2002, 2007, 2009, 2012, 2014, dan 2017



*Gambar 4.6* Grafik Tata Guna Lahan DAS Gunungsari Tahun 2002, 2007, 2009, 2012, 2014 dan 2017



#### 4.1.10 Perhitungan Debit Banjir

Metode Rasional dihitung berdasarkan curah hujan rancangan yang terjadi pada suatu periode ulang tertentu dengan menggunakan Metode Rasional yang mengacu pada persamaan (2.26):

$$Q = 0,278.C.I.A$$

Debit banjir maksimum yang akan dihitung pada periode ulang 2, 5, 10 tahun pada masing-masing saluran sekunder berdasarkan besarnya intensitas hujan (Tabel 4.22) dan nilai koefisien pengaliran (Tabel 4.23) pada masing-masing saluran. Debit banjir maksimum ini selanjutnya digunakan dalam analisis kapasitas saluran untuk mengetahui saluran sekunder mana saja yang mampu dan tidak mampu untuk menampung debit banjir maksimum.

Contoh perhitungan debit banjir maksimum:

Saluran sekunder Darmo Indah dengan kala ulang 5 th

a. Ruas 1-5

$$C = 0,736$$

$$I_5 = 27,35 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,46398 \text{ km}^2$$

$$Q_5 = 0,278 \times 0,736 \times 27,35 \frac{\text{mm}}{\text{jam}} \times 0,46398 \text{ km}^2$$

$$= 2,602 \text{ m}^3/\text{det}$$

Perhitungan debit banjir maksimum masing-masing saluran sekunder dengan kala ulang 2, 5, 10 tahun dapat ditampilkan pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Debit Banjir Maksimum Kala Ulang Tahun 2002 Metode Rasional

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Luas per segmen (km <sup>2</sup> )	Q2	Q5	Q10
				m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
B	Darmo Indah	1-5	0.46398	2.197	2.602	2.956
		5-2	0.21848	1.432	1.696	1.927
C	Darmo Harapan	3-4	0.34808	2.317	2.745	3.118
		4-5	0.2087	1.411	1.672	1.899
D	Darmo Satelit	6-7	0.27837	1.335	1.581	1.796
		7-8	0.32007	2.410	2.855	3.243
E	Kupang Jaya	9-10	0.42679	1.331	1.577	1.792
		10-11	0.17053	1.154	1.367	1.553
F	Simo Mulyo	12-13	0.3134	1.213	1.437	1.633
		13-14	0.1604	0.971	1.150	1.306
G	Simo Mulyo Barat	14-15	0.10453	0.679	0.804	0.914
		14-16	0.312407	2.584	3.061	3.478
H	Simo Gunung	16-17	0.2253	1.565	1.854	2.106
		18-19	0.40855	2.154	2.551	2.898
		19-20	0.2189	1.227	1.454	1.652

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.32 Debit Banjir Maksimum Kala Ulang Tahun 2007 Metode Rasional

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Luas per segmen (km <sup>2</sup> )	Q2	Q5	Q10
				m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
B	Darmo Indah	1-5	0.46398	2.197	2.602	2.956
		5-2	0.21848	1.427	1.690	1.920
C	Darmo Harapan	3-4	0.34808	2.358	2.794	3.174
		4-5	0.2087	1.414	1.675	1.903
D	Darmo Satelit	6-7	0.27837	1.338	1.585	1.801
		7-8	0.32007	2.410	2.855	3.243
E	Kupang Jaya	9-10	0.42679	1.308	1.550	1.760
		10-11	0.17053	1.163	1.377	1.565
F	Simo Mulyo	12-13	0.3134	1.054	1.249	1.418
		13-14	0.1604	0.939	1.112	1.263
		14-15	0.10453	0.670	0.793	0.901
G	Simo Mulyo Barat	14-16	0.312407	2.584	3.061	3.478
		16-17	0.2253	1.565	1.854	2.106
H	Simo Gunung	18-19	0.40855	2.155	2.552	2.899
		19-20	0.2189	1.227	1.454	1.652

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.33 Presentase Perubahan Debit Limpasan Drainase Tiap Sub DAS pada Tahun 2002 dan 2007

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Debit Limpasan ( Q )		Prosentase Perubahan ( % )
			2002	2007	
B	Darmo Indah	1-5	2.956	2.956	0.00
		5-2	1.927	1.920	-0.34
C	Darmo Harapan	3-4	3.118	3.174	1.77
		4-5	1.899	1.903	0.20
D	Darmo Satelit	6-7	1.796	1.801	0.26
		7-8	3.243	3.243	0.00
E	Kupang Jaya	9-10	1.792	1.760	1.74
		10-11	1.553	1.565	-0.75
F	Simo Mulyo	12-13	1.633	1.418	-13.12
		13-14	1.306	1.263	-3.29
		14-15	0.914	0.901	1.39
G	Simo Mulyo Barat	14-16	3.478	3.478	0.00
		16-17	2.106	2.106	0.00
H	Simo Gunung	18-19	2.898	2.899	-0.05
		19-20	1.652	1.652	0.00

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas dapat dilihat daerah aliran sungai yang akan mengalami penambahan debit terbesar dengan prosentase 1,77% adalah saluran drainase Darmo Harapan. Hal ini disebabkan perubahan tata guna lahan pada daerah tersebut mengakibatkan meningkatnya koefisien limpasan (C) dari 0.730 menjadi 0.743.

Tabel 4.34 Debit Banjir Maksimum Kala Ulang Tahun 2009 Metode Rasional

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Luas per segmen (km <sup>2</sup> )	Q2	Q5	Q10
				m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
B	Darmo Indah	1-5	0.46398	2.197	2.602	2.956
		5-2	0.21848	1.440	1.705	1.937
C	Darmo Harapan	3-4	0.34808	2.387	2.828	3.212
		4-5	0.2087	1.414	1.675	1.903
D	Darmo Satelit	6-7	0.27837	1.350	1.600	1.817
		7-8	0.32007	2.410	2.855	3.243
E	Kupang Jaya	9-10	0.42679	1.406	1.666	1.892
		10-11	0.17053	1.171	1.387	1.576
F	Simo Mulyo	12-13	0.3134	1.295	1.534	1.743
		13-14	0.1604	0.987	1.170	1.329
		14-15	0.10453	0.665	0.788	0.895
G	Simo Mulyo Barat	14-16	0.312407	2.584	3.061	3.478
		16-17	0.2253	1.565	1.854	2.106
H	Simo Gunung	18-19	0.40855	2.176	2.578	2.928
		19-20	0.2189	1.227	1.454	1.652

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.35 Debit Banjir Maksimum Kala Ulang Tahun 2012 Metode Rasional

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Luas per segmen (km <sup>2</sup> )	Q2	Q5	Q10
				m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
B	Darmo Indah	1-5	0.46398	2.234	2.646	3.006
		5-2	0.21848	1.442	1.708	1.940
C	Darmo Harapan	3-4	0.34808	2.382	2.821	3.205
		4-5	0.2087	1.414	1.675	1.903
D	Darmo Satelit	6-7	0.27837	1.414	1.674	1.902
		7-8	0.32007	2.410	2.855	3.243
E	Kupang Jaya	9-10	0.42679	1.420	1.682	1.910
		10-11	0.17053	1.204	1.426	1.620
F	Simo Mulyo	12-13	0.3134	1.331	1.576	1.790
		13-14	0.1604	0.982	1.163	1.321
		14-15	0.10453	0.670	0.793	0.901
G	Simo Mulyo Barat	14-16	0.312407	2.584	3.061	3.478
		16-17	0.2253	1.565	1.854	2.106
H	Simo Gunung	18-19	0.40855	2.082	2.466	2.802
		19-20	0.2189	1.227	1.454	1.652

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.36 Presentase Perubahan Debit Limpasan Drainase Tiap Sub DAS pada Tahun 2009 dan 2012

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Debit Limpasan ( Q )		Prosentase Perubahan ( % )
			2009	2012	
B	Darmo Indah	1-5	2.956	3.006	1.67
		5-2	1.937	1.940	0.13
C	Darmo Harapan	3-4	3.212	3.205	-0.24
		4-5	1.903	1.903	0.00
D	Darmo Satelit	6-7	1.817	1.902	4.68
		7-8	3.243	3.243	0.00
E	Kupang Jaya	9-10	1.892	1.910	0.95
		10-11	1.576	1.620	2.82
F	Simo Mulyo	12-13	1.743	1.790	2.74
		13-14	1.329	1.321	-0.59
		14-15	0.895	0.901	0.71
G	Simo Mulyo Barat	14-16	3.478	3.478	0.00
		16-17	2.106	2.106	0.00
H	Simo Gunung	18-19	2.928	2.802	-4.32
		19-20	1.652	1.652	0.00

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas dapat dilihat daerah aliran sungai yang akan mengalami penambahan debit terbesar dengan prosentase 4,68 % adalah daerah saluran drainase Darmo Satelit. Hal ini disebabkan perubahan tata guna lahan pada daerah tersebut mengakibatkan meningkatnya koefisien limpasan (C) dari . 0.711 menjadi 0.744.

Tabel 4.37 Debit Banjir Maksimum Kala Ulang Tahun 2014 Metode Rasional

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Luas per segmen (km <sup>2</sup> )	Q2	Q5	Q10
				m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
B	Darmo Indah	1-5	0.46398	2.234	2.646	3.006
		5-2	0.21848	1.435	1.700	1.931
C	Darmo Harapan	3-4	0.34808	2.382	2.821	3.205
		4-5	0.2087	1.414	1.675	1.903
D	Darmo Satelit	6-7	0.27837	1.444	1.710	1.943
		7-8	0.32007	2.410	2.855	3.243
E	Kupang Jaya	9-10	0.42679	1.423	1.686	1.915
		10-11	0.17053	1.219	1.444	1.641
F	Simo Mulyo	12-13	0.3134	1.329	1.575	1.789
		13-14	0.1604	0.969	1.148	1.304
		14-15	0.10453	0.670	0.793	0.901
G	Simo Mulyo Barat	14-16	0.312407	2.584	3.061	3.478
		16-17	0.2253	1.565	1.854	2.106
H	Simo Gunung	18-19	0.40855	2.222	2.632	2.990
		19-20	0.2189	1.227	1.454	1.652

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.38 Debit Banjir Maksimum Kala Ulang Tahun 2017 Metode Rasional

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Luas per segmen (km <sup>2</sup> )	Q2	Q5	Q10
				m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
B	Darmo Indah	1-5	0.46398	2.234	2.646	3.006
		5-2	0.21848	1.434	1.698	1.929
C	Darmo Harapan	3-4	0.34808	2.382	2.821	3.205
		4-5	0.2087	1.414	1.675	1.903
D	Darmo Satelit	6-7	0.27837	1.446	1.713	1.946
		7-8	0.32007	2.410	2.855	3.243
E	Kupang Jaya	9-10	0.42679	1.423	1.686	1.915
		10-11	0.17053	1.219	1.444	1.641
F	Simo Mulyo	12-13	0.3134	1.265	1.499	1.703
		13-14	0.1604	0.956	1.132	1.286
		14-15	0.10453	0.670	0.793	0.901
G	Simo Mulyo Barat	14-16	0.312407	2.584	3.061	3.478
		16-17	0.2253	1.565	1.854	2.106
H	Simo Gunung	18-19	0.40855	2.218	2.627	2.985
		19-20	0.2189	1.227	1.454	1.652

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.39 Presentase Perubahan Debit Limpasan Drainase Tiap Sub DAS pada Tahun 2014 dan 2017

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Debit Limpasan ( Q )		Prosentase Perubahan ( % )
			2014	2017	
B	Darmo Indah	1-5	3.006	3.006	0.00
		5-2	1.931	1.929	-0.10
C	Darmo Harapan	3-4	3.205	3.205	0.00
		4-5	1.903	1.903	0.00
D	Darmo Satelit	6-7	1.943	1.946	0.15
		7-8	3.243	3.243	0.00
E	Kupang Jaya	9-10	1.915	1.915	0.01
		10-11	1.641	1.641	0.00
F	Simo Mulyo	12-13	1.789	1.703	-4.83
		13-14	1.304	1.286	-1.39
		14-15	0.901	0.901	0.00
G	Simo Mulyo Barat	14-16	3.478	3.478	0.00
		16-17	2.106	2.106	0.00
H	Simo Gunung	18-19	2.990	2.985	-0.17
		19-20	1.652	1.652	0.00

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas dapat dilihat daerah aliran sungai yang akan mengalami penambahan debit terbesar dengan prosentase 0,15% adalah daerah saluran drainase Darmo Satelit ruas 6-7. Hal ini disebabkan perubahan tata guna lahan pada daerah tersebut mengakibatkan meningkatnya koefisien limpasan (C) dari 0.760 menjadi 0.761.

## 4.2 Analisis Debit Domestik

### 4.2.1 Proyeksi Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk untuk tahun yang akan datang dapat diperkirakan menggunakan metode proyeksi penduduk. Berdasarkan data BPS tahun 2010 diketahui bahwa jumlah penduduk pada tiap ruas saluran masuk dalam 3 (tiga) yaitu : Kecamatan Sawahan, Tandes, dan Suko Manunggal untuk menghitung debit domestik di masa mendatang digunakan beberapa metode proyeksi penduduk : metode aritmatik, metode least square, dan metode geometrik untuk mendapatkan nilai r dan metode yang sesuai dengan kondisi wilayah Sawahan, Tandes, dan Sukomanunggal. Perhitungan akan dijelaskan sebagai berikut :

Pada data yang ada dicari selisih pertambahan dan prosentasenya per tahun serta rata-rata pertambahan penduduk selama 5 tahun tersebut. Pada perhitungan ini digunakan selisih pertambahan dan prosentasenya per 10 tahun sesuai dengan data yang ada. Misal :

- Selisih pertambahan penduduk tahun 1990 dan 2000 =  $30.116 - 27.239 = 2.877$  jiwa
- Prosentase pertambahan =  $(30.116-27.239)/30.116 \times 100\% = 0.10 \%$

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama seperti diatas, hasil dari perhitungan di tabel berikut ini :

Tabel 4.40 Perhitungan Selisih Pertambahan Penduduk dan Prosentase (%)

no	tahun	Jumlah Penduduk per wilayah (jiwa)			selisih penduduk			prosentase penduduk			
		sawahan	tandes	sukomanunggal	sawahan	tandes	sukomanunggal	sawahan	tandes	sukomanunggal	
1	1990	30116	5230	7215							
					-2877	3213	4433	-0.10	0.38	0.38	
2	2000	27239	8443	11648							
					-2378	811	-610	-0.09	0.09	-0.06	
3	2010	24861	9254	11038							
								r(rata-rata) prosentase	-0.1	0.2	0.2

Sumber : Hasil Perhitungan

Kemudian dicari rata-rata prosentase pertambahan penduduk selama 10 tahun tersebut :

R rata-rata tahun 1990-2010 (Wilayah Sawahan) =  $(-0.10 + 0.09)/2 = -0.1 \%$

R rata-rata tahun 1990-2010 (Wilayah Tandes) =  $(0.38+0.09)/2 = 0.2\%$

Rrata-rata tahun 1990-2010 (Wilayah Sukomanunggal) =  $(0.38+(-0.06))/3 = 0.2\%$

Berikutnya akan dicari metode proyeksi penduduk yang paling sesuai untuk ketiga wilayah tersebut :

## 1. Metode Aritmetik

Tabel 4.41 Perhitungan Metode Secara aritmatik

tahun	x	Jumlah penduduk per wilayah (jiwa)			pertambahan penduduk (y)			(xy)			r		
		sawahana	tandes	sukomanunggal	sawahana	tandes	sukomanunggal	sawahana	tandes	sukomanunggal	sawahana	tandes	sukomanunggal
1990	1	30116	5230	7215	-2877	3213	4433	-2877	3213	4433			
2000	2	27239	8443	11648	-2378	811	-610	-4756	1622	-1220	-0.457	0.369	0.242
2010		24861	9254	11038									
$\Sigma$	3	82216	22927	29901	-5255	4024	3823	-7633	4835	3213			

Sumber : Hasil Perhitungan

Dicari koefisien korelasi untuk metode aritmetik (Wilayah Sawahan)

$$r = \frac{n (\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\{[n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2][n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2]\}^{0.5}}$$

$$r_{1990-2010} = \frac{20 (-7633) - (6)(-5255)}{\{[20(-5255^2) - (-5255)^2][20(6^2) - (6)^2]\}^{0.5}} = -0,457$$

Dicari koefisien korelasi untuk metode aritmetik (Wilayah Tandes)

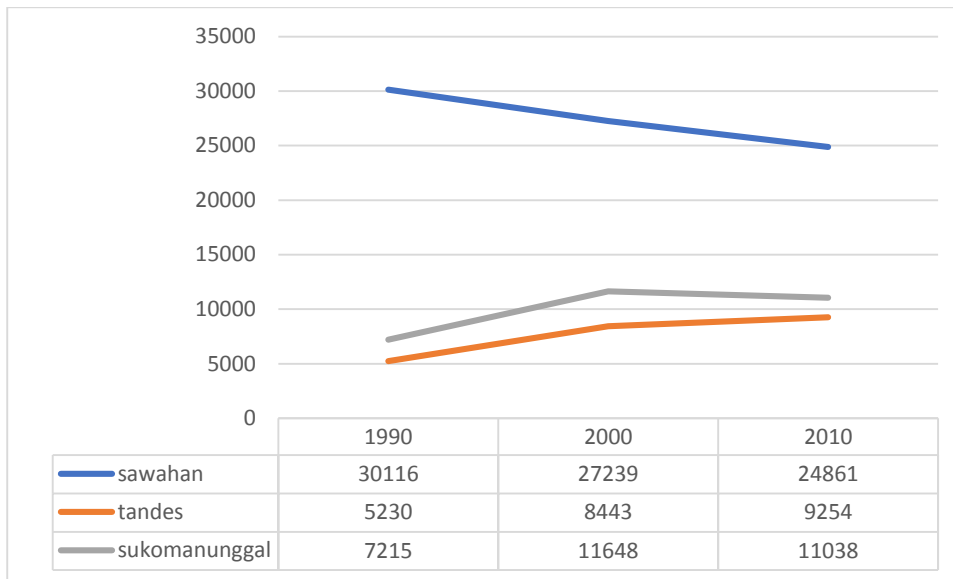
$$r = \frac{n (\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\{[n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2][n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2]\}^{0.5}}$$

$$r_{1990-2010} = \frac{20 (4835) - (6)(4024)}{\{[20(4024^2) - (4024)^2][20(6^2) - (6)^2]\}^{0.5}} = 0,369$$

Dicari koefisien korelasi untuk metode aritmetik (Wilayah Sukomanunggal)

$$r = \frac{n (\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\{[n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2][n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2]\}^{0.5}}$$

$$r_{1990-2010} = \frac{20 (3213) - (6)(3823)}{\{[20(3823^2) - (3823)^2][20(6^2) - (6)^2]\}^{0.5}} = 0,242$$



Gambar 4.7 Grafik Pertumbuhan penduduk Metode Aritmatik

## 2. Metode Least Square

Tabel 4.42 Perhitungan Metode Secara Least Square

tahun	x	Jumlah penduduk per wilayah y (jiwa)			(x,y)			r		
		sawahan	tandes	sukomanunggal	sawahan	tandes	sukomanunggal	sawahan	tandes	sukomanunggal
1990	1	30116	5230	7215	30116	5230	7215			
2000	2	27239	8443	11648	54478	16886	23296	-0,29	0,33	0,32
2010	3	24861	9254	11038	74583	27762	33114			
$\Sigma$	6	82216	22927	29901	159177	49878	63625			

Sumber : Hasil Perhitungan

Dicari koefisien korelasi untuk metode least square (Wilayah Sawahan)

$$r = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\{[n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2][n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2]\}^{0.5}}$$

$$r(1990-2010) = -0,29$$

Dicari koefisien korelasi untuk metode least square (WilayahTandes)

$$r = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\{[n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2][n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2]\}^{0.5}}$$

$$r(1990-2010) = 0,33$$

Dicari koefisien korelasi untuk metode least square (Wilayah Sukomanunggal)

$$r = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\{[n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2][n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2]\}^{0.5}}$$

$$r(1990-2010) = 0,32$$



## 3. Metode Geometri

Tabel 4.43 Perhitungan Metode Secara Geometri

tahun	x	Jumlah penduduk per wilayah Pn (jiwa)				In Pn (y)				(xy)		r	
		sawah	tandes	sukoman unggal	sawaha n	tandes	sukoman unggal	sawah	tandes	sukoma nunggal	sawaha n	tandes	sukoman unggal
1990	1	30116	5230	7215	10.312	8.562	8.883	10.312	8.562	8.883			
2000	2	27239	8443	11648	10.212	9.041	9.362	20.424	18.082	18.724	-0.297	0.302	0.301
2010	3	24861	9254	11038	10.121	9.132	9.309	30.363	27.396	27.927			
Σ	6	82216	22927	29901	30.645	26.735	27.554	61.099	54.04	55.534			

Sumber : Hasil Perhitungan

Dicari koefisien korelasi untuk metode least square (Wilayah Sawahan)

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\{[n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2][n(\sum X^2) - (\sum X)^2]\}^{0.5}}$$

$$r(1990-2010) = -0,297$$

Dicari koefisien korelasi untuk metode least square (WilayahTandes)

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\{[n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2][n(\sum X^2) - (\sum X)^2]\}^{0.5}}$$

$$r(1990-2010) = 0,302$$

Dicari koefisien korelasi untuk metode least square (Wilayah Sukomanunggal)

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\{[n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2][n(\sum X^2) - (\sum X)^2]\}^{0.5}}$$

$$r(1990-2010) = 0,301$$

Dari hasil perhitungan koefisien korelasi untuk masing-masing metode proyeksi tidak baik karena data yang didapat jumlah penduduk kota Surabaya Barat dalam 10 tahun bukan per tahun maka yang dipakai untuk pehitungan proyeksi selanjutnya nilai koefisien korelasi yang paling mendekati adalah **metode aritmatik**. Untuk itu perhitungan proyeksi penduduk untuk tahun-tahun yang direncanakan mengikuti rumus metode aritmatik :

$$P_n = P_0 + (r \times n)$$

Dengan :

$P_n$  = jumlah penduduk pada akhir tahun periode

$P_0$  = jumlah penduduk pada awal tahun periode

$R$  = rata – rata pertambahan penduduk

$n$  = jangka waktu dalam tahun

Contoh perhitungan perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Sawahan untuk 2011 :

$$\begin{aligned}
 P_{(2011)} &= P_{(2010)} (r \times n) \\
 &= 24.861 (0,2 \times 1) \\
 &= 24.861 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya akan ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.44 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik Per Kecamatan

TAHUN	r	n	JUMLAH PENDUDUK (JIWA)		
			SAWAHAN	TANDES	SUKOMANUNGGAL
2010		0	24861	9254	11038
2011		1	24861	9254	11038
2012		2	24862	9255	11039
2013		3	24862	9255	11039
2014		4	24863	9256	11040
2015		5	24864	9257	11041
2016		6	24865	9258	11042
2017		7	24867	9260	11044
2018		8	24868	9261	11045
2019		9	24870	9263	11047
2020		10	24872	9265	11049
2021		11	24874	9267	11051
2022	0.2	12	24877	9270	11054
2023		13	24879	9272	11056
2024		14	24882	9275	11059
2025		15	24885	9278	11062
2026		16	24888	9281	11065
2027		17	24892	9285	11069
2028		18	24895	9288	11072
2029		19	24899	9292	11076
2030		20	24903	9296	11080
2031		21	24907	9300	11084
2032		22	24912	9305	11089
2033		23	24916	9309	11093
2034		24	24921	9314	11098
2035		25	24926	9319	11103

Sumber : Hasil Perhitungan

Metode proyeksi penduduk untuk level kabupaten/kota menggunakan metode aritmatik, yang dipilih karena angka yang dihasilkan berada di tengah/ di antara hasil dua metode yang lainnya. Apabila angka kelahiran, kematian dan migrasi tidak diketahui secara rinci, maka laju pertumbuhan penduduk (r) merupakan gambaran/cerminan dari ketiga komponen pertumbuhan penduduk (Mulia Kusuma, 1981). Data yang digunakan adalah jumlah penduduk tahun 2019 untuk kala ulang 2 tahun, tahun 2024 untuk kala ulang 5 tahun, dan tahun 2034 untuk kala ulang 10 tahun.

#### 4.2.2 Perhitungan Debit Air Kotor Domestik

Yang dimaksud dengan debit air kotor pada analisa ini adalah air kotor berasal dari rumah tangga. Air buangan rumah tangga diperhitungkan berdasarkan penyediaan air minumnya. Diperkirakan besarnya air buangan yang masuk ke dalam saluran air buangan, sebesar 60 – 80 % dari kebutuhan standar air bersih.

Contoh perhitungan saluran simo gunung untuk mendapatkan air kotor domestik area yang ditinjau adalah sebagai berikut :

$$P_{2019} = \text{jumlah penduduk} = 24.870 \text{ orang}$$

$$q = 120 \text{ liter/org/hari (standar debit air baku dari cipta karya untuk perkotaan, } q = 120 \text{ lt/org/hari)}$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{60\% \times Q_{\text{air bersih}} \times \text{Jumlah Penduduk}}{86400} = \frac{60\% \times 120 \times 24870}{86400}$$

$$= 0.0077 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk perhitungan Debit Air Buangan Penduduk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.45

Tabel 4.45 Perhitungan Debit Air Buangan Domestik untuk berbagai kala ulang

Koda DAS	Nama Saluran	Lokasi	Jumlah Penduduk			Qdom (m <sup>3</sup> /detik)		
			th 2019	th 2024	th 2034	2 tahun	5 tahun	10 tahun
B	Darmo Indah	1-5	9263	9275	9314	0.0077	0.0077	0.0078
		5-2						
C	Darmo Harapan	3-4	9263	9275	9314	0.0077	0.0077	0.0078
		4-5						
D	Darmo Satelit	6-7	9263	9275	9314	0.0077	0.0077	0.0078
		7-8						
E	Kupang Jaya	9-10	11047	11059	11098	0.0092	0.0092	0.0092
		10-11						
F	Simo Mulyo	12-13	11047	11059	11098	0.0092	0.0092	0.0092
		13-14						
		14-15						
G	Simo Mulyo Barat	14-16	11047	11059	11098	0.0092	0.0092	0.0092
		16-17						
H	Simo Gunung	18-19	24870	24882	24921	0.0207	0.0207	0.0208
		19-20						

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.2.3 Perhitungan Debit Air Kumulatif

Debit air kumulatif debit air yang melintasi saluran drainase akibat dari air hujan ditambah dengan air kotor dari penduduk sekitar. Dan untuk debit saluran total dari skema jaringan merupakan gabungan antara debit air kumulatif saluran itu sendiri ditambah dengan debit air kumulatif dari saluran sebelumnya.

Contoh perhitungan debit air kumulatif (kala ulang 2 tahun) pada saluran Darmo Harapan (ruas 3-4) :

$$Q_{\text{air kumulatif}} = Q_{\text{air hujan}} + Q_{\text{domestik}}$$

$$= 2,382 \text{ m}^3/\text{det} + 0,0077 \text{ m}^3/\text{det} = 2,382 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 4.46 Perhitungan Debit Air Kumulatif dengan Debit Banjir Rencana Metode Rasional

Koda DAS	Nama Saluran	Lokasi	Q air hujan			Qdom (m <sup>3</sup> /detik)			Qak (m <sup>3</sup> /detik)		
			2tahun	5tahun	10tahun	2 tahun	5 tahun	10 tahun	2tahun	5tahun	10tahun
B	Darmo Indah	1-5	2.234	2.646	3.006	0.0077	0.0077	0.0078	2.24	2.654	3.014
		5-2	1.434	1.698	1.929				1.434	1.706	1.937
C	Darmo Harapan	3-4	2.382	2.821	3.205				2.382	2.821	3.205
		4-5	1.414	1.675	1.903				1.414	1.675	1.903
D	Darmo Satelit	6-7	1.446	1.713	1.946				1.455	1.722	1.955
		7-8	2.410	2.855	3.243				2.419	2.864	3.252
E	Kupang Jaya	9-10	1.423	1.686	1.915	1.432	1.695	1.924			
		10-11	1.219	1.444	1.641	1.228	1.453	1.650			
F	Simo Mulyo	12-13	1.265	1.499	1.703	0.0092	0.0092	0.0092	1.274	1.508	1.712
		13-14	0.956	1.132	1.286				0.965	1.141	1.296
		14-15	0.670	0.793	0.901				0.679	0.802	0.910
G	Simo Mulyo Barat	14-16	2.584	3.061	3.478	2.594	3.070	3.487			
		16-17	1.565	1.854	2.106	1.574	1.863	2.115			
H	Simo Gunung	18-19	2.218	2.627	2.985	0.0207	0.0207	0.0208	2.239	2.648	3.006
		19-20	1.227	1.454	1.652				1.248	1.475	1.672

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.3 Analisis Kapasitas Saluran (Analisis Hidrolika)

Analisis kapasitas adalah menganalisis kapasitas saluran terhadap debit banjir yang terjadi dengan menggunakan analisis hidrolika sederhana. Hal ini diperlukan untuk mengetahui kemampuan saluran untuk menampung dan mengalirkan debit banjir maksimum.

#### 4.3.1 Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting digunakan untuk mengevaluasi saluran eksisting. Hasil dari perhitungan tersebut akan diketahui apakah saluran yang sudah ada mampu untuk menampung besarnya debit banjir rancangan atau tidak. Jika saluran tidak dapat menampung besarnya debit maka akan timbul genangan. Contoh kontrol kapasitas saluran Darmo Indah untuk kala ulang 5 tahun adalah sebagai berikut :

**Darmo Indah (ruas 1-5)**

Data dimensi saluran :

$$\text{Lebar dasar saluran } (b) = 3,90 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman saluran } (H) = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan talud } (m) = 0,45$$

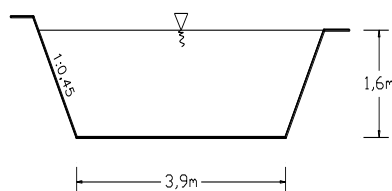
$$\text{Kekasaran manning } (n) = 0,030 \text{ (saluran terbuat dari pasangan batu disemen, berdasarkan Tabel 2.11).}$$

$$\text{Panjang saluran } (L_{\text{sal.}}) = 400 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan saluran } (S_0) =$$

$$\frac{\text{El.Awal} - \text{El.Akhir}}{\text{Jarak}} = \frac{5,595 - 4,515}{400} =$$

$$0,0027 \text{ (Tabel 4.21)}$$



Perhitungan  $A_{\text{saluran}}$ ,  $P_{\text{saluran}}$ ,  $R_{\text{saluran}}$ ,  $V_{\text{saluran}}$ , dan

$Q_{\text{kap.saluran}}$  berdasarkan persamaan (2-39), (2-40), (2-42) sampai (2-47) :

$$\begin{aligned} A_{\text{saluran}} &= (b + m.H)H \\ &= (3,9m + 0,45 \times 1,60m) \times 1,60m \\ &= 7,39m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{saluran}} &= b + 2H\sqrt{1+m^2} \\ &= (3,9m + 2 \times 1,60m)\sqrt{1+0,45^2} \\ &= 7,79m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{saluran}} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{7,39m^2}{7,79m} \\ &= 0,95m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{saluran}} &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S_0^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{0,030} \times 0,95^{\frac{2}{3}} \times 0,0027^{\frac{1}{2}} \\ &= 1,67m / \text{det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{kap.saluran}} &= A \times V \\ &= 7,39m^2 \times 1,67m / \text{det} = 12,37m^3 / \text{det} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{kap.}} = 12,37 \text{ m}^3/\text{det} > Q_{\text{ak 10 th}} = 3,014 \text{ m}^3/\text{det} \text{ (Aman).}$$

Nilai kekasaran manning (n) diambil yang maksimum karena nilai yang paling aman dalam mendesain saluran. Setelah menghitung besarnya kapasitas eksisting masing-masing saluran sekunder, selanjutnya kapasitas tersebut dibandingkan dengan debit banjir maksimum yang telah dihitung (Tabel 4.2). Perbandingan tersebut untuk mengetahui saluran sekunder mana saja yang terjadi banjir atau aman. Jika masih terjadi banjir maka, saluran sekunder tersebut perlu untuk dilakukan evaluasi saluran. Perbandingan antara  $Q_{kap.}$  dengan  $Q_{maks}$  ditampilkan pada Tabel 4.47

Tabel 4.47 Perhitungan kemiringan saluran

Nama Saluran	Titik	Elevasi		Jarak (m)	So
		Awal	Akhir		
Darmo Indah	1-5	+5.595	+4.515	400	0.0027
	5-2	+4.515	+4.228	305	0.0009
Darmo Harapan	3-4	+7.485	+5.355	700	0.0030
	4-5	+5.355	+4.695	500	0.0013
Darmo Satelit	6-7	+4.624	+4.115	600	0.0008
	7-8	+4.115	+3.399	608	0.0012
Kupang Jaya	9-10	+16.485	+9.433	1600	0.0044
	10-11	+9.433	+4.380	1550	0.0033
Simo Mulyo	12-13	+9.851	+6.491	1000	0.0034
	13-14	+6.491	+4.380	800	0.0026
	14-15	+4.380	+4.061	269	0.0012
Simo Mulyo Barat	14-16	+4.380	+4.180	400	0.0005
	16-17	+4.180	+3.669	500	0.0010
Simo Gunung	18-19	+9.244	+6.172	600	0.0051
	19-20	+6.172	+3.656	715	0.0035

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.48 Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Lokasi		Eksisting Saluran			P (m)	R (m)	n	So	A (m <sup>2</sup> )	V (m/dtk)	Q <sub>Kap.</sub> (m <sup>3</sup> /dtk)
Nama Saluran	Ruas	b (m)	H (m)	m							
Darmo Indah	1-5	3.90	1.60	0.45	7.79	0.95	0.030	0.0027	7.39	1.67	12.37
	5-2	3.00	1.10	0	5.20	0.63	0.030	0.0009	3.30	0.75	2.49
Darmo Harapan	3-4	5.00	0.90	0.45	7.46	0.65	0.030	0.0030	4.86	1.38	6.72
	4-5	2.30	1.20	0.3	4.91	0.65	0.030	0.0013	3.19	0.91	2.90
Darmo Satelit	6-7	4.20	0.98	0.45	6.75	0.67	0.030	0.0008	4.55	0.74	3.39
	7-8	3.90	1.14	0	6.18	0.72	0.030	0.0012	4.45	0.92	4.08
Kupang Jaya	9-10	6.80	1.09	0.5	10.04	0.80	0.030	0.0044	8.01	1.90	15.22
	10-11	3.40	1.39	0	6.18	0.76	0.030	0.0033	4.73	1.59	7.52
Simo Mulyo	12-13	7.00	1.05	0.5	10.17	0.78	0.025	0.0034	7.90	1.96	15.47
	13-14	4.70	1.60	0.4	8.51	1.00	0.030	0.0026	8.54	1.72	14.67
	14-15	4.00	2.10	0	8.20	1.02	0.030	0.0012	8.40	1.17	9.80
Simo Mulyo Barat	14-16	6.00	1.80	0.6	11.20	1.14	0.030	0.0005	12.74	0.81	10.36
	16-17	6.80	1.90	0	10.60	1.22	0.030	0.0010	12.92	1.22	15.72
Simo Gunung	18-19	1.70	0.50	0.5	3.02	0.32	0.025	0.0051	0.98	1.34	1.31
	19-20	4.50	2.00	0	8.50	1.06	0.030	0.0035	9.00	2.05	18.49

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.49 Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting dan Debit Banjir Rencana Dengan Metode Rasional

Nama Saluran	Titik Saluran	Qrenc 10 th (m <sup>3</sup> /det)	Qdom 10 th (m <sup>3</sup> /det)	Qak 10 th (m <sup>3</sup> /det)		Kapasitas saluran (m <sup>3</sup> /det)	Status
Darmo Indah	1-5	3.006	0.0078	3.014		12.37	aman
	5-2	1.929		1.937	4.951	2.49	meluber
Darmo Harapan	3-4	3.205	0.0092	3.205		6.72	aman
	4-5	1.903		1.903	5.108	2.90	meluber
Darmo Satelit	6-7	1.946	0.0208	1.955		3.39	aman
	7-8	3.243		3.252	5.208	4.08	meluber
Kupang Jaya	9-10	1.915	0.0092	1.924		15.22	aman
	10-11	1.641		1.650	3.574	7.52	aman
Simo Mulyo	12-13	1.703	0.0092	1.712		15.47	aman
	13-14	1.286		1.296	3.007	14.67	aman
Simo Mulyo Barat	14-15	0.901	0.0208	0.910		9.80	aman
	14-16	3.478		3.487		10.36	aman
Simo Gunung	16-17	2.106	0.0208	2.115		15.72	aman
	18-19	2.985		3.006		1.31	meluber
	19-20	1.652		1.672	4.678	18.49	aman

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel di atas dapat dilihat bahwa pada 10 tahun mendatang debit limpasan lebih besar dari kapasitas debit saluran yang ada. Alasan penggunaan debit periode 10 (lima) tahun karena mengacu pada kriteria dan standar perencanaan yang tersedia berdasarkan tipologi kota dan luasan daerah tangkapan air atau DAS

Tabel 4.50 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: Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Sistem Drainase Perkotaan, Dit. PLP, Ditjen Cipta Karya, 2011.

Pada saluran Darmo Indah (ruas 5-2), Darmo Harapan (ruas 4-5), Darmo Satelit (ruas 7-8) dan Simo Gunung (ruas 18-19) debit limpasan lebih besar daripada kapasitas saluran yang ada. Maka harus dilakukan penanganan atau solusi alternatif untuk masalah genangan pada saluran ini.

#### 4.4 Alternatif Solusi Penanganan Genangan

Dalam penanganan genangan/banjir di perkotaan yang padat penduduk tidak dapat hanya melalui perbaikan system drainase dengan cara normalisasi/mendesain ulang dimensi saluran yang ada. Akan tetapi melalui perbaikan drainase yang memungkinkan dari beberapa cara alternatif berikut :

##### 1. Perencanaan drainase jalan raya

Permukaan jalan harus dibuat dengan kemiringan melintang yang cukup untuk membuang air hujan secukupnya, dan permukaan jalan harus berada diatas

permukaan air tanah setempat. Selain itu, diperlukan penambahan *street* inlet di sepanjang bahu jalan sekitar saluran sehingga mencegah masuknya air ke aspal dengan memperhatikan jumlah, jarak antar *street* inlet, dan bukaannya. Pada saluran

## 2. Pemeliharaan sistem drainase

Kegiatan perawatan rutin yang bisa dilakukan untuk menjaga fungsi drainase tetap baik adalah sebagai berikut :

- a. Membersihkan sampah, tumbuh-tumbuhan yang tumbuh mengganggu di sekitar pinggir/badan saluran, dan membersihkan bahan-bahan material seperti batu dan tanah/pasir yang terbawa pada saat genangan atau banjir terjadi sehingga tidak terjadi sedimentasi pada saluran.
- b. Menambal dinding saluran yang retak atau rusak dan merapikan bentuk profil saluran seperti semula.
- c. Memperbaiki kerusakan kecil pada tanggul akibat penurunan, rembesan, dan longsor kecil

## 3. Pemakaian *Box Culvert* pada saluran

Untuk mengalirkan air (irigasi, air hujan, air limbah) melewati bawah jalan, bawah saluran atau bawah rel kereta api diganti dengan saluran beton bertulang pra cetak atau *box culvert*. Beton pracetak ini juga berfungsi sebagai jembatan ukuran kecil. Pembangunan gorong-gorong mempergunakan teknologi *Box Culvert* Beton Pracetak, tidak perlu menunggu berbulan-bulan, cukup dengan waktu 3-4 hari untuk pemasangan *box culvert* beton pracetak yang sudah dicetak di pabrik sebelumnya, selain itu juga tidak menimbulkan kerugian seperti kerusakan jalan alternatif. Seperti pada saluran Darmo Indah (ruas 1-5) , saluran simo mulyo barat (ruas 16-17). Tetapi pada saluran Darmo Indah (ruas 5-2), saluran Darmo Harapan (ruas 4-5), Darmo Satelit (ruas 7-8) tidak bisa menggunakan teknologi ini dikarenakan area sekitar saluran sudah dipadati lingkungan penduduk. Dibawah ini merupakan gambar saluran darmo indah dan simo mulyo barat yang menggunakan teknologi *box culvert* :





*Gambar 4.8 Box culvert pada saluran Darmo Indah (1-5)*



*Gambar 4.9 Box Culvert pada saluran simo mulyo barat (ruas 16-17)*

*“Halaman sengaja dikosongkan”*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Tataguna lahan mempengaruhi perubahan debit banjir di Surabaya Barat, yang dapat diketahui dari besarnya nilai koefisien tataguna lahan. Didapat perbandingan nilai ( C ) rata-rata dari tahun 2002 senilai 0,732, lalu tahun 2007 senilai 0,725 dan pada tahun 2017 nilai c rata-rata senilai 0,747. Dengan luas daerah DAS Gunungsari sebesar 41,7849 Ha
2. Peningkatan koefisien limpasan akibat perubahan tata guna lahan berbanding lurus dengan peningkatan debit limpasan yang terjadi di Kota Surabaya Barat. Pada saluran Darmo Indah (ruas 5-2) debit limpasan untuk periode ulang 2 tahun meningkat dari 1,432 m<sup>3</sup>/det menjadi 1,434m<sup>3</sup>/det dengan prosentase sebesar 0,13%, saluran Darmo Harapan (ruas 4-5) meningkat dari 1,411 m<sup>3</sup>/det menjadi 1,414 m<sup>3</sup>/det dengan prosentase sebesar 0,20%, saluran Darmo Satelit (ruas 7-8) tidak ada perubahan debit dari 2,410 m<sup>3</sup>/det menjadi 2,410 m<sup>3</sup>/det dan saluran Simo Gunung menurun dari 2,154 m<sup>3</sup>/det menjadi 2,218 m<sup>3</sup>/det prosentase penurunan sebesar -2,91%. Pada periode ulang 5 tahun saluran Darmo Indah (ruas 5-2) debit limpasan meningkat dari 1,696 m<sup>3</sup>/det menjadi 1,698 m<sup>3</sup>/det dengan prosentase sebesar 0,13 %, saluran Darmo Harapan (ruas 4-5) meningkat dari 1,672 m<sup>3</sup>/det menjadi 1,675 m<sup>3</sup>/det dengan prosentase sebesar 0,20 %, di saluran Darmo Satelit (ruas 7-8) tidak ada perubahan debit dan saluran Simo Gunung meningkat dari 2,551 m<sup>3</sup>/det menjadi 2,627 m<sup>3</sup>/det prosentase penurunan sebesar 3,00 %. Pada periode ulang 10 tahun saluran Darmo Indah (ruas 5-2) debit meningkat dari 1,927 m<sup>3</sup>/det menjadi 1,940 m<sup>3</sup>/det dengan prosentase sebesar 0,68 %, saluran Darmo Harapan (ruas 4-5) meningkat dari 1,899 m<sup>3</sup>/det menjadi 1,903 m<sup>3</sup>/det dengan prosentase sebesar 0,20%, saluran Darmo Satelit (ruas 7-8) tidak ada perubahan debit dari 3,243 m<sup>3</sup>/det menjadi 3,243m<sup>3</sup>/det dan saluran Simo Gunung menurun dari 2,898 m<sup>3</sup>/det menjadi 2,802 m<sup>3</sup>/det

prosentase penurunan sebesar -3.32%. Peningkatan debit rencana belum dihitung dengan debit domestik. Intensitas hujan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah sama sampai tahun 2030.

3. Adanya debit limpasan dan debit pembuangan penduduk pada periode ulang 10 tahun mengakibatkan kapasitas saluran drainase eksisting di Surabaya Barat tidak mampu menampung beban limpasan. Saluran yang tidak bisa menampung debit limpasan antara lain :  $Q_{kap}$  Saluran Darmo Indah (ruas 5-2) =  $2,49 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{ak}$  (debit air kumulatif) =  $4,951 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $Q_{kap}$  Saluran Darmo Harapan (ruas 4-5) =  $2,90 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{ak} = 5,108 \text{ m}^3/\text{det}$ ,  $Q_{kap}$  Saluran Darmo Satelit (ruas 7-8) =  $4,08 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{ak} = 5,208 \text{ m}^3/\text{det}$ , dan  $Q_{kap}$  Saluran Simo Gunung (ruas 18-19) =  $1,31 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{ak} = 3,006 \text{ m}^3/\text{det}$ .
4. Solusi penanganan limpasan drainase untuk upaya penanggulangan perubahan tataguna lahan yang terjadi di kota Surabaya adalah dengan melarang pembangunan diatas saluran sebagai lahan bisnis atau pemukiman, melaksanakan pemeliharaan dan perawatan terhadap saluran yang mengalami keretakan, ditumbuhi tanaman pengganggu, sampah- sampah buangan penduduk dan material seperti pasir dan batu kerikil di sekitar saluran secara berkala, dan mengganti saluran yang ada dengan penggunaan teknologi saluran beton pracetak atau *box culvert*. Penggantian saluran dengan *box culvert* alasannya selain biayanya murah, pemasangan atau konstruksinya pun mudah tidak membutuhkan waktu yang lama. Tetapi pada saluran darmo indah (ruas 5-2) dan darmo satelit (ruas 7-8) tidak bisa menggunakan *box culvert* ini karena area sekitar saluran adalah area pemukiman padat penduduk.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan hasil kajian di atas maka beberapa hal yang dapat direkomendasikan adalah:

1. Pada tugas akhir ini perubahan tata guna lahan, koefisien limpasan, debit limpasan dan debit rencana dalam penelitian ini belum memperhitungkan perubahan iklim global yang terjadi dan perubahan intensitas hujan 20 tahun yang akan datang karena data curah hujan yang dipakai adalah data hujan 10 tahunan. Untuk penelitian berikutnya untuk memperhitungkan perubahan iklim global dan data curah hujan yang dipakai 100 tahunan sehingga intensitas hujan tetap untuk debit rencana 20 tahun yang akan datang.
2. Perlu adanya koordinasi dan sinkronisasi antara Pemerintahan Daerah Kota Surabaya dan masyarakat setempat agar pembangunan dan pemeliharaan disekitar saluran bisa di atur dan dijaga dengan baik agar tidak terjadi perubahan tata guna lahan serta genangan banjir di masa yang akan datang.
3. Perlunya pembuatan dan sosialisasi Peraturan Daerah Kota Surabaya tentang drainase perkotaan , yaitu:
  - a. Larangan untuk tidak membuang sampah ke saluran yang berfungsi sebagai sistem drainase kota.
  - b. Larangan untuk tidak menggunakan saluran drainase untuk kegiatan apapun atau usaha.
  - c. Larangan untuk menutup saluran drainase primer dan sekunder untuk alasan apapun apalagi di atasnya didirikan rumah, toko, warung, jalan dan fasilitas lainnya. Karena akan sangat menyulitkan untuk pengoperasian, perbaikan dan perawatan.

*“Halaman sengaja dikosongkan”*