

**EVALUASI SISTEM DRAINASE DI DAERAH SIMO GUNUNG, SIMO MULYO
BARAT, SIMO MULYO, DARMO SATELIT, DAN DARMO INDAH YANG
BERADA DI SURABAYA BARAT**

Annisaa Fitri, Alwafi Pujiharjo, Agus Suhariyanto

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: annisaa410@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu kawasan yang sering terjadi banjir di Surabaya yaitu berada di Surabaya Barat. Penyebab terjadinya banjir pada kawasan ini yaitu karena kurangnya daerah resapan air, terjadi perubahan tata guna lahan dan kurangnya kapasitas tampungan dari saluran drainase khususnya saluran sekundernya. Daerah yang sering terjadi banjir berada di Simo Gunung, Simo Mulyo Barat, Simo Mulyo, Darmo Satelit dan Darmo Indah. Analisis yang dilakukan pada skripsi ini yaitu analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Analisis hidrologi antara lain perhitungan curah hujan wilayah, perhitungan curah hujan rencana dengan metode *log pearson III* dan perhitungan debit banjir maksimum dengan metode rasional. Adapun analisis hidrolika yang dilakukan antara lain perhitungan kapasitas eksisting saluran sekunder, mengevaluasi saluran sekunder dengan membandingkan debit banjir maksimum dengan kapasitas eksisting saluran sekunder, dan melakukan desain ulang saluran sekunder. Hasil dari evaluasi sistem drainase beberapa saluran sekunder yang masih terjadi banjir antara lain saluran sekunder Darmo Indah ruas 5-2 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $2,49 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $9,727 \text{ m}^3/\text{det}$; Darmo Harapan ruas 4-5 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $2,90 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $4,719 \text{ m}^3/\text{det}$; Darmo Satelit ruas 7-8 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $4,08 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $4,891 \text{ m}^3/\text{det}$; Kupang Jaya ruas 10-11 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $7,52 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $9,544 \text{ m}^3/\text{det}$; Simo Mulyo ruas 14-15 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $9,80 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $13,484 \text{ m}^3/\text{det}$; Simo Gunung ruas 18-19 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ sebesar $1,31 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $6,766 \text{ m}^3/\text{det}$. Kapasitas eksisting saluran sekunder tidak mampu untuk menampung debit banjir maksimum kala ulang 10 tahun. Solusi yang digunakan untuk mengatasinya yaitu dengan menambah kapasitas saluran dan dibuat *long storage* pada saluran Darmo Indah.

Kata kunci: Evaluasi, Drainase, Debit, Desain Ulang, Gunungsari.

ABSTRACT

One of the areas that often flood in Surabaya is located in West Surabaya. The causes of flooding in this area is due to lack of water catchment area, land use change and lack of storage capacity from drainage channel especially the secondary channel. Flooded areas are often located in Simo Gunung, Simo Mulyo Barat, Simo Mulyo, Darmo Satelit and Darmo Indah. The analysis conducted on this thesis is hydrology analysis and hydraulics analysis. Hydrological analysis, among others, to calculate the rainfall area, the calculation of rainfall plan with the method of log pearson III and calculation of the maximum flood discharge by rational method. The hydraulics analysis is done, among others, calculating the capacity of existing secondary channels, evaluating the secondary channel by comparing the maximum flood discharge with the existing capacity of the secondary channel, and redesigning the secondary channels. The results of the evaluation of the drainage system of some secondary channels that still occurring floods include the secondary channel Darmo Indah segment 5-2 with Q_{kap} . and Q_{max} . respectively of 2.49 m³/s and 9.727 m³/s; Darmo Harapan of 4-5 segments with Q_{kap} . and Q_{max} . respectively of 2.90 m³/s and 4.719 m³/s; Darmo Satelit 7-8 to Q_{kap} segment. and Q_{max} . each of 4.08 m³/s and 4.891 m³/s; Kupang Jaya segment 10-11 with Q_{kap} . and Q_{max} . each of 7.52 m³/s and 9.544 m³/s; Simo Mulyo segment 14-15 with Q_{kap} . and Q_{max} . each of 9.80 m³/s and 13.484 m³/s; Simo Gunung segment 18-19 with Q_{kap} . and Q_{max} . of 1.31 m³/s and 6.766 m³/s. The existing capacity of the secondary channel can not afford to accommodate the maximum flood discharge in a 10-year recycling period. The solution used to overcome that is by increasing the channel capacity and made long storage on Darmo Indah channel.

Keywords: *Evaluation, Drainage, Debit, Redesign, Gunungsari.*

PENDAHULUAN

Kota Surabaya merupakan Ibukota Provinsi Jawa Timur yang menjadi pusat kegiatan pemerintahan, ekonomi, politik, sosial budaya dan kegiatan lainnya. Salah satu kawasan kota Surabaya yang sering terjadi banjir adalah kawasan Surabaya Barat dan memiliki sistem drainase Gunungsari.

Berdasarkan data genangan “Dinas Pekerjaan Umum dan Bina Marga dan Pematuan Surabaya”, tinggi genangan yang terjadi pada sistem drainase ini rata-rata 50 cm dengan lama genangan rata-rata satu jam. Genangan air atau banjir terjadi di beberapa saluran tersier dan sekundernya pada saat hujan diantaranya saluran tersier Raya Satelit Utara, saluran sekunder Darmo Harapan, Kupang Jaya (bagian hilir) dan saluran Simo Gunung (bagian hulu). Besarnya prosentase terjadinya banjir di Surabaya Barat yaitu sebesar 80% setiap terjadi hujan dengan curah hujan tinggi dalam waktu yang cukup lama. Hal ini menyebabkan aktifitas warga sekitar menjadi terganggu. Lokasi studi disajikan pada **Gambar 1**.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas yaitu sistem drainase yang ada saat ini mampukah menampung debit banjir rencana kala ulang 10 tahun, saluran sekunder yang masih belum mampu menampung debit banjir rencana kala ulang 10 tahun, solusi yang tepat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang terjadi di saluran sekunder.

Batasan masalah yang diberikan ialah wilayah perencanaan sistem drainase meliputi saluran sekunder, debit air yang digunakan adalah debit limpasan air hujan (berdasarkan *catchment area*) dan tidak memperhitungkan debit air buangan penduduk, mengevaluasi sistem drainase yang ada ditinjau dari fungsi dan kapasitasnya, tidak memperhitungkan sedimentasi pada saluran drainase, tidak memperhitungkan rencana anggaran biaya dari perencanaan drainase.



Gambar 1 Lokasi Studi

(Sumber: www.googlemaps.com)

TINJAUAN PUSTAKA

1. Analisis Hidrologi

a. Curah Hujan Wilayah

Data hujan yang diperoleh dari stasiun hujan yang terjadi pada satu titik saja atau *point rainfall* (Soemarto, 1999). Menentukan hujan rerata pada daerah dapat ditentukan dengan tiga metode, yaitu:

➤ Metode Aritmatik

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

dengan:

\bar{R} = Tinggi curah hujan rata-rata (mm)

R_i = Tinggi curah hujan pada stasiun hujan ke- i (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

➤ Metode Poligon *Thiessen*

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

dengan:

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

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

C_i = Koefisien *Thiessen*

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

➤ Metode Isohiet

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_1 + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dengan:

\bar{p} = Hujan rerata kawasan

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

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang dibatasi garis isohyet.

b. Curah Hujan Rancangan

Ada beberapa metode distribusi yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan atau distribusi probabilitas. Dalam menentukan metode distribusi yang akan dipilih untuk menghitung curah hujan rancangan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan parameter statistik. Setiap distribusi memiliki syarat parameter statistik. Adapun syarat-syarat parameter statistik ditampilkan pada **Tabel 1**.

Distribusi probabilitas yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan, yaitu:

➤ **Distribusi Normal**

$$X = \bar{X} + k \cdot S$$

dengan:

X = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu.

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

S = Standar deviasi

K = Faktor frekuensi

Sumber: Soewarno, 1995

➤ **Distribusi Gumbel**

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

dengan:

X = Nilai variat yang diharapkan terjadi.

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

Y = Nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan.

Sumber: Soewarno, 1995

➤ **Distirbusi Log Pearson III**

$$\log X = \log \bar{X} + k \left(\frac{S}{k_2 \bar{X}} \right)$$

dengan:

$S_{\log x}$ = Standar deviasi.

Tabel 1 Parameter Statistik

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^2 + 3 C_v$ $C_k = C_v^3 + 6C_v^2 + 15C_v + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1.14$ $C_k = 5.4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas / flexibel

Sumber: Triatmodjo, 2010

c. Uji Kecocokan Distribusi

Ada dua cara untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu:

➤ **Uji Chi-Kuadrat**

Untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Soewarno, 1995).

➤ **Uji Smirnov-Kolmogorov**

Uji ini sering disebut juga dengan uji non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995).

d. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan banjir rencana untuk saluran drainase ini dilakukan berdasarkan hujan harian maksimum yang terjadi pada periode ulang tertentu. Metode yang digunakan yaitu metode Rasional

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

dengan:

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

C = Koefisien pengaliran.

I = Intensitas hujan (mm/jam).

A = Luas daerah pengaliran (km^2)

2. Analisis Hidrolika

a. Perhitungan Kapasitas Eksisting Saluran

Perhitungan kapasitas eksisting saluran untuk menampung dan mengalirkan debit banjir rencana. Rumus yang digunakan ialah:

$$Q = A \times V$$

dengan:

Q = Debit aliran (m^3/det)

A = Luas basah penampang saluran (m^2)

V = Kecepatan aliran (m/det)

Sumber: Suripin (2003, p.130)

Kecepatan aliran dihitung dengan menggunakan rumus manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S_0^{\frac{1}{2}}$$

dengan:

n = Koef. Kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolis
 So = Kemiringan dasar saluran
 Sumber: Suripin (2003, p.144)

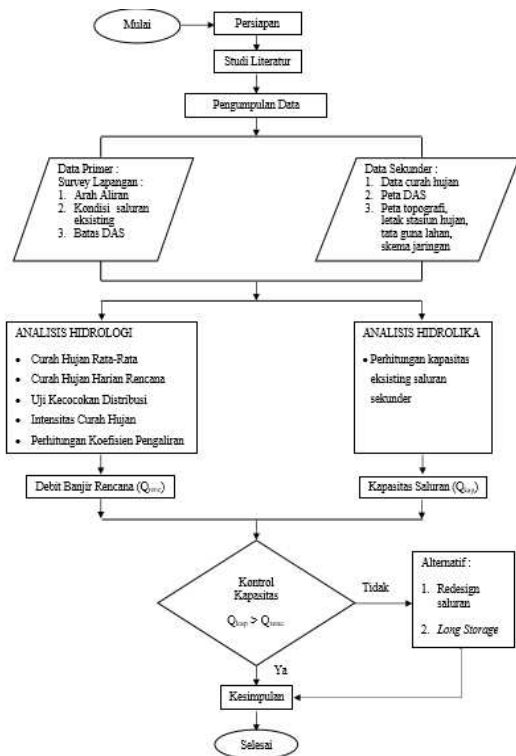
b. Geometri Saluran

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 diperlukan agar tidak terjadi luapan air (*over topping*).

METODOLOGI PENELITIAN

Langkah atau metode yang dilakukan dalam mengevaluasi sistem drainase di daerah Simo Gunung, Simo Mulyo Barat, Simo Mulyo, Darmo Satelit, dan Darmo Indah yaitu persiapan, identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, analisis data, kesimpulan, dan saran. Diagram alir penelitian disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Hidrologi

Dalam perencanaan sistem drainase, langkah awal yang dilakukan yaitu melakukan analisis hidrologi yang bertujuan untuk mengetahui besarnya debit banjir yang dapat ditampung dan dialirkan oleh saluran.

a. Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Perhitungan curah hujan wilayah ini bertujuan untuk mendapatkan curah hujan wilayah pada masing-masing stasiun hujan pada kawasan yang ditinjau dengan menggunakan metode Poligon *Thiessen*. Ada dua stasiun hujan yang berpengaruh yaitu stasiun hujan Gunungsari dan Banyu Urip. Hasil perhitungan curah hujan wilayah disajikan pada **Tabel 2**.

b. Perhitungan Curah Hujan Rancangan

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

➤ Nilai Rata-Rata (Mean)

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

➤ Perhitungan Standar Deviasi

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

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

➤ Perhitungan Nilai Koefisien *Skewness* (Cs)

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

$$Cs = \frac{10}{(9) \times (8) \times 21,5958^3} \times 84467,084 = 1,165$$

➤ Perhitungan Nilai Koefisien Kurtosis (Ck)

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

$$Ck = \frac{10^2}{(9) \times (8) \times (7) \times (21,5958^4)} \times 5768852,574 = 5,262$$

Tabel 2 Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Tahun	Stasiun Hujan		Luas Pengaruh Masing-Masing Stasiun		Ch Wilayah (mm)
	St. Hujan Gumungsari	St. Hujan Banyu Urip	St. Hujan Gumungsari	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

Tabel 3 Perhitungan Chi-Kuadrat

nilai batas	O _i	E _i	(O _i - E _i) ²	Xh ²
X ≤ 1,84	3	2,5	0,25	0,10
1,84 < X ≤ 1,91	2	2,5	0,25	0,10
1,91 < X ≤ 1,98	3	2,5	0,25	0,10
X ≥ 1,98	2	2,5	0,25	0,10
	10	10	nilai chi kuadrat =	0,40

Berdasarkan hasil perhitungan parameter dasar statistik yang mendapatkan nilai Cs dan Ck dengan mencocokkan syarat pemilihan distribusi probabilitas pada **Tabel 1**, distribusi yang dapat digunakan untuk perhitungan curah hujan rancangan yaitu *Log Pearson III*.

Hasil perhitungan curah hujan rancangan dengan kala ulang 2, 5, 10 tahun dengan metode *Log Pearson III* ialah:

- Kala ulang 2 th = 83,70 mm
- Kala ulang 5 th = 99,14 mm
- Kala ulang 10 th = 112,63 mm

c. Uji Kecocokan Distribusi Probalitas

➤ Uji Chi-Kuadrat

Hasil perhitungan chi-kuadrat ditampilkan pada **Tabel 3**. 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 > 0,40, sehingga perhitungan diterima.

Tabel 4 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

Peringkat (m)	x _i	P = m/(n+1)	$\frac{P(x<)}{1-P(x)}$	f(t)=(x _i -x)/s	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
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
Σ	19,12						D_{max} = 0,0653
rata-rata	1,91						

➤ Uji Smirnov-Kolmogorov

Perhitungan ini disajikan pada **Tabel 4**. Dari perhitungan pada tabel diperoleh nilai D = 0,0653 pada peringkat (m) = 1. Dengan derajat kepercayaan = 5% dan banyaknya data = 10, maka diperoleh nilai D₀ = 0,41. Nilai D < D₀ (0,0653 < 0,41), maka persamaan distribusi *Log Pearson Tipe III* diterima.

d. Perhitungan Intensitas Hujan Rencana

Perhitungan intensitas hujan rencana digunakan untuk menghitung debit rencana dengan memperhitungkan waktu konsentrasi aliran (T_c).

Waktu konsentrasi aliran (T_c) dihitung berdasarkan nilai t₀ (*Inlet Time*) dan nilai t_f (*channel flow*).

$$T_c = t_0 + t_f$$

Hail perhitungan T_c ditampilkan pada **Tabel 5**.

Setelah mengetahui besarnya nilai T_c, selanjutnya menghitung intensitas hujan rencana dengan rumus Mononobe. Contoh perhitungan intensitas hujan rencana pada saluran sekunder Darmo Indah ruas 1-5:

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

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

Perhitungan intensitas hujan rencana ditampilkan pada **Tabel 6**.

Tabel 5 Perhitungan Nilai Tc

Lokasi			t _f (menit)	t ₀ (menit)	T _c	
Kode saluran	Nama Saluran	Ruas			(menit)	(jam)
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	101,2	1,69
		13-14	6,47	51,22	58,98	0,98
		14-15	3,84	51,22	55,06	0,92
G	Simo Mulyo Barat	14-16	8,2	29,33	37,53	0,63
		16-17	6,85	41,93	48,77	0,81
H	Simo Gunung	18-19	7,45	61,45	68,9	1,15
		19-20	5,8	61,45	67,25	1,12

Tabel 6 Perhitungan Intensitas Hujan Rencana

Lokasi			T _c (jam)	I (mm/jam)		
Kode saluran	Nama Saluran	Ruas		R ₂	R ₅	R ₁₀
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	32,5	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	48,6
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

e. Perhitungan Koefisien Pengaliran

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya koefisien pengaliran berdasarkan tata guna lahan yang ada pada sub DTA (Daerah Tangkapan Air) yang ditinjau.

Contoh perhitungan koef. pengaliran:
Saluran sekunder Darmo Indah (ruas 1-5)
Luas sub DTA = 63980 m²

Tata guna lahan dan luas tata guna lahannya:

Pemukiman (C₁) = 0,75, A₁ = 51623 m².

RTH (C₂) = 0,3, A₂ = 12708 m².

$$C_{gab} = \frac{(0,75 \times 51623 m^2) + (0,95 \times 0 m^2) + (0,4 \times 0 m^2) + (0,3 \times 12708 m^2)}{(51623 m^2) + (0 m^2) + (0 m^2) + (12708 m^2)} = 0,661$$

Hasil perhitungan koefisien pengaliran disajikan pada **Tabel 7**.

Tabel 7 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Kode DTA	Nama saluran	Ruas	Luas Total		C1		C2	C3	C4	C _{gab}			
			sub DTA	Nilai	Luas	Nilai	Luas	Nilai	Luas				
			(ha)	m ²	C	m ²	C	m ²	C		m ²		
B	Darmo Indah	1-5	6,398	63980	51263	0	0	12708	0,661				
		5-2	1,542	15420	14875	0	0	488	0,733				
C	Darmo Harapan	3-4	4,808	48080	42375	0	0	5625	0,696				
		4-5	0,670	6700	6700	0	0	0	0,750				
D	Darmo Satelit	6-7	5,828	58280	31255	685	2450	22055	0,544				
		7-8	2,007	20070	19540	0	0	0	0,730				
E	Kupang Jaya	9-10	22,273	222730	101773	13810	617,5	41630	0,459				
		10-11	5,033	50330	0,75	31713	0,95	0	0,4	0	0,3	11800	0,543
		12-13	20,960	209600	125025	13298	6128	40358	0,577				
F	Simo Mulyo	13-14	4,743	47430	43425	1425	2100	350	0,735				
		14-15	0,453	4530	4518	0	0	0	0,748				
		14-16	1,237	12370	12363	0	0	0	0,750				
G	Simo Mulyo Barat	16-17	2,143	21430	12435	3535	0	0	0,592				
		18-19	10,855	108550	76353	1788	8863	19488	0,630				
H	Simo Gunung	19-20	1,89	18900	10038	2825	0	6000	0,636				

Tabel 8 Perhitungan Debit Banjir Maksimum

Kode	Nama Saluran	Ruas	Luas per ruas (km ²)	Luas Total sub DTA (km ²)	Q ₂ m ³ /det	Q ₅ m ³ /det	Q ₁₀ m ³ /det
B	Darmo Indah	1-5	0,6398	0,794	2,713	3,213	3,65
		5-2	0,1542	0,994	1,178	1,338	
C	Darmo Harapan	3-4	0,4808	0,548	3,053	3,617	4,108
		4-5	0,067	0,454	0,538	0,611	
D	Darmo Satelit	6-7	0,5828	0,784	2,163	2,563	2,911
		7-8	0,2007	1,471	1,743	1,98	
E	Kupang Jaya	9-10	2,2273	2,731	4,52	5,354	6,082
		10-11	0,5033	2,573	3,047	3,462	
F	Simo Mulyo	12-13	2,096	6,886	8,157	9,266	
		13-14	0,474	2,616	2,845	3,37	3,828
		14-15	0,045	0,289	0,343	0,389	
G	Simo Mulyo Barat	14-16	0,1237	0,338	1,023	1,211	1,376
		16-17	0,2143	1,175	1,391	1,581	
H	Simo Gunung	18-19	1,0855	1,275	5,028	5,956	6,766
		19-20	0,189	0,898	1,064	1,208	

f. Perhitungan Debit Banjir Maksimum

Perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan besarnya debit banjir maksimum yang akan digunakan untuk mengevaluasi dimensi saluran drainase. Debit banjir maksimum yang akan dihitung dengan kala ulang 2, 5, 10 tahun pada masing-masing saluran sekunder berdasarkan besarnya intensitas hujan (**Tabel 6**) dan koefisien pengaliran (**Tabel 7**).

Contoh perhitungan debit banjir maksimum:

Sal. sekunder Darmo Indah ruas 1-5

$$\begin{aligned}
C &= 0,621 \\
I_{10} &= 154,513 \text{ mm/jam} \\
A &= 0,6398 \text{ km}^2 \\
Q_{10} &= 0,278 \cdot C \cdot I_{10} \cdot A \\
&= 0,278 \times 0,621 \times 154,513 \text{ mm/jam} \times 0,6398 \text{ km}^2 \\
&= 17,061 \text{ m}^3 / \text{det}
\end{aligned}$$

Perhitungan debit banjir maksimum selanjutnya disajikan pada **Tabel 8**.

2. Analisis Kapasitas Saluran

Analisis kapasitas adalah menganalisis kapasitas penampang saluran terhadap debit banjir yang terjadi dengan menggunakan analisis hidrolika sederhana.

a. Perhitungan Kapasitas Eksisting Saluran Sekunder (Q_{kap})

Contoh perhitungan Q_{kap}. saluran sekunder:

$$\begin{aligned}
\text{Darmo Indah ruas 1-5} \\
\text{Lebar dasar saluran (b)} &= 3,90 \text{ m} \\
\text{Kedalaman saluran (H)} &= 1,60 \text{ m} \\
\text{Kemiringan talud (m)} &= 0,45 \\
\text{Kekasaran manning (n)} &= 0,030 \\
\text{Panjang saluran (Lsal.)} &= 400 \text{ m} \\
\text{Kemiringan saluran (S}_0) &= 0,0027 \\
\text{Bentuk saluran} &= \text{Trapesium}
\end{aligned}$$

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

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

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

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

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

$$Q_{\text{kap}} = 12,37 \text{ m}^3 / \text{det} < Q_{\text{maks 10 th}} = 3,669 \text{ m}^3 / \text{det} (\text{Aman}).$$

Tabel 9 Perhitungan Kapasitas Eksisting Saluran Sekunder

Lokasi	Eksisting Saluran			P (m)	R (m)	n	S ₀	A (m ²)	V (m/dtk)	Q _{kap} (m ³ /dk)	
	Nama Saluran	Ruas	b (m)								H (m)
Darmo Indah	1-5	3,90	1,60	0,45	7,79	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

Tabel 10 Perbandingan Q_{maks}. 10 th dengan Q_{kap}.

Nama Saluran	Ruas	Q _{maks.} (m ³ /det)	Q _{kap.} (m ³ /det)	Status
Darmo Indah	1-5	3,650	12,37	aman
	5-2	9,708	2,49	banjir
Darmo Harapan	3-4	4,108	6,72	aman
	4-5	4,719	2,90	banjir
Darmo Satelit	6-7	2,911	3,39	aman
	7-8	4,891	4,08	banjir
Kupang Jaya	9-10	5,635	15,22	aman
	10-11	9,097	7,52	banjir
Simo Mulyo	12-13	9,266	15,47	aman
	13-14	13,094	14,67	aman
	14-15	13,484	9,80	banjir
Simo Mulyo Barat	14-16	1,376	10,36	aman
	16-17	2,957	15,72	aman
Simo Gunung	18-19	6,766	1,31	banjir
	19-20	7,974	18,49	aman

Perhitungan kapasitas eksisting saluran sekunder ditampilkan pada **Tabel 9**.

Setelah mengetahui besarnya Q_{maks}. 10th dan Q_{kap}. selanjutnya membandingkan antara keduanya. Hal ini untuk mengetahui saluran sekunder mana saja yang masih terjadi banjir. Perbandingan tersebut ditampilkan pada **Tabel 10**.

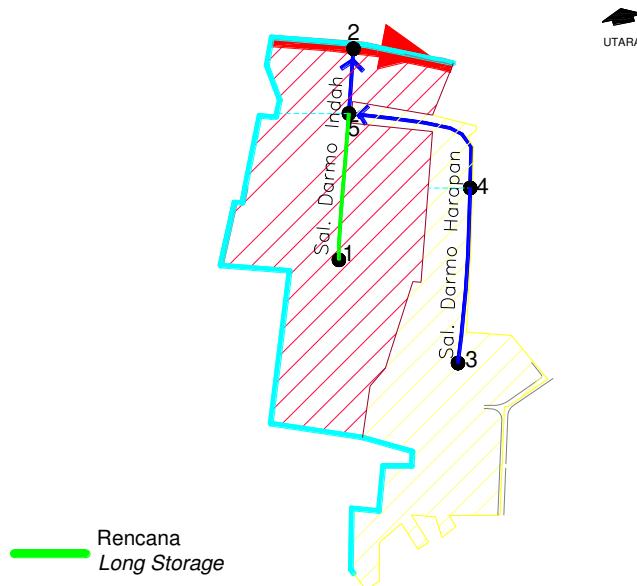
Saluran sekunder yang masih terjadi banjir perlu dilakukan penambahan kapasitas saluran dengan mendesain ulang dimensi saluran.

b. Mendesain Ulang Saluran Sekunder

Mendesain ulang saluran sekunder bertujuan untuk mendapatkan dimensi baru dari saluran sekunder dengan memperbesar kapasitas saluran.

Tabel 11 Perhitungan Desain Ulang Dimensi Saluran Sekunder

Lokasi		Dimensi Lama			Dimensi Baru			n	QK _{ap.} (m ³ /det)	Q _{kap.} Baru (m ³ /det)	Qmaks.10th (m ³ /det)	Status Saluran	Keterangan	
Nama Saluran	Ruas	b (m)	H (m)	m	b (m)	H (m)	w (m)							
Darmo Indah	1-5	3,90	1,60	0,45	3,90	1,60	0,25	0,45	0,030	12,37	12,37	3,650	aman	-
	5-2	3,00	1,10	0	3,20	1,50	0,30	0	0,030	2,49	5,91	9,708	meluber	Desain Ulang
Darmo Harapan-Darmo Indah	3-4	5,00	0,90	0,45	5,00	0,90	0,25	0,45	0,030	6,72	6,72	4,108	aman	-
	4-5	2,30	1,20	0,3	2,40	1,45	0,25	0,3	0,030	2,90	4,79	4,719	aman	Desain Ulang
Darmo Satelit	6-7	4,20	0,98	0,45	4,20	0,98	0,25	0,45	0,030	3,39	3,39	2,911	aman	-
	7-8	3,90	1,14	0	4,20	1,25	0,25	0	0,030	4,08	5,48	4,891	aman	Desain Ulang
Kupang Jaya	9-10	6,80	1,09	0,5	6,80	1,09	0,30	0,5	0,030	15,22	15,22	6,082	aman	-
	10-11	3,40	1,39	0	3,40	1,70	0,30	0	0,030	7,52	10,16	9,544	aman	Desain Ulang
Simo Mulyo	12-13	7,00	1,05	0,5	7,00	1,05	0,30	0,5	0,025	15,47	14,39	9,266	aman	-
	13-14	4,70	1,60	0,4	4,70	1,60	0,30	0,4	0,030	14,67	14,67	13,094	aman	-
	14-15	4,00	2,10	0	4,00	2,40	0,40	0	0,030	9,80	14,90	13,484	aman	Desain Ulang
Simo Mulyo Barat	14-16	6,00	1,80	0,6	6,00	1,80	0,20	0,6	0,030	10,36	10,36	1,376	aman	-
	16-17	6,80	1,90	0	6,80	1,90	0,25	0	0,030	15,72	15,72	2,957	aman	-
Simo Gunung	18-19	1,70	0,50	0,5	2,40	1,10	0,30	0,5	0,025	1,31	6,82	6,766	aman	Desain Ulang
	19-20	4,50	2,00	0	4,50	2,00	0,30	0	0,030	18,49	18,49	7,974	aman	-



Gambar 3 Lokasi *long storage*

Perhitungan sama dengan menghitung kapasitas eksisting saluran sekunder hanya saja dalam perhitungannya merubah dimensi dari lebar saluran (b) dan kedalaman saluran (H). Hasil perhitungan ditampilkan pada **Tabel 11**,

Berdasarkan hasil perhitungan desain ulang saluran pada **Tabel 11**, saluran sekunder Darmo Indah pada ruas 5-2 kapasitas saluran masih tidak mampu untuk menampung Qmaks. meskipun telah dilakukan penambahan kapasitas saluran. Debit banjir yang masih belum tertampung pada saluran sekunder

tersebut sebesar 3,795 m³/det. Alternatif lain untuk menanggulangi banjir pada Darmo Indah yaitu membuat *long storage*. Lokasi *long storage* disajikan pada **Gambar 3**.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Sistem drainase yang ada saat ini belum mampu menampung debit banjir maksimum 10tahun. Ada beberapa titik

- saluran sekunder yang belum mampu menampung debit banjir rencana berdasarkan evaluasi saluran.
2. Saluran sekunder yang masih belum mampu untuk menampung debit banjir rencana 10 tahun yaitu:
 - a. Saluran Darmo Indah pada ruas 5-2 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $2,49 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $9,727 \text{ m}^3/\text{det}$.
 - b. Saluran Darmo Harapan pada ruas 4-5 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $2,90 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $4,719 \text{ m}^3/\text{det}$.
 - c. Saluran Darmo Satelit pada ruas 7-8 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $4,08 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $4,891 \text{ m}^3/\text{det}$.
 - d. Saluran Kupang Jaya pada ruas 10-11 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $7,52 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $9,544 \text{ m}^3/\text{det}$.
 - e. Saluran Simo Mulyo pada ruas 14-15 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $9,80 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $13,484 \text{ m}^3/\text{det}$.
 - f. Saluran Simo Gunung pada ruas 18-19 dengan $Q_{kap.}$ dan $Q_{maks.}$ masing-masing sebesar $1,31 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $6,766 \text{ m}^3/\text{det}$.
 3. Solusi yang tepat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang terjadi yaitu:
 - Mendesain ulang saluran sekunder:
 - a. Darmo Indah
 - b. Darmo Harapan
 - c. Darmo Satelit
 - d. Kupang Jaya
 - e. Simo Mulyo
 - f. Simo Gunung
 - Pembuatan *long storage* pada saluran sekunder Darmo Indah pada ruas 1-5.
 - Membuat *bar screen* untuk menyaring sedimen yang ikut terbawa saat mengalir.

Saran

Beberapa saran yang diberikan guna mengurangi banjir dan genangan yang terjadi di DTA Gunungsari, yaitu:

- Perlu dilakukan perbaikan di beberapa ruas saluran sekunder yang ada di DTA Gunungsari.
- Perlu pembuatan *long storage* pada saluran sekunder Darmo Indah pada ruas 1-5, karena saluran sekunder Darmo Indah pada ruas 5-2 belum mampu untuk menampung debit banjir yang berasal dari Darmo Harapan dan Darmo Indah itu sendiri. Selain itu, tidak adanya lahan untuk pembuatan waduk atau bozem pada area tersebut.
- Adanya pemeliharaan secara rutin seperti melakukan pengerukan atau pembersihan sedimen secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, 2005. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Surabaya: Srikandi.
- Chow, Ven Te. 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2006. *Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Jalan*. Jakarta: Departemen PU.
- Dinas Bina Marga dan Pematuan Kota Surabaya. 2008. *Surabaya Drainage Master Plan (SDMP 2018)*. Surabaya: Dinas Bina Marga dan Pematuan
- Soemarto, C.D. 1999. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno. 1995. *Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Hidrologi*. Bandung: Nova.
- Soewarno. 2000. *Hidrologi Operasional*. Jilid I. Cetakan I. Bandung: Nova.
- Sri Harto, Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia.
- Suripin. 2003. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Triatmodjo, B. 2010. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset

