

ANALISIS DEBIT LIMPASAN DRAINASE AKIBAT PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN DI DAERAH KOTA SURABAYA BARAT

Alifia Faradina¹, Indradi Wijatmiko², Yatnanta Padma Devia², M. Ruslin Anwar²

¹ Mahasiswa / Program Studi Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik / Universitas Brawijaya

² Dosen / Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik / Universitas Brawijaya

Korespondensi: aliifia.2105@gmail.com

ABSTRACT

The drainage area of the secondary drainage system of the Gunungsari often occurs inundation or flood during rain. This is due to land use change, which was originally a water catchment area transformed into a densely populated area that resulted in disruption of soil absorption so that runoff becomes bigger. The analysis used in this thesis includes hydrological analysis, land use analysis, domestic discharge analysis, cumulative discharge analysis and hydraulics analysis. The hydrological analysis calculated the rainfall at return period of 2, 5, and 10 year with the Pearson Log distribution III, discharge calculation of the plan with the return period by means of the rational method and the method of coefficient value of land use (C) the land is then divided by the area of each sub das. The analysis of domestic waste was calculated from the total population prediction in the future and the water needs of the population. The cumulative discharge was total from domestic discharge and flood discharge of the return period of 2, 5, and 10 years. Hydraulic analysis was calculated to know the existing capacity of channel. The changing of land use were represented by average land use value ($C_{average}$), which the value are 0,732; 0,725 and 0,747 for the year 2002; 2007 and 2017 respectively. Based on the results of flood discharge planning analysis, cumulative discharge in return periods of 10 years and hydraulic analysis, the flooding occurred at Darmo Indah channel (segment 5-2) by comparing capacity discharge $2,49 \text{ m}^3 / \text{s}$ and cumulative discharge $4,360 \text{ m}^3/\text{s}$, Darmo Harapan channel (segment 4-5) by comparing capacity discharge $2,90 \text{ m}^3/\text{s}$ and cumulative discharge $4,496 \text{ m}^3/\text{s}$. Darmo Satelit channel (segment 7-8) by comparing capacity drainage $4,08 \text{ m}^3/\text{s}$ and cumulative discharge $4,586 \text{ m}^3/\text{s}$ and Simo Gunung channel (segment 18-19) by comparing capacity drainage and cumulative discharge $1,31 \text{ m}^3/\text{s}$ and $2,648 \text{ m}^3/\text{s}$. The capacity of existing secondary channels is not able to accommodate cumulative water discharge over the next 10 years. Therefore, the solution to overcome the flooding is by substituting existing channel box culvert. On the other had, another way to prevent flooding are maintenance and cleaning of solid waste and sedimentation regularly.

Keywords: Analysis, Debit, Land Use, Gunungsari

1. PENDAHULUAN

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**).

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 fungsi lahan, maka masalah yang akan timbul adalah semakin meningkatnya aliran permukaan [1]. Pada akhirnya kondisi inilah yang menyebabkan timbulnya genangan di beberapa lokasi karena debit limpasan yang ada sudah tidak dapat lagi tertampung oleh kapasitas saluran [2].

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas yaitu perubahan tataguna lahan di Surabaya Barat tahun 2002 sampai 2017 untuk rencana tata ruang tahun 2030, merancang debit banjir periode ulang 2, 5, 10 tahun, kapasitas

eksisting saluran saat ini mampukah menampung debit banjir yang terjadi, solusi yang tepat untuk upaya penanggulangan perubahan tata guna lahan yang terjadi di kota Surabaya. Batasan masalah yang diberikan ialah daerah yang dianalisis hanya daerah limpasan drainase Kota Surabaya Barat, mengevaluasi tingkat penyalahgunaan tata guna lahan, debit banjir rencana yang digunakan hanya debit limpasan, tidak memperhitungkan rencana anggaran biaya pada saluran ini, tidak memperhitungkan sedimentasi, tidak mendesain ulang dimensi saluran pada analisis system drainase Gunungsari.



Gambar 1. Lokasi Studi

2. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah atau metode yang dilakukan pada analisis pengaruh perubahan tataguna lahan terhadap debit limpasan drainase di kota Surabaya Barat yaitu persiapan, idenifikasi masalah, studi literature, pengumpulan data, analisis data, kesimpulan dan saran. Diagram alir penelitian disajikan pada **Gambar 2**.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Hidrologi

Langkah awal yang dilakukan untuk perencanaan sistem drainase yaitu melakukan analisis yang bertujuan untuk mengetahui 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. Pada perhitungan ini metode yang digunakan yaitu metode Poligon *Thiessen*, karena penyebaran stasiun hujan pada DTA yang ditinjau tidak merata. Ada dua stasiun yang berpengaruh yaitu stasiun hujan Gunungsari dan Banyu Urip. Hasil perhitungan curah hujan wilayah dapat dilihat pada **Tabel 2**.



Gambar 2. Diagram Alir

b. Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Untuk menentukan metode distribusi yang akan digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan, sebelumnya dilakukan perhitungan parameter dasar statistik [3][4].

- Nilai Rata-rata (*Mean*)

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

- Perhitungan Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4197,392}{9}} = 21,5958$$

- Perhitungan Nilai Koefisien *Skewness* (C_s)

$$C_s = \frac{n}{(n-1) \times (n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 = 1,165$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Kurtosis (C_k)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times (S^4)} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 = 5,262$$

Tabel 1. Perhitungan Curah Hujan Wilayah

No	Distribusi	Persyaratan [4]	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	$C_s = 0$	1,16	Tidak Diterima
		$C_k = 3$	5,26	
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$	0,79	Tidak Diterima
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	4,13	
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$	1,16 5,26	Tidak Diterima
4	log pearson III	Selain dari nilai diatas/flexibel		Diterima

Berdasarkan hasil perhitungan parameter dasar statistik (nilai C_s dan C_k) dengan mencocokkan syarat pemilihan distribusi probabilitas pada Tabel 1, distribusi yang bisa dipakai untuk perhitungan curah hujan rancangan adalah *Log Pearson III*. Hasil perhitungan curah hujan rancangan dengan periode kala ulang 2, 5, 10 tahun dengan metode *Log Pearson III* sebagai berikut :

- Periode ulang 2 tahun = 83,70 mm
- Periode ulang 5 tahun = 99,14 mm
- Periode ulang 10 tahun = 112,63 mm

c. Uji Kecocokan Distribusi Probabilitas

- Uji Chi-Kuadrat

Hasil perhitungan chi-kuadrat ditampilkan pada Tabel 2. Dari perhitungan Chi-kuadrat untuk distribusi hujan metode *Log Pearson III*, didapat nilai Chi-Kuadrat 0,40, nilai DK = 2, dan derajat signifikan $\alpha =$

5%, maka didapat Chi-Kuadrat teoritis 5,991 > 0,40 perhitungan diterima.

Tabel 2. 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

Tabel 3. Perhitungan Uji Smirnov- Kolmogrov

Peringkat (m)	x _i	P = m/(n+1)	P(x<)	f(x) = (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						Dmax = 0.0653
rata-rata	1.91						

▪ Uji Smirnov-Kolmogrov

Perhitungan ini ditampilkan pada **Tabel 3.** Dari perhitungan tabel diatas didapat nilai D = 0,0653 pada peringkat (m) = 1. Derajat kepercayaan (dk) senilai 5% dan banyaknya data = 10, jadi didapat nilai D₀ sebesar 0,41. Nilai D < D₀ (0,0653 < 0,41) maka persamaan distribusi *Log Pearson Tipe III* tersebut diterima.

d. Perhitungan Intensitas Hujan Rencana

Perhitungan intensitas hujan rencana bertujuan untuk mendapatkan hasil intensitas hujan menghitung debit rancangan (Q_{ranc}) dengan memperhitungkan waktu konsentrasi aliran (T_c). Waktu konsentrasi (T_c) dihitung berdasarkan nilai *Inlet Time* (t₀) dan nilai *Channel flow* (t_f).

$$T_c = t_0 + t_f$$

Hasil perhitungan waktu konsentrasi aliran (T_c) ditampilkan pada **Tabel 4.** Setelah diketahui besarnya nilai T_c, lalu menghitung intensitas hujan rencana dengan rumus Mononobe. Contoh perhitungan intensitas hujan rencana pada saluran sekunder Darmo Indah ruas 5-2 :

$$I = \left[\frac{112,63}{24} \right] \left[\frac{24}{0,88} \right]^{2/3}$$

$$I_{10} = 42,59 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan intensitas hujan rencana ditampilkan pada **Tabel 5.**

Tabel 4. Perhitungan Nilai T_c

Kode saluran	Lokasi Nama Saluran	Ruas	t _f	t ₀	T _c	
			(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
		14-15	3,84	51,22	55,06	0,92
G	Simo Mulyo Barat	14-16	8,20	29,33	37,53	0,63
		16-17	6,85	41,93	48,77	0,81
		18-19	7,45	61,45	68,90	1,15
H	Simo Gunung	19-20	5,80	61,45	67,25	1,12

Tabel 5. Perhitungan Intensitas Hujan Rencana

Kode Saluran	Lokasi Nama Saluran	Luas		Panjang saluran (m)	t _c (jam)	I		
		(ha)	km ²			R ₂	R ₅	R ₁₀
		83,70	99,14			112,63		
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[10]			
B	Darmo Indah	4.640	0.464	400	1.41	23.09	27.35	31.07
		2.185	0.218	305	0.88	31.65	37.49	42.59
C	Darmo Harapan	3.481	0.348	700	0.83	32.82	38.87	44.16
		2.087	0.209	500	0.84	32.50	38.49	43.73
D	Darmo Satelit	2.784	0.278	600	1.28	24.56	29.09	33.05
		3.201	0.320	608	0.72	36.12	42.78	48.60
E	Kupang Jaya	4.268	0.427	1600	2.46	15.91	18.85	21.41
		1.705	0.171	1550	0.79	33.87	40.12	45.57
		3.134	0.313	1000	1.69	20.48	24.26	27.56
F	Simo Mulyo	1.604	0.160	800	0.98	29.35	34.77	39.49
		1.045	0.105	269	0.92	30.73	36.40	41.35
G	Simo Mulyo Barat	3.124	0.312	400	0.63	39.68	47.00	53.39
		2.253	0.225	500	0.81	33.31	39.46	44.83
		4.086	0.409	600	1.15	26.46	31.34	35.61
H	Simo Gunung	2.189	0.219	715	1.12	26.89	31.85	36.19

e. Perhitungan Koefisien Pengaliran

Perhitungan ini untuk mengetahui besarnya nilai koefisien pengaliran (C) berdasarkan luas penggunaan lahan yang ada pada sub DAS yang ditinjau.

Contoh perhitungan nilai C pada tahun 2002 di saluran sekunder Darmo Indah (ruas 1-5)

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

Tata guna lahan dan luas tata guna lahannya:

Pemukiman C₁ = 0,75, luas A₁ = 450483 m²

Bisnis C₂ = 0,95, luas A₂ = 0 m²

Lahan Kosong C₃ = 0,2, luas A₃ = 0 m²

RTH C₄ = 0,3, luas A₄ = 12708 m²

Industri C₅ = 0,5, luas A₅ = 0 m²

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

Hasil perhitungan koefisien pengaliran ditampilkan pada **Tabel 6.**

Tabel 6. 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			
B	Darmo Indah	1-5	46390	0,736	451273	0	0	12708	0	0,738					
		5-2	218480	0,745	216370	0	0	1623	488	0,745					
C	Darmo Harapan	3-4	348080	0,730	332460	0	0	15625	0	0,730					
		4-5	208700	0,749	208133	0	0	567,5	0	0,749					
D	Darmo Satelit	6-7	278370	0,702	250268	0	0	6321,75	21780	0,702					
		7-8	320070	0,750	320070	0	0	0	0	0,750					
E	Kupang Jaya	9-10	426790	0,705	384543	0,095	0,02	617,5	41630	0,705					
		10-11	170530	0,719	158730	0	0	0	11800	0,719					
F	Simo Mulyo	12-13	313400	0,680	264668	0	0	8377,5	40358	0,680					
		13-14	160400	0,742	157955	0	0	2100	350	0,742					
G	Simo Mulyo Barat	14-15	104530	0,761	104530	0	0	0	0	0,761					
		14-16	312407	0,750	312407	0	0	0	0	0,750					
H	Simo Gunung	16-17	225300	0,750	225300	0	0	0	0	0,750					
		18-19	408550	0,717	380200	0	0	8862,5	19488	0,717					
		19-20	218900	0,750	218900	0,000	0	0	0	0,750					

Untuk perhitungan koefisien pengaliran (C) tahun 2007, 2009, 2012, 2014 dan tahun 2017 dilakukan dengan cara yang sama.

f. Perhitungan Debit Banjir

Perhitungan ini untuk mengetahui besarnya debit banjir maksimum yang akan dipakai untuk membandingkan debit banjir dengan dimensi saluran eksisting. Debit banjir dihitung dengan periode kala ulang 2, 5, 10 tahun di masing-masing saluran sekunder berdasarkan intensitas hujan dan koefisien pengaliran.

Contoh perhitungan debit banjir :

Saluran sekunder Darmo Indah ruas 1-5 Tahun 2002

$$C = 0,736$$

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

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

$$Q_5 = 0,278 \times C \times I_5 \times A$$

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

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

Perhitungan debit banjir selanjutnya ditampilkan pada **Tabel 7**.

3.2 Analisis Tataguna Lahan

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian lahan dan persebaran serta luas lahan permukiman eksisting berdasarkan kelas kesesuaian lahan permukiman

a. Perhitungan Prosentase Perubahan Tataguna Lahan

Perhitungan ini untuk mengetahui prosentase pertambahan perubahan lahan yang ada di sistem drainase Gunungsari.

Contoh perhitungan prosentase perubahan lahan : Saluran sekunder Darmo Satelit ruas 6-7 Tahun 2002 dan 2007

Prosentase pertambahan = $(0,702-0,704)/0,702 \times 100\% = 0,26\%$

Perhitungan prosentase ini selanjutnya ditampilkan pada **Tabel 8**.

Tabel 7. Perhitungan Debit Banjir Maksimum Tahun 2002

Kode	Nama Saluran	Lokasi	Luas per segmen (km ²)	Q2	Q5	Q10
				m ³ /det	m ³ /det	m ³ /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

Tabel 8. Perhitungan Prosentase Perubahan Tataguna Lahan

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
G	Simo Mulyo Barat	14-15	0.761	0.750	-1.39
		14-16	0.750	0.750	0.00
H	Simo Gunung	16-17	0.750	0.750	0.00
		18-19	0.717	0.717	0.05
		19-20	0.750	0.750	0.00

Untuk perhitungan tahun 2009-2012 serta 2014-2017 pun dilakukan perhitungan yang sama seperti sebelumnya.

3.3 Analisis Debit Kumulatif

a. Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

Pada perhitungan ini digunakan selisih pertambahan dan prosentasenya per 10 tahun Berdasarkan data BPS tahun 2010 diketahui bahwa jumlah penduduk pada tiap ruas saluran

masuk dalam 3 (tiga) wilayah yaitu : Kecamatan Sawahan, Tandes, dan Suko Manunggal untuk menghitung debit domestik di masa mendatang, misal :

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

Perhitungan selisih penduduk tiap kecamatan ditampilkan pada **Tabel 9**.

Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 9** perhitungan dilanjutkan dengan menggunakan metode proyeksi penduduk untuk mendapatkan nilai r dan metode yang sesuai dengan kondisi ketiga wilayah akan dicari metode proyeksi penduduk yang paling sesuai untuk ketiga wilayah tersebut :

- Metode Aritmatik

Contoh perhitungan koefisien korelasi untuk metode aritmatik (Wilayah Sawahan)

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

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

Untuk metode least square dan geometrik dilakukan perhitungan dengan rumus yang sama seperti diatas. Hasil dari perhitungan metode aritmatik ditampilkan pada **Tabel 10**.

Dari hasil perhitungan koefisien korelasi untuk masing-masing metode proyeksi nilai koefisien korelasi yang paling mendekati adalah **metode aritmatik**. Untuk perhitungan proyeksi penduduk untuk tahun yang direncanakan mengikuti rumus metode aritmatik :

Contoh perhitungan perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Sawahan untuk 2011 :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 + (r \times n) \\ P_{(2011)} &= P_{(2010)} + (r \times n) \\ &= 24.861 + (0,2 \times 1) \\ &= 24.861 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan akan disajikan pada **Tabel 10** dan **Tabel 11**.

b. Perhitungan Debit Air Kotor Domestik

Contoh perhitungan saluran simo gunung :

$$\begin{aligned} P_{2019} &= \text{jumlah penduduk} = 24.870 \text{ orang} \\ q &= 120 \text{ liter/org/hari (standar debit air baku dari cipta karya untuk perkotaan, } q = 120 \text{ lt/org/hari)} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{60\% \times 120 \times 24870}{86400} = 0.0077 \text{ m}^3/\text{det}$$

Perhitungan debit air kotor domestik ditampilkan pada **Tabel 12**.

Tabel 9. Perhitungan Selisih Pertambahan Penduduk

no	tahun	Jumlah Penduduk per wilayah (jiwa)			selisih penduduk			prosentase penduduk		
		sawah	tandes	sukomanunggal	sawah	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

Tabel 10. Perhitungan Metode Secara Aritmatik

tahun	x	Jumlah penduduk per wilayah (jiwa)			pertambahan penduduk (y)			(xy)			r
		sawah	tandes	sukomanunggal	sawahan	tandes	sukomanunggal	sawahan	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
2010		24861	9254	11038							0.369
Σ	3	82216	22927	29901	-5255	4024	3823	-7633	4835	3213	

Tabel 11. Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk Metode Aritmatik

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

Keterangan :

r (nilai korelasi) yang dipakai sama untuk tahun 2010 sampai dengan tahun 2035 sesuai dengan nilai yang didapat pada perhitungan sebelumnya.

Berdasarkan hasil perhitungan debit air kotor domestik pada **Tabel 12**, dilakukan perhitungan debit air kumulatif dimana debit air melintasi saluran drainase akibat debit banjir rancangan periode ulang 2, 5, 10 tahun ditambah dengan air kotor.

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

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

Hasil perhitungan ditampilkan pada **Tabel 13**.

4. Analisis Hidrolika (Analisis Kapasitas Saluran)

Analisis kapasitas bertujuan untuk mengetahui kemampuan saluran menampung debit banjir yang terjadi dengan menggunakan analisis hidrolika sederhana.

a. Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Contoh kontrol kapasitas saluran Darmo Indah untuk kala ulang 5 tahun adalah sebagai berikut :

Darmo Indah (ruas 1-5)

Data dimensi saluran :

Lebar dasar saluran	(b)	= 3,90 m
Kedalaman saluran	(H)	= 1,6 m
Kemiringan talud	(m)	= 0,45
Kekasaran manning	(n)	= 0,030
Panjang saluran	(L _{sal.})	= 400 m

Kemiringan saluran (S ₀)	= 0,0027
Bentuk saluran	= Trapesium

Perhitungan kapasitas eksisting saluran ditampilkan pada **Tabel 14**.

Tabel 12. Perhitungan Debit Air Domestik Berbagai Kala Ulang

Kode DAS	Nama Saluran	Lokasi	Jumlah Penduduk			Q _{dom} (m ³ /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	11047	11059	11098	0.0092	0.0092	0.0092
		4-5						
D	Darmo Satelit	6-7	24870	24882	24921	0.0207	0.0207	0.0208
		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	24870	24882	24921	0.0207	0.0207	0.0208
		16-17						
H	Simo Gunung	18-19	24870	24882	24921	0.0207	0.0207	0.0208
		19-20						

Tabel 13. Perhitungan Debit Air Kumulatif

Kode DAS	Nama Saluran	Lokasi	Q _{air banjir}			Q _{dom} (m ³ /detik)			Q _{ak} (m ³ /detik)		
			2 tahun	5 tahun	10 tahun	2 tahun	5 tahun	10 tahun	2 tahun	5 tahun	10 tahun
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	0.0077	0.0077	0.0078	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	0.0092	0.0092	0.0092	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	0.0092	0.0092	0.0092	1.452	1.695	1.924
		10-11	1.219	1.444	1.641				1.228	1.453	1.650
		12-13	1.265	1.499	1.703				1.274	1.508	1.712
F	Simo Mulyo	13-14	0.956	1.132	1.286	0.0092	0.0092	0.0092	0.965	1.141	1.296
		14-15	0.670	0.793	0.901				0.679	0.802	0.910
		14-16	2.584	3.061	3.478				2.594	3.070	3.487
G	Simo Mulyo Barat	16-17	1.565	1.854	2.106	0.0207	0.0207	0.0208	1.574	1.863	2.115
		18-19	2.218	2.627	2.985				2.239	2.648	3.006
H	Simo Gunung	19-20	1.227	1.454	1.652	0.0207	0.0207	0.0208	1.248	1.475	1.672
		18-19	2.218	2.627	2.985				2.239	2.648	3.006

Setelah diketahui debit banjir rencana (Q_{renc}), debit domestik (Q_{dom}), debit air kumulatif (Q_{ak}) dan kapasitas saluran (Q_{kap}) selanjutnya dilakukan perbandingan antara keempat debit tersebut. Hal ini untuk mengetahui saluran mana saja yang tidak mampu menampung debit banjir pada periode kala ulang 10 tahun. Perbandingan tersebut akan ditampilkan pada **Tabel 15**. Saluran sekunder yang masih terjadi banjir perlu dilakukan dengan mengganti material saluran dengan penggunaan *box culvert*, melakukan pemeliharaan dan membersihkan sampah untuk upaya penanggulangan banjir pada saluran sistem Gunung Sari.

Berdasarkan hasil perhitungan perbandingan debit banjir maksimum pada **Tabel 15**, saluran sekunder yang tidak mampu menampung Q_{ak} pada saluran adalah : Q_{kap} Saluran Darmo Indah (ruas 5-2) = 2,49 m³/det < Q_{ak} (debit air kumulatif) = 4,951 m³/det, Q_{kap} Saluran Darmo Harapan (ruas 4-5) = 2,90 m³/det < Q_{ak} = 5,108 m³/det, Q_{kap} Saluran Darmo Satelit (ruas 7-8) = 4,08 m³/det < Q_{ak} = 5,208 m³/det, dan Q_{kap} Saluran Simo Gunung (ruas 18-19) = 1,31 m³/det < Q_{ak} = 3,006 m³/det. 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.

Tabel 14. Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Lokasi	Eksisting Saluran				P (m)	R (m)	n	S ₀	A (m ²)	V (m ³ /det)	Q _{kap} (m ³ /det)
	Nama Saluran	Ruas	b (m)	H (m)							
Darmo Indah	1-5	3.90	1.60	0.45	7.79	0.95	0.030	0.0027	1.39	1.67	12.3
	5-2	3.00	1.10	0	5.20	0.63	0.030	0.0009	3.30	0.75	2.4
Darmo Harapan	3-4	5.00	0.90	0.45	7.46	0.65	0.030	0.0030	4.86	1.38	6.7
	4-5	2.30	1.20	0.3	4.91	0.65	0.030	0.0013	3.19	0.91	2.9
Darmo Satelit	6-7	4.20	0.98	0.45	6.75	0.67	0.030	0.0008	4.55	0.74	3.3
	7-8	3.90	1.14	0	6.18	0.72	0.030	0.0012	4.45	0.92	4.0
Kupang Jaya	9-10	6.80	1.09	0.5	10.04	0.80	0.030	0.0044	8.01	1.90	15.1
	10-11	3.40	1.39	0	6.18	0.76	0.030	0.0033	4.73	1.59	7.5
Simo Mulyo	12-13	7.00	1.05	0.5	10.17	0.78	0.025	0.0034	7.90	1.96	15.1
	13-14	4.70	1.60	0.4	8.51	1.00	0.030	0.0026	8.54	1.72	14.4
	14-15	4.00	2.10	0	8.20	1.02	0.030	0.0012	8.40	1.17	9.8
Simo Mulyo Barat	14-16	6.00	1.80	0.6	11.20	1.14	0.030	0.0005	12.74	0.81	10.1
	16-17	6.80	1.90	0	10.60	1.22	0.030	0.0010	12.92	1.22	15.1
Simo Gunung	18-19	1.70	0.50	0.5	3.02	0.52	0.025	0.0051	0.90	1.34	1.3
	19-20	4.50	2.00	0	8.50	1.06	0.030	0.0035	9.00	2.05	18.4

Tabel 15. Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting dan Debit Banjir Rencana

Nama Saluran	Titik Saluran	Qrenc 10 th (m ³ /det)	Qdom 10 th (m ³ /det)	Qak 10 th (m ³ /det)	Kapasitas saluran (m ³ /det)	Statu	
Darmo Indah	1-5	3.006	0.0078	3.014	12.37	aman	
	5-2	1.929		1.937	4.951	2.49	melub
Darmo Harapan	3-4	3.205	0.0092	3.205	6.72	aman	
	4-5	1.903		1.903	5.108	2.90	melub
Darmo Satelit	6-7	1.946	0.0208	1.955	3.39	aman	
	7-8	3.243		3.252	5.208	4.08	melub
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
	14-15	0.901		0.910	3.918	9.80	aman
Simo Mulyo Barat	14-16	3.478	0.0208	3.487	10.36	aman	
	16-17	2.106		2.115	5.602	15.72	aman
Simo Gunung	18-19	2.985	0.0208	3.006	1.31	melub	
	19-20	1.652		1.672	4.678	18.49	aman

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Perubahan tataguna lahan mempengaruhi debit banjir di Surabaya Barat. 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 akibat perubahan tata guna lahan membuat debit banjir yang terjadi di Kota Surabaya Barat meningkat. Pada periode ulang 2, 5, 10 tahun saluran Darmo Indah (ruas 5-2) prosentase meningkat menjadi 0,94%, saluran Darmo Harapan (ruas 4-5) masih sama dengan prosentase sebesar 0,20%,

saluran Darmo Satelit (ruas 7-8) tidak ada perubahan debit dan saluran Simo Gunung pada periode 2 tahun mengalami penurunan sebesar -2,91%. Tetapi pada periode ulang 5 tahun meningkat sebesar 3,00 %. Namun pada periode ulang 10 tahun saluran Simo Gunung prosentase menurun sebesar -3.32%.

3. Kapasitas saluran drainase eksisting di Surabaya Barat yang masih tidak mampu menampung beban limpasan periode ulang 10 tahun antara lain :Qkap Saluran Darmo Indah (ruas 5-2) = 2,49 m³/det < Qak (debit air kumulatif) = 4,951 m³/det, Qkap Saluran Darmo Harapan (ruas 4-5) = 2,90 m³/det < Qak = 5,108 m³/det, Qkap Saluran Darmo Satelit (ruas 7-8) = 4,08 m³/det < Qak = 5,208 m³/det, dan Qkap Saluran Simo Gunung (ruas 18-19) = 1,31 m³/det < Qak = 3,006 m³/det.
4. Solusi 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 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 alasannya selain biayanya murah, 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.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nainggolan, Julius; Yohanna Lilis H.; SIGit Sutikno, Analisis DAmprak Perubahan Tata Guna Lahan DAS Siak Bagian Hulu Terhadap Debit Banjir, Jom FTEKNIK Vol.2, No. 2, 2015.
- [2] Saleh, Chairil, Kajian Penanggulangan Limpasan Permukaan Dengan Menggunakan Sumur Resapan (Studi Kasus di Daerah Perumnas Made Kabupaten Lamongan), Media Teknik Sipil, Vol.9, N0.2, 2011.
- [3] Soewarno. 1995. Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Hidrologi. Bandung: Nova.
- [4]Triatmodjo, B. 2010. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset