

PENGARUH PERUBAHAN TATAGUNA LAHAN TERHADAP DEBIT LIMPASAN DRAINASE DI DAERAH KOTA SURABAYA BARAT

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Alifia Faradina, Indradi Wijatmiko, Yatnanta Padma Devia

E-mail: aliifia.2105@ymail.com

ABSTRAK

Kawasan sistem drainase saluran sekunder Gunungsari sering terjadi genangan atau banjir pada saat hujan. Hal ini dikarenakan adanya perubahan tataguna lahan, yang awalnya merupakan daerah resapan air berubah menjadi area padat pemukiman yang mengakibatkan terganggunya daya resap tanah sehingga aliran permukaan (run off) menjadi semakin besar. Analisis yang digunakan pada skripsi ini meliputi analisis hidrologi, analisis tataguna lahan, analisis debit domestik, analisis debit kumulatif dan analisis hidrolika. Analisis hidrologi memperhitungkan curah hujan rencana periode ulang 2, 5, dan 10 tahun dengan distribusi Log Pearson III, serta perhitungan debit banjir rencana dengan periode ulang tersebut cara metode rasional dan metode nilai koefisien tataguna lahan (C) rata-rata menghitung tiap luas pemakaian lahan lalu dibagi oleh luas tiap sub das. Analisis buangan domestik dihitung dari jumlah penduduk tahun ke depan dan kebutuhan air bersih penduduk. Analisis debit kumulatif dilakukan memperhitungkan debit domestik dan debit banjir rencana periode ulang 2,5, dan 10 tahun. Untuk perhitungan analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui kapasitas eksisting penampang saluran. Hasil dari analisis perubahan tataguna lahan ini didapat perbandingan nilai (C) rata-rata dari tahun 2002 sebesar 0,732, tahun 2007 sebesar 0,725 dan pada tahun 2017 nilai (C) rata-rata sebesar 0,747. Berdasarkan hasil analisis debit banjir rencana, analisis debit kumulatif dengan periode 10 tahun dan analisis hidrolika, saluran sekunder yang masih terjadi banjir antara lain Darmo Indah (ruas 5-2) dengan Q_{kap} dan Q_{ak} sebesar 2,49 m³/det dan 4,360 m³/det, Darmo Harapan (ruas 4-5) Q_{kap} sebesar 2,90 m³/det dan Q_{ak} sebesar 4,496 m³/det. Darmo Satelit (ruas 7-8) Q_{kap} sebesar 4,08 m³/det dan Q_{ak} sebesar 4,586 m³/det dan Simo Gunung (ruas 18-19) dengan Q_{kap} . dan Q_{ak} . sebesar 1,31 m³/det dan 2,648m³/det. Kapasitas eksisting saluran sekunder tidak mampu untuk menampung debit air kumulatif pada 10 tahun mendatang. Oleh karena itu, solusi untuk mengatasi genangan yaitu dengan mengganti material saluran dengan *box culvert* pada saluran yang mengalami genangan, serta melakukan pemeliharaan dan kebersihan terhadap semua saluran drainase dari sampah penduduk dan sedimentasi.

Kata kunci : Analisis, Debit, Tataguna Lahan, Gunungsari

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*

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

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 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 (Sumber : www.google.com)

METODOLOGI PENELITIAN

Langkah atau metode 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. Diagram alir penelitian disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

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**.

Tabel 2 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

b. Perhitungan Curah Hujan Rancangan

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

- Nilai Rata-rata (Mean)

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

- Perhitungan Standar Deviasi

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

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

- Perhitungan Nilai Koefisien *Skewness* (C_s)

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

$$= 1,165$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Kurtosis (Ck)

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

$$= 5,262$$

Berdasarkan hasil perhitungan parameter dasar statistik (nilai Cs dan Ck) 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 3**. 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 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

Tabel 4 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogrov

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

- Uji Smirnov-Kolmogrov

Perhitungan ini ditampilkan pada **Tabel 4**. 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 5**.

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 :

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

$$I_{10} = 42,59$$

mm/jam

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

Tabel 5 Perhitungan Nilai Tc

Lokasi		t_r	t_o	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
		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
H	Simo Gunung	18-19	7,45	61,45	68,90	1,15
		19-20	5,80	61,45	67,25	1,12

Tabel 6 Perhitungan Intensitas Hujan Rencana

Lokasi		Luas		Panjang saluran	t_c	I		
Kode Saluran	Nama Saluran	(ha)	km2	(m)	(jam)	R_2	R_5	R_{10}
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	83.70	99.14	112.63
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
F	Simo Mulyo	3.134	0.313	1000	1.69	20.48	24.26	27.56
		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
H	Simo Gunung	4.086	0.409	600	1.15	26.46	31.34	35.61
		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)

Luas sub DAS = 463980 m²

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

$$C_{gab} = \frac{450483 \text{ m}^2 \cdot 0,75 + 0,095 + 0,0,2 + 12708 \text{ m}^2 \cdot 0,3 + 0,0,5}{0,75 + 0,95 + 0,2 + 0,3 + 0,5} = 0,736$$

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

Tabel 7 Koefisien Pengaliran (C) Tahun 2002

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

Untuk perhitungan koefisien pengaliran (C) tahun 2007, 2009, 2012, 2014 dan tahun 2017 memakai cara yang sama seperti diatas.

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 8**

Tabel 8 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	1.895
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

Bahwa untuk perhitungan debit banjir maksimum di tahun selanjutnya dapat dihitung dengan cara seperti diatas.

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 9**

Tabel 9 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. 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 10**.

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)

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

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

Untuk metode least square dan geometrik dilakukan perhitungan dengan rumus yang sama seperti diatas. Hasil dari perhitungan metode aritmatik ditampilkan pada **Tabel 11**.

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 12**.

Tabel 10 Perhitungan Selisih Pertambahan Penduduk

no	tahun	Jumlah Penduduk per wilayah (jiwa)			selisih penduduk			prosentase penduduk		
		sawahan	tandes	sukomanunggal	sawahan	tandes	sukomanunggal	sawahan	tandes	an
1	1990	30116	5230	7215						
					-2877	3213	4433	-0.10	0.38	0.52
2	2000	27239	8443	11648						
					-2378	811	-610	-0.09	0.09	-0.04
3	2010	24861	9254	11038						
								-0.1	0.2	0.7
					r(rata-rata)			prosentase		

Tabel 11 Perhitungan Metode Secara Aritmatik

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

Tabel 12 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		12	24877	9270	11054
2023	0.2	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.

b. Perhitungan Debit Air Kotor Domestik

Contoh perhitungan saluran simon gunung :

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

$$q = 120 \text{ liter/org/hari (standar debit air baku)}$$

$$\text{dari cipta karya untuk perkotaan, } q = 120$$

$$(lt/org/hari)$$

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

Perhitungan debit air kotor domestik ditampilkan pada **Tabel 13**.

Berdasarkan hasil perhitungan debit air kotor domestik pada **Tabel 13**, 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 14**.

Tabel 13 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	0.0077
		5-2						
C	Darmo Harapan	3-4						
		4-5						
D	Darmo Satelit	6-7						
		7-8						
E	Kupang Jaya	9-10	11047	11059	11098	0.0092	0.0092	0.0092
		10-11						
F	Simo Mulyo	12-13						
		13-14						
G	Simo Mulyo Barat	14-15						
		16-17						
H	Simo Gunung	18-19	24870	24882	24921	0.0207	0.0207	0.0207
		19-20						

Tabel 14 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	1.434	1.706	1.9
		5-2	1.434	1.698	1.929						
C	Darmo Harapan	3-4	2.382	2.821	3.205				2.382	2.821	3.2
		4-5	1.414	1.675	1.903						
D	Darmo Satelit	6-7	1.446	1.713	1.946				1.455	1.722	1.9
		7-8	2.410	2.855	3.243						
E	Kupang Jaya	9-10	1.423	1.686	1.915	0.0092	0.0092	0.0092	1.274	1.508	1.7
		10-11	1.219	1.444	1.641						
F	Simo Mulyo	12-13	1.265	1.499	1.703				0.965	1.141	1.2
		13-14	0.956	1.132	1.286						
G	Simo Mulyo Barat	14-15	0.670	0.793	0.901				0.679	0.802	0.9
		16-17	2.584	3.061	3.478						
H	Simo Gunung	18-19	1.565	1.854	2.106	0.0207	0.0207	0.0208	2.239	2.648	3.0
		19-20	1.227	1.454	1.652						

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 (S₀) = 0,0027

Bentuk saluran = Trapezium

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

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

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

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

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

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

Perhitungan kapasitas eksisting saluran ditampilkan pada **Tabel 15**.

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 16**.

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 Gunungsari.

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 15 Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Lokasi	Eksisting Saluran											
	Nama Saluran	Ruas	b (m)	H (m)	m	P (m)	R (m)	n	So	A (m ²)	V (m ³ /dik)	Q _{ak} (m ³ /det)
Darmo Indah	1-5	3.90	1.60	0.45	7.79	0.95	0.030	0.0027	7.39	1.67	12.1	
	5-2	3.00	1.10	0	5.20	0.63	0.030	0.0009	3.30	0.75	2.4	4.951
Darmo Harapan	3-4	3.00	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	5.108
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	5.208
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	0.0035	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	10.3	
	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	0.98	1.34	1.3	3.006
	19-20	4.50	2.00	0	8.50	1.06	0.030	0.0035	9.00	2.05	18.4	

Tabel 16 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)	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

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

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 : 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.

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.

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.

3. Perlunya pembuatan dan sosialisasi Peraturan Daerah Kota Surabaya tentang drainase perkotaan , yaitu:

- Larangan untuk tidak membuang sampah ke saluran yang berfungsi sebagai sistem drainase kota.
- Larangan untuk tidak menggunakan saluran drainase untuk kegiatan apapun atau usaha.
- 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Andi.
- Devia, P.Yatnanta dan Rachmansyah, Arief. 2008. *Teknik Lingkungan TKS 4203*. Bahan Ajar. Malang: Program S1 Teknik Sipil.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2014. *Surabaya Dalam Angka*. Surabaya: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
- Soemarto. 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.
- Triatmodjo, B. 2010. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset
- Chow, Ven Te. 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.

