

PERENCANAAN ULANG DRAINASE PERKOTAAN BERWAWASAN LINGKUNGAN PADA KAWASAN JALAN KETINTANG MADYA KOTA SURABAYA

Faris Hasbi Ahmad¹, Agus Suhardono², Ikrar Hanggara³

Mahasiswa Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: farishasbiahmad@gmail.com¹ agussuhardono66@gmail.com² i.hanggara@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Jalan Ketintang Madya, Kecamatan Gayungan, Kota Surabaya adalah daerah yang ditempati oleh banyak penduduk dan setiap tahun semakin bertambah, dan di daerah tersebut dilengkapi dengan sistem drainase yang tentunya jika jumlah penduduk bertambah dan banyaknya perubahan tata guna lahan maka penting untuk dilakukan perencanaan ulang di sistem drainase tersebut. Data yang dibutuhkan yaitu hasil survey lapangan, peta lokasi, data curah hujan di Stasiun Wonokromo, stasiun Gunungsari, dan stasiun Kebon Agung, peta topografi dan Harga Satuan Pekerja (HSPK) Kota Surabaya tahun 2020. Metode yang digunakan adalah metode Distribusi Log-Pearson untuk menghitung curah hujan rancangan. Uji kesesuaian dengan metode Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov dengan kala ulang 2 tahun, Intensitas hujan dengan metode Mononobe dan debit banjir rancangan dengan metode rasional. Hasil perhitungan diperoleh curah hujan rancangan sebesar 93,184 mm/hari; debit banjir rancangan terbesar 0,4465 m³/detik; drainase berwawasan lingkungan menggunakan biopori dengan diameter 0,1 meter dan tinggi 1 meter; dimensi terkecil untuk pasangan batu kali yaitu lebar 0,4 meter dan tinggi 0,6 meter, dimensi terbesarnya didapatkan lebar 0,5 meter dan tinggi 0,7 meter. Sedangkan untuk box culvert didapatkan dimensi terkecil 0,5 x 0,5 meter dan yang terbesar 1,2 x 1,2 meter; biaya pelaksanaan konstruksi sebesar 12,288,800,000

Kata kunci : perencanaan ulang, saluran drainase, biopori

ABSTRACT

Ketintang Madya Street, Gayungan District, Surabaya City is an area occupied by a large number of residents and every year it is increasing, and in that area equipped with a drainage system, of course, if the population increases and there are many changes in land use, it is important to redesign the drainage system. The data needed are the results of field surveys, location maps, rainfall data at Wonokromo Station, Gunungsari Station, and Kebon Agung Station, topographic maps and Labor Unit Prices (HSPK) of Surabaya City in 2020. The method used is the Log-Pearson Distribution method for calculating the design rainfall. The suitability test was carried out using the Chi-Square and Smirnov-Kolmogorov with a return period of 2 years, rainfall intensity using the Mononobe and design flood discharge using the rational method. The calculation results obtained that the design rainfall is 93,184 mm/day; the largest design flood discharge is 0.4465 m³/second; environmentally sound drainage using biopori with a diameter of 0.1 meters and a height of 1 meter; the smallest dimensions for river stone pairs are 0.4 meters wide and 0.6 meters high, the largest dimensions are 0.5 meters wide and 0.7 meters high. As for the box culvert, the smallest dimensions are 0.5 x 0.5 meters and the largest are 1.2 x 1.2 meters; construction cost of 12,288,800,000.

Keywords : redesign, drainage channels, biopori

1. PENDAHULUAN

Drainase merupakan salah satu bagian yang penting dalam perencanaan pembangunan suatu kawasan pemukiman. Sistem drainase yang baik harus dapat menampung pembuangan air semaksimal mungkin, sehingga apabila debit air lebih dari yang diperkirakan, sistem drainase tersebut masih dapat menampung dan mengalirkannya sehingga tidak terjadi genangan air pada saat hujan turun dan banjir pada saat air sungai pasang di kawasan pemukiman tersebut. Selain itu, drainase juga berfungsi untuk mengurangi erosi tanah dan penyaluran dengan meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah. (Isfandari, 2014).

Konsep drainase yang secara umum yang paling banyak diterapkan adalah konsep drainase konvensional, dimana konsep tersebut sudah mulai banyak dievaluasi, karena konsep ini memiliki prinsip bahwa air hujan di suatu wilayah harus secepat-cepatnya dilimpahkan / disalurkan lewat saluran drainase. Jika semua air hujan dilimpahkan / disalurkan secepat-cepatnya ke saluran drainase menuju ke sungai tanpa adanya pengupayaan peresapan air ke dalam tanah, semakin lama akan berakibat fatal karena sungai akan menerima beban yang besar melampaui kapasitas sungai, sehingga sungai meluap mengakibatkan terjadinya genangan dan banjir. Oleh karena itu pembangunan drainase harus berdasarkan konsep pembangunan berwawasan lingkungan, dengan pembuatan lubang resapan biopori yang dapat menampung air hujan dan meresapkan kembali ke dalam tanah.

Ketika musim penghujan curah hujan meningkat dan seringkali mengakibatkan banjir di Surabaya, salah satunya di kawasan pemukiman Ketintang, Surabaya. Banjir yang terjadi akibat kurangnya daerah resapan air dan banyaknya pembangunan yang tidak berwawasan lingkungan, ditambah kurang mampunya saluran drainase untuk menampung debit air hujan dikarenakan pendangkalan saluran, kotor akibat sampah, dan ketidakmampuan saluran drainase untuk menampung debit air sesuai kapasitasnya dan akhirnya meluap.

Pemerintah Kota Surabaya telah melakukan berbagai upaya untuk menanggulangi banjir di wilayah Surabaya Selatan khususnya di Ketintang, berbagai upaya dilakukan dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir ini. Namun sampai saat ini masih terdapat genangan air yang meluap dari saluran drainase yang sudah ada. Hujan deras sempat mengguyur Kota Surabaya selama 2 jam lebih. Banjir atau genangan air tampak di beberapa titik. Di Ketintang Madya, banjir sempat setinggi sekitar 40 cm. (sumber: <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-5824361/hujan-deras-guyur-surabaya-genangan-tampak-di-beberapa-titik>). Tercatat pada tahun 2015 kedalaman mencapai 20.89 cm, lamanya mencapai 82 menit dan luasnya hingga 21.17 Ha tahun 2018 kedalaman genangan mencapai 19.83 cm, lamanya genangan berkisar 76 menit dan luas hingga 19.78 Ha. Dari data genangan tersebut maka perlu dilakukan kajian pada saluran drainase pada kawasan pemukiman Ketintang Madya.

Menurut Suripin (2004) Normalisasi sungai dan saluran drainase atau perbaikan dan penambahan saluran drainase hanya memecahkan permasalahan drainase untuk jangka

pendek. Oleh karena itu penulis tertarik merencanakan ulang jaringan drainase berdasarkan konsep pembangunan berwawasan lingkungan. Konsep ini berkaitan langsung dengan usaha konservasi Sumber Daya Air, yang prinsipnya adalah mengendalikan air hujan supaya dapat meresap atau kembali ke dalam tanah. Berdasarkan latar belakang tersebut penulis membuat judul skripsi: "Perencanaan Ulang Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan Pada Kawasan Jalan Ketintang Madya Kota Surabaya"

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan maksimum Stasiun Wonokromo, Stasiun Gunungsari, Dan Stasiun Kebon Agung dari tahun 2010 – 2019
2. Menghitung curah hujan rata-rata daerah menggunakan metode aljabar. Berikut merupakan rumus metode rata – rata aljabar:

$$d = \frac{d_1+d_2+d_3+...+d_n}{n}$$

Keterangan :

d = tinggi curah hujan rata – rata area (mm)

dn = tinggi curah hujan pos penakaran (mm)

n = banyak pos penakaran

3. Pemilihan distribusi untuk perhitungan curah hujan rancangan ditetapkan berdasarkan nilai koefisien kepencengan (skewness) dan koefisien kepuncakan (kurtosis)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x)^2}{(n-1)}}$$

$$Cs = \frac{n \cdot \sum(x_i - x)^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3}$$

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum(x_i - x)^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot S^4}$$

Keterangan:

S = Standar deviasi

Cs = Koefisien kepencengan

Ck = Koefisien kepuncakan

xi = Data hujan ke – i

n = Jumlah data

4. Melakukan uji kesesuaian distribusi dengan metode Chi-Kuadrat (Chi-Square) dan Metode Smirnov Kologmogrov

5. Menghitung waktu konsentrasi hujan menggunakan rumus:

$$t_c = t_0 + t_d$$

Keterangan:

tc = waktu konsentrasi (jam)

t₀ = waktu terlama yang dibutuhkan oleh air hujan untuk mengalir di atas permukaan tanah ke saluran yang terdekat (jam).

t_d = waktu yang diperlukan air hujan mengalir di dalam saluran (jam).

6. Menghitung intensitas curah hujan menggunakan rumus

$$I_t = \frac{Rt}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

Keterangan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

Rt = Curah hujan rancangan (mm/hari)

tc = Waktu konsentrasi (menit)

7. Melakukan perhitungan debit banjir dengan rumus rasional

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Keterangan:

Q = Debit banjir (m³/detik)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (m²)

8. Menghitung debit limbah

$$Q_{Limbah} = V_{Limbah} \times n_{penduduk}$$

9. Menghitung debit kapasitas komulatif saluran dari jumlah debit hujan, debit limbah, dan debit saluran sebelumnya

10. Menghitung kapasistas saluran eksisting

11. Menghitung dimensi saluran dengan membandingkan debit komaluatif saluran dengan kapasitas saluran drainase eksisting maka dapat diambil kesimpulan apakah suatu saluran perlu diperbaiki atau tidak. Jika debit komulatif saluran melebihi kapasitas saluran yang ada maka saluran perlu diperbaiki, akan tetapi jika tidak melebihi kapasitas saluran yang ada maka saluran tersebut tidak perlu diperbaiki/direncanakan ulang.

12. Perhitungan lubang resapan biopori

$$n = \frac{A \cdot I}{LRA}$$

Keterangan:

n = Jumlah lubang resapan biopori

A = Luas daerah resapan (m²)

I = Intesitas hujan (mm/jam diubah ke m/menit)

LRA = Laju Resap Air (m/menit)

13. Perhitungan inlet, perhitungan debit melalui ambang menggunakan rumus sebagai berikut: (Moduto, 1998)

$$Q_i = 3.6 \times g \times d^{3/2} \times L$$

Keterangan:

Q = kapasitas inlet kerb (m³/detik)

L = lebar bukaan inlet kerb (m)

g = gaya gravitasi (m/dt²)

d = kedalaman air dalam inlet kerb (m)

Tinggi genangan diasumsikan maksimal 1/2 lebar jalan

14. Perhitungan rencana anggaran biaya untuk perhitungan perencanaan konstruksi. Selain mendapatkan nilai harga satuan pekerjaan dan volume masing-masing pekerjaan, biaya setiap item pekerjaan juga dapat dihitung. Setelah mendapatkan biaya semua pekerjaan, maka hasilnya akan direkap dalam suatu tabel dengan perhitungan volume pekerjaan dikali harga satuan lalu dijumlahkan, maka akan

didapatkan nilai real bangunan atau Real of Cost (Ibrahim, 1993).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemilihan Data Curah Hujan

Data-data yang akan digunakan berasal dari stasiun hujan terdekat dengan lokasi penelitian, data yang akan digunakan diambil dari 3 stasiun hujan yang terdekat yaitu stasiun Wonokromo, stasiun Gunungsari, dan stasiun Kebon.

Tabel 1 Data Curah Hujan Maksimum Tahunan

REKAPITULASI CURAH HUJAN MAKSIMUM HARIAN STASIUN WONOKROMO, GUNUNGSARI, KEBON AGUNG TAHUN 2010-2019				
No	Tahun	Curah Hujan Maksimum Satu Tahun (mm)		
		Stasiun Wonokromo	Stasiun Gunungsari	Stasiun Kebon Agung
1	2010	110	114	109
2	2011	98	102	97
3	2012	106	102	106
4	2013	87	97	95
5	2014	83	86	89
6	2015	63	70	68
7	2016	108	94	81
8	2017	114	120	112
9	2018	73	75	85
10	2019	76	74	98

2. Curah Hujan Rata-Rata Daerah

Perhitungan curah hujan daerah menggunakan data curah hujan maksimum dalam 10 tahun dari tiga stasiun, yaitu stasiun Wonokromo, Stasiun Gunungsari, Stasiun Kebon Agung.

Tabel 2 Curah Hujan Rata Rata Daerah

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum Satu Tahun (mm)			Rata Rata (mm)
		Stasiun Wonokromo	Stasiun Gunungsari	Stasiun Kebon Agung	
1	2010	110	114	109	111
2	2011	98	102	97	99
3	2012	106	102	106	105
4	2013	87	97	95	93
5	2014	83	86	89	86
6	2015	63	70	68	67
7	2016	108	94	81	94
8	2017	114	120	112	115
9	2018	73	75	85	78
10	2019	76	74	98	83

3. Curah Hujan Rancangan

Pemilihan distribusi ditetapkan berdasarkan nilai koefisien kepeccangan (skewness) dan koefisien kepuncakan (kurtosis)

Tabel 3 Perhitungan Untuk Penentuan Distribusi

No	Tahun	X	(X _i - X)	(X _i - X) ²	(X _i - X) ³	(X _i - X) ⁴
1	2017	115	22.267	495.804	11039.912	245822.047
2	2010	111	17.933	321.604	5767.440	103429.419
3	2012	105	11.600	134.560	1560.896	18106.394
4	2016	94	1.267	1.604	2.032	2.574
5	2011	99	5.933	35.204	208.880	1239.353
6	2013	93	-0.067	0.004	0.000	0.000
7	2019	83	-10.400	108.160	-1124.864	11698.586
8	2014	86	-7.067	49.938	-352.894	2493.782
9	2018	78	-15.400	237.160	-3652.264	56244.866
10	2015	67	-26.067	679.471	-17711.547	461680.991
Rerata Curah Hujan (X̄)		93.067				
Standar Deviasi (s)		15.142				
Koefisien Skewness (Cs)		-0.171				
Koefisien Kurtosis (Ck)		-0.600				

Dari hasil perhitungan Cs dan Ck didapat (Cs = -0,171) dan (Ck = -0,600) penulis memilih metode distribusi Log-Peson III karena fleksibilitas syarat penentuannya (Cs ≠ 0), dan lebih akrab dengan metode tersebut. Berikut langkah-langkah perhitungan Log-Pearson III:

- Ubah data ke dalam bentuk logaritma, $X = \log X$
 $X = \log X = \text{Log} (115) = 2,062$
- Hitung harga rata-rata:
 $\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} = \frac{19,634}{10} = 1,963$
- Hitung harga simpangan baku:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \sqrt{\log \bar{X}})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(2,062 - \sqrt{1,963})^2}{10-1}} = 0,073$$
- Hitung koefisien kemencengan:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \sqrt{\log \bar{X}})^3}{(n-1)(n-2)s^3} = \frac{(2,062 - \sqrt{1,963})^2}{(10-1)(10-2)0,073^3} = -0,493$$
- Sehingga secara tabelaris dengan mengikuti langkah nomor 1) s/d 4) untuk data berikutnya didapatkan hasilnya sebagai berikut:

Tabel 4 Perhitungan Log-Person III

No	Tahun	X	Log Xi	(Log Xi - Log X̄)²	(Log Xi - Log X̄)³
1	2017	115	2.062	0.010	0.001
2	2010	111	2.045	0.007	0.001
3	2012	105	2.020	0.003	0.000
4	2016	94	1.975	0.000	0.000
5	2011	99	1.996	0.001	0.000
6	2013	93	1.968	0.000	0.000
7	2019	83	1.917	0.002	0.000
8	2014	86	1.934	0.001	0.000
9	2018	78	1.890	0.005	0.000
10	2015	67	1.826	0.019	-0.003
Rata-rata Curah Hujan (Log X̄)		1.963			
Standar Deviasi (s)		0.073			
Koefisien Skewness (G)		-0.493			

- Dengan koefisien kemencengan $G = 0,493$, maka harga K untuk periode ulang T tahun dapat diperoleh dengan interpolasi harga.
 - Selanjutnya dengan menerapkan persamaan dapat di hitung debit banjir dengan periode ulang (T) 2 tahun, sebagai berikut:
 $\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot s$
 $\log X_2 = 1,963 + 0,856 \cdot 0,073$
 $= 1,969$
 $X_2 = 93,184$
- Sehingga secara tabelaris dengan mengikuti langkah langkah diatas untuk data berikutnya didapatkan hasilnya sebagai berikut:

Tabel 5 Perhitungan Kala Ulang Merode Log-Person III

T	P (%)	K _T	Log X _T	X _T (mm/hari)
1.0101	99%	-2.680	1.768	58.577
1.250	80%	-0.809	1.904	80.237
2	50%	0.081	1.969	93.184
5	20%	0.856	2.026	106.142
10	10%	1.217	2.052	112.775
25	4%	1.570	2.078	119.672
50	2%	1.781	2.093	123.997
100	1%	1.960	2.106	127.778

4. Uji Kesesuaian Distribusi Hujan

Setelah diperoleh nilai XT yang telah ditentukan, dilakukan pengujian kesesuaian distribusi. Perbedaan maksimum yang ada tidak boleh lebih besar dari perbedaan kritis yang diijinkan. Simpangan horizontal (peluang) diuji dengan Uji Smirnov-Kolomogorof, sedangkan simpang vertikal (hujan) diuji dengan Uji Chi-Square. Untuk hasil pengujian kesesuaian distribusi sebagai berikut:

Tabel 6 Perhitungan Uji Distribusi Kesesuaian

m	Data curah hujan rancangan		Uji Smirnov-Kolomogorof			Uji Chi-Square		
	X empiris	Log X	P empiris	P teoritis	ΔP	X teoritis	X² hit	
1	115,3	2.062	9.091%	9%	0.09%	115	0.001	
2	111	2.045	18.182%	18%	0.18%	110	0.009	
3	105,7	2.020	27.273%	24%	3.27%	100	0.218	
4	94,3	1.975	36.364%	41%	4.64%	95	0.005	
5	99	1.996	45.455%	56%	10.55%	92	0.533	
6	93	1.968	54.545%	65%	10.45%	90	0.100	
7	83,7	1.917	63.636%	80%	16.36%	85	0.064	
8	86	1.934	72.727%	81%	8.27%	82	0.195	
9	78,7	1.890	81.818%	91%	9.18%	79	0.023	
10	67	1.826	90.909%	96%	5.09%	69	0.058	
ΔP Maks						16.36%	X² hitung	1.205
Do						0.41%	X² tabel	14.067
ΔP Maks < Do						Sesuai	X² hitung < X² tabel	Sesuai

5. Waktu Konsentrasi Hujan

Setelah menentukan kala ulang sesuai dengan luas daerah tangkapan, yaitu kala ulang 2 tahun dapat dihitung intensitas curah hujan menggunakan metode Mononobe

a. Limpasan Jalan

Perhitungan limpasan jalan W1 – M1 dapat dilakukan menggunakan data berikut:

- L0 = 3 m (Setengah lebar jalan)
- Ld = 137,4m (Panjang satu ruas saluran yang direncanakan)
- n = 0,013 (Koefisien hambatan / kekerasan)
- S = 0,020
- Vd = 1 m/dt

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} x 3.28 x L_0 x \frac{n}{\sqrt{S}} \right]^{0.167}$$

$$= \left[\frac{2}{3} x 3.28 x 3 x \frac{0,013}{\sqrt{0,020}} \right]^{0.167}$$

$$= 0,919 \text{ menit}$$

$$td = \frac{Ld}{60 \cdot Vd}$$

$$= \frac{137,4}{60 \cdot 1}$$

$$= 2,290 \text{ menit}$$

$$tc = t_0 + td$$

$$= 0,919 + 2,290$$

$$= 3,209 \text{ menit}$$

$$= 0,053 \text{ jam}$$

b. Limpasan Pemukiman

Perhitungan limpasan pemukiman A1 – M2 dapat dilakukan menggunakan data berikut:

- L0 = 31,1 m (Lebar rumah)
- Ld = 129,2 m (Panjang satu ruas saluran yang direncanakan)
- n = 0,02 (Koefisien hambatan / kekerasan)
- S = 0,557

$$Vd = 1 \text{ m/dt}$$

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3.28 \times L_0 \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right]^{0.167}$$

$$= \left[\frac{2}{3} \times 3.28 \times 31,1 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,020}} \right]^{0.167}$$

$$= 1,105 \text{ menit}$$

$$td = \frac{Ld}{60 \cdot Vd}$$

$$= \frac{129,2}{60 \cdot 1}$$

$$= 2,153 \text{ menit}$$

$$t_c = t_0 + t_d$$

$$= 1,105 + 2,153$$

$$= 3,259 \text{ menit}$$

$$= 0,054 \text{ jam}$$

c. Limpasan Lahan

Perhitungan limpasan lahan D1 – D2 – D3 dapat dilakukan menggunakan data berikut:

$$L_0 = 43,2 \text{ m (Lebar lahan)}$$

$$L_d = 73,7 \text{ m (Panjang satu ruas saluran yang direncanakan)}$$

$$n = 0,10 \text{ (Koefisien hambatan / kekerasan)}$$

$$S = 0,0001$$

$$Vd = 1 \text{ m/dt}$$

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3.28 \times L_0 \times \frac{0,13}{\sqrt{0,0001}} \right]^{0.167}$$

$$= \left[\frac{2}{3} \times 3.28 \times 43,2 \times \frac{0,13}{\sqrt{0,0001}} \right]^{0.167}$$

$$= 3,139 \text{ menit}$$

$$td = \frac{Ld}{60 \cdot Vd}$$

$$= \frac{73,7}{60 \cdot 1}$$

$$= 1,229 \text{ menit}$$

$$t_c = t_0 + t_d$$

$$= 3,139 + 1,229$$

$$= 4,368 \text{ menit}$$

$$= 0,073 \text{ jam}$$

6. Intensitas Curah Hujan

Menghitung Intensitas Curah Hujan dengan metode mononobe menggunakan data curah hujan rancangan R24 = 93,184 mm/hari pada perhitungan hujan kala ulang metode Log-Pearson III dan data waktu konsentrasi.

a. Intensitas Curah Hujan Jalan

Perhitungan intensitas curah hujan jalan

W1 – M1 dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$I_t = \frac{Rt}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= \frac{93,184}{24} \left(\frac{24}{0,053} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 227.576 \text{ mm/jam}$$

$$= 0.0000632 \text{ m/detik}$$

b. Intensitas Curah Hujan Pemukiman

Perhitungan intensitas curah hujan pemukiman

A1 – M2 dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$I_t = \frac{Rt}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= \frac{93,184}{24} \left(\frac{24}{0,054} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 225,253 \text{ mm/jam}$$

$$= 0.0000626 \text{ m/detik}$$

c. Intensitas Curah Hujan lahan

Perhitungan curah hujan lahan D1 – D2 – D3 dapat dilakukan menggunakan data berikut:

$$I_t = \frac{Rt}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= \frac{93,184}{24} \left(\frac{24}{0,073} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 185.276 \text{ mm/jam}$$

$$= 0.0000515 \text{ m/detik}$$

7. Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit bajir menggunakan metode rasional yaitu $Q = C \cdot I \cdot A$ Dengan menggunakan C (koefisien pengaliran), C dari jalan = 0,7, C dari pemukiman = 0,5, C dari lahan = 0,13

a. Jalan

Contoh perhitungan intensitas curah hujan jalan W1 – M1 dapat dilakukan dengan rumus berikut

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

$$= 0,70 \cdot 0,0000632 \cdot 412,2$$

$$= 0,0182402 \text{ m}^3/\text{detik}$$

b. Pemukiman

Perhitungan debiit banjir rencana pemukiman A1 – M2 dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

$$= 0,50 \cdot 0,0000626 \cdot 2494.6444$$

$$= 0,078045 \text{ m}^3/\text{detik}$$

c. Lahan

Perhitungan debit rencana lahan D1 – D2 – D3 dapat dilakukan menggunakan data berikut:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

$$= 0,13 \cdot 0,0000515 \cdot 1567,96$$

$$= 0,0104904 \text{ m}^3/\text{detik}$$

8. Debit limbah

Data yang digunakan Volume limbah adalah 300 liter/hari/orang, dan n penduduk area A1 – M2 berikut contoh perhitungan:

$$Q_{Limbah} = V_{Limbah} \times n_{penduduk}$$

$$= 300 \times 115$$

$$= 46523 \text{ liter/hari}$$

$$= 0,1229 \text{ m}^3/\text{detik}$$

9. Debit Kapasitas

Setelah di dapatkan debit limbah maka dilakukan perhitungan debit total untuk mengetahui berapa

debit kapasitas yang diterima saluran. Perhitungan merupakan penjumlahan dari debit banjir, debit limbah dan debit saluran sebelumnya, berikut contoh perhitungan debit kapasitas yang diterima saluran A1 – M2:

$$Q_{Total} = Q_{Banjir} + Q_{Limbah} + Q_{Saluran\ sebelumnya}$$

$$= 0,5963 + 0,1229 + 1.4013$$

$$= 2.1205\ m^3/detik$$

10. Dimensi Saluran

Saluran drainase M1 – M10 berbentuk persegi berjenis bejenis pemasangan batu kali, maka langkah-langkah perhitungan dimensi drainase dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Diketahui:

$$Q_{Rencana}\ (M1 - M10) = 2,1205\ m^3/detik$$

$$L_d = 797\ m$$

$$\text{Lebar saluran (b)} = 1\ m$$

$$\text{Tinggi pemasangan (H)} = 1\ m$$

$$\text{Tinggi jagaan} = 0,20\ m$$

$$n = 0,025$$

$$\text{Elevasi awal} = 5\ m$$

$$\text{Elevasi akhir} = 3\ m$$

2. Menghitung luas penampang saluran (A) dengan rumus 2.23

$$A = b \cdot h$$

$$= 1 \cdot (1 - 0,20)$$

$$= 0,8\ m^2$$

3. Menghitung keliling basah (P) dengan rumus 2.24

$$P = b + 2\ h$$

$$= 1 + 2 \cdot 0,8$$

$$= 2,6\ m$$

4. Menghitung jari-jari hidrolis (R) dengan rumus 2.25

$$R = \frac{A}{p} = \frac{0,8}{2,6} = 0,31\ m$$

5. Menghitung Kemiringan dasar saluran (S_{Rencana}) dengan rumus 2.26

$$S = \left(\frac{n \cdot v}{R^{2/3}}\right)^2 = \left(\frac{0,025 \cdot 1}{0,31^{2/3}}\right)^2 = 0,003$$

6. Kontrol kecepatan (V_{max} > V > V_{min})

Kecepatan aliran untuk beton maksimal 3 m/detik dan kecepatan aliran minimum 0,6 m/detik. Kecepatan sebesar 1 m/detik, maka kecepatan aliran sudah memenuhi ijin.

7. Menghitung kapasitas saluran (Q_{saluran}) dengan rumus 2.22

$$Q_{saluran} = V \cdot A$$

$$= 1 \cdot 0,8$$

$$= 0,8\ m^3/detik$$

8. Perbandingan debit kapasitas saluran dan debit rencana

Jika Q_{Saluran} > Q_{Rencana} maka tidak perlu dilakukan redesign saluran, jika Q_{Saluran} < Q_{Rencana} maka perlu dilakukan redesign.

$$Q_{Saluran} = 0,8\ m^3/detik$$

$$Q_{Rencana} = 2,1205\ m^3/detik$$

Maka dapat dilihat bahwa Q_{Saluran} < Q_{Rencana} maka perlu dilakukan redesign.

Tabel 7 Perhitungan Dimensi Eksisting

X	Saluran	Dimensi Saluran		Q	Q Rencana	Kontrol
		b	H	Saluran	Q Rencana	Q
		m	m	m ³ /dt	m ³ /dt	
1	W1 - W15	1	0.9	0.7000	1.8025	TIDAK
2	M1 - M10	1	1	0.8000	1.7537	TIDAK
3	A2 - A3	0.4	0.5	0.1200	0.1410	TIDAK
4	A5 - A7	0.4	0.5	0.1200	0.1431	TIDAK
5	A7 - A8	0.4	0.5	0.1200	0.1530	TIDAK
6	A7 - A9	0.4	0.5	0.1200	0.1442	TIDAK
7	A9 - A10	0.4	0.5	0.1200	0.1662	TIDAK
8	A9 - A11	0.4	0.5	0.1200	0.1668	TIDAK
9	D7 - D8	0.5	0.5	0.1500	0.1957	TIDAK
10	E1 - M4	0.5	0.6	0.2000	0.2106	TIDAK
11	F1 - F3	0.5	0.6	0.2000	0.2065	TIDAK
12	F3 - M7	0.5	0.6	0.2000	0.2211	TIDAK
13	G6 - G7	0.4	0.6	0.1600	0.1914	TIDAK

11. Dimensi Baru

Langkah-langkah perhitungan dimensi drainase M1 – M10 baru yang diredesign menggunakan *box culvert*:

1. Diketahui:

Q_{Rencana} yang sudah dikurangi Q_{Biopori} pada saluran tersebut

$$Q_{Rencana}\ (M1 - M10) = 2,1205 - 0,0616$$

$$= 1,7513\ m^3/detik$$

$$L_d = 797\ m$$

$$\text{Lebar saluran (b)} = 1.2\ m$$

$$\text{Tinggi pemasangan (H)} = 1.2\ m$$

$$\text{Tinggi jagaan} = 0,20\ m$$

$$n = 0,025$$

$$\text{Elevasi awal} = 5\ m$$

$$\text{Elevasi akhir} = 3\ m$$

2. Menghitung luas penampang saluran (A) dengan rumus 2.23

$$A = b \cdot h$$

$$= 1,2 \cdot (1,2 - 0,20)$$

$$= 1,2\ m^2$$

3. Menghitung keliling basah (P) dengan rumus 2.24

$$P = b + 2\ h$$

$$= 1,2 + 2 \cdot 1$$

$$= 3,2\ m$$

4. Menghitung jari – jari hidrolis (R) dengan rumus 2.25

$$R = \frac{A}{p} = \frac{1,2}{3,2} = 0,38\ m$$

- Menghitung Kemiringan dasar saluran ($S_{rencana}$) dengan rumus 2.26

$$S = \left(\frac{nv}{R^{2/3}}\right)^2 = \left(\frac{0,013 \times 1}{0,38^{2/3}}\right)^2 = 0,003$$

- Kontrol kecepatan ($V_{max} > V > V_{min}$)
Kecepatan aliran untuk beton maksimal 3 m/detik dan kecepatan aliran minimum 0,6 m/detik.
Kecepatan sebesar 2,19 m/detik, maka kecepatan aliran sudah memenuhi ijin.

- Menghitung kapasitas saluran ($Q_{saluran}$) dengan rumus 2.22

$$\begin{aligned} Q_{saluran} &= V \times A \\ &= 2,19 \times 1,2 \\ &= 2,6292 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

- Jika $Q_{Saluran} > Q_{Rencana}$ maka saluran sudah OK
 $Q_{Saluran} = 2,6292 \text{ m}^3/\text{detik}$
 $Q_{Rencana} = 1,7513 \text{ m}^3/\text{detik}$
Maka dapat dilihat bahwa $Q_{Saluran} > Q_{Rencana}$ maka saluran sudah OK

Tabel 8 Perhitungan Dimensi Baru

No	Saluran	Dimensi Saluran		Q Saluran	Q Rencana	Kontrol Q
		b	H			
1	W1 - W15	1.2	1.2	2.6292	1.7633	OK
2	M1 - M10	1.2	1.2	2.6292	1.7536	OK
3	A2 - A3	0.4	0.6	0.1600	0.1410	OK
4	A5 - A7	0.4	0.7	0.2000	0.1431	OK
5	A7 - A8	0.4	0.7	0.2000	0.1530	OK
6	A7 - A9	0.4	0.7	0.2000	0.1442	OK
7	A9 - A10	0.4	0.7	0.2000	0.1662	OK
8	A9 - A11	0.4	0.7	0.2000	0.1668	OK
9	D7 - D8	0.5	0.7	0.2500	0.1957	OK
10	E1 - M4	0.5	0.7	0.2500	0.2106	OK
11	F1 - F3	0.5	0.8	0.3000	0.2065	OK
12	F3 - M7	0.5	0.7	0.2500	0.2211	OK
13	G6 - G7	0.4	0.6	0.1600	0.1600	OK

12. Lubang Resapan Biopori

Dalam perhitungan biopori dilakukan di luas tanah yang terkena banjir / genangan setelah tahu jumlah biopornya lubang biopori dibuat tersebar pada daerah studi tersebut, misal pada rumah penduduk, lahan kosong, di sepanjang saluran drainase. Untuk langkah – langkah perhitungan jumlah biopori yang dibutuhkan sebagai berikut:

- Analisa permeabilitas tanah

Dalam skripsi Martha, L (2018). *Studi Resapan Air Hujan Melalui Lubang Resapan Biopori (LRB) Sebagai Upaya Mereduksi Beban Drainase Di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya*. Permeabilitas tanah diperoleh dari uji konsolidasi, pengujian di lakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan batuan, Jurusan Teknik Sipil, FTSP ITS. Hasil uji konsolidasi didapat nilai koefisien konsolidasi, dari nilai koefisien konsolidasi,

didapatkan nilai koefisien permeabilitas 0,000961 cm/detik.

- Menentukan dimensi lubang resapan biopori
Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 tentang Pemangaat Air Hujan, dimensi lubang resapan biopori dapat ditetapkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Diameter lubang } (\varnothing) &= 100 \text{ mm} \\ \text{Kedalaman Lubang } (h) &= 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Menghitung faktor geometrik (F)

$$\begin{aligned} F &= \frac{2\pi H + \pi^2 R \ln 2}{\ln\left\{\frac{H+2R}{3R} + \sqrt{\left(\frac{H}{3R}\right)^2 + 1}\right\}} \\ &= \frac{2\pi \times 1 + \pi^2 \times 0,05 \ln 2}{\ln\left\{\frac{1+2 \times 0,05}{3 \times 0,05} + \sqrt{\left(\frac{H}{3 \times 0,05}\right)^2 + 1}\right\}} \\ &= 2,45 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menghitung debit biopori

$$\begin{aligned} Q_{Biopori} &= F \times K \times H \\ &= 2,5 \times 0,000961 \times 1 \\ &= 0,000235 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

- Menghitung debit hujan titik saluran G6 – G7

$$\begin{aligned} Q_{Hujan} &= C \times I \times A \\ &= 0,70 \times 0,0001065 \times 86,55 \\ &= 0,00645 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

- Menghitung jumlah lubang biopori

$$\begin{aligned} n &= \frac{Q_{Hujan}}{Q_{Biopori}} \\ &= \frac{0,00645}{0,000235} \\ &= 275 \text{ unit} \end{aligned}$$

Tabel 9 Pehitungan Lubang Resapan Biopori

No	Titik Biopori	Q Hujan	Q Biopori	n	Q Total Biopori
		m3/detik	m3/detik	Buah	m3/detik
1	W1 - W15	0.03916	0.0000235	1666	0.0392
2	M1 - M10	0.06158	0.0000235	2621	0.0616
3	D1 - D2	0.00576	0.0000235	245	0.0058
4	D1 - D3	0.00770	0.0000235	327	0.0077
5	D2 - D3	0.01049	0.0000235	446	0.0105
6	E4 - E5	0.00593	0.0000235	252	0.0059
7	E4 - E6	0.01387	0.0000235	590	0.0139
8	E5 - E6	0.00778	0.0000235	331	0.0078
9	G5 - G6	0.01208	0.0000235	514	0.0121
10	G6 - G7	0.00645	0.0000235	275	0.0065
11	G5 - G7	0.01208	0.0000235	514	0.0121

- Inlet

Perhitungan menggunakan metode Moduto dengan menentukan nilai L dan d. Berikut contoh perhitungan inlet saluran A1 – M2 sebagai berikut:

- Kemiringan jalan (S) = 0,02
- Lebar jalan (L_0) = $L_0 / 2$
= 6 / 2
= 3 m
- Tinggi air (d) = S x L_0
= 0,02 x 3

4. Lebar bukaan (L) = 0,06 m
 = 0,2 m
5. Q inlet = $0,36 \times g \times d^{3/2} \times L$
 = $0,36 \times 9,81 \times 0,06^{3/2} \times 0,2$
 = 0,0104
6. Q hujan = 0,0182 m³/detik
7. Jumlah inlet = Q hujan / Q inlet
 = 0,0170 / 0,0452
 = 1.635
 ≈ 1 unit
8. Jumlah inlet rencana = $\frac{Ld}{20 m}$
 = 6 unit

14. Rencana Anggaran Biaya

Dalam menyusun anggaran biaya dibutuhkan data volume pekerjaan (*bill of quantity*) dan harga satuan pekerjaan. Rencana anggaran biaya didapat dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan.

Dari hasil perhitungan didapatkan total rencana anggaran biaya sebesar Rp 12.288.800.000,-

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan ulang saluran drainase pemukiman di Kawasan jalan Ketintang Madya, Kota Surabaya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Curah hujan rancangan yang didapat dari perhitungan dengan kala ulang 2 tahun adalah 93,184 mm/hari
2. Debit banjir rancangan terbesar yang dapat ditampung saluran drainase pada perencanaan ini sebesar 0,4465 m³/detik
3. Berdasarkan layout jaringan drainase terdapat 13 titik saluran drainase dan 3 titik gorong – gorong yang ada tidak mampu menampung debit limpasan yang sudah direncanakan
4. Dimensi saluran yang dibutuhkan bervariasi. Dari hasil perhitungan didapatkan dimensi terkecil untuk pasangan batu kali yaitu lebar 0,4 meter dan tinggi 0,6 meter, dimensi terbesarnya didapatkan lebar 0,5 meter dan tinggi 0,7 meter. Sedangkan untuk *box culvert* didapatkan dimensi terkecil 0,5 x 0,5 meter dan yang terbesar 1,2 x 1,2 meter
5. Berdasarkan perhitungan biopori didapatkan total biopori sebanyak 95 buah dengan diameter 0.1 meter dan tinggi 1m
6. Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan saluran drainase sebesar Rp 12.288.800.000

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Isfandari, Defi Tesha. 2014. Analisa Sistem Drainase di Kawasan Permukiman
- (2) Martha, L. 2018. Studi Resapan Air Hujan Melalui Lubang Resapan Biopori (LRB) Sebagai Upaya Mereduksi Beban Drainase Di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya
- (3) Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Yogyakarta: Andi Press.
- (4) Widiyana, E. (n.d.). Hujan Deras Guyur Surabaya, Genangan Tampak di Beberapa Titik. Detik news. Retrieved December 15, 2021, from <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-5824361/hujan-deras-guyur-surabaya-genangan-tampak-di-beberapa-titik>
- (5) H. Bachtiar Ibrahim, 1993. Rencana Dan Estimate Real of Cost, Jakarta: Bumi Aksara