

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN DI PERUMNAS MADE KECAMATAN LAMONGAN KABUPATEN LAMONGAN

Aditya Ristha Pradana¹, Agus Suhardono², Moh. Charits³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

¹adityaristha169@gmail.com, ²agussuhardono66@gmail.com, ³mohcharits2021@gmail.com

ABSTRAK

Perumnas Made merupakan perumahan yang berlokasi di Kabupaten Lamongan dengan kondisi padat penduduk. Sistem drainase yang tidak berfungsi dengan baik menyebabkan terjadinya genangan akibat dari kapasitas saluran yang tidak dapat menampung debit limpasan permukaan air hujan dan air limbah perumahan. Tujuan dari skripsi ini adalah untuk merencanakan ulang saluran drainase, menerapkan drainase berwawasan lingkungan dan mengestimasi biaya konstruksinya. Data primer yang dibutuhkan adalah data saluran eksisting, sedangkan data sekunder meliputi site plan perumahan, peta topografi, peta situasi dan tata guna lahan, data curah hujan Stasiun Hujan Lamongan, Sukodadi dan Kembangbahu tahun 2011 hingga 2020, data tanah dan harga satuan pekerjaan Kabupaten Lamongan tahun 2021. Data diolah menggunakan metode Rerata Aljabar untuk menghitung curah hujan daerah, metode Log Pearson Tipe III untuk distribusi frekuensi curah hujan dan metode Mononobe untuk menghitung intensitas hujan. Hasil yang diperoleh yaitu debit banjir rencana terbesar untuk kala ulang 2 tahun sebesar 0,1407 m³/dt dan untuk kala ulang 5 tahun sebesar 0,1054 m³/dt; dimensi saluran rancangan terbesar adalah 1,4 m × 1,6 m dan lubang resapan biopori yang diterapkan sebanyak 6196 buah. Estimasi biaya konstruksi yang dibutuhkan sebesar Rp 5.191.447.000,00.

Kata kunci : saluran drainase; lubang resapan biopori; perencanaan ulang; estimasi biaya

ABSTRACT

Perumnas Made is a housing located in Lamongan District with densely populated conditions. The drainage system that is not functioning properly causes inundation due to the capacity of the channel that cannot accommodate the surface runoff of rainwater and residential wastewater. The purpose of this thesis is to redesign the drainage channel, implement the eco-drainage and estimate the construction costs. The primary data needed is existing channel data, while secondary data includes housing site plans, topographic maps, situation and land use maps, rainfall data for Lamongan, Sukodadi and Kembangbahu Rain Stations from 2011 to 2020, soil data, and work unit price of Lamongan District in 2021. The data were processed using the Algebraic Average method for calculating regional rainfall, the Log Pearson Type III method for rainfall frequency distribution and the Mononobe method for calculating the rainfall intensity. The results are 0.1407 m³/s largest design flood discharge for 2-year return period and 0.1054 m³/s for 5-year return period; 1.4 m × 1.6 m largest design channel dimension and 6196 units applied biopore infiltration hole. The estimated construction cost is IDR 5,191,447,000.00.

Keywords : drainage channel; biopore infiltration hole; redesign; cost estimate

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perumnas Made merupakan perumahan milik pemerintah yang berlokasi di Desa Made, Kecamatan Lamongan, Kabupaten Lamongan. Perumahan ini memiliki luas ± 28,17 ha, yang saat ini termasuk dalam wilayah dengan kondisi

padat penduduk. Menurut data BPS Kabupaten Lamongan, pada tahun 2020 Desa Made mencapai kepadatan penduduk 6.710 jiwa per km².

Setiap musim penghujan dengan intensitas hujan yang tinggi dan durasi yang lama, air dari saluran drainase mengalami luapan yang menyebabkan terjadinya genangan pada jalan di

sekitar saluran drainase hingga membanjiri sebagian rumah warga. Pada saat terjadi banjir, genangan di Perumnas Made berkisar pada kedalaman 20-50 cm, genangan sedalam 50 cm terjadi pada jalan Made Dadi (Surabayapagi.com, 2020).

Dengan melihat permasalahan yang ada, perencanaan ulang saluran drainase adalah solusi yang tepat untuk dilakukan demi mengoptimalkan kembali sistem drainase pada kawasan perumahan tersebut agar permasalahan banjir tidak terjadi lagi. Namun, untuk memaksimalkan upaya dalam mengatasi genangan yang terjadi pada kawasan Perumnas Made Kabupaten Lamongan, maka diperlukan sebuah konsep drainase berwawasan lingkungan guna mereduksi beban aliran saluran drainase dengan cara meresapkan air hujan sebanyak-banyaknya ke dalam tanah.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut: berapa dimensi saluran drainase yang memadai untuk mengatasi permasalahan genangan yang terjadi dan bagaimana perencanaan drainase berwawasan lingkungan yang akan diterapkan?.

Tujuan

Adapun tujuan dari proyek akhir ini adalah untuk Menghitung dimensi saluran drainase yang memadai untuk mengatasi permasalahan genangan yang terjadi dan merencanakan drainase berwawasan lingkungan.

2. METODE

Uji Konsistensi

Perhitungan uji konsistensi data curah hujan pada setiap stasiun hujan dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menghitung kumulatif data curah hujan pada stasiun utama (dy)
2. Menghitung rata-rata data curah hujan dan kumulatif stasiun-stasiun pembandingnya (dx)
3. Membuat grafik kurva massa ganda dengan kumulatif data stasiun utama (dy) sebagai ordinat (sb. y) dan kumulatif data stasiun referensi (dx) sebagai absis (sb. x)
4. Menentukan *trend* baru dan *trend* lama. *Trend* baru (m_1) merupakan data yang diasumsikan dalam garis lurus, sedangkan *trend* lama (m_2) yaitu data yang diasumsikan tidak dalam garis lurus, dalam menentukan nilai m digunakan perhitungan regresi linier sebagai berikut:

$$m = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \tag{1}$$

5. Menghitung faktor koreksi (F) dengan rumus:

$$F = \frac{m_1}{m_2} \tag{2}$$

Curah Hujan Daerah

Untuk luas DAS kurang dari 500 km² dengan topografi datar, metode yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan daerah adalah metode rata-rata aljabar dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \tag{3}$$

keterangan:

- P = curah hujan rata-rata (mm)
- P₁, P₂, P₃ ... P_n = curah hujan tercatat di pos 1,2,3 ... n (mm)
- n = banyaknya pos penakar hujan

Analisis Frekuensi Curah Hujan

Dalam analisis frekuensi curah hujan diawali dengan perhitungan parameter statistik terhadap data curah hujan harian rata-rata maksimum selama 10 tahun terakhir dengan rumus sebagai berikut:

$$C_s = \frac{a}{S^3} \tag{4}$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \tag{5}$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S^4)} \tag{6}$$

keterangan:

- C_s = koefisien kemencengan
- a = parameter kemencengan
- C_k = koefisien kurtosis
- S = standar deviasi dari sampel
- \bar{X} = nilai rata-rata dari data sampel
- X_i = data ke-i
- n = jumlah data

Untuk menghitung curah hujan rencana dapat menggunakan Metode Log Pearson Tipe III dengan rumus sebagai berikut:

$$\log X_T = \log \bar{X} + K_T \cdot S \log X \tag{7}$$

keterangan:

- log X_T = nilai logaritmis hujan rencana periode ulang T
- log \bar{X} = nilai rata-rata dari log X
- K_T = variabel standar, besarnya bergantung koefisien kemencengan (C_s atau G)
- S log X = standar deviasi dari log X

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi digunakan untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut.

a. Uji Chi-Kuadrat

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \tag{8}$$

keterangan:

X^2 = parameter Chi-Kuadrat terhitung

O_f = frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

E_f = frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \tag{9}$$

keterangan:

ΔP_i = selisih peluang empiris dan peluang teoritis

$P(X_i)$ = peluang empiris data curah hujan

$P'(X_i)$ = peluang teoritis data curah hujan

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari titik yang terjauh ke titik kontrol. Rumus yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

$$t_c = t_0 + t_d \tag{10}$$

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right]^{0,167} \tag{11}$$

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \tag{12}$$

keterangan:

n = angka kekasaran permukaan lahan

S = kemiringan medan (%)

L = panjang lintas aliran di atas permukaan lahan (m)

L_s = panjang lintas aliran di dalam saluran/sungai (m)

V = kecepatan aliran di dalam saluran (m/dt)

Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi air hujan per satuan waktu. Menurut Suripin (2004) jika data hujan adalah data harian, perhitungan menggunakan rumus mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \tag{13}$$

keterangan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum rencana yang mengalir pada saluran. Umumnya dihitung menggunakan metode rasional dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_p = 0,002778 \cdot C \cdot I \cdot A \tag{14}$$

keterangan:

Q_p = debit banjir rencana (m^3/dt)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (ha)

Debit Air Kotor

Debit air kotor yang mengalir pada saluran drainase dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$Q_{ak} = \Sigma \text{Penduduk} \times Q_{ak \text{ per orang}} \tag{15}$$

keterangan:

Q_{ak} = debit air kotor rumah tangga (m^3/dt)

$Q_{ak \text{ per orang}}$ = debit air kotor rumah tangga per orang (m^3/dt)

Perencanaan Dimensi Saluran

Dimensi saluran direncanakan menggunakan sistem saluran terbuka. Untuk penampang persegi, rumus geometris yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$A = b \cdot h \tag{16}$$

$$P = b + 2h \tag{17}$$

$$R = \frac{A}{P} \tag{18}$$

keterangan:

A = luas penampang basah (m^2)

P = keliling basah saluran (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

b = lebar dasar saluran (m)

h = kedalaman air di saluran (m)

Dalam perencanaan saluran harus dilakukan analisis terhadap sejumlah parameter guna mengetahui kemampuan saluran dalam mengalirkan debit air, diantaranya sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \tag{19}$$

$$Q_{kap} = V \cdot A \tag{20}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \tag{21}$$

keterangan:

V = kecepatan aliran (m/dt)

Q_{kap} = debit aliran pada saluran (m^3/dt)

Fr = bilangan froude

n = koefisien kekasaran manning

Bangunan Pelengkap Drainase

Dalam perencanaan ulang sistem drainase pada proyek akhir ini, bangunan pelengkap yang digunakan untuk melengkapi sistem drainase adalah gorong-gorong dan inlet.

a. Gorong-gorong

Dalam perencanaan gorong-gorong, tahapan beserta rumus hidrolika yang digunakan sesuai dengan tahapan dan rumus pada perencanaan dimensi saluran drainase.

b. Inlet

Jenis inlet yang digunakan adalah inlet tegak atau *curb inlet*. Menurut Meduto (1998) *curb inlet* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q = 0,36 \cdot g \cdot d^{3/2} \cdot L \tag{22}$$

keterangan:

- Q = debit kapasitas *curb inlet* (m³/dt)
- L = lebar bukaan *curb inlet* (m)
- g = percepatan gravitasi (m/dt²)
- d = kedalaman air dalam *curb inlet* (m)

Drainase Berwawasan Lingkungan

Drainase berwawasan lingkungan yang dapat diterapkan sebagai pengendali limpasan air permukaan adalah lubang resapan biopori, dengan rumus analisis sebagai berikut:

$$\sum LRB = \frac{I \times A}{f} \tag{23}$$

$$Q_{LRB} = \text{Laju peresapan air} \times \sum LRB \tag{24}$$

keterangan:

- I = intensitas hujan (m/dt)
- A = luas bidang kedap (m²)
- f = laju peresapan air per lubang (m³/dt)
- Q_{LRB} = debit lubang resapan biopori pada lahan (m³/dt)

Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

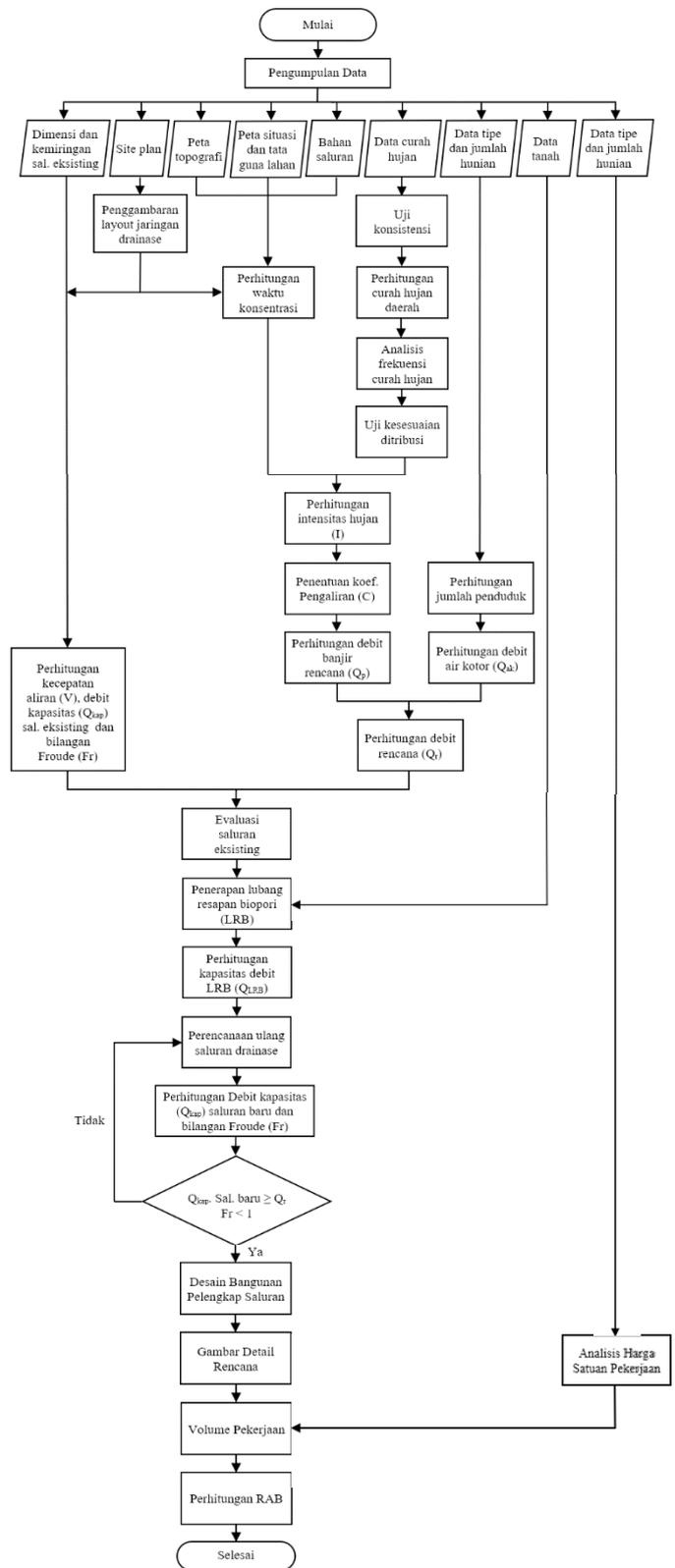
$$RAB = \sum (V \times HSP) \tag{25}$$

keterangan:

- RAB = Rencana Anggaran Biaya
- V = Volume Pekerjaan
- HSP = Harga Satuan Pekerjaan

Diagram Prosedur Analisis

Untuk mempermudah dalam memahami prosedur analisis pada perencanaan ulang sistem drainase berwawasan lingkungan di Perumnas Made Kabupaten Lamongan secara keseluruhan dapat digunakan diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Prosedur Analisis (Sumber: Penulis, 2022)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi Data Hujan

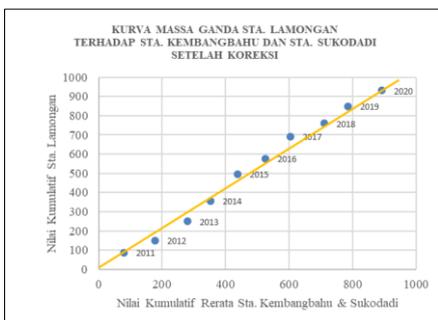
Sebagai contoh hasil perhitungan untuk uji konsistensi data hujan Sta. Lamongan terhadap Sta. Kembangbahu dan Sukodadi adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kumulatif Data Curah Hujan

No	Tahun	Curah Hujan Max Satu Tahun (mm)					Kum Rerata Sta. Kem & Suk
		Sta. Lam	Kum Sta. Lam	Sta. Kem	Sta. Suk	Rerata Sta. Kem & Suk	
1	2011	80,00	80,00	84,00	75,00	79,50	79,50
2	2012	56,00	136,00	96,00	100,00	98,00	177,50
3	2013	92,00	228,00	91,00	115,00	103,00	280,50
4	2014	96,00	324,00	85,00	60,00	72,50	353,00
5	2015	140,00	464,00	83,00	85,00	84,00	437,00
6	2016	80,00	544,00	74,00	104,00	89,00	526,00
7	2017	117,00	661,00	81,00	75,00	78,00	604,00
8	2018	68,00	729,00	122,00	91,00	106,50	710,50
9	2019	89,00	818,00	79,00	72,00	75,50	786,00
10	2020	82,00	900,00	98,00	115,00	106,50	892,50

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2022)

Dari uji konsistensi, sehingga diperoleh nilai F = 1 yang menunjukkan bahwa data hujan telah konsisten dengan visualisasi node yang searah dengan garis lurus pada kurva.



Gambar 2. Kurva Massa Ganda Sta. Lamongan terhadap Sta. Kembangbahu dan Sukodadi Setelah Koreksi

Curah Hujan Daerah

Curah hujan daerah dihitung menggunakan metode rata-rata aljabar dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi Data Curah Hujan Daerah

Tahun	Hujan Max (mm)
2011	33,91
2012	60,27
2013	76,34
2014	66,82
2015	73,00
2016	67,00
2017	71,00
2018	55,69
2019	47,33
2020	68,58

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2022)

Analisis Frekuensi Curah Hujan

Berdasarkan perhitungan parameter statistik, diperoleh nilai Cs = -1,235 dan Ck = 4,951. Nilai Cs dan Ck bernilai ≠ 0, sehingga untuk menghitung hujan rencana dapat menggunakan Metode Log Pearson Tipe III sebagai berikut:

$$\log X_T = \log \bar{X} + K_T \cdot S \log X$$

$$\log X_{2 \text{ tahun}} = 1,782 + 0,261 \cdot 0,108 = 1,810$$

$$X_{2 \text{ tahun}} = 64,528 \text{ mm}$$

Uji Kesesuaian Distribusi

Kesesuaian dalam pemilihan fungsi distribusi diuji menggunakan metode Chi-Kuadrat untuk pengujian simpangan secara vertikal dan metode Smirnov-Kolmogorov untuk pengujian secara horizontal.

a. Uji Chi-Kuadrat

Hasil analisis Uji Chi-Kuadrat untuk data curah hujan daerah rencana adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

K	Interval	E _f	O _f	(O _f - E _f)	(O _f - E _f) ²	(O _f - E _f) ² / E _f
1	> 70,677	2,5	3	0,5	0,25	0,100
2	64,528 - 70,677	2,5	3	0,5	0,25	0,100
3	52,587 - 64,528	2,5	2	-0,5	0,25	0,100
4	< 52,587	2,5	2	-0,5	0,25	0,100
χ^2						0,400

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2022)

Nilai $\chi^2 = 0,400$, sedangkan untuk nilai $\chi_{cr}^2 = 3,841$. Sehingga $\chi^2 < \chi_{cr}^2$ ($0,400 < 3,841$) yang berarti metode distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Hasil analisis Uji Smirnov-Kolmogorov untuk data curah hujan daerah rencana adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

m	X	Log X	P (X _i)	K _T	P' (X _i)	ΔP _i
1	76,34	1,883	0,091	0,939	0,125	-0,034
2	73,00	1,863	0,182	0,759	0,229	-0,047
3	71,00	1,851	0,273	0,647	0,290	-0,017
4	68,58	1,836	0,364	0,507	0,366	-0,002
5	67,00	1,826	0,455	0,413	0,417	0,037
6	66,82	1,825	0,545	0,403	0,423	0,122
7	60,27	1,780	0,636	-0,014	0,589	0,047
8	55,69	1,746	0,727	-0,333	0,692	0,035
9	47,33	1,675	0,818	-0,988	0,849	-0,031
10	33,91	1,530	0,909	-2,333	0,960	-0,051
$\Delta P \text{ max}$						0,122

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2022)

Nilai ΔP maks = 0,122, sedangkan untuk nilai ΔP kritis = 0,41. Sehingga ΔP maks < ΔP kritis ($0,122 < 0,41$) yang berarti metode distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

Waktu Konsentrasi

Sebagai contoh untuk saluran 1-2, dengan panjang lintasan aliran permukaan (L) pada atap rumah = 19,610 m; angka kekasaran permukaan lahan (n) untuk atap rumah dengan permukaan licin dan kedap air = 0,020; kemiringan atap (S) = 57,7%; panjang saluran (L_s) = 85,700 m; dan kecepatan aliran yang diizinkan (V) = 1,50 m/dt; maka untuk perhitungan waktu konsentrasi adalah sebagai berikut:

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 19,610 \times \frac{0,020}{\sqrt{0,577}} \right]^{0,167} = 1,020 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{L_s}{60V} = \frac{85,700}{60 \cdot 1,5} = 0,952 \text{ menit}$$

$$t_c = t_0 + t_d = 1,020 + 0,952 = 1,973 \text{ menit} = 0,033 \text{ jam}$$

Intensitas Hujan

Pada saluran 1-2 dengan jenis saluran tersier, kala ulang yang digunakan adalah 2 tahun dengan nilai R₂₄ sebesar 64,528 mm. Perhitungan Intensitas hujan menggunakan metode Mononobe diperoleh hasil sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{64,528}{24} \left(\frac{24}{0,033} \right)^{\frac{2}{3}} = 217,976 \text{ mm/jam}$$

Debit Banjir Rencana

Dengan luas DAS kurang dari 300 ha, menurut Suripin (2004: 79) metode perhitungan debit banjir rencana yang sesuai adalah metode Rasional. Sebagai contoh untuk perhitungan debit banjir rencana untuk saluran 1-2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_p &= 0,002778 \cdot C \cdot I \cdot A \\ &= 0,002778 \cdot 0,817 \cdot 217,976 \cdot 0,152 \\ &= 0,0754 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Debit Air Kotor

Pada saluran 1-2, jumlah rumah di daerah aliran sebanyak 8 unit. Diasumsikan setiap rumah dihuni oleh 5 orang dengan debit air kotor setiap rumah sebesar 300 liter/orang/hari, maka debit air kotor pada saluran 1-2 sebesar:

$$\Sigma \text{Penduduk} = \Sigma \text{rumah} \cdot \Sigma \text{penghuni} = 8 \cdot 5 = 40 \text{ orang}$$

$$Q_{\text{ak/orang}} = 300 \text{ lt/org/hari} = 0,00000347 \text{ m}^3/\text{org/dt}$$

$$Q_{\text{ak}} = 40 \cdot 0,00000347 = 0,000139 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Evaluasi Saluran Eksisting

Sebagai contoh, untuk evaluasi saluran eksisting 27-28 dengan kemiringan dasar saluran eksisting (S_{eksisting}) telah diketahui dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Kemiringan dasar saluran eksisting (S_{eksisting}) = 0,130%
2. Konstruksi saluran yang dipakai
 - Bentuk penampang = segi empat
 - Material penyusun saluran = pasangan batu bata
3. Koefisien kekasaran saluran
 - n = 0,015 (pasangan batu bata disemen)
4. Dimensi saluran eksisting
 - b = 0,350 m
 - h = 0,180 m
 - A = b · h = 0,350 · 0,180 = 0,063 m²
 - P = b + 2 · h = 0,350 + 2 · 0,180 = 0,710 m
 - R = $\frac{A}{P} = \frac{0,063}{0,710} = 0,089 \text{ m}$
5. Kecepatan aliran eksisting (V_{eksisting})

$$\begin{aligned} V_{\text{eksisting}} &= \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{0,015} \cdot 0,089^{\frac{2}{3}} \cdot 0,00130^{\frac{1}{2}} \\ &= 0,478 \text{ m/dt} \end{aligned}$$
6. Debit kapasitas saluran eksisting (Q_{kap. eksisting})

$$Q_{\text{kap. eksisting}} = V_{\text{eksisting}} \cdot A = 0,478 \cdot 0,063 = 0,030 \text{ m}^3/\text{dt}$$
7. Kontrol saluran
 - Q_{eksisting} < Q_r → 0,030 m³/dt < 0,18 m³/d → Tidak OK
 - V_{eksisting} < V_{min} → 0,478 m/dt < 0,6 m/dt → Tidak OK
 - Fr < 1 → 0,360 < 1 → OK

Berdasarkan hasil kontrol tersebut, maka perlu dilakukan redesain dimensi pada saluran 27-28.

Perencanaan Lubang Resapan Biopori

Sebagai contoh untuk menghitung jumlah lubang resapan biopori dengan diameter (Ø) = 0,1 m dan kedalaman (h) = 1 m pada lahan A1 adalah sebagai berikut:

1. Intensitas hujan pada lahan A1 (I)

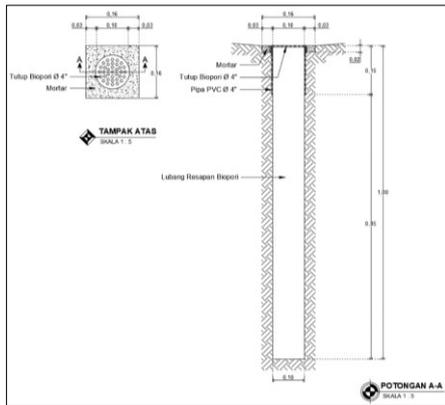
$$I = 196,054 \text{ mm/jam} = 0,0000545 \text{ m/dt}$$
2. Luas lahan A1 (A)

$$A = 180,395 \text{ m}^2$$
3. Laju resapan air pada 1 buah lubang resapan biopori (f)

$$f = 0,119 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,0000331 \text{ m}^3/\text{dt}$$
4. Jumlah lubang resapan biopori

$$\Sigma \text{LRB} = \frac{I \cdot A}{f} = \frac{0,0000545 \cdot 180,395}{0,0000331} = 297 \text{ buah}$$
5. Debit lubang resapan biopori pada lahan A1 (Q_{LRB})

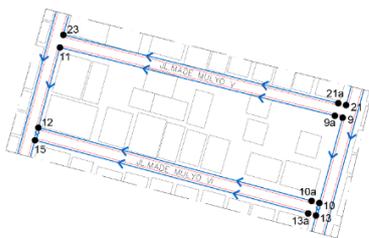
$$Q_{\text{LRB}} = f \cdot \Sigma \text{LRB} = 0,0000331 \cdot 297 = 0,00982 \text{ m}^3/\text{dt}$$



Gambar 3. Detail Lubang Resapan Biopori

Perencanaan Dimensi Saluran

Sebagai contoh, perencanaan dimensi untuk saluran 9a-11 dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 4. Lokasi Saluran 9a-11

1. Kecepatan aliran rencana ($V_{rencana}$) = 1,50 m/dt
2. Bilangan froude rencana ($Fr_{rencana}$) = 0,9
3. Dimensi saluran eksisting
 - $b = 0,350$ m
 - $h = 0,150$ m
4. Konstruksi saluran yang dipakai
 - Bentuk penampang = segi empat
 - Material penyusun saluran = pasangan batu bata
5. Koefisien kekasaran saluran (n)
 - $n = 0,015$ (pasangan batu bata disemen)
6. Menghitung tinggi air dalam saluran (h_{hitung})

$$Fr_{rencana} = \frac{V_{rencana}}{\sqrt{g \cdot h_{hitung}}}$$

$$0,90 = \frac{1,5}{\sqrt{9,81 \cdot h_{hitung}}}$$

$$h_{hitung} = \frac{(1,5)^2}{9,81}$$

$$h_{hitung} = 0,283 \text{ m}$$

7. Dimensi saluran yang dipakai

- $b = 0,350$ m
- $h = 0,283$ m
- $A = b \cdot h = 0,350 \cdot 0,283 = 0,099 \text{ m}^2$
- $P = b + 2 \cdot h = 0,350 + 2 \cdot 0,283 = 0,916 \text{ m}$
- $R = \frac{A}{P} = \frac{0,099}{0,916} = 0,108 \text{ m}$

8. Kemiringan dasar saluran yang dipakai (S_{pakai})

$$S_{pakai} = \left(\frac{n \cdot V_{rencana}}{R^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{0,015 \cdot 1,50}{0,108^{2/3}} \right)^2 = 0,982\%$$

9. Menghitung debit kapasitas yang dipakai ($Q_{kap. pakai}$)

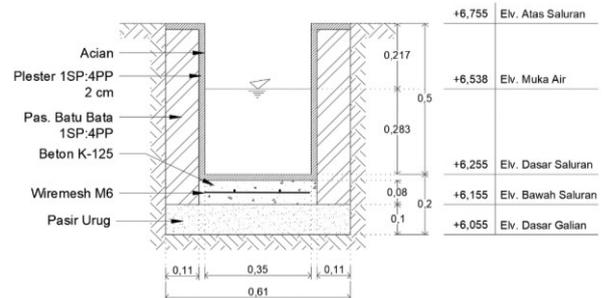
$$Q_{kap. pakai} = V_{rencana} \cdot A = 1,5 \cdot 0,099 = 0,149 \text{ m}^3/\text{dt}$$

10. Tinggi jagaan (F_b) = 0,217 m

11. Kontrol saluran

- $Q_{kap. pakai} > Q_r \rightarrow 0,149 \text{ m}^3/\text{dt} > 0,076 \text{ m}^3/\text{dt} \rightarrow \text{OK}$
- $Fr < 1 \rightarrow 0,9 < 1 \rightarrow \text{OK}$

Berdasarkan hasil kontrol tersebut, maka desain saluran 9a-11 telah memenuhi syarat dan aman untuk digunakan.

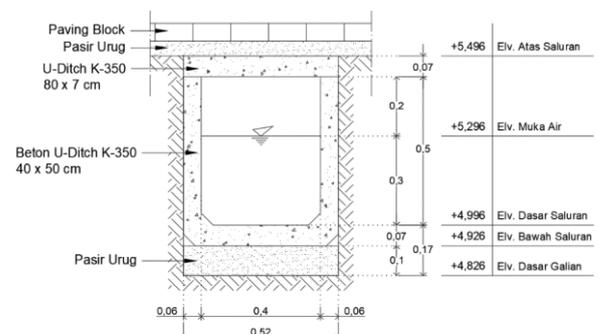


Gambar 5. Potongan Melintang Saluran 9a-11

Bangunan Pelengkap

a. Gorong-gorong

Berikut ini adalah hasil dari perencanaan gorong-gorong 12-15 menggunakan material beton U-ditch:

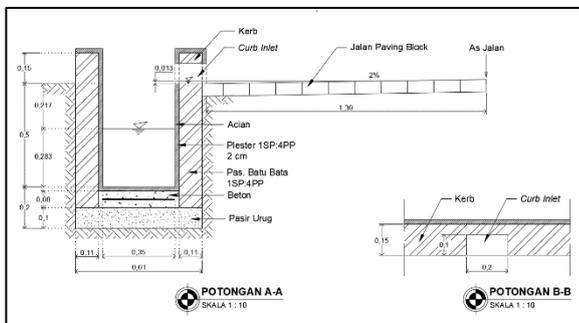


Gambar 6. Potongan Melintang Gorong-gorong 12-15

b. Inlet

Jenis inlet yang digunakan adalah *curb inlet*. Sebagai contoh pada saluran 9a-11, diketahui kemiringan jalan (S) = 2%; panjang jalan (L_{jalan}) = 98,120 m; ½ lebar jalan (P) = 1,3 m; lebar bukaan inlet (L) = 0,2 m; percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/dt². Sehingga perhitungan kebutuhan inlet pada saluran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Lebar genangan (Pa)
 $Pa = \frac{1}{2} \cdot P = \frac{1}{2} \cdot 1,300 = 0,650 \text{ m}$
2. Tinggi air pada inlet (d)
 $d = Pa \cdot S = 0,650 \cdot 0,02 = 0,013 \text{ m}$
3. Debit inlet (Q_{inlet})
 $Q_{inlet} = 0,36 \cdot g \cdot d^{3/2} \cdot L = 0,36 \cdot 9,81 \cdot 0,013^{3/2} \cdot 0,2 = 0,001 \text{ m}^3/\text{dt}$
4. Debit banjir rencana yang berasal dari jalan (Q_{p jalan})
 $Q_{p jalan} = 0,0056 \text{ m}^3/\text{dt}$
5. Jumlah inlet sepanjang jalan yang ditinjau
 $\Sigma \text{ inlet} = \frac{Q_{p jalan}}{Q_{inlet}} = \frac{0,0056}{0,001} = 5,315 \approx 6 \text{ buah}$
6. Jarak antar inlet
 $\text{Jarak inlet} = \frac{L_{jalan}}{\Sigma \text{ inlet}} = \frac{98,120}{6} = 16,353 \text{ m}$



Gambar 7. Detail Curb Inlet Saluran 9a-11

Rencana Anggaran Biaya

Berdasarkan perhitungan volume pekerjaan dan analisis harga satuan, diperoleh rencana anggaran biaya untuk membangun ulang sistem drainase dan penerapan lubang resapan biopori adalah sebesar Rp 5.191.447.000,00.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi dan perencanaan ulang sistem drainase di Perumnas Made Kecamatan Lamongan Kabupaten Lamongan, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Hasil pengamatan menunjukkan terdapat sejumlah kerusakan pada saluran, adanya sedimen, sampah dan

vegetasi. Sedangkan dari hasil evaluasi diperoleh hasil bahwa dari 99 saluran dan 37 gorong-gorong terdapat 72 saluran dan 28 gorong-gorong atau 73,53% dari total saluran dan gorong-gorong tidak memenuhi persyaratan parameter kontrol, sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang saluran drainase secara keseluruhan.

- b. Debit banjir rencana dengan kala ulang 2 tahun untuk saluran tersier diperoleh sebesar 0,0013 m³/dt hingga 0,1407 m³/dt. Sedangkan untuk saluran sekunder dengan kala ulang 5 tahun diperoleh sebesar 0,0057 m³/dt hingga 0,1054 m³/dt.
- c. Dari hasil perhitungan, saluran beton U-ditch diperoleh dimensi terkecil 0,300 m × 0,500 m dan dimensi terbesar 1,400 m × 1,600 m. Sedangkan saluran berbahan pasangan batu bata diperoleh dimensi terkecil 0,200 m × 0,500 m dan dimensi terbesar 0,600 m × 0,850 m.
- d. Drainase berwawasan lingkungan yang diterapkan adalah lubang resapan biopori. Direncanakan dengan diameter lubang 0,100 m dengan kedalaman 1,000 m sebanyak 6196 buah.
- e. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk membangun sistem drainase dan penerapan lubang resapan biopori adalah sebesar Rp 5.191.447.000,00.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. 1994. *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*. SNI 03-3424-1994. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [2] Brata, Kamir R. dan Anne Nelistya. 2008. *Lubang Resapan Biopori*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [3] Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [4] Kustamar. 2019. *Sistem Drainase Perkotaan pada Kawasan Pertanian, Urban, dan Pesisir*. Malang: Dream Litera.
- [5] Martha, Luluk dkk. 2018. *Kajian Air Hujan Melalui Lubang Resapan Biopori (LRB) di UIN Sunan Ampel Surabaya*. Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan, 4(1), 39-45.
- [6] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 Tentang Pemanfaatan Air Hujan.
- [7] Pradana, Rakhmatul Laily dkk. 2020. *Perencanaan Drainase Berwawasan Lingkungan di DAS Kali Purwantoro Kota Malang*. Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Polinema, 1(3): 134-140.
- [8] Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- [9] Syukur, Syamsul. 2009. *Laju Infiltrasi dan Peranannya Terhadap Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Allu-Bangkala*. Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian, 16(3): 231-236.