



PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE PADA KELURAHAN MOJOLANGU KECAMATAN LOWOKWARU KOTA MALANG

Aldi Ramandha Mazhardi¹, Winda Harsanti², Ikrar Hanggara³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi¹, Jurusan Teknik Sipil², Politeknik Negeri Malang³,

Dosen Jurusan Teknik Sipil⁴, Politeknik Negeri Malang⁵

Email: aldiramandha0@gmail.com¹, winda.harsanti@polinema.ac.id²,
i.hanggara@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Sistem drainase eksisting di Kelurahan Mojolangu mengalami keterbatasan kapasitas sehingga belum mampu mengalirkan debit limpasan secara optimal dan berpotensi menimbulkan genangan ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan ulang sistem drainase untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem drainase eksisting, mendesain saluran drainase baru dan alternatif pendukung. Data yang diperlukan yakni data primer dan sekunder. Data primer meliputi data dimensi eksisting dan jumlah rumah sedangkan data sekunder meliputi data curah hujan dari tiga stasiun hujan terdekat yaitu Blimbing, Pendem dan Singosari. Data diolah menggunakan distribusi Gumbel Tipe 1 dan Log Pearson Tipe III dengan periode kala ulang 5 tahun untuk curah hujan rancangan dan metode Monobe untuk perhitungan intensitas hujan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 121 saluran drainase perlu didesain ulang. Curah hujan rancangan untuk kala ulang 5 tahun adalah 98,673 mm. Debit total diperoleh dari limpasan jalan, permukiman dan limbah. Untuk periode ulang dengan kala ulang 5 tahun, debit limpasan total berkisar antara 0,016 m³/detik hingga 4,459 m³/detik. Dimensi saluran terkecil adalah 0,2 m x 0,35 m dan yang terbesar adalah 2,0 m x 2,02 m. Alternatif pendukung yaitu lubang biopori diameter 0,15 m dan kedalaman 1 m.

Kata kunci : saluran drainase; perencanaan ulang; biopori

ABSTRACT

The existing drainage system in Mojolangu Village has insufficient capacity to convey runoff discharge effectively, resulting in a high potential for inundation during heavy rainfall events. Therefore, a redesign of the drainage system is required to overcome these problems. This study aims to evaluate the existing drainage system, redesign the drainage channels and supporting alternatives, and estimate the construction cost. The required data consisted of primary and secondary data. Primary data included the dimensions of the existing drainage channels and population data, while secondary data consisted of rainfall records from the three nearest rainfall stations, namely Blimbing, Pendem, and Singosari. Rainfall data were analyzed using the Gumbel Type I and Log Pearson Type III probability distributions with a 5-year return period to determine the design rainfall, while rainfall intensity was calculated using the Mononobe method. The evaluation results indicated that 121 drainage channels require redesign. The design rainfall for the 5-year return period was

Article history

Received: September 2026

Reviewed: September 2026

Published: September 2026

Plagiarism checker no 80

Copyright : author

Publish by : kohesi



This work is licensed under a [creative commons attribution-noncommercial 4.0 international license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

98.673 mm. The total design discharge consisted of road runoff, residential runoff, and domestic wastewater. For the 5-year return period, the total discharge ranged from 0.016 m³/s to 4.459 m³/s. The smallest channel dimension was 0.20 m × 0.35 m, while the largest was 2.00 m × 2.02 m. As an environmentally friendly drainage alternative, biopore infiltration holes with a diameter of 0.15 m and a depth of 1.00 m were proposed.

Keywords : drainage channel; drainage system redesign; biopore infiltration holes

1. PENDAHULUAN

Sistem drainase perkotaan memiliki peranan penting dalam mengendalikan limpasan air hujan agar tidak menimbulkan genangan maupun banjir. Menurut Suripin (2004), sistem drainase yang baik harus mampu mengalirkan debit air hujan sesuai dengan kapasitas rencana sehingga tidak meluap ke area sekitarnya. Namun, seiring dengan meningkatnya intensitas curah hujan dan perkembangan kawasan perkotaan, banyak sistem drainase yang tidak lagi mampu berfungsi secara optimal.

Selain faktor perkembangan kawasan, permasalahan drainase perkotaan juga sering disebabkan oleh keterbatasan kapasitas saluran dan kondisi fisik saluran yang tidak sesuai dengan debit aliran yang terjadi. Suripin (2004) menyatakan bahwa sistem drainase yang direncanakan tanpa memperhitungkan debit banjir rencana dan kondisi eksisting saluran berpotensi menimbulkan luapan pada saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Oleh karena itu, meskipun tidak terjadi perubahan tata guna lahan yang signifikan, sistem drainase tetap dapat mengalami kegagalan apabila kapasitas dan kinerja saluran tidak mencukupi.

Permasalahan tersebut terjadi secara nyata di Kelurahan Mojolangu, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Kronologi kegagalan sistem mencatat kejadian banjir signifikan pada 4 Desember 2025, dimana curah hujan tinggi menyebabkan luapan sungai ke pemukiman warga di RT 05 RW 03. Permasalahan serupa kembali terjadi pada 30 Maret 2026 di ruas Jalan Candi Bima, yang mengakibatkan gangguan mobilitas

transportasi dan kerugian sosial ekonomi (Malang Raya Media, 2026).



Gambar 1 Kondisi Genangan Air di Jl. Candi Bima Kelurahan Mojolangu Kecamatan Lowokwaru Kota Malang

Sumber: Malang Raya Media, 2026 (Diakses pada tanggal 30 Maret 2026)

Analisis awal mengidentifikasi bahwa penyebab utama kegagalan sistem eksisting adalah keterbatasan dimensi saluran dalam menampung debit puncak, yang diperburuk oleh akumulasi sedimen dan sampah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan melakukan evaluasi terhadap 121 saluran dengan panjang total 4749 m, dengan cara menentukan curah hujan rancangan, menghitung debit limpasan dan mendesain ulang dimensi penampang saluran.

2. METODE

Metode yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian ini yaitu dimulai dari pengolahan data hujan, menghitung debit rencana, analisis hidrolika, perhitungan dimensi saluran baru serta perhitungan lubang biopori.

Lokasi dan Data



Gambar 2 Batas Lokasi Penelitian

Wilayah studi mencakup area seluas 16,9 ha di Kelurahan Mojolangu. Data curah hujan diperoleh dari Stasiun Blimbing, Pendem, dan Singosari untuk periode pengamatan 10 tahun (2016-2025).

Data pada penelitian ini dibedakan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapat dengan cara survey langsung ke daerah penelitian untuk mendapatkan dimensi saluran, material dan kondisi saluran eksisting. Data sekunder didapat dari PUSDA Kota Malang untuk mendapatkan data curah hujan harian untuk tahun 2016-2025.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan suatu analisis awal yang dilakukan untuk penanggulangan banjir serta perencanaan sistem drainase untuk mengetahui besarnya debit yang akan dialirkan sehingga dapat menentukan dimensi baru dari saluran drainase. Sehingga diharapkan dapat menghasilkan rancangan yang mampu menampung kebutuhan debit rencana.

Data Hilang

Dalam praktik pengamatan, sering dijumpai data yang hilang akibat kerusakan alat pencatat hujan maupun gangguan teknis lainnya. Oleh karena itu, data yang hilang perlu diestimasi agar deret data tetap konsisten dan dapat digunakan dalam analisis statistik (Chow, 1988).

Metode yang digunakan untuk menghitung data yang hilang adalah metode

rasio normal. Metode ini mempertimbangkan perbandingan curah hujan normal tahunan masing-masing stasiun sehingga estimasi yang diperoleh lebih representatif terhadap kondisi klimatologi setempat (Chow, 1988). Persamaan yang digunakan adalah:

$$P_x = \frac{1}{n} \left(\frac{N_x}{N_1} P_1 + \frac{N_x}{N_2} P_2 + \dots + \frac{N_x}{N_n} P_n \right) \quad (1)$$

Keterangan:

P_x = Curah hujan yang hilang (mm)

P_i = Curah hujan stasiun pembanding pada waktu yang sama (mm)

N_x = Rata-rata curah hujan tahunan stasiun yang hilang (mm)

N_i = Rata-rata curah hujan tahunan stasiun pembanding (mm)

n = Jumlah stasiun pembanding

Uji Konsistensi

Tujuan dari uji konsistensi adalah untuk mengetahui data curah hujan yang dipakai apakah sudah konsisten atau belum. Penyebab tidak konsisten data hujan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain perubahan lokasi stasiun hujan, perubahan atau penggantian alat pengukur hujan, perubahan kondisi lingkungan di sekitar stasiun, serta kesalahan dalam proses pengamatan dan pencatatan data.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk uji konsistensi adalah kurva massa ganda. Menurut Suripin (2004), metode kurva massa ganda dilakukan dengan cara membandingkan hubungan antara nilai kumulatif curah hujan suatu stasiun terhadap nilai kumulatif curah hujan rata-rata dari beberapa stasiun pembanding.

$$M = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (2)$$

$$F = \frac{M1}{M2} \quad (3)$$

Keterangan:

F = Faktor koreksi

$M1, M2$ = Koefisien regresi (kemiringan garis regresi)



n = Jumlah data

x_i = nilai variabel independen yang mempunyai nilai tertentu

y_i = nilai variabel dependen yang diprediksikan

Analisis Curah Hujan Daerah

Menurut Suripin (2004), metode rata-rata aljabar umumnya digunakan pada daerah aliran sungai yang memiliki luas relatif kecil, yaitu kurang dari 500 km² dengan sebaran stasiun hujan relatif merata dan kondisi topografi wilayah tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Secara matematis, curah hujan daerah dihitung dengan persamaan:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} \quad (4)$$

Keterangan:

d = curah hujan daerah (mm)

d_1, d_2, d_n = curah hujan pada masing masing stasiun

(mm)

n = jumlah stasiun hujan

Kala Ulang

Menurut Suripin (2004), dalam perencanaan sistem drainase perkotaan, pemilihan kala ulang curah hujan harus disesuaikan dengan fungsi saluran dan luas daerah tangkapan air. Semakin luas daerah tangkapan serta semakin besar risiko kerugian yang ditimbulkan akibat kegagalan saluran, maka kala ulang yang digunakan dalam perencanaan harus semakin besar.

Tabel 1 Kala Ulang Berdasarkan Luas DAS

Luas DAS	Kala Ulang
< 10 ha	2
10 - 100 ha	2 - 5
101 - 500 ha	5 - 20
> 500 ha	10 - 25

Sumber: Suripin, 2004

Curah Hujan Rancangan

Distribusi curah hujan rancangan dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode, masing-masing metode memiliki syarat syarat seperti yang diberikan pada tabel.

Tabel 2 Nilai C_s dan C_k Sesuai Dengan Nilai Distribusi

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	<i>Gumbel Type 1</i>	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$
2	<i>Log Pearson III</i>	$C_s \neq 0$

Sumber: Soemarto, 1999

Berikut merupakan rumus untuk mencari nilai C_s dan C_k :

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (5)$$

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (6)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (7)$$

Keterangan:

C_k = Koefisien kepuncakan

C_s = Koefisien Kemencengan

$\bar{X}$ = Rerata data hujan (mm)

S = Standar deviasi

X = Data hujan

Menurut Kamiana (2011), berikut merupakan rumus untuk mencari curah hujan rancangan dengan metode Gumbel Tipe 1:

$$X_T = \bar{X} + S \cdot K \quad (8)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (9)$$

$$Y_t = -\ln \left(-\ln \frac{T-1}{T} \right) \quad (10)$$

Keterangan:

X_T = Hujan rencana atau debit dengan periode ulang T

(mm)

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata dari data hujan (X) (mm)

S = Standar Deviasi

K = Faktor frekuensi gumbel

Y_t = *Reduce variate*

S_n = *Reduce* standar deviasi

Y_n = *Reduce* mean



Berikut merupakan rumus untuk mencari curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson Tipe III:

$$X_T = \bar{X} + S \cdot K \quad (11)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \quad (12)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (13)$$

$$\log(X) = \log(X_T) + G \cdot S \quad (14)$$

Keterangan:

G = Variabel standar untuk X yang besarnya tergantung

koefisien kemencengan C_s

X_T = Nilai curah hujan (mm) dengan nilai kala ulang

$\bar{X}$ = Rata-rata curah hujan (mm)

X_i = Nilai curah hujan (mm) tahun ke-i

Uji Kesesuaian Distribusi

Terdapat 2 jenis pengujian kesesuaian dsitribusi, yaitu Uji Smirnov-Kolmogorov dan Uji Chi-Square. Menurut Kamiana (2011), uji kesesuaian distribusi bertujuan untuk membandingkan distribusi teoritis dengan data hasil pengamatan sehingga dapat diketahui tingkat kecocokan distribusi tersebut terhadap data yang dianalisis. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode analitis.

Waktu Konsentrasi

Menurut Suripin (2004), waktu konsentrasi terdiri dari dua komponen utama, yaitu waktu aliran permukaan dari daerah tangkapan menuju saluran terdekat (*time of overland flow*, t_o) dan waktu aliran air di dalam saluran menuju titik pengamatan (*time of channel flow*, t_d). Berikut adalah rumus untuk menghitung waktu konsentrasi (t_c).

$$t_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right]^{0,167} \quad (15)$$

$$t_d = \frac{L_d}{60V} \quad (16)$$

$$t_c = t_o + t_d \quad (17)$$

Keterangan:

t_c = waktu konsentrasi (menit)

t_o = waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas

permukaan tanah menuju saluran drainase (menit)

t_d = Waktu yang diperlukan air hujan mengalir di dalam

saluran (menit)

L_o = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

n = Angka kekasaran permukaan lahan

S = Kemiringan permukaan limpasan

L_d = Panjang lintasan aliran sungai/saluran (m)

V = Kecepatan aliran ideal pada saluran (m/detik)

Intensitas Curah Hujan

Menurut Kamiana (2011), metode Mononobe dapat digunakan apabila data hujan yang tersedia berupa data hujan harian maksimum, sedangkan intensitas hujan diperlukan untuk durasi yang lebih singkat sesuai dengan waktu konsentrasi.

Persamaan intensitas hujan menurut metode Mononobe adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (18)$$

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$R24$ = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm/hari)

t_c = Waktu konsentrasi hujan (jam)

Debit Banjir Rancangan

Menurut Suripin (2004), perhitungan debit banjir rancangan pada daerah tangkapan air yang relatif kecil hingga menengah dapat dilakukan dengan menggunakan metode rasional. Berikut adalah rumus metode rasional:

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (19)$$

Keterangan:

Q = debit banjir rancangan (m^3 /detik)

C = koefisien pengaliran (0,8 untuk jalan, 0,8 untuk paving,



0,5 untuk pemukiman, 0,2 untuk rumput dan 0,25 untuk

kuburan)

I = intensitas curah hujan (m/detik)

A = luas daerah pengaliran (m^2)

Debit Air Limbah

Dalam penelitian ini, debit air limbah dihitung berdasarkan jumlah penduduk (diasumsikan untuk tiap rumah 5 orang). Debit air limbah dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = P_n \times W \quad (20)$$

Keterangan:

P_n = Jumlah penduduk

W = Debit buangan per orang (lt/orang/detik)

Debit buangan per orang sebesar 400 lt/org/hari untuk rumah besar keluarga tunggal dan 300 lt/org/hari untuk rumah tipe tertentu untuk keluarga tunggal.

Perhitungan Lubang Biopori

Biopori merupakan salah satu metode praktis untuk meresapkan air genangan ke dalam tanah guna mengurangi limpasan permukaan. Lubang biopori dibuat berbentuk silinder vertikal dengan diameter sekitar 10-20 cm dan kedalaman 1,00- 2,00 meter, menggunakan alat gali biopori sesuai kedalaman rencana.

Lubang yang telah dibuat diisi dengan material berpori seperti pasir, kerikil, atau sampah organik untuk meningkatkan kemampuan infiltrasi air. Jarak antar lubang biopori direncanakan sekitar 1,00-2,00 meter, menyesuaikan dengan kondisi tanah dan luas area genangan. Penerapan biopori diharapkan dapat membantu mengurangi beban saluran drainase dan meningkatkan resapan air ke dalam tanah (Hasmar, 2012).

Lubang biopori direncanakan sebagai salah satu alternatif untuk membantu mengurangi debit limpasan. Debit resapan biopori dapat dihitung dengan rumus seperti berikut:

Q_{LRB} = laju infiltrasi x selimut biopori

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dilakukan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting dan menentukan dimensi saluran hasil perencanaan ulang agar mampu mengalirkan debit banjir rencana dan debit limbah. Dimensi saluran hasil perencanaan ditentukan hingga memenuhi persyaratan kapasitas terhadap debit banjir rencana (Suripin, 2004). Dalam perencanaan dimensi saluran diharapkan memperoleh dimensi saluran yang mampu menampung debit limpasan yang telah direncanakan.

Kecepatan Aliran

Untuk menghitung kecepatan aliran saluran dapat dihitung menggunakan persamaan Manning berikut:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (21)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (22)$$

$$A = b \times h \quad (23)$$

$$P = 2h + b \quad (24)$$

Keterangan:

V = kecepatan aliran (m/detik)

n = koefisien hambatan (0,017 untuk pasangan beton dan

0,025 untuk pasangan batu)

s = kemiringan saluran

R = radius hidrolik (m)

A = Luas penampang basah (m^2)

P = Keliling basah (m)

h = Tinggi basah saluran (m)

b = Lebar saluran (m)

Catatan:

Rumus A dan P di atas khusus untuk penampang berbentuk persegi, rumus A dan P berbeda tergantung dengan penampang saluran yang akan dianalisis. Kontrol kecepatan saluran dapat dilihat pada tabel berikut.

Table 3 Kontrol Kecepatan pada Saluran

Kontrol Kecepatan	
V izin Maksimum	m/dtk
Saluran Tanah	0,7
Pasangan Batu	2
Pasangan Beton	3
V izin Minimum	0,2 - 0,6
Jenis Aliran	
Aliran Sub Kritis	Fr < 1
Aliran Super Kritis	Fr > 1
Aliran Kritis	Fr = 1

Sumber: Suripin, 2004

Debit Saluran

Debit yang mengalir pada saluran dihitung dengan rumus yaitu:

$$Q = V \times A \quad (25)$$

Keterangan:

Q = debit pada saluran (m³/detik)

V = kecepatan aliran (m/detik)

A = luas penampang saluran (m²)**Bangunan Terjun**

Bangunan terjun merupakan salah satu bangunan pelengkap dalam sistem saluran drainase yang digunakan pada kondisi saluran dengan kemiringan relatif curam sehingga kecepatan aliran air menjadi tinggi. Bangunan ini, yang juga dikenal sebagai got miring, diperlukan apabila kecepatan dan kemiringan alami permukaan tanah melebihi batas kecepatan maksimum saluran yang diperbolehkan. Penerapan bangunan terjun bertujuan untuk mengendalikan kecepatan aliran agar tidak menimbulkan kerusakan pada saluran. Perhitungan bangunan terjun mengacu pada Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan (KP-04) yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Direktorat Irigasi dan Rawa tahun 2013. Perhitungan bangunan terjun berdasarkan KP-04 (2013) dilakukan sebagai berikut:

1. Tinggi garis energi

$$H = h_1 + \frac{v_1}{2g} \quad (26)$$

2. Lebar bangunan efektif (B)

$$B = \frac{Q_{rencana}}{0,71 m H^{\frac{2}{3}}} \quad (27)$$

3. Kedalaman kritis (d_c)

$$d_c = \frac{Q^2}{(g \times B^2)^{1/3}} \quad (28)$$

4. Tinggi ambang ujung

$$a = 0,5 \times d_c \quad (29)$$

5. Koefisien pengali (c)

$$c = 2,5 + 1,1 \cdot \frac{d_c}{z} + 0,7 \left(\frac{d_c}{z} \right)^3 \quad (30)$$

6. Panjang kolam olak

$$L_2 = c\sqrt{z \cdot d_c} + 0,25 \quad (31)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN**Kondisi Saluran Eksisting**

Kondisi saluran drainase yang berada di area penelitian sebagian besar tidak berfungsi dengan baik, terlihat dari banyaknya endapan tanah, sampah dan dinding saluran yang rusak.



Gambar 3 Kondisi saluran eksisting dengan dinding saluran yang rusak terletak di saluran S55

Data Curah Hujan

Data curah hujan diperoleh dari data curah hujan harian diolah untuk mendapatkan data hujan rancangan dalam kala ulang 5 tahun. Kala ulang 5 tahun didasarkan pada luasan area kajian dimana area kajian pada penelitian ini sebesar 16,9 ha sehingga berdasarkan tabel 1 luasan penelitian masuk di range 10 ha sampai 100 ha.



Data Hilang

Data hujan yang hilang terjadi pada bulan Desember tahun 2020 dari tanggal 1 sampai tanggal 30 pada Stasiun Hujan Singosari. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode rasio normal didapatkan data hilang pada tanggal 1 Desember 2020 sebesar 7,262 mm. Berikut penjabarannya untuk perhitungan data hilang pada tanggal 1 Desember 2020.

$$P_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{2658,7}{2583} 0 + \frac{2658,7}{1830,5} 10 \right)$$

$$P_1 = \frac{1}{2} (14,524)$$

$$P_1 = 7,262 \text{ mm}$$

Selain data curah hujan tanggal 1 Desember 2020, data curah hujan yang mengalami kehilangan pada bulan yang sama juga dihitung menggunakan rumus yang sama sehingga diperoleh hasil perhitungan seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Data Hilang pada Bulan Desember 2020

DATA HILANG	
STA	
Tanggal	Singosari
1	7,26
2	0,51
4	22,07
5	44,30
6	8,90
7	15,86
8	15,25
10	0,73
11	5,60
12	23,25
13	57,23
14	28,57
15	2,90
16	8,26
17	6,11
18	2,90
19	1,45
25	2,57
26	9,08
27	45,23
28	33,48
29	5,08

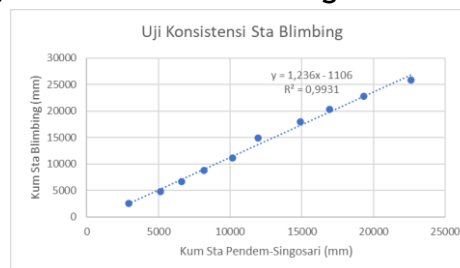
DATA HILANG

STA	
Tanggal	Singosari
30	27,19

Sumber: Hasil Analisis

Uji Konsistensi

Uji Konsistensi menggunakan nilai kumulatif dari data hujan pada stasiun Blimbing, Pendem dan Singosari pada tahun 2016-2025. Berikut merupakan hasil penggambaran kurva massa ganda.



Gambar 4 Grafik Kurva Massa Ganda Stasiun Blimbing terhadap Stasiun Pendem dan Singosari

Berdasarkan hasil penggambaran kurva massa ganda pada Stasiun Blimbing terhadap Stasiun Pendem dan Singosari, diperoleh pola garis lurus yang menunjukkan bahwa data curah hujan pada stasiun tersebut konsisten.

Uji konsistensi juga dilakukan pada Stasiun Pendem terhadap Stasiun Blimbing dan Singosari serta pada Stasiun Singosari terhadap Stasiun Blimbing dan Pendem. Hasil penggambaran kurva massa ganda pada kedua stasiun tersebut juga menunjukkan pola garis lurus, sehingga dapat disimpulkan bahwa data curah hujan dari ketiga stasiun hujan yang digunakan dalam penelitian telah memenuhi uji konsistensi dan layak digunakan untuk analisis hidrologi selanjutnya.

Curah Hujan Daerah

Contoh perhitungan curah hujan daerah menggunakan data curah hujan tanggal 3 April 2024. Tanggal tersebut dipilih karena merupakan salah satu data curah hujan harian maksimum yang tersedia secara lengkap pada ketiga stasiun hujan, yaitu



Stasiun Blimbing, Pendem, dan Singosari, sehingga dapat digunakan sebagai contoh dalam proses perhitungan curah hujan daerah menggunakan metode rata-rata aljabar.

$d_{3 \text{ April } 2024}$ Stasiun Blimbing = 96,490 mm

$d_{3 \text{ April } 2024}$ Stasiun Pendem = 43,035 mm

$d_{3 \text{ April } 2024}$ Stasiun Singosari = 75 mm

$$\bar{d} = \frac{1}{n}(d_1 + d_2 + \dots + d_3)$$

$$= \frac{96,490 + 43,035 + 75}{3}$$

$$= 71,508 \text{ mm/hari}$$

Dengan cara yang sama didapatkan curah hujan pada Stasiun Pendem dan Stasiun Singosari sebagai berikut.

$d_{\text{Pendem tahun } 2024} = 53,390 \text{ mm/hari}$

$d_{\text{Singosari tahun } 2024} = 88,723 \text{ mm/hari}$

Dari ketiga stasiun hujan pada tahun 2024 dipilih nilai paling besar yakni pada Stasiun Singosari dengan nilai 88,723 mm/hari.

Tabel 5 Tabel Curah Hujan Daerah

N o	Tahun	Curah Hujan Daerah (mm/hari)
1	2016	93,626
2	2017	76,975
3	2018	53,300
4	2019	68,667
5	2020	97,000
6	2021	68,000
7	2022	108,333
8	2023	66,000
9	2024	88,723
10	2025	86,809

Sumber: Hasil Analisis

Curah Hujan Rancangan

Pada penelitian ini perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Gumbel Tipe 1 dan Log Pearson Tipe III dikarenakan pada perhitungan nilai C_s didapat sebesar 0,012 dan untuk nilai C_k didapat sebesar 3,234 dimana untuk nilai-nilai tersebut memenuhi untuk metode Gumbel Tipe 1 dan Log Pearson Tipe III.

Nilai d Rancangan dengan kala ulang 5 tahun metode Gumbel tipe 1 didapat sebesar

98,673 mm sedangkan untuk Log Pearson Tipe III didapat sebesar 95,195 mm. Selanjutnya pada penelitian ini menggunakan nilai Gumbel Tipe 1 karena nilai tersebut lebih besar dari nilai Log Pearson Tipe III.

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dilakukan menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov dan Chi-Square. Pada metode Smirnov-Kolmogorov, distribusi dinyatakan memenuhi syarat apabila nilai ΔP maks lebih kecil daripada ΔP kritis. Sedangkan pada metode Chi-Square, distribusi dinyatakan memenuhi syarat apabila nilai X^2 hitung lebih kecil daripada X^2 kritis.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov, distribusi Gumbel Tipe I memperoleh nilai ΔP maks sebesar 0,103. Nilai tersebut lebih kecil daripada nilai ΔP kritis sebesar 0,41, sehingga memenuhi persyaratan uji Smirnov-Kolmogorov. Nilai 0,41 berasal dari derajat kepercayaan (5%) dan jumlah tahun penelitian (10 tahun).

Selanjutnya, berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode Chi-Square, distribusi Gumbel Tipe I memperoleh nilai X^2 hitung sebesar 4,00. Nilai tersebut lebih kecil daripada nilai X^2 kritis sebesar 5,99, sehingga memenuhi persyaratan uji Chi-Square. Nilai 5,99 berasal dari derajat kepercayaan (5%) dan derajat kebebasan (2).

Waktu Konsentrasi:

Perhitungan waktu konsentrasi dilakukan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan air limpasan dari area jalan dan permukiman menuju saluran drainase, yang selanjutnya digunakan dalam analisis debit limpasan. Berikut merupakan contoh perhitungan waktu konsentrasi Saluran S7 yang menerima limpasan dari jalan.

Lo Jalan = 2,5 m

Koefisien hambatan = 0,013

S Jalan = 0,02



Asumsi kecepatan = 1,5 m/detik

Panjang saluran = 45,8 m

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right]^{0,167}$$

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times 2,5 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right]^{0,167}$$

$$t_0 = 0,891 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times v} = \frac{45,8}{60 \times 1,5} = 0,509 \text{ menit}$$

$$t_c = t_0 \text{ jalan} + t_d \\ = 0,891 + 0,509 = 1,400 \text{ menit} \\ = 0,023 \text{ jam}$$

Intensitas Hujan

Pada perhitungan intensitas hujan pada penelitian ini menggunakan metode mononobe. Curah hujan rancangan $R_{24} = 98,673$ mm/hari. Intensitas hujan permukiman pada S7:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{98,673}{24} \left[\frac{24}{0,038} \right]^{\frac{2}{3}} = 418,865 \text{ mm/jam} = \\ 0,0001164 \text{ m/detik}$$

Intensitas hujan jalan pada S7:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{98,673}{24} \left[\frac{24}{0,023} \right]^{\frac{2}{3}} = 301,693 \text{ mm/jam} = \\ 0,0000838 \text{ m/detik}$$

Debit Banjir Rancangan

Pada penelitian ini perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode rasional. Berikut merupakan tahapan perhitungan debit banjir rancangan dengan contoh perhitungan pada saluran S7:

$$C_{\text{jalan}} = 0,8$$

$$C_{\text{Pemukiman}} = 0,5$$

$$A_{\text{jalan}} = 114,5 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{pemukiman}} = 1809,10 \text{ m}^2$$

$$I_{S7} = 0,0001164 \text{ m/detik}$$

$$Q_{\text{jalan}} = C \times I \times A \\ = 0,8 \times 0,0001164 \times 114,5 \\ = 0,011 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{pemukiman}} = C \times I \times A \\ = 0,5 \times 0,0001164 \times 1809,10 \\ = 0,076 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada seluruh saluran, didapatkan total debit limpasan dari jalan sebesar 1,538 m³/detik dan debit limpasan dari kawasan permukiman sebesar 5,119 m³/detik.

Debit Air Limbah

Debit air limbah dihitung dari jumlah penduduk dan volume limbah yang dibuang. Jumlah penduduk diasumsikan 5 orang tiap rumah. Berikut disajikan perhitungan debit air kotor pada kawasan permukiman yang dilayani oleh saluran S7.

$$\text{Jumlah orang} = 10 \text{ orang (2 rumah)}$$

$$\text{Debit per orang} = 0,0000046 \text{ m}^3/\text{orang/hari}$$

$$Q_{\text{limbah}} = \text{Jumlah penduduk} \times \text{limbah} \\ = 10 \times 0,0000046 \\ = 0,0000463 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada seluruh saluran, didapatkan total debit limbah sebesar 0,0124 m³/detik.

Debit Air Kumulatif

Debit air kumulatif didapat dari penjumlahan debit banjir rancangan dari jalan, permukiman serta debit limbah. Berikut disajikan perhitungan debit kumulatif S7.

$$Q_{\text{jalan}} = 0,011 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{Pemukiman}} = 0,076 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{Limbah}} = 0,0000463 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{kumulatif}} = Q_{\text{jalan}} + Q_{\text{Pemukiman}} + Q_{\text{Limbah}} \\ = 0,011 + 0,076 + 0,0000463 \\ = 0,087 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan debit kumulatif S7 didapatkan $Q_{\text{kumulatif}}$ sebesar 0,087 m³/detik. Nilai debit kumulatif pada setiap saluran ditentukan berdasarkan arah aliran pada jaringan drainase, sehingga debit yang mengalir pada suatu saluran dapat menerima kontribusi debit dari saluran-saluran sebelumnya yang mengalir menuju saluran tersebut. Dengan demikian, nilai debit kumulatif pada setiap saluran dipengaruhi



oleh debit dari saluran sebelumnya sesuai dengan hubungan jaringan drainase. Nilai debit kumulatif tersebut selanjutnya digunakan untuk mengontrol kemampuan saluran dalam menampung dan mengalirkan debit yang masuk dengan membandingkannya terhadap kapasitas debit saluran. Berdasarkan hasil perhitungan debit kumulatif pada seluruh saluran, diperoleh debit limpasan total yang berkisar antara 0,016 m³/detik hingga 4,459 m³/detik.

Perencanaan Biopori

Pada penelitian ini lubang biopori direncanakan dengan diameter lubang 0,15 m dan kedalaman 1 m. Jumlah lubang biopori yang direncanakan sebanyak 1739 lubang dengan jarak tiap biopori 1 m.

Dimensi Lama

Dimensi saluran eksisting pada lokasi penelitian diperoleh berdasarkan hasil survei lapangan yang meliputi pengukuran lebar, tinggi, dan bentuk penampang saluran. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa dimensi saluran eksisting bervariasi pada setiap ruas saluran. Berdasarkan hasil survei didapatkan dimensi terkecil lebar 0,15 m dan tinggi 0,2 m sedangkan dimensi terbesar dengan lebar 2 m dan tinggi 0,7 m. Untuk material saluran terbuat dari pasangan batu dan beton, dengan kondisi saluran mayoritas saluran memiliki endapan tanah dan sampah.

Analisis Hidrolika

Dimensi saluran eksisting didapat dengan cara survei langsung ke lokasi penelitian. Langkah melakukan perhitungan dimensi saluran eksisting disajikan Saluran S7 sebagai contoh seperti berikut:

- a. Menghitung luas penampang saluran (A)

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 0,44 \times 0,338 \\ &= 0,149 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- b. Menghitung keliling basah saluran (P)

$$P = b + 2 h$$

$$= 0,44 + 2 \times 0,338$$

$$= 1,115 \text{ m}$$

- c. Menghitung radius hidrolis saluran (R)

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ R &= \frac{0,149}{1,115} = 0,133 \text{ m} \end{aligned}$$

- d. Menghitung kecepatan aliran (V)

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{n} \times (R)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \\ v &= \frac{1}{0,025} \times (0,133)^{\frac{2}{3}} \times 0,022^{\frac{1}{2}} \\ &= 1,541 \text{ m}^2/\text{detik} \end{aligned}$$

- e. Menghitung debit saluran (Q)

$$\begin{aligned} Q &= V \times A \\ Q &= 1,541 \times 0,149 = 0,229 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

- f. Kontrol kecepatan saluran

Syarat:

$$V_{\min} < V_{\text{hit}} < V_{\text{maks}}$$

$$0,2 \text{ m}^2/\text{detik} < 1,541 \text{ m}^2/\text{detik} < 3 \text{ m}^2/\text{detik}$$

- g. Kontrol bilangan froude (Fr)

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} < 1 \\ Fr &= \frac{1,541}{\sqrt{9,81 \times 0,338}} = 0,847 < 1 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dikatakan bahwa saluran S7 tidak perlu dilakukan *re-design* dikarenakan untuk kontrol kecepatan saluran sudah memenuhi tidak di bawah kecepatan minimum dan tidak melebihi kecepatan maksimum, nilai Froude tidak melebihi 1 dan debit kumulatif tidak melebihi debit saluran dimana untuk debit kumulatif didapat dari perhitungan debit kumulatif dengan nilai 0,186 m³/detik sedangkan debit saluran sebesar 0,229 m³/detik.

Saluran yang dilakukan *re-design* adalah saluran yang belum memenuhi kriteria perencanaan hidrolika, yaitu terdapat parameter yang tidak memenuhi batas yang ditentukan. *Re-design* dilakukan apabila kecepatan aliran berada di bawah kecepatan minimum atau melebihi kecepatan maksimum yang diizinkan, nilai bilangan Froude (Fr) lebih



besar dari 1, serta debit kumulatif lebih besar daripada kapasitas debit saluran. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa dimensi saluran eksisting belum mampu memenuhi kebutuhan pengaliran pada debit rencana, sehingga diperlukan perubahan dimensi saluran agar kapasitas dan karakteristik alirannya memenuhi kriteria perencanaan.

Perencanaan Dimensi Baru

Dimensi saluran baru didapatkan dengan mencoba-coba ukuran, baik lebar maupun kedalaman, hingga diperoleh dimensi saluran yang memenuhi kriteria dari segi kecepatan aliran dan debit rencana. Saluran yang direncanakan menggunakan dua jenis bahan, yaitu batu kali dan beton, yang disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan pada masing-masing ruas saluran. Pada penelitian ini, diperoleh dimensi terkecil yaitu lebar 0,20 m dan tinggi 0,35 m pada saluran S87A, sedangkan dimensi terbesar yaitu lebar 2,00 m dan tinggi 2,02 m pada saluran S68B. Penggunaan bahan batu kali dan beton pada saluran direncanakan sesuai dengan kebutuhan konstruksi dan kondisi masing-masing ruas saluran.

Bangunan Terjun

Bangunan terjun direncanakan pada ruas saluran yang mengalami perubahan elevasi dasar saluran secara signifikan. Berdasarkan hasil survei lapangan dan analisis hidrolika, bangunan terjun ditempatkan pada Saluran S15 karena pada S15 kecepatan salurannya melebihi kecepatan maksimum saluran tersebut. Penempatan bangunan terjun bertujuan untuk mengurangi kecepatan aliran sehingga tidak terjadi penggerusan material saluran akibat aliran yang terlalu cepat. Berikut contoh perhitungan dimensi bangunan terjun:

1. Tinggi garis energi

$$H = h_1 + \frac{v_1}{2g} = 0,45 + \frac{1,380}{2 \times 9,81} = 0,520 \text{ m}$$

2. Lebar bukaan efektif (B)

$$B = \frac{Q_{rencana}}{0,71 \text{ m } H^{\frac{2}{3}}} = \frac{0,229}{0,71 \times 1 \times 0,520^{\frac{2}{3}}} = 1,903 \text{ m}$$

3. Kedalaman kritis (d_c)

$$d_c = \frac{Q^2}{(g \times B^2)^{1/3}} = \frac{0,229^2}{(0,981 \times 1,903^2)^{1/3}} = 0,016 \text{ m}$$

4. Tinggi ambang ujung

$$a = 0,5 \times d_c = 0,5 \times 0,016 = 0,008 \text{ m}$$

5. Koefisien pengali (c)

$$c = 2,5 + 1,1 \cdot \frac{d_c}{z} + 0,7 \left(\frac{d_c}{z} \right)^3 \\ = 2,5 + 1,1 \times \frac{0,016}{0,075} + 0,7 \times \left(\frac{0,016}{0,075} \right)^3 \\ = 2,741$$

6. Panjang kolam olak

$$L_2 = c \sqrt{z \cdot d_c} + 0,25 \\ = 2,741 \sqrt{0,075 \times 0,016} + 0,25 = 0,25 \text{ m}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan saluran drainase yang telah dilakukan pada kawasan Kelurahan Mojolangu, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil survei lapangan, sebagian besar saluran drainase eksisting merupakan saluran terbuka. Beberapa ruas saluran mengalami kerusakan serta memiliki kapasitas yang tidak mampu menampung debit banjir rencana sehingga berpotensi menimbulkan genangan pada kawasan penelitian.
2. Berdasarkan analisis hidrologi, diperoleh curah hujan rencana sebesar 98,673 mm/hari dengan kala ulang 5 tahun. Hasil perhitungan menunjukkan total debit limpasan terdiri atas debit limpasan dari jalan sebesar 1,538 m³/detik, debit limpasan dari kawasan permukiman sebesar 5,119 m³/detik, dan debit air limbah sebesar 0,0124 m³/detik.



3. Berdasarkan hasil analisis kapasitas saluran, sebanyak 121 saluran eksisting tidak mampu menampung debit banjir rencana sehingga diperlukan perencanaan ulang dimensi saluran agar kapasitas aliran dapat memenuhi debit yang direncanakan.
4. Perencanaan ulang saluran drainase menggunakan dua jenis konstruksi, yaitu saluran pasangan batu kali dan saluran

beton cor di tempat (*cast in situ*). Dimensi saluran yang direncanakan bervariasi sesuai dengan kebutuhan debit pada masing-masing ruas. Dimensi terkecil yang diperoleh yaitu lebar 0,20 m dan tinggi 0,35 m menggunakan pasangan batu kali, sedangkan dimensi terbesar yaitu lebar 2,00 m dan tinggi 2,02 m menggunakan pasangan batu kali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suripin. (2004). *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*. Andi.
- [2] Chow. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- [3] Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [4] Hasmar, H. A. H. (2012). *Drainase Terapan*. Yogyakarta: UII Press.
- [5] Direktorat Irigasi dan Rawa. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi: Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- [6] Malang Raya Media. (2026). *Kondisi genangan air di Jl. Candi Bima, Kelurahan Mojolangu, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang*. TikTok.