PENANGGULANGAN BANJIR KAWASAN PENARAGA KOTA BIMA PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

Azid Kamala Rizkuna[1], I Wayan Mundra[2], dan Erni Yulianti[3]

[1]*Program Studi Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura, No. 2, Kota Malang.*
Email: Azidkamala07@gmail.com
[2]*Program Studi Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura, No. 2, Kota Malang.*
Email: wmundra@yahoo.com
[3]*Program Studi Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura, No. 2, Kota Malang.*
Email: erniyulianti00@gmail.com

ABSTRACT

Land-use change from agricultural areas to residential zones in the Penaraga Area, Bima City, West Nusa Tenggara Province, has significantly reduced water catchment areas. Consequently, high-intensity rainfall triggers overflows in the drainage dimensions, causing flood inundation with depths of 30–50 cm for approximately 2 hours. This study aims to evaluate the performance of the existing drainage system and redesign the optimal channel dimensions as a flood mitigation effort in the area. The research method begins with collecting existing channel dimensions and maximum daily rainfall data over a 10-year period (2016–2025). Hydrological analysis includes calculating average rainfall using the Thiessen Polygon method, frequency analysis utilizing the E.J. Gumbel distribution, and suitability tests via Chi-Square and Smirnov-Kolmogorov methods. The 10-year return period design flood discharge is calculated using the Rational Method, while the evaluation of channel hydraulic capacity employs Manning's equation. The analysis results indicate that the existing drainage system is inadequate; out of 50 evaluated channels, 38 are unable to accommodate the design flood discharge. For instance, the Veteran Street (right) channel has a design flood discharge of 0.743 m³/second, whereas its existing capacity is only 0.171 m³/second. In conclusion, this study recommends replacing the channel material from river stone masonry to precast concrete U-ditch channels and enlarging the cross-sectional dimensions, such as reshaping Veteran Street (right) to 0.60 m x 0.60 m to safely convey the water flow. Furthermore, periodic maintenance, including sediment dredging and garbage cleaning, is essential to sustain optimal drainage system performance.

Kata Kunci: *Drainage System, Design Flood Discharge, U-ditch*

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan dari area pertanian menjadi kawasan permukiman di Kawasan Penaraga, Kota Bima, Provinsi Nusa Tenggara Barat, berdampak signifikan pada berkurangnya area resapan air. Akibatnya, curah hujan berintensitas tinggi memicu luapan air pada penampang drainase yang menyebabkan genangan banjir dengan ketinggian 30–50 cm selama kurang lebih 2 jam. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem drainase eksisting serta merencanakan ulang dimensi saluran yang optimal sebagai upaya penanggulangan banjir di kawasan tersebut. Metode penelitian diawali dengan pengumpulan data dimensi saluran eksisting dan data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun (2016–2025). Analisis hidrologi mencakup perhitungan curah hujan rata-rata dengan metode Polygon Thiessen, analisis frekuensi menggunakan distribusi E.J. Gumbel, serta uji kesesuaian Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov. Debit banjir rencana kala ulang 10 tahun dihitung menggunakan Metode Rasional, sedangkan evaluasi kapasitas hidrolika saluran menggunakan rumus Manning. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem drainase eksisting tidak memadai; dari total 50 saluran yang dievaluasi, sebanyak 38 saluran tidak mampu menampung debit banjir rencana. Sebagai contoh, saluran Jl. Veteran (kanan) memiliki debit banjir rencana sebesar 0,743 m³/detik, sementara kapasitas eksistingnya hanya 0,171 m³/detik. Kesimpulan dari penelitian ini merekomendasikan penggantian material saluran dari pasangan batu kali menjadi saluran beton pracetak tipe U-ditch serta pembesaran dimensi penampang, seperti pada Jl. Veteran (kanan) yang diubah dimensinya menjadi 0,60 m x 0,60 m agar mampu mengalirkan air dengan aman. Selain itu, diperlukan pemeliharaan berkala berupa pengerukan sedimen dan pembersihan sampah untuk menjaga fungsi sistem drainase agar tetap berjalan optimal.

Keyword: Sistem Drainase, Debit Banjir Rencana, U-ditch

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan pesatnya alih fungsi lahan menjadi kawasan terbangun di wilayah perkotaan Indonesia secara drastis menurunkan area resapan air. Dampaknya, terjadi peningkatan debit limpasan permukaan (*surface runoff*) yang memicu banjir perkotaan. Masalah ini diperparah oleh kapasitas drainase yang tidak memadai serta pemeliharaan saluran yang kurang optimal. Kondisi tersebut secara nyata terjadi di Kawasan Penaraga, Kota Bima, Provinsi Nusa Tenggara Barat (luas wilayah 222,25 km²; populasi 163.820 jiwa). Sejak tahun 2020, kawasan ini rutin mengalami banjir akibat curah hujan berintensitas tinggi dengan tinggi genangan mencapai 30–50 cm dan durasi kurang lebih 2 jam. Disfungsi drainase di Kawasan Penaraga utamanya disebabkan oleh sedimentasi yang tinggi, penyumbatan sampah, serta konversi lahan pertanian menjadi permukiman. Mengingat dampak banjir yang mengganggu aktivitas masyarakat dan merusak lingkungan, diperlukan evaluasi teknis yang terukur. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan strategi penanggulangan banjir di Kawasan Penaraga melalui analisis hidrologi dan hidrolika guna mengoptimalkan kembali kapasitas sistem saluran drainase.

2. LANDASAN TEORI

Drainase

drainase merupakan tindakan teknis untuk mengendalikan dan mengurangi kelebihan air, baik air permukaan yang berasal dari curah hujan dan irigasi, maupun air tanah (rembesan). Dalam lingkup yang lebih luas, sistem drainase tidak hanya berfungsi mengalirkan air untuk mencegah genangan, melainkan juga berperan dalam mengontrol kualitas air tanah terkait pemeliharaan salinitas lahan (Suripin, 2004).

Analisis debit banjir rencana

Analisis debit banjir rencana bertujuan untuk mengestimasi volume aliran maksimum yang berpotensi terjadi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Debit banjir rencana ini diproyeksikan berdasarkan periode ulang tertentu (*return period*) sebagai acuan kapasitas aman saluran agar mampu mengalirkan debit puncak tanpa menimbulkan risiko genangan atau kerusakan bagi lingkungan sekitar.

Uji konsistensi data

Uji konsistensi data hujan dilakukan untuk memastikan validitas data sebelum dianalisis, salah satunya menggunakan metode Kurva Massa Ganda (*Double Mass Curve*). Menurut Kamiana (2011), metode ini membandingkan nilai kumulatif stasiun yang diuji (X) dengan nilai kumulatif rata-rata dari beberapa stasiun referensi di sekitarnya (Y) dalam sistem koordinat Kartesius.

Analisis curah hujan rata-rata

Data curah hujan dari satu stasiun pengamatan hanya merepresentasikan tinggi hujan pada satu titik (*point rainfall*). Mengingat variabilitas spasial curah hujan yang tinggi, data titik tersebut tidak dapat langsung digunakan untuk analisis hidrologi pada kawasan yang luas (Suripin, 2004). Oleh karena itu, diperlukan perhitungan curah hujan rata-rata wilayah (hujan kawasan) guna memperoleh estimasi yang representatif untuk perencanaan debit banjir rencana. Meskipun terdapat beberapa metode perhitungan seperti rerata aljabar, Poligon Thiessen, dan Isohyet penelitian ini menerapkan Metode Poligon Thiessen. Metode ini dipilih karena mampu mengakomodasi distribusi spasial stasiun hujan yang tidak merata di sekitar Kawasan Penaraga dengan memberikan bobot luas daerah pengaruh (*coefficient Thiessen*) pada masing-masing stasiun pengamatan. Curah hujan wilayah dihitung menggunakan persamaan berikut:

Analisis distribusi frekuensi

Analisis frekuensi dalam hidrologi digunakan untuk memprediksi besarnya peluang suatu curah hujan ekstrem disamai atau dilampaui dalam jangka waktu tertentu, yang dikenal sebagai kala ulang (*return period*). Menurut Suripin (2004), kala ulang merupakan waktu hipotetik dan tidak berarti bahwa kejadian hujan tersebut akan berulang secara teratur dalam siklus waktu yang kaku. Untuk menentukan kesesuaian distribusi data hujan, terdapat empat jenis metode distribusi frekuensi yang umum digunakan dalam teknik sipil:

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Log *Person Type III*
4. Distribusi *E.J. Gumbel*

Pemilihan jenis distribusi yang paling tepat untuk suatu wilayah ditentukan berdasarkan karakteristik statistik dari data sampel. Parameter statistik utama yang digunakan sebagai acuan meliputi nilai rata-rata (X), simpangan baku (S), koefisien variasi (Cv), dan koefisien kecondongan (Cs).

1. Rata-rata $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$
2. Standar deviasi $S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(xi-\bar{x})^2}{n-1}}$
3. Koefesi variasi $Cv = \frac{Sd}{x}$
4. Koefesien skewness $C_S = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)}\sum_{i=1}^{n}(xi-\bar{x})^3}{Sd^3}$

Tabel 2.1 Syarat Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	Cs = 0 Ck = 3
Log Normal	Cs = 3.Cv + Cv^2 Ck = 5,383
Log Person Tipe III	Cs ≠ 0
E.J. Gumbel	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002

(Sumber: Robby Yussac Tallar, 2023)

Distribusi normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi *gauss*. Rumus yang ada tidak digunakan secara langsung karena telah dibuat tabel untuk keperluan perhitungan, dan juga dapat didekati dengan:

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S}$$

Dimana:
X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi periode ulang T tahun
$\bar{X}$ = Nilai rata-rata hitung variat
S = Deviasi standar nilai variat
K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan analisis untuk analisis peluang.

Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi *Gauss*

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

(Sumber: Suripin, 2004)

Distribusi log normal

Jika variabel acak Y = log X terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. Untuk distribusi Log Normal dapat didekati dengan persaamaan:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S$$

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S}$$

Dimana:
Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi periode ulang T tahunan
$\bar{Y}$ = nilai rata-rata hitung variat
S = deviasi standar nilai variat
K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan analisis untuk analisis peluang.

Distribusi *log person type III*

Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan oleh *Person* yang menjadi perhatian ahli sumber daya air adalah *log-person type* III (LP. III). Tiga parameter penting dalam LP. III, yaitu (i) harga rata-rata; (ii) simpangan baku; dan (iii) koefesien kemencengan. Yang menarik, jika koefesien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi log normal.

Berikut ini langkah-langkah pengggunaan distribusi *Log-Person Type III*, yaitu:

1. Ubah data kedalam bentuk logiritmis, $X = log\ \bar{X}$
2. Hitung harga rata-rata: $Log\ \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} log X_i}{n}$
3. Hitung harga simpangan baku:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Log\ xi - Log\ \bar{x})^2}{n-1}}$$

4. Hitung koefesien kemencangan:

$$C_S = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)}\sum_{i=1}^{n}(Log\ xi - Log\ \bar{x})^3}{Sd\ Log^3}$$

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus:

$$LogX_T = Log\ \bar{X} + Gt.Sd$$

Distribusi *E.J. gumbel*

E.J. Gumbel menggunakan harga ekstrem untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim X_1, X_2, X_3,…, X_n mempunyai fungsi distribusi

eksponesial ganda. Apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel), dapat didekati dengan persamaan:

$$X_{Tr} = \bar{X} + sK$$

Dimana:
$\bar{X}$ = harga rata-rata sampel
S = standar deviasi (simpangan baku) sampel
Faktor probabilitas K untuk harga-harga ektrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$$

Dimana:
Y = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data ke- n
Sn = *reduced standard deviation*, yang juga tergantung pada jumlah sampel/data ke-n
Y_{Tr} = *reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Y_{Tr} = -In\left\{In\frac{T_r - 1}{T_r}\right\}$$

Tabel 2.3 *Reduced Mean, Yn.*

N	0	1	2	3
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2.4 *Reduced Standard Deviation, Sn*

N	0	1	2	3
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971
20	10,628	10,696	10,754	10,811
30	11,124	11,159	11,193	11,226
40	11,413	11,436	11,458	11,480
50	11,607	11,623	11,638	11,658
60	11,747	11,759	11,770	11,782
70	11,854	11,863	11,873	11,881
80	11,938	11,945	11,953	11,959
90	12,007	12,013	12,020	12,026
100	12,065	12,069	12,073	12,077

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2.5 Reduced Variate, Y_{Tr} sebagai fungsi periode ulang

Periode Ulang, Tr (Tahun)	Reduced Variate, Y_{Tr}	Periode Ulang, Tr (Tahun)	Reduced Variate, Y_{Tr}
2	0,3665	100	4,6001
5	1,4999	200	5,2960
10	2,2504	250	5,5206
20	2,9606	500	6,2140
25	3,1985	1000	6,9190
50	3,9019	5000	8,5390
75	4,3117	10000	9,9210

(Sumber: Suripin, 2004)

Dari persamaan diatas yang di substitusikan, maka didapatkan persamaan berikut ini:

$$X_{Tr} = \bar{X} + \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \mathrm{S_d}$$

Atau

$$X_{Tr} = b + \frac{1}{a} Y_{Tr}$$

Dimana

$$a = \frac{S_n}{S} \; dan \; b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n}$$

Sebelum melakukan analisis frekuensi terhadap curah hujan maksimum, data curah hujan perlu diuji konsistensinya terlebih dahulu untuk memastikan keakuratan dan keandalan data tersebut.

Uji kesesuaian distribusi

Setelah menentukan estimasi jenis distribusi frekuensi, diperlukan uji keselarasan (*the goodness of fit test*) untuk memastikan bahwa fungsi distribusi yang dipilih mampu mewakili sebaran data aktual di lapangan. Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi akurasi nilai hujan rencana agar dapat diandalkan dalam perancangan sistem drainase.

Menurut Suripin (2004), pengujian parameter yang umum digunakan untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang terdiri dari dua metode:

1. Uji *Chi-Kuadrat*: Menguji perbedaan antara frekuensi data pengamatan (aktual) dengan frekuensi teoritis berdasarkan pembagian kelas interval.
2. Uji *Smirnov-Kolmogorov*: Menguji deviasi atau selisih maksimum antara peluang kumulatif empiris (data aktual) dengan peluang kumulatif teoritis.

Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi (Tc) didefinisikan sebagai durasi yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh di titik terjauh dalam suatu daerah tangkapan air untuk

mengalir menuju titik kontrol (titik drainase) yang ditinjau. Untuk sistem drainase perkotaan, nilai Tc dihitung berdasarkan akumulasi waktu limpasan di atas permukaan tanah menuju saluran terdekat (To) dan waktu perjalanan air di dalam saluran itu sendiri sampai ke titik tinjauan (Ts) (Suhardjono, 1984 dalam Kustamar, 2019).

$$T_c = T_O + T_S$$

Dimana:
T_O = waktu aliran permukaan (menit)
T_S = waktu aliran di saluran (menit)
T_c = waktu konsentrasi

Intensitas curah hujan

Intensitas curah hujan didefinisikan sebagai ketinggian atau kedalaman air hujan yang terjadi dalam satu satuan waktu tertentu. Karakteristik umum hujan menunjukkan bahwa semakin singkat durasi hujan berlangsung, maka intensitasnya cenderung semakin tinggi. Selain itu, semakin besar periode ulang (*return period*) yang digunakan, maka intensitas hujannya juga akan semakin meningkat.

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

Dimana:
R_{24} = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)
T_c = waktu konsentrasi (jam)
I = intensitas curah hujan (mm/jam)

Koefesien pengaliran

Menurut (Kustamar, 2019) koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di permukaan akibat hujan (limpasan) pada suatu daerah dengan jumlah curah hujan yang turun di daerah tersebut.

Untuk menentukan harga koefisien pengaliran adalah (Subarkah,1980) dalam (Kustamar, 2019):

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \,.\, C_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$$

Dimana:
C = koefisien pengaliran rata-rata
A_i = luas masing-masing tata guna lahan
C_i = koefesien pengaliran masing-masing tata guna lahan
n = banyaknya jenis penggunaan tanah dalam suatu pengaliran

Debit banjir rencana

Debit limpasan permukaan akibat curah hujan secara umum dihitung berdasarkan hubungan linear antara intensitas hujan, karakteristik permukaan lahan, dan luas area tangkapan air melalui Metode Rasional. Menurut (Suripin 2004), metode ini efektif dan direkomendasikan untuk daerah pengaliran dengan luas kurang dari 300 hektar.

Adapun persamaan debit rencana dalam Metode Rasional dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_r = 0{,}278\ C.I.A$$

Dimana:
C = koefisien limpasan air hujan
I = intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
A = luas daerah pengaliran (km^2)
Q_r = debit maksimum (m^3/dt)
0,278 = faktor konversi satuan

Perencanaan dimensi saluran

Besar kapasitas saluran drainase dihitung berdasarkan kondisi *steady flow* menggunakan rumus Manning (Ven.Te Chow, 1989) dalam (Kustamar, 2019):

$$Q = V.A$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Dimana:
Q = debit air (m^3/dt)
V = kecepatan aliran (m/dt)
A = luas penampang basah (m^2)
n = koefesien kekasaran Manning
R = jari-jari hidrolis (m)
S = kemiringan dasar saluran

3. METODELOGI

Pengumpulan data

Tahap pengumpulan data merupakan langkah krusial untuk menganalisis sistem drainase di Kawasan Penaraga, Kota Bima. Data primer dan sekunder dalam penelitian ini diperoleh langsung melalui koordinasi dengan instansi pemerintah terkait, serta didukung oleh studi literatur dari jurnal ilmiah dan artikel akademis yang relevan.

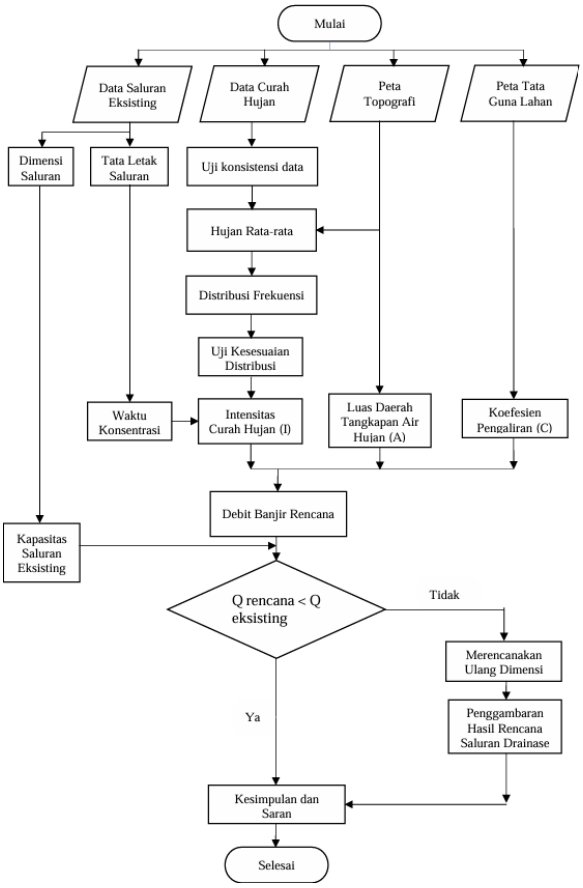
1. Data Curah Hujan
   Diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I (BWS NT I) menggunakan rekaman data dari tiga stasiun penakar hujan terdekat. Data yang digunakan mencakup pemantauan periode 10 tahun terakhir guna menjaga validitas dan keakuratan hasil analisis hidrologi dalam studi ini.
2. Peta Tata Guna Lahan
   Diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) dalam bentuk peta spasial. Data ini digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik permukaan wilayah—seperti area permukiman, jaringan jalan, ruang terbuka hijau, dan kawasan terbangun—guna menentukan nilai koefisien limpasan (C) yang memengaruhi volume limpasan permukaan secara aktual.

3. Peta Topografi
   Diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) berupa peta kontur. Data ini berfungsi untuk memetakan elevasi permukaan bumi, mengukur luas area tangkapan air (*catchment area*), serta menganalisis kemiringan medan guna menentukan arah aliran air menuju sistem saluran drainase.
4. Data Saluran Eksisting
   Diperoleh melalui survei investigasi dan pengukuran langsung di lokasi studi. Data yang diambil meliputi tata letak geometris serta dimensi fisik saluran drainase (panjang, lebar tampang, dan kedalaman efektif) guna mengevaluasi kapasitas tampung hidrolika aktual saat ini.

Tahapan data

1. Melakukan uji konsistensi data curah hujan harian maksimum periode 10 tahun dari tiga stasiun penakar menggunakan metode Kurva Massa Ganda guna memastikan stabilitas data.
2. Menghitung curah hujan rata-rata kawasan dengan Metode Poligon Thiessen, dilanjutkan dengan analisis distribusi frekuensi (Normal, Log Normal, Log Pearson III, atau Gumbel) untuk menentukan jenis sebaran yang paling sesuai.
3. Menguji kecocokan distribusi frekuensi terpilih menggunakan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov untuk mendapatkan nilai curah hujan rencana yang valid.
4. Menghitung waktu konsentrasi (Tc) berdasarkan karakteristik fisik saluran, kemudian menghitung debit banjir rencana (Qrencana) menggunakan Metode Rasional yang disesuaikan untuk skala luasan daerah tangkapan lokasi studi.
5. Mengevaluasi tata letak jaringan dan kapasitas tampung saluran eksisting (Qeksisting) berdasarkan hasil survei dimensi lapangan. Saluran dinyatakan memadai jika Qeksisting > Qrencana.
6. Jika Qeksisting < Qrencana (saluran luap), dilakukan perencanaan ulang dimensi hidrolika saluran yang optimal, dilengkapi dengan output gambar teknis berupa potongan memanjang (*long-profile*) dan melintang (*cross-section*)

Bagan alir (flowchart)



4. ANALISIS DAN PERENCANAAN

Tata letak saluran

Sistem jaringan drainase di Kawasan Penaraga dirancang mengikuti topografi alamiah dan arah kemiringan lahan. Pola pengaliran limasan di kawasan studi ini terbagi menjadi tiga sistem pembuangan utama menuju badan air penerima (sungai), yaitu:

1. Sistem Jalan Soekarno-Hatta (Utama): Mengakomodasi aliran dari saluran cabang Jl. Veteran, Jl. Perintis, Gg. Jambu, Gg. Mangga, Gg. KLP, dan Gg. Sepakat yang terlebih dahulu masuk ke saluran pengumpul Jl. Pembangunan. Sistem ini juga menampung aliran dari Jl. Kesatuan, Jl. Kamboja, Jl. Dahlia 2, Gg. Aji Kedo (sisi kiri), Gg. Nurul Mubin, dan Jl. Abu La Amo, sebelum seluruh debit diteruskan ke sungai.
2. Sistem Jalan Gajah Mada: Mengalirkan debit dari wilayah hulu dan saluran cabang meliputi Gg. La Ncindo, Gg. Ps 2, Jl. Dahlia 1, Jl. Dahlia 3, serta Jl. Aji Kedo (sisi kanan) menuju saluran sekunder Jl. Gajah Mada sebelum dilepas ke pembuangan akhir.
3. Sistem Langsung (Direct Outflow): Aliran dari saluran lokal di Gg. Satampa I dan Gg. Satampa II langsung terhubung dan membuang air secara

langsung ke badan sungai terdekat tanpa melalui saluran pengumpul utama.

Data hujan

Tabel 4.1 Data Hujan Stasiun

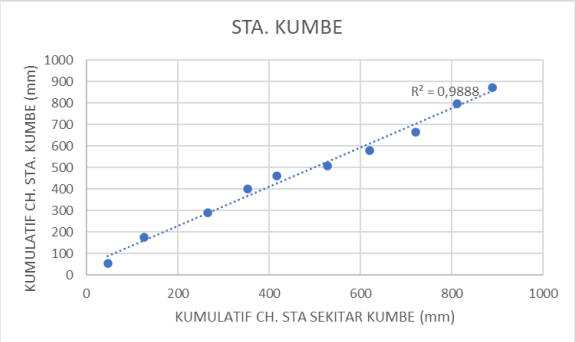
No.	Tahun	Stasiun Hujan Kumbe (mm)	Stasiun Hujan Tawali (mm)	Stasiun Hujan Sumi (mm)
1	2016	54	45	49
2	2017	121	76	83
3	2018	115	90	190
4	2019	110	71	104
5	2020	62	64	63
6	2021	45	71	150
7	2022	73	95	91
8	2023	85	92	108
9	2024	133	97	85
10	2025	74	87	67

(Sumber: BWS NT I, Provinsi NTB)

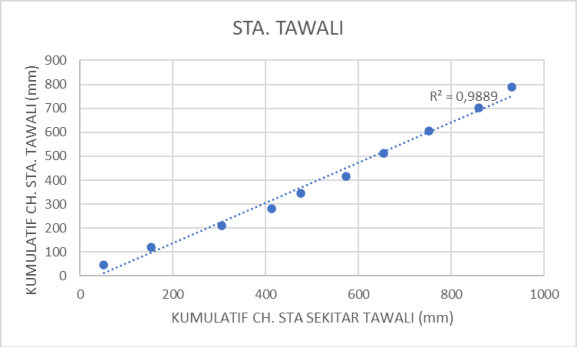
Uji konsistensi data hujan

Pengujian konsistensi data curah hujan dilakukan menggunakan metode Kurva Massa Ganda dengan membandingkan akumulasi data stasiun tinjauan (sumbu Y) terhadap rata-rata akumulasi stasiun referensi terdekat (sumbu X). Berdasarkan analisis plot grafik, tingkat konsistensi data dinilai dari linieritas garis yang terbentuk; grafik yang membentuk garis lurus menunjukkan data stabil dan valid untuk analisis frekuensi.

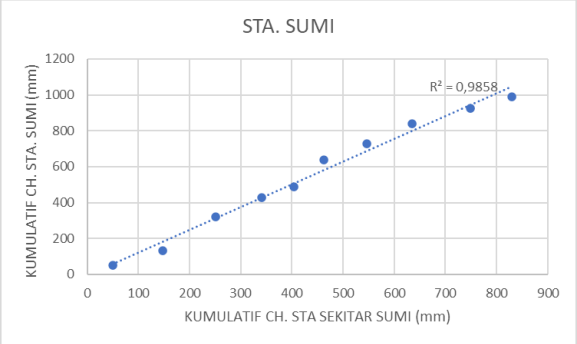
Hasil evaluasi kelayakan dan uji konsistensi data curah hujan untuk masing-masing stasiun pengamatan disajikan sebagai berikut:



Gambar 4.1 Uji Konsistensi Stasiun Kumbe
(Sumber: Hasil Analisis, 2026)



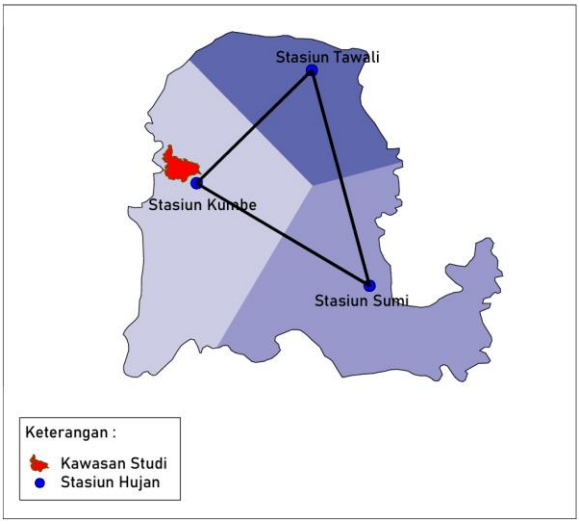
Gambar 4.2 Uji Konsistensi Stasiun Tawali
(Sumber: Hasil Analisis, 2026)



Gambar 4.3 Uji Konsistensi Stasiun Sumi
(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Sebaran data membentuk garis yang mendekati lurus yang ditunjukkan dengan nilai R2 = 0,9888 untuk Stasiun Kumbe, R2 = 0,9889 untuk Stasiun Tawali, dan R2 = 0,9858 untuk Stasiun Sumi mendekati 1, sehingga dapat dinyatakan bahwa sebaran data konsisten.

Perhitungan curah hujan rata-rata



Gambar 4. 4 Peta Pembagian Luasan Area *Polygon Thiessen*

Tabel 4. 2 Luas Pengaruh Stasiun Hujan

Luas Pengaruh Stasiun Hujan				
No.	Nama Stasiun	Koordinat Geografis (UTM)		Luas (km^2)
		X	Y	
1	Kumbe	694864,96	9061352,00	0,74
2	Tawali	712066,79	9078155,85	0,00
3	Sumi	720743,13	9046178,46	0,00

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Berdasarkan hasil analisis Poligon Thiessen, seluruh wilayah studi dengan total luas 0,74 km^2 sepenuhnya berada di bawah cakupan area pengaruh Stasiun Hujan Kumbe. Sementara itu, Stasiun Tawali dan Stasiun Sumi tercatat tidak memiliki bobot luas pengaruh terhadap wilayah tangkapan ini.

Oleh karena itu, nilai curah hujan rata-rata kawasan untuk periode tahun 2016 hingga 2025 diadopsi secara langsung (100%) dari data curah hujan harian maksimum tahunan di Stasiun Hujan Kumbe.

Analisis distribusi frekuensi

Tabel 4. 3 Distribusi Frekuensi Normal dan *E.J Gumbel*

No.	Tahun	Xi	$(Xi-\bar{x})$	$(Xi-\bar{x})^2$	$(Xi-\bar{x})^3$	$(Xi-\bar{x})^4$
1	2016	54,000	-33,200	1102,240	-36594,368	1214933,018
2	2017	121,000	33,800	1142,440	38614,472	1305169,154
3	2018	115,000	27,800	772,840	21484,952	597281,666
4	2019	110,000	22,800	519,840	11852,352	270233,626
5	2020	62,000	-25,200	635,040	-16003,008	403275,802
6	2021	45,000	-42,200	1780,840	-75151,448	3171391,106
7	2022	73,000	-14,200	201,640	-2863,288	40658,690
8	2023	85,000	-2,200	4,840	-10,648	23,426
9	2024	133,000	45,800	2097,640	96071,912	4400093,570
10	2025	74,000	-13,200	174,240	-2299,968	30359,578
$\sum$		872,000	0,000	8431,600	35100,960	11433419,632
$\bar{x}$		87,200				
Standar deviasi (Sd)		30,608				
Cs		0,170				
Ck		2,585				
Cv		0,351				

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Tabel 4. 4 Distribusi Frekuensi Log Normal dan *Log Person Type III*

No.	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi - Log $\bar{x}$)	(Log Xi - Log $\bar{x}$)^2	(Log Xi - Log $\bar{x}$)^3	(Log Xi - Log $\bar{x}$)^4
1	2016	54	1,732	-0,182	0,033	-0,006	0,001
2	2017	121	2,083	0,168	0,028	0,005	0,001
3	2018	115	2,061	0,146	0,021	0,003	0,000
4	2019	110	2,041	0,127	0,016	0,002	0,000
5	2020	62	1,792	-0,122	0,015	-0,002	0,000
6	2021	45	1,653	-0,262	0,068	-0,018	0,005
7	2022	73	1,863	-0,052	0,003	0,000	0,000
8	2023	85	1,929	0,015	0,000	0,000	0,000
9	2024	133	2,124	0,209	0,044	0,009	0,002
10	2025	74	1,869	-0,046	0,002	0,000	0,000
$\sum$		872,000	19,149	0,000	0,231	-0,007	0,009
$\bar{x}$		87,200	1,915				
Standar deviasi (Sdlog R)			0,160				
CS (skewness)			-0,239				
Ck			2,848				
Cv			0,084				

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Tabel 4. 5 Syarat Penentuan Distribusi Frekuensi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Analisis	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,170	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	2,585	
Log Normal	Cs ≈ 0,259	-0,239	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,383	2,848	
Log Person Tipe III	Cs ≠ 0	-0,239	Memenuhi
E.J. Gumbel	Cs ≤ 1,1396	0,170	Memenuhi
	Ck ≤ 5,4002	2,585	

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Berdasarkan hasil pengolahan data, distribusi frekuensi yang dipilih adalah distribusi *Log Pearson Tipe III* dan distribusi *E.J. Gumbel*, karena nilai Cs dan Ck yang diperoleh telah memenuhi ketentuan yang ditetapkan.

Metode *log person type III*

Penentuan curah hujan rencana untuk periode ulang tertentu dilakukan melalui analisis frekuensi dengan metode *Log Pearson Type III*, karena nilai koefisien kemencengan dan koefisien kurtosis pada data memenuhi persyaratan metode tersebut. Berikut perhitungan menggunakan metode *Log Pearson Type III*.

Tabel 4. 6 Perhitungan Nilai X*tr*

Kala Ulang	Reduced Variate, X_{Tr}	Log X_{Tr}	X_{Tr}
2	0,040	1,921	83,415
5	0,851	2,051	112,508
10	1,253	2,116	130,493

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Uji smirnov-kolmogorov smirnov

Tabel 4. 7 Uji Kesesuaian *Smirnov-Kolmogorov Log Person Type III*

No.	Tahun	x (mm)	Log x	Log x urut terbesar	m	$P[Xi]$	K	Y_{Tr}	T_r	$P'[Xi]$	$\lvert P[Xi]-P'[Xi]\rvert$
1	2016	54	1,732	2,124	1	0,091	1,305	1,734	6,180	0,162	0,071
2	2017	121	2,083	2,083	2	0,182	1,048	1,491	4,959	0,202	0,020
3	2018	115	2,061	2,061	3	0,273	0,911	1,360	4,417	0,226	0,046
4	2019	110	2,041	2,041	4	0,364	0,790	1,245	3,998	0,250	0,114
5	2020	62	1,792	1,929	5	0,455	0,091	0,581	2,335	0,428	0,026
6	2021	45	1,653	1,869	6	0,545	-0,285	0,225	1,818	0,550	0,005
7	2022	73	1,863	1,863	7	0,636	-0,322	0,190	1,777	0,563	0,074
8	2023	85	1,929	1,792	8	0,727	-0,765	-0,231	1,396	0,716	0,011
9	2024	133	2,124	1,732	9	0,818	-1,139	-0,587	1,198	0,834	0,016
10	2025	74	1,869	1,653	10	0,909	-1,634	-1,056	1,060	0,944	0,035
Jumlah ($\sum$)			19,149								
Rerata $\bar{x}$			1,915								
Standar Deviasi (S_d)			0,160	**ΔP hitung**							**0,114**
Banyak data (n)			10								
C_s			-0,239								

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Uji chi square

Tabel 4. 8 Uji Kesesuaian *Chi Square Log Person Type III*

No	Log Curah Hujan (mm)			Jumlah Data		Ej-Oj	$(Ej-Oj)^2/Ej$
				Ej	Oj		
1	1,653	-	1,747	2	2	0	0
2	1,747	-	1,841	2	1	1	0,5
3	1,841	-	1,936	2	3	-1	0,5
4	1,936	-	2,030	2	0	2	2
5	2,030	-	2,124	2	4	-2	2
Jumlah				10	10	X^2hitung	5

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Metode *E.J. gumbel*

Berdasarkan hasil uji parameter statistik, nilai koefisien kecondongan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck) dari data sampel telah memenuhi kriteria batas prasyarat Metode Distribusi *E.J. Gumbel*. Oleh karena itu, metode ini dipilih untuk memproyeksikan nilai curah hujan rencana pada berbagai periode ulang.

Tabel 4. 9 Perhitungan Nilai X*tr*

Kala Ulang	Y_{Tr}	K	$\overline{x}$	S_d	X_{Tr}
2	0,367	-0,136	87,200	30,608	83,052
5	1,500	1,058	87,200	30,608	119,585
10	2,250	1,848	87,200	30,608	143,773

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Uji smirnov-kolmogorov E.J. gumbel

Tabel 4. 10 Uji Kesesuaian *Smirnov-Kolmogorov Gumbel*

No.	x urut terbesar (mm)	*P[Xi]*	K	*Ytr*	*Tr*	*P'[Xi]*	*|P[Xi]-P'[Xi]|*
1	133	0,091	1,496	1,916	7,307	0,137	0,046
2	121	0,182	1,104	1,544	5,200	0,192	0,010
3	115	0,273	0,908	1,358	4,409	0,227	0,046
4	110	0,364	0,745	1,203	3,854	0,259	0,104
5	85	0,455	-0,072	0,427	2,087	0,479	0,025
6	74	0,545	-0,431	0,086	1,665	0,601	0,055
7	73	0,636	-0,464	0,055	1,634	0,612	0,024
8	62	0,727	-0,823	-0,287	1,359	0,736	0,009
9	54	0,818	-1,085	-0,535	1,222	0,819	0,000
10	45	0,909	-1,379	-0,814	1,117	0,895	0,014
Jumlah (∑)		872,000	**ΔP hitung**				**0,104**
Rerata $\overline{x}$		87,200					
Standar Deviasi (Sd)		30,608					
Banyak data (n)		10					

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Uji chi square *E.J. gumbel*

Tabel 4. 11 Uji Kesesuaian *Chi Square Gumbel*

No	Interval Curah Hujan (mm)			Jumlah Data		Ej-Oj	$(Ej-Oj)^2/Ej$
				Ej	Oj		
1	45,000	-	62,600	2	3	-1	0,5
2	62,600	-	80,200	2	2	0	0
3	80,200	-	97,800	2	1	1	0,5
4	97,800	-	115,400	2	2	0	0
5	115,400	-	133,000	2	2	0	0
Jumlah				10	10	X^2hitung	1

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Waktu konsentrasi

Dalam perhitungan waktu konsentrasi untuk masing-masing saluran eksisting, diperlukan data seperti panjang saluran dan kemiringan dasar saluran. Salah satu contoh perhitungan akan diterapkan pada Jalan Veteran sisi kanan, sebagai berikut:

Berdasarkan data hasil pengukuran:

Panjang Saluran (L) = 301 m

Panjang antara titik terjauh dengan titik yang ditinjau (l) = 40 m

Berdasarkan data peta topografi:

Elevasi awal saluran = 24 m

Elevasi akhir saluran = 22 m

Beda elevasi (H) = elevasi awal – elevasi akhir

= 24 – 22 = 2 m

Maka, dapat dihitung sebagai berikut:

Kemiringan (S)

$$S = \frac{Beda\ elevasi}{L}$$

$$S = \frac{2}{301}$$

$$S = 0{,}007$$

Waktu Aliran Permukaan (T_0)

$$T_0 = 0{,}0195\ x \left[\frac{L}{\sqrt{s}}\right]^{0{,}77}$$

$$T_0 = 0{,}0195\ x \left[\frac{40}{\sqrt{0{,}007}}\right]^{0{,}77}$$

$$T_0 = 2{,}301 \text{ menit}$$

Waktu Aliran Dalam Saluran (T_S)

$$T_S = \frac{L}{V}$$

$$T_S = \frac{301}{0{,}906}$$

$$T_S = 332{,}170 \text{ detik}$$

$$T_S = 5{,}536 \text{ menit}$$

$$T_C = T_0 + T_S$$

$$T_C = 2{,}301 + 5{,}536$$

$$T_C = 7{,}837 \text{ menit}$$

$$T_C = 0{,}131 \text{ Jam}$$

Intensitas curah hujan

Berdasarkan hasil analisis, didapatkan curah hujan maksimum kala ulang 10 tahun dari Analisis Distribusi Frekuensi metode *E.J. Gumbel* yaitu, R_{24} = 143,773 mm, berikut perhitungan intensitas curah hujan pada Jalan Veteran sisi kanan:

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

$$I = \frac{143{,}773}{24}\left(\frac{24}{0{,}131}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 193{,}609\ ^{\text{mm}}/_{\text{jam}}$$

Koefesien pengaliran

Dalam menghitung nilai Koefisien Pengaliran (C), langkah awal dilakukan dengan menentukan nilai rata-rata koefisien pengaliran berdasarkan luas masing-masing jenis tata guna lahan pada suatu daerah. Berikut perhitungan koefesien pengaliran pada Jalan Veteran sisi kanan:

Penggunaan lahan:

Perumahan = 8223,205 m^2

Jalan = 602 m^2

Maka nilai kofesien pengaliran:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i.C_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$$

$$C = \frac{(8223{,}205 \text{ x } 0{,}75)+(602 \text{ x } 0{,}85)}{8223{,}205 + 602}$$

$$C = 0{,}76$$

Debit banjir rencana

Berikut adalah contoh perhitungan debit banjir rencana pada saluran Jalan Veteran sisi kanan:

$$Q = 0{,}278\ .\ C\ .\ I\ .\ A$$

$$Q = 0{,}278\ .\ 0{,}76\ .\ 193{,}609\ .\ 0{,}009$$

$Q = 0{,}743$ m^3/detik

Analisis kapasitas drainase eksisting

Berdasarkan hasil survey dan pengamatan saluran drainase eksisting, dimensi saluran yang di tinjau adalah saluran pada Jalan Veteran sisi kanan, dengan tipe saluran pasangan batu kali disemen berbentuk persegi. berikut data hasil survey:

Lebar dasar saluran (b) = 0,45 m

Tinggi jagaan (w) = 0,13 m

Tinggi penampang basah (h) = 0,42 m

Kemiringan saluran (s) = 0,007

Koefisien kekasaran *manning* (n) = 0,025

Langkah-langkah perhitungan kapasitas saluran sebagai berikut:

Luas penampang basah (A)

$$A = b.h$$

$$A = 0{,}45 \text{ x } 0{,}42$$

$A = 0{,}189$ m^2

Keliling basah (P)

$$P = b + 2.h$$

$$P = 0{,}45 + 2 \text{ x } 0{,}42$$

$P = 1{,}290$ m

Jari-jari penampang basah (R)

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

$$R = \frac{0{,}189}{1{,}290}$$

$R = 0{,}147$ m

Kecepatan aliran dasar saluran (V)

$$V = \frac{1}{n} \text{ x } R^{\frac{2}{3}} \text{ x } S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0{,}025} \text{ x } 0{,}147^{0{,}667} \text{ x } 0{,}007^{0{,}5}$$

$V = 0{,}906$ m/detik

Kapasitas saluran (Q)

$$Q = V.A$$

$$Q = 0{,}906 \text{ x } 0{,}189$$

$Q = 0{,}171$ m^3/detik

Evaluasi kapasitas saluran

Tabel 4. 12 Evaluasi Saluran Drainase

No.	Saluran	Q eksisting (m^3/dt)	Q banjir (m^3/dt)	Keterangan	Solusi
1	Jl. Pembangunan I (A-i) (kiri)	0,530	0,478	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
2	Gg. Sepakat (kanan)	0,025	0,131	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
3	Gg. Sepakat (kiri)	0,025	0,139	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
4	Jl. Pembangunan I (A-ii) (kiri)	0,599	1,124	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
5	Jl. Perintis (kanan)	0,253	0,851	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
6	Jl. Perintis (kiri)	0,056	0,257	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
7	Jl. Pembangunan I (A-iii) (kiri)	1,336	2,377	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
8	Gg. Jambu (kanan)	0,119	0,083	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
9	Gg. Mangga (kanan)	0,236	0,074	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
10	Gg. Mangga (kiri)	0,236	0,071	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
11	Gg. KLP (kanan)	0,251	0,066	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
12	Gg. KLP (kiri)	0,251	0,089	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
13	Jl. Veteran (kanan)	0,171	0,743	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
14	Jl. Veteran (kiri)	0,093	0,212	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
15	Jl. Pembangunan I (A-iv) (kiri)	1,141	3,418	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
16	Jl. Pembangunan I (kanan)	0,379	0,474	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
17	Jl. Soekarno Hatta (B-i) (kanan)	1,304	0,462	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
18	Gg. Nurul Mubin (kiri)	0,431	0,080	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
19	Jl. Soekarno Hatta (B-ii) (kanan)	0,940	5,019	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
20	Gg. Aji Kedo (kiri)	0,051	0,301	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
21	Jl. Abu La Amo (kiri)	0,103	0,469	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
22	Jl. Abu La Amo (kanan)	0,085	0,284	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
23	Gg. Dahlia II (kiri)	0,284	1,339	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
24	Gg. Dahlia II (kanan)	0,110	0,275	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
25	Jl. Kamboja (kanan)	0,057	0,231	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
26	Jl. Kamboja (kiri)	0,057	0,405	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
27	Jl. Kesatuan (C-i) (kanan)	0,370	0,316	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
28	Jl. Kesatuan (C-ii) (kanan)	0,745	2,983	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
29	Jl. Kesatuan (kiri)	0,170	0,432	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
30	Jl. Soekarno Hatta (B-iii) (kanan)	1,782	8,434	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
31	Jl. Gajah Mada (D-i) (kanan)	0,651	1,098	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
32	Gg. La Ncindo (kanan)	0,063	0,165	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
33	Gg. La Ncindo (kiri)	0,145	0,489	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
34	Jl. Gajah Mada (D-ii) (kanan)	0,860	2,138	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
35	Jl. Gajah Mada (E-i) (kiri)	0,591	0,375	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
36	Gg. Ps 2 (kiri)	0,117	0,198	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
37	Gg. Ps 2 (kanan)	0,117	0,244	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
38	Jl. Gajah Mada (E-ii) (kiri)	0,871	1,345	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
39	Gg. Aji Kedo (kanan)	0,051	0,262	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
40	Gg. Dahlia III (kanan)	0,085	0,565	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
41	Gg. Dahlia III (kiri)	0,092	0,465	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
42	Gg. Dahlia I (kanan)	0,118	1,444	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
43	Gg. Dahlia I (kiri)	0,118	0,199	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
44	Jl. Gajah Mada (E-iii) (kiri)	0,943	3,359	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
45	Jl. Pembangunan II (kanan)	0,343	0,418	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
46	Jl. Pembangunan II (kiri)	0,308	0,427	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
47	Gg. Satampat I (kanan)	0,200	0,087	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
48	Gg. Satampat I (kiri)	0,200	0,145	Memenuhi	Pemeliharaan Berkala
49	Gg. Satampat II (kiri)	0,046	0,084	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi
50	Gg. Satampat II (kanan)	0,114	0,148	Tidak Memenuhi	Perencanaan Ulang Dimensi

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Perencanaan dimensi saluran

Salah satu contoh perhitungan yang direncanakan yaitu saluran pada jalan Veteran (kanan) dengan saluran beton pracetak tipe *U-Ditch*:

Debit banjir rencana = 0,743 m^3/detik

Kemiringan saluran (s) = 0,007

Koefisien kekasaran *manning* (n) = 0,013

Untuk mendapatkan dimensi yang memenuhi syarat ($Q_{banjir} \leq Q_{Dimensi\ Rencana}$), maka perlu dilakukan simulasi dimensi lebar (*b*) dan tinggi penampang basah (*h*) sebagai berikut:

Luas penampang (A)

$A = b.h$
$A = 0{,}6$ x $0{,}6$
$A = 0{,}360$ m^2
Keliling penampang basah (P)

$P = b + 2.h$
$P = 0{,}6 + 2$ x $0{,}6$
$P = 1{,}8$ m
Jari-jari penampang basah (R)

$R = \frac{A}{P}$
$R = \frac{0{,}360}{1{,}8}$
$R = 0{,}2$ m
Kecepatan aliran dasar saluran (V)

$V = \frac{1}{n}$ x $R^{\frac{2}{3}}$ x $S^{\frac{1}{2}}$
$V = \frac{1}{0{,}013}$ x $0{,}2^{0{,}667}$ x $0{,}007^{0{,}5}$
$V = 2{,}144$ m/detik
Kapasitas saluran rencana (Q)

$Q = V.A$
$Q = 2{,}144$ x $0{,}360$
$Q = 0{,}772$ m^3/detik > 0,743 m^3/detik (Memenuhi)

7. PENUTUP

Kesimpulan

1. Pola Jaringan Drainase: Tata letak saluran eksisting secara umum telah mengikuti kemiringan topografi menuju pembuangan akhir di Sungai Rabasalo. Sistem ini menerapkan pola aliran tipe *Grid Iron* karena posisi sungai berada di tepi kawasan, di mana debit dari saluran cabang dikumpulkan ke saluran pengumpul dan utama sebelum dilepas ke badan air. Meskipun demikian, terdapat beberapa saluran lokal yang membuang air langsung (*direct outflow*) ke sungai akibat kedekatan jarak lokasi.
2. Kapasitas Tampung Eksisting: Evaluasi kapasitas menunjukkan ketidakmampuan dimensi eksisting dalam menampung debit banjir rencana kala ulang 10 tahun. Sebagai contoh, pada saluran Jl. Veteran (Kanan), debit banjir rencana mencapai 0,743 m^3/detik, sedangkan kapasitas hidrolika aktual hanya mampu mengalirkan 0,171 m^3/detik.
3. Persentase Saluran Luap: Dari total 50 saluran yang dianalisis, sebanyak 38 saluran (76%) dinyatakan tidak memadai karena kapasitasnya lebih kecil dari debit rencana, dan hanya 12 saluran (24%) yang memenuhi syarat. Hal ini mengonfirmasi adanya potensi genangan yang masif di sebagian besar wilayah studi saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi, salah satunya dipicu oleh dimensi saluran Jl. Veteran (Kanan) yang terlalu sempit 0,45 m 0,42 m.
4. Solusi Penanggulangan: Redesain penanggulangan banjir dilakukan melalui kombinasi pemeliharaan berkala (pengerukan sedimen) dan peningkatan kapasitas penampang. Upaya ini diwujudkan dengan mengubah material saluran dari pasangan batu kali menjadi beton pracetak tipe *U-ditch*. Sebagai contoh, dimensi saluran Jl. Veteran (Kanan) ditingkatkan dari 0,45 m 0,42 m menjadi *U-ditch* berukuran 0,60 m 0,60 m untuk menjamin kelancaran aliran secara optimal.

Saran

1. Pemeliharaan Berkala: Melakukan pengerukan sedimen, pembersihan sampah, dan perbaikan struktural secara rutin guna menjaga kapasitas tampung dan kinerja hidrolika saluran tetap optimal.
2. Ketegasan Regulasi (PBG): Pemerintah Kota Bima perlu memperketat Perizinan Bangunan Gedung (PBG) dengan mewajibkan penyediaan area resapan mandiri pada tiap persil bangunan untuk menekan laju konversi lahan dan mereduksi limpasan permukaan (*surface runoff*).
3. Penyediaan Infrastruktur Pengendali: Jika genangan tetap terjadi setelah normalisasi dimensi, perlu dipertimbangkan pembangunan kolam retensi sebagai infrastruktur pengendali banjir untuk menampung volume limpasan air sementara.

DAFTAR PUSTAKA

Arwidyanto, M. D., Mundra, I. W., & Surbakti, S. (2022). Kajian Sistem Drainase Melalui Sumur Resapan di Kawasan Perumahan Wilis Indah 2 Kota Kediri. Jurnal Sondir, ITN Malang.

Azharony, R. A., Yulianti, E., & Surbakti, S. (2023). Peningkatan Kinerja Saluran Drainase pada Kawasan Rawan Banjir di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Sipil dan Perencanaan (SEMSINA) 2023*, ITN Malang.

Cristanty, R. O., Surbakti, S., & Yulianti, E. (2023). Perencanaan Ulang Saluran Drainase Wilayah Purwantoro Kota Malang (Studi Kasus di Jalan Letjend S. Parman dan Jalan

Batubara, Kota Malang). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Sipil dan Perencanaan (SEMSINA) 2023, ITN Malang.

Erwanto, N. H., Yulianti, E., & Surbakti, S. (2021). Perencanaan Boezem dan Pompa dalam Penanganan Banjir di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. Jurnal Sondir, ITN Malang.

Eva Wulandari, dkk. (2022). *Evaluasi Saluran Drainase Perkotaan Pada Kecamatan Lowokwaru Kota Malang*. Universitas Islam Malang.

Gunadarma, (1997). *Drainase Perkotaan*. Universitas Gunadarma.

Humairo Saidah, dkk. (2021). *Drainase Perkotaan.* Penerbit, Yayasan Kita Menulis.

Ilmi, H. Z., Mundra, I. W., & Wedyantadji, B. (2021). Kajian Evaluasi Kinerja Saluran Drainase (Studi Kasus di Kota Malang). Student Journal GELAGAR, 3(2), ITN Malang.

I Made Kamiana, (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu, Yogyakarta.

Kustamar, (2019). *Sistem Drainase Perkotaan Pada Kawasan Pertanian, Urban, dan Pesisir*. Malang : Dream Litera.

Rahmasari, F., Mundra, I. W., & Surbakti, S. (2021). Kajian Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Pada Kawasan Kelurahan Bareng Kecamatan Klojen Kota Malang. Student Journal GELAGAR, ITN Malang.

Rahmat Tisnawan, dkk. (2024). *Analisis Kinerja Sistem Drainase di Jalan Pemda Pangkalan Kerinci Kota.* Universitas Abdurrab Pekanbaru Riau.

Robby Yussac Tallar, (2023). *Dasar – dasar Hidrologi Terapan.* Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha.

Safitri Rani, (2024). *Pengendalian Banjir di Kawasan Galunggung, Kecamatan Klojen, Kota Malang.* ITN Malang.

Subarkah, (1980). *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Idea Dharma, Bandung.

Suhardjono, (1984). *Drainase.* Malang, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi.

Ven Te Chow, (1989). *Hidrolika Saluran Terbuka*. University of Illinois, Urbana–Champaign.