PENGENDALIAN BANJIR DESA TEMPURSARI KECAMATAN WUNGU KABUPATEN MADIUN

Calvin Defarel Oktavandi[1], I Wayan Mundra[2], dan Nenny Roostrianawaty [3]

[123]*Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura, No. 2, Kota Malang.*
[1]*Email:* calvindefarel@gmail.com
[2]*Email:* *wayanmundra@ftsp.itn.ac.id*
[3]*Email:* nennyroos.nr@lecturer.itn.ac.id

ABSTRACT

Flooding that occurred in the Tempursari area, Wungu District, Madiun Regency occurred due to high rainfall, changes in land use into residential areas, and decreased capacity of existing drainage channels due to sedimentation. This study aims to analyze the planned flood discharge for a 10-year return period, evaluate the channel capacity, and re-plan the optimal channel dimensions. Through a hydrological and hydraulic approach, regional rainfall analysis was carried out using the Thiessen Polygon method and the E.J. Gumbel distribution, while the planned flood discharge was calculated using the Rational Method. The evaluation results showed that most of the existing channels, such as on Jl. Glonggong (left) (1) which only has a capacity of 0.135 m³/second, are unable to accommodate the planned flood discharge of 0.296 m³/second. As a solution, re-planning was carried out by enlarging the channel dimensions to 0.30 m x 0.45 m and replacing the old structural material with precast concrete (U-Ditch) so that the drainage system can function optimally in draining rainwater into the river

Keywords: *Flood; Drainage System; Planned Flood Discharge*

ABSTRAK

Banjir yang terjadi di Kawasan Tempursari, Kecamatan Wungu, Kabupaten Madiun terjadi akibat tingginya curah hujan, perubahan tata guna lahan menjadi area permukiman, serta menurunnya kapasitas saluran drainase eksisting akibat sedimentasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir rencana periode ulang 10 tahun, mengevaluasi kapasitas saluran, dan merencanakan ulang dimensi saluran yang optimal. Melalui pendekatan hidrologi dan hidraulika, analisis curah hujan wilayah dilakukan dengan metode Poligon Thiessen dan distribusi E.J. Gumbel, sedangkan debit banjir rencana dihitung menggunakan Metode Rasional. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar saluran eksisting, seperti di Jl. Glonggong (kiri) (1) yang hanya berkapasitas 0,135 m³/detik, tidak mampu menampung debit banjir rencana sebesar 0,296 m³/detik. Sebagai solusi penanganan, dilakukan perencanaan ulang dengan memperbesar dimensi saluran menjadi 0,30 m x 0,45 m serta mengganti material struktur lama dengan beton pracetak (U-Ditch) agar sistem drainase dapat berfungsi maksimal dalam mengalirkan air hujan ke sungai.

Kata Kunci: Banjir; Saluran Drainase; Debit Banjir Rencana

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan permasalahan hidrologi yang semakin sering terjadi akibat perubahan tata guna lahan dari daerah resapan menjadi kawasan terbangun, yang secara langsung meningkatkan volume limpasan permukaan (runoff). Salah satu wilayah yang rentan terhadap permasalahan ini adalah Desa Tempursari, Kecamatan Wungu, Kabupaten Madiun. Pada saat curah hujan tinggi dengan durasi sekitar 5 jam, kawasan seluas 225 hektar ini kerap mengalami genangan setinggi 30 hingga 150 cm. Luapan air tersebut merusak infrastruktur, merendam fasilitas umum dan lahan pertanian, serta melumpuhkan aktivitas sosialekonomi masyarakat setempat. Berdasarkan identifikasi di lapangan, banjir di kawasan tersebut dipicu oleh ketidakmampuan kapasitas dimensi saluran drainase eksisting dalam menampung debit air hujan. Kondisi ini diperparah oleh tingginya tingkat sedimentasi, kerusakan struktural, serta kurangnya perawatan saluran. Oleh karena itu, diperlukan penanganan untuk mengatasi permasalahan genangan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting, menghitung debit banjir rencana dengan periode kala ulang 10 tahun, serta merencanakan ulang dimensi sistem drainase yang lebih optimal sebagai solusi pengendalian banjir yang berkelanjutan di Kawasan Tempursari.

2. LANDASAN TEORI

Drainase

Drainase perkotaan adalah sistem rekayasa teknik yang dirancang untuk mengelola dan menyalurkan kelebihan air, khususnya limpasan air hujan, menuju badan air penerima agar tidak menimbulkan genangan atau banjir di suatu Kawasan.

Analisis debit banjir rencana

Analisis debit banjir rencana merupakan proses perhitungan hidrologi untuk menentukan besaran debit aliran maksimum yang diperkirakan terjadi pada suatu wilayah berdasarkan periode ulang tertentu. Hasil analisis ini digunakan sebagai parameter utama dalam

merencanakan dimensi bangunan pengendali banjir, seperti saluran drainase.

Uji konsistensi data

Uji konsistensi data curah hujan bertujuan untuk memastikan data pengamatan bersifat seragam, stabil, dan dapat dipercaya selama periode pencatatan, serta terbebas dari penyimpangan akibat faktor teknis maupun lingkungan. Metode yang digunakan adalah Kurva Massa Ganda (Double Mass Curve), dengan membandingkan kumulatif curah hujan stasiun yang diuji terhadap kumulatif rata-rata stasiun referensi di sekitarnya.

Analisis curah hujan rata-rata

Menurut Triatmodjo (2008) dalam buku Hidrologi Terapan, curah hujan rata-rata wilayah dapat dihitung dari data beberapa stasiun hujan dengan menggunakan beberapa metode, salah satu metode yang paling umum digunakan adalah metode Poligon Thiessen yang memperhitungkan bobot luas area pengaruh masing-masing stasiun

$$P = \frac{(P_1\ A_1 + P_2\ \ A_2 + \cdots + P_n\ A_n)}{A_1 + \ A_2 + \cdots + \ A_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i\ \ A_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$$

Keterangan :

P = curah hujan rata-rata daerah
$P_1, P_2, \ldots P_n$ = hujan di pos 1,2,…n
$A_1, A_2, \ldots A_n$ = luas daerah *polygon* 1,2,…n

Analisis distribusi frekuensi

Distribusi frekuensi dalam hidrologi digunakan untuk memperkirakan probabilitas besaran kejadian hidrologi (seperti curah hujan) berdasarkan data historis yang tersedia untuk periode ulang tertentu. Pemilihan jenis distribusi bergantung pada parameter statistik data (kemencengan(Cs) dan kurtosis(Ck)). Menurut Soewarno (1995), analisis frekuensi bertujuan untuk menentukan hubungan antara besarnya suatu kejadian hidrologi dengan peluang terjadinya berdasarkan data historis yang tersedia. Beberapa jenis distribusi probabilitas yang umum digunakan dalam analisis hidrologi antara lain:

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

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)

a. Koefisien kemencengan

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

b. Koefisien kurtosis

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^{n}(xi-\bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

c. Harga rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} xi}{n}$$

d. Standar deviasi

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

e. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{x}}$$

Keterangan :
Cs = Koefiesien Kemencengan
Ck = Koefisien Kortusis
$\bar{x}$ = Rata-rata
xi = *Variasi ke-i*
n = *Jumlah data*
Sd = *Standar Deviasi*

Distribusi normal

Distribusi Normal (distribusi Gauss) adalah distribusi probabilitas simetris yang menggunakan faktor frekuensi (KT) sesuai periode ulang yang ditinjau.

$$K_T = \bar{X} + \ KT \times Sd$$

Dimana:

X_T = Nilai variabel hidrologi untuk periode ulang T
$\bar{X}$ = Nilai rata-rata
Sd = Standar deviasi
K_T = Faktor frekuensi (tergantung periode ulang T)

Tabel 2. 1 Nilai variabel reduksi *gauss*

NO	Periode Ulang, T (Tahun)	Peluang, P (%)	Variabel Reduksi Gauss (KT)
1	2	50	0,00
2	5	20	0,84
3	10	10	1,28
4	20	5	1,64

5	25	4	1,75
6	50	2	2,05
7	100	1	2,33
8	200	0,5	2,58
9	500	0,2	2,88
10	1000	0,1	3,09

(Sumber: Soewarno, 1995)

Distribusi log normal

Distribusi Log Normal diaplikasikan ketika data hidrologi tidak berdistribusi simetris, sehingga data asli harus diubah ke dalam bentuk logaritma sebelum dianalisis menggunakan prinsip distribusi normal. Rumus distribusi Log Normal menurut Soewarno (1995) dalam analisis frekuensi hidrologi adalah :

$$log\ X_T = \overline{Log\ X} + K_T . S_{\log X}$$

Setelah nilai logX_T diperoleh, maka nilai X_T dapat dihitung dengan mengubah Kembali bentuk antilog:

$$X_T = antilog\ (logX_T)$$

Keterangan :
X_T = Nilai variabel hidrologi untuk periode ulang T
$\overline{logX}$ = Nilai rata-rata dari logaritma data
S_{logX} = Simpangan baku dari logaritma data
K_T = Faktor frekuensi untuk periode ulang

Distribusi *log person type III*

Distribusi Log Pearson Tipe III banyak diaplikasikan dalam sumber daya air karena fleksibilitasnya terhadap data yang memiliki nilai kemencengan (skewness) tidak sama dengan nol.

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

- Ubah data kedalam bentuk logiritmis, $X = log\ \bar{X}$
- Hitung harga rata-rata :

$$Log\ \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} log X_i}{n}$$

- Hitung harga simpangan baku :

$$Sd = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} (log\ X_i - log\ \bar{X})^2}{n-1} \right)^{0,5}$$

- Hitung koefesien kemencangan :

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{n} (log\ X_i - log\ X)^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

- Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus :

$$LogX_T = Log\ \bar{X} + K.S$$

Distribusi *E.J. gumbel*

Menurut Soewarno (1995) dalam analisis hidrologi, rumus Distribusi Gumbel digunakan untuk menghitung curah hujan rencana atau debit rencana berdasarkan periode ulang.

- Rumus utama distribusi gumbel

$$X_T = \bar{X} + K\ .S$$

Keterangan :

X_T = Nilai variabel hidrologi untuk periode ulang T tahun
$\bar{X}$ = Harga rata-rata sampel
S = Standar deviasi (simpangan baku)
K = Faktor frekuensi gumbel

- Rumus factor frekuensi gumbel (K)

$$K = \frac{Y_T + Y_n}{S_n}$$

Keterangan :
Y_T = *Reduced variate*
Y_n = *Reduced mean*
S_n = *Reduced standard deviation*

Tabel 2. 2 Yn, Reduced Mean

N	0	1	2	3	4
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2. 3 Sn, Reduced Standard Deviation

N	0	1	2	3	4
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	10,095
20	10,628	10,696	10,754	10,811	10,864
30	11,124	11,159	11,193	11,226	11,255
40	11,413	11,436	11,458	11,480	11,499
50	11,607	11,623	11,638	11,658	11,667
60	11,747	11,759	11,770	11,782	11,793
70	11,854	11,863	11,873	11,881	11,890
80	11,938	11,945	11,953	11,959	11,967
90	12,007	12,013	12,020	12,026	12,032
100	12,065	12,069	12,073	12,077	12,081

(Sumber: Soewarno, 1995)

- Rumus reduce variate

$$Y_T = -In\left\{-In\frac{T-1}{T}\right\}$$

Keterangan :
T = Periode ulang (tahun)
ln = Logaritma natural

Uji kesesuaian distribusi

Uji kesesuaian distribusi digunakan untuk memvalidasi apakah model distribusi teoritis yang dipilih (seperti *E.J. Gumbel* atau *Log Pearson III*) sesuai dan representatif terhadap pola data hidrologi lapangan. Pengujian ini umumnya menggunakan dua metode:

1. Uji Chi-Kuadrat: Membandingkan frekuensi pengamatan pada kelas data dengan frekuensi yang diharapkan secara teoritis.
2. Uji Smirnov-Kolmogorov: Membandingkan peluang kumulatif empiris dengan peluang kumulatif teoritis untuk mencari deviasi maksimumnya

Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan estimasi waktu yang diperlukan aliran air hujan untuk bergerak dari titik terjauh di daerah tangkapan sampai ke titik akhir.

$$T_c = T_O + T_d$$

$$T_O = 0{,}0195\left[\frac{L}{\sqrt{S}}\right]0{,}77$$

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

Keterangan :
T_c = waktu konsentrasi
T_O = waktu aliran permukaan (menit)
T_d = waktu aliran di saluran (menit)
L = panjang antara titik terjauh dengan titik yang ditinjau (m)
S = kemiringan rerata permukaan tanah
V = kecepatan aliran di saluran (m/det)

Intensitas curah hujan

Intensitas curah hujan adalah besaran tinggi hujan per satuan waktu yang dapat diperkirakan dari data curah hujan harian maksimum menggunakan pendekatan empiris seperti Metode Mononobe.

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

Keterangan :
I = intensitas hujan (mm/jam)
R_{24} = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)
T_c = lamanya hujan (jam)

Koefesien pengaliran

Menurut Triatmodjo (2008), koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan antara limpasan permukaan dengan curah hujan yang jatuh pada suatu daerah.

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

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 banjir rencana merupakan besaran debit aliran maksimum yang diperkirakan terjadi pada suatu wilayah berdasarkan periode ulang tertentu dan digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan pengendali banjir. Menurut Suripin (2004), untuk daerah tangkapan kecil, perhitungan debit banjir rencana umumnya menggunakan Metode Rasional.

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

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

Perencanaan dimensi saluran

Perencanaan dimensi saluran bertujuan menentukan ukuran penampang (lebar dan kedalaman) saluran agar kapasitas alirnya mampu menyalurkan debit banjir rencana secara aman. Analisis hidraulika untuk aliran permukaan bebas ini menggunakan persamaan Manning.

- Rumus Maning :

  $Q = V.A$

- Debit aliran kemudian dapat dihitung dengan rumus:

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

Keterangan :
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. METODOLOGI

Pengumpulan data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data yang dikumpulkan melalui metode survei lapangan dan studi pustaka dari instansi terkait. Data yang diperlukan meliputi:

1. Data Curah Hujan: Data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun dari tiga stasiun terdekat, yaitu Stasiun Kare, Stasiun Waduk Notopuro, dan Stasiun Jiwan, yang diperoleh dari Dinas PU SDA Kabupaten Madiun.

2. Data Saluran Eksisting: Data teknis mengenai kondisi sistem drainase saat ini, mencakup dimensi saluran (lebar, kedalaman, panjang), jenis material dinding saluran, serta arah aliran yang diperoleh melalui observasi dan pengukuran lapangan.

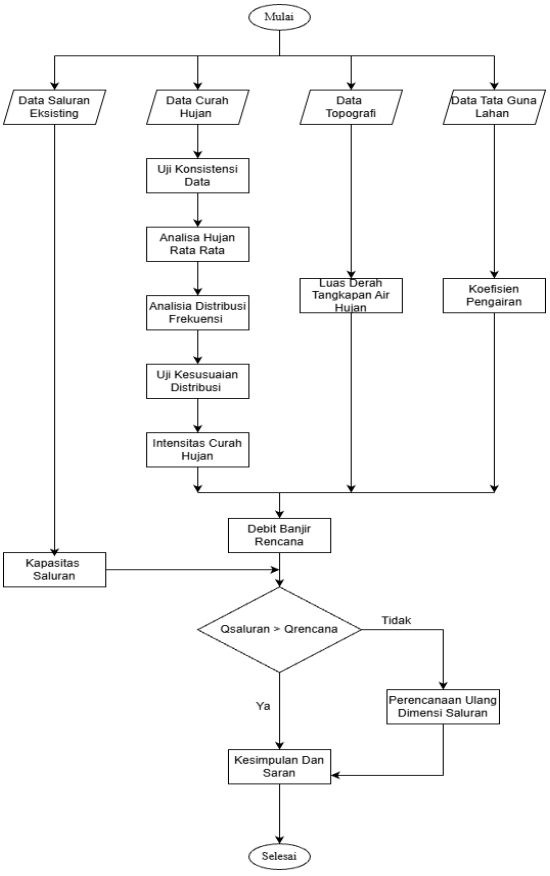
3. Peta Tata Guna Lahan: Data pemanfaatan wilayah (permukiman, industri, ruang terbuka) dari Dinas PUPR Kabupaten Madiun yang digunakan untuk menentukan koefisien limpasan (*run-off*).

4. Peta Topografi: Data elevasi dan kemiringan lereng dari Dinas PUPR Kabupaten Madiun untuk analisis arah aliran dan waktu konsentrasi.

Tahapan data

1. Survei Pendahuluan: Identifikasi kondisi lapangan dan pendataan dimensi saluran eksisting.
2. Analisis Hidrologi:
   - Uji Konsistensi: Menguji keseragaman data hujan menggunakan metode *Double Mass Curve*.
   - Analisis Curah Hujan Rata-rata: Menggunakan metode *Polygon Thiessen* untuk mendapatkan curah hujan wilayah yang representatif.
   - Analisis Frekuensi: Melakukan perhitungan curah hujan rencana dengan beberapa metode distribusi (E.J. Gumbel, Log Pearson Tipe III, atau Log Normal) dan menguji kesesuaiannya menggunakan uji *Chi-Square* atau *Smirnov-Kolmogorov*.
   - Intensitas Hujan: Perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe berdasarkan waktu konsentrasi (*Tc*).
   - Debit Banjir Rencana: Perhitungan debit limpasan menggunakan Metode Rasional dengan mempertimbangkan koefisien pengaliran (*C*) dari tata guna lahan.
3. Analisis Hidraulika: Menghitung kapasitas tampung saluran eksisting menggunakan rumus Manning untuk dibandingkan dengan debit banjir rencana.
4. Perencanaan Ulang (*Redesign*): Jika kapasitas saluran tidak memadai, dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran (lebar dan kedalaman) menggunakan material beton pracetak (U-Ditch) agar mampu menampung debit banjir rencana.

Bagan alir (flowchart)



4. ANALISIS DAN PERENCANAAN

Data hujan

Tabel 4. 1 Data Curah Hujan

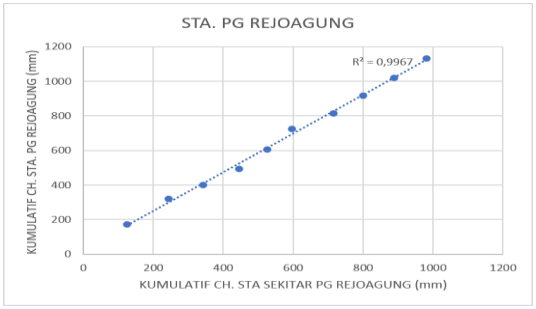
No.	Tahun	Stasiun Hujan PG Rejoagung (mm)	Stasiun Hujan Klegen (mm)	Stasiun Hujan Babadan (mm)
1	2016	171	120	130
2	2017	150	125	112
3	2018	79	82	118
4	2019	92	90	115
5	2020	114	75	87
6	2021	118	65	75
7	2022	90	78	160
8	2023	104	100	68
9	2024	101	82	95
10	2025	113	105	80

(Sumber: Dinas PUPR Kab. Madiun, 2026)

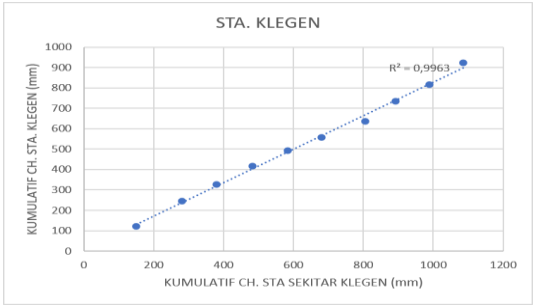
Uji konsistensi data hujan

Penelitian ini menggunakan data curah hujan harian maksimum tahunan selama periode 10 tahun (2016–2025) yang diperoleh dari tiga stasiun penakar terdekat dengan kawasan studi, yaitu Stasiun PG Rejoagung, Stasiun Klegen, dan Stasiun Babadan. Sebelum digunakan, data diuji konsistensinya menggunakan metode *Double Mass Curve* (Kurva Massa Ganda).

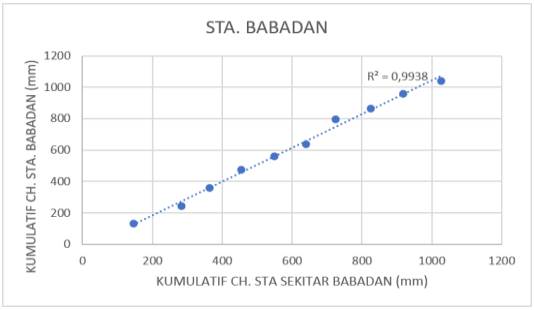
Hasil evaluasi kelayakan dan uji konsistensi data curah hujan untuk masing-masing stasiun pengamatan disajikan sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Kurva Massa Ganda Stasiun PG Rejoagung



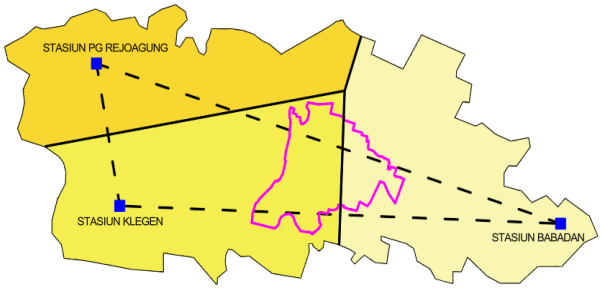
Gambar 4. 2 Kurva Massa Ganda Stasiun Klegen



Gambar 4. 3 Kurva Massa Ganda Stasiun Babadan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sebaran data pada ketiga stasiun membentuk garis lurus dengan nilai determinasi (R^2) masing-masing sebesar 0,9967; 0,9963; dan 0,9938. Karena nilai R^2 mendekati 1, data curah hujan dinyatakan konsisten

Curah hujan rata-rata



Gambar 4. 4 *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	PG Rejoagung	558351,37	9158956,53	0,00
2	Klegen	558666,54	9157118,79	1,36
3	Babadan	564709,86	9156864,86	0,59
Total Luas (km2)				1,94

Berdasarkan dari data diatas dapat dihitung koefisien *Polygon Thiessen* sebagai berikut:

- Luas wilayah studi = 1,95 km^2

  Maka koefisien *Polygon Thiessen*,

  - Stasiun Klegen $= \frac{1,36}{1,95} = 0,70$
  - Stasiun Babadan $= \frac{0,59}{1,95} = 0,30$

Tabel 4. 3 Curah Hujan Rata-Rata

No.	Tahun	St. Klegen (mm)	St. Babadan (mm)	St. Klegen (mm) $C_{th = 0,6982}$	St. Babadan (mm) $C_{th = 0,3018}$	Curah Hujan Rata-rata Polygon Thiessen (mm)
1	2016	120	130	83,785	39,233	123,018
2	2017	125	112	87,276	33,801	121,077
3	2018	82	118	57,253	35,612	92,865
4	2019	90	115	62,838	34,706	97,545
5	2020	75	87	52,365	26,256	78,621
6	2021	65	75	45,383	22,635	68,018
7	2022	78	160	54,460	48,287	102,747
8	2023	100	68	69,820	20,522	90,342
9	2024	82	95	57,253	28,670	85,923
10	2025	105	80	73,311	24,144	97,455

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Analisis distribusi frekuensi

Tabel 4. 4 Analisa Distribusi Frekuensi Metode *E.J. Gumbel* dan Normal

No.	Tahun	Xi	(Xi-x̄)	$(Xi-\bar{x})^2$	$(Xi-\bar{x})^3$	$(Xi-\bar{x})^4$
1	2016	123,018	27,257	742,930	20249,848	551944,843
2	2017	121,077	25,315	640,872	16223,980	410717,501
3	2018	92,865	-2,897	8,390	-24,302	70,393
4	2019	97,545	1,784	3,182	5,675	10,122
5	2020	78,621	-17,140	293,767	-5035,050	86298,861
6	2021	68,018	-27,743	769,685	-21353,533	592415,381
7	2022	102,747	6,986	48,804	340,946	2381,847
8	2023	90,342	-5,419	29,361	-159,098	862,090
9	2024	85,923	-9,838	96,783	-952,135	9366,951
10	2025	97,455	1,694	2,869	4,861	8,234
∑		957,611	0,000	2636,644	9301,190	1654076,224
x̄ =		95,761				
Standar deviasi (Sd) =		17,116				
Cs =		0,258				
Ck =		3,824				

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Tabel 4. 5 Analisa Distribusi Frekuensi Metode *Log Person Type III* dan *Log Normal*

No.	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi - Log x̄)	$(Log Xi - Log \bar{x})^2$	$(Log Xi - Log \bar{x})^3$	$(Log Xi - Log \bar{x})^4$
1	2016	123	2,090	0,115	0,013	0,002	0,000
2	2017	121	2,083	0,108	0,012	0,001	0,000
3	2018	93	1,968	-0,007	0,000	0,000	0,000
4	2019	98	1,989	0,014	0,000	0,000	0,000
5	2020	79	1,896	-0,079	0,006	0,000	0,000
6	2021	68	1,833	-0,142	0,020	-0,003	0,000
7	2022	103	2,012	0,037	0,001	0,000	0,000
8	2023	90	1,956	-0,019	0,000	0,000	0,000
9	2024	86	1,934	-0,041	0,002	0,000	0,000
10	2025	97	1,989	0,014	0,000	0,000	0,000
∑		957,611	19,749	0,000	0,055	-0,001	0,001
x̄		95,761	1,975				
Standar deviasi (Sdlog R) =		0,078					
CS (skewness) =		-0,175					
Ck =		4,026					

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Tabel 4. 6 Syarat Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Analisa	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,258	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	3,824	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = 0,82	-0,175	Tidak Memenuhi
	Ck = 4,22	4,026	Tidak Memenuhi
Log Person Type III	Cs ≠ 0	-0,175	Memenuhi
EJ Gumbel	Cs < 1,1396	0,258	Memenuhi
	Ck < 5,4002	3,824	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Berdasarkan dari perhitungan diatas distribusi yang memiliki nilai Koefisien Kemencengan (C_s), dan Koefisien Kurtosis (C_k) yang memenuhi syarat adalah distribusi *E.J. Gumbel* dan *Log Person Type III*.

Metode *log person type III*

Tabel 4. 7 Perhitungan Nilai X_{Tr}

Kala Ulang	Gt	Log X_{Tr}	X_{Tr} (mm)
2	0,029	1,977	94,879
5	0,849	2,041	110,012
10	1,261	2,074	118,513

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Tabel 4. 8 Uji *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	123	2,090	2,090	1	0,091	1,468	1,889	7,127	0,140	0,049
2	2017	121	2,083	2,083	2	0,182	1,380	1,806	6,597	0,152	0,030
3	2018	93	1,968	2,012	3	0,273	0,471	0,942	3,098	0,323	0,050
4	2019	98	1,989	1,989	4	0,364	0,183	0,669	2,494	0,401	0,037
5	2020	79	1,896	1,989	5	0,455	0,178	0,664	2,485	0,402	0,052
6	2021	68	1,833	1,968	6	0,545	-0,090	0,410	2,062	0,485	0,060
7	2022	103	2,012	1,956	7	0,636	-0,242	0,265	1,867	0,536	0,101
8	2023	90	1,956	1,934	8	0,727	-0,520	0,001	1,583	0,632	0,096
9	2024	86	1,934	1,896	9	0,818	-1,012	-0,466	1,255	0,797	0,021
10	2025	97	1,989	1,833	10	0,909	-1,815	-1,228	1,034	0,967	0,058
Jumlah (∑)			19,749								
Rerata x̄			1,975								
Standar Deviasi (S_d)			0,078	**Δhitung**							**0,101**
Banyak data (n)			10								
C_s			-0,175								

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Tabel 4. 9 Uji *Chi Square Log Person Type III*

No	Log Curah Hujan (mm)			Jumlah Data Ej	Jumlah Data Oj	Ej-Oj	$(Ej-Oj)^2/Ej$
1	1,833	-	1,884	2	1	1	0,5
2	1,884	-	1,936	2	2	0	0
3	1,936	-	1,987	2	2	0	0
4	1,987	-	2,038	2	3	-1	0,5
5	2,038	-	2,090	2	2	0	0
Jumlah				10	10	X^2hitung	1

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Metode *E.J. gumbel*

Tabel 4. 10 Perhitungan Periode Ulang E.J. Gumbel

Kala Ulang	Y_{Tr}	K	x̄	S_d	X_{Tr}
2	0,367	-0,136	95,761	17,116	93,442
5	1,500	1,058	95,761	17,116	113,871
10	2,250	1,848	95,761	17,116	127,397

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Tabel 4. 11 Uji *Smirnov-Kolmogorov E.J. Gumbel*

No.	x urut terbesar (mm)	*P[Xi]*	K	*Ytr*	*Tr*	*P'[Xi]*	*|P[Xi]-P'[Xi]|*
1	123,018	0,091	1,592	2,007	7,955	0,126	0,035
2	121,077	0,182	1,479	1,900	7,196	0,139	0,043
3	102,747	0,273	0,408	0,883	2,952	0,339	0,066
4	97,545	0,364	0,104	0,594	2,357	0,424	0,061
5	97,455	0,455	0,099	0,589	2,349	0,426	0,029
6	92,865	0,545	-0,169	0,334	1,956	0,511	0,034
7	90,342	0,636	-0,317	0,195	1,783	0,561	0,075
8	85,923	0,727	-0,575	-0,051	1,537	0,651	0,077
9	78,621	0,818	-1,001	-0,456	1,260	0,793	0,025
10	68,018	0,909	-1,621	-1,044	1,062	0,942	0,033
Jumlah (∑)		957,611					
Rerata $\bar{x}$		95,761		**Δhitung**			**0,077**
Standar Deviasi (Sd)		17,116					
Banyak data (n)		10					

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Tabel 4. 12 Uji *Chi Square E.J. Gumbel*

No	Interval Curah Hujan (mm)			Jumlah Data Ej	Jumlah Data Oj	Ej-Oj	$(Ej-Oj)^2/Ej$
1	68,018	-	79,018	2	2	0	0
2	79,018	-	90,018	2	1	1	0,5
3	90,018	-	101,018	2	4	-2	2
4	101,018	-	112,018	2	1	1	0,5
5	112,018	-	123,018	2	2	0	0
Jumlah				10	10	X^2hitung	3

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Waktu konsentrasi

Untuk menghitung waktu konsentrasi pada saluran eksisting di tentukan oleh data eksisting, seperti panjang serta kemiringan saluran itu sendiri. Berikut ini adalah contoh perhitungannya untuk waktu konsentrasi di saluran Jalan Mukuh (kiri) (1) sebagai berikut :

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran :

- Panjang Saluran (L) = 102 m
- Jarak aliran permukaan (l) = 82 m

Berdasarkan data peta topografi:

- Elevasi awal saluran = 66 m
- Elevasi akhir saluran = 65,5 m
- Beda elevasi (H) = elevasi awal – elevasi akhir

= 66
= 0,5 m

Maka, dapat dihitung sebagai berikut:

- Kemiringan (S)

$$S = \frac{Beda\ elevasi}{L}$$
$$S = \frac{0,5}{102}$$
$$S = 0,005$$

- Waktu Aliran Permukaan (T_0)

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

$$T_0 = 0,0195\ x \left[\frac{82}{\sqrt{0,005}}\right]^{0,77}$$

$$T_0 = 4,497 \text{ menit}$$

- Waktu Aliran Dalam Saluran (T_S)

$$T_S = \frac{L}{V}$$
$$T_S = \frac{102}{2,253}$$
$$T_S = 45,268 \text{ detik}$$
$$T_S = 0,754 \text{ menit}$$

- Waktu Konsentrasi (T_C)

$$T_C = T_0 + T_S$$
$$T_C = 4,497 + 0,754$$
$$T_C = 5,251 \text{ menit}$$
$$T_C = 0,088 \text{ Jam}$$

Intensitas curah hujan

Analisis menggunakan metode *E.J. Gumbel* menunjukkan bahwa besaran curah hujan maksimum dengan kala ulang 10 tahun adalah sebesar R_{24} = 127,4 mm. Nilai R_{24} tersebut kemudian digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan pada ruas Jl. Mukuh (kiri) (1) sebagai berikut:

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

$$I = \frac{127,4}{24}\left(\frac{24}{0,088}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 224,059\ ^{mm}/_{jam}$$

Koefesien pengaliran

Untuk mendapatkan nilai Koefisien Pengaliran (*C*), langkah awal yang harus dilakukan adalah menghitung rata-rata nilai koefisien berdasarkan ukuran luas pemukiman atau lahan di wilayah tersebut. Contoh perhitungan pada lokasi Jalan Mukuh (kiri) (1) dijabarkan di bawah ini.

Pengunaan lahan :

- Perumahan = 1084 m^2
- Jalan = 306 m^2

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

$$C = \frac{(1084\ x\ 0,75)+(306\ x\ 0,85)}{1083,965 + 306}$$

$$C = 0,38$$

Debit banjir rencana

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan debit banjir rencana (*Q*) pada Jl. Mukuh (kiri) (1), yang Dimana nilai koefisien limpasan permukaan (*C*) rata-rata sebesar 0,38, intensitas curah hujan rencana (*I*) sebesar 224,059 mm/jam, dengan luas daerah

tangkapan air hujan (*A*) seluas 0,001 km². Maka, debit banjir rencana (Q) dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$Q = 0{,}278 \,.\, 0{,}38 \,.\, 224{,}059 \,.\, 0{,}001$$

$$Q = 0{,}033 \text{ m}^3\text{/detik}$$

Analisis kapasitas drainase eksisting

Berdasarkan data hasil survei lapangan yang telah dilaksanakan saluran drainase pada lokasi studi berupa saluran terbuka berbentuk persegi. Berikut adalah salah satu contoh hasil perhitungan kapasitas saluran eksisting di Jalan Mukuh (kiri) (1) menggunakan data hasil pengukuran langsung di lapangan:

Lebar saluran (b) = 0,72 m

Tinggi muka air (h) = 0,72 m

Kemiringan saluran (s) = 0,005

Koefisien kekasaran Manning (n) (saluran pasangan bata dilapisi dengan semen) = 0,012

Analisa kapasitas saluran:

- Luas penampang basah (A):

$$A = b.h$$
$$A = 0{,}72 \text{ x } 0{,}72$$
$$A = 0{,}518 \text{ m}^2$$

- Keliling basah (P):

$$\text{P} = b + 2.h$$
$$\text{P} = 0{,}72 + 2 \text{ x } 0{,}72$$
$$\text{P} = 2{,}16 \text{ m}$$

- Jari-jari penampang basah (R)

$$R = \frac{A}{P}$$
$$R = \frac{0{,}518}{2{,}16}$$
$$R = 0{,}24 \text{ m}$$

- Kecepatan aliran dasar saluran (V)

$$V = \frac{1}{n} \text{ x } R^{\frac{2}{3}} \text{ x } S^{\frac{1}{2}}$$
$$V = \frac{1}{0{,}012} \text{ x } 0{,}24^{0{,}667} \text{ x } 0{,}005^{0{,}5}$$
$$V = 2{,}253 \text{ m/detik}$$

- Kapasitas saluran (Q)

$$Q = V.A$$
$$Q = 2{,}253 \text{ x } 0{,}518$$
$$Q = 1{,}168 \text{ m}^3\text{/detik}$$

Evaluasi kapasitas saluran

Tabel 4. 13 Evaluasi Kapasitas Saluran

No.	Saluran	Q eksisting (m^3/dt)	Q banjir (m^3/dt)	Keterangan	Solusi
1	Jl. Mukuh (kiri) (1)	1,168	0,033	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
2	Jl Glonggong (kiri) (1)	0,135	0,296	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
3	Jl. Mukuh (kiri) (2)	0,806	0,656	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
4	Jl. W (kanan)	1,112	0,334	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
5	Jl. W (kiri)	0,032	0,161	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
6	Jl. Lawu (kanan)	0,086	0,711	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
7	Jl. Lawu (kiri)	0,534	0,242	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
8	Jl. Mukuh (kiri) (3)	1,332	1,896	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
9	Jl. T (kanan)	0,636	0,157	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
10	Jl. T (kiri)	0,020	0,072	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
11	Jl. Teratai Sari (kanan)	0,128	0,401	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
12	Jl. Teratai Sari (kiri)	0,128	0,148	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
13	Jl. Mukuh (kiri) (4)	1,449	2,560	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
14	Jl. I (kanan)	0,110	0,161	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
15	Jl. I (kiri)	0,119	0,152	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
16	Jl. Mukuh (kiri) (5)	1,438	3,270	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
17	Jl Glonggong (kiri) (2)	0,105	0,193	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
18	Jl. Mawar Sari (kanan)	0,082	0,643	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
19	Jl. Mawar Sari (kiri)	0,076	0,609	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
20	Jl. Mukuh (kiri) (6)	1,431	4,522	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
21	Jl. Mukuh (kiri) (7)	1,149	4,874	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
22	Jl. Mukuh (kanan)	1,204	1,037	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
23	Jl Glonggong (kiri) (3)	0,107	0,136	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
24	Jl. Semeru (kanan) (1)	0,077	0,175	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
25	Jl. Semeru (kiri) (1)	0,104	0,178	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
26	Jl. Wijaya Kusuma (kanan) (1)	0,079	0,149	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
27	Jl. Wijaya Kusuma (kiri) (1)	0,021	0,117	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
28	Jl. Cemp. Sari (kanan) (1)	0,228	0,152	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
29	Jl. Melati Sari (kanan)	0,538	0,343	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
30	Jl. Puspa Sari (kanan)	0,130	0,252	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
31	Jl. Puspa Sari (kiri)	0,202	0,434	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
32	Jl. Melati Sari (kiri)	0,527	0,973	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
33	Jl. Cemp. Sari (kanan) (2)	0,289	1,648	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
34	Jl. Cemp. Sari (kiri) (1)	0,183	0,159	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
35	Jl Glonggong (kiri) (4)	0,103	0,405	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
36	Jl. Semeru (kanan) (2)	0,091	0,277	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
37	Jl. Semeru (kiri) (2)	0,106	0,236	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
38	Jl. Rinjani (kanan)	0,405	0,424	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
39	Jl. S (kanan)	0,086	0,319	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
40	Jl. Semeru (kiri) (3)	0,146	1,282	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
41	Jl. Merapi (kanan)	0,184	0,290	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
42	Jl. Rinjani (kiri)	1,120	0,473	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
43	Jl. Wijaya Kusuma (kanan) (2)	0,081	0,146	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
44	Jl. H (kanan)	0,131	0,160	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
45	Jl. H (kiri)	0,084	0,133	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
46	Jl. Wijaya Kusuma (kanan) (3)	0,077	0,544	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
47	Jl. Wijaya Kusuma (kiri) (2)	0,021	0,233	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
48	Jl. Cemp. Sari (kanan) (3)	0,240	0,532	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
49	Jl. Raya Mojorayung (kiri)	0,013	0,237	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
50	Jl. Raya Mojorayung (kanan)	0,312	0,321	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
51	Jl. Cemp. Sari (kanan) (4)	0,253	1,443	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
52	Jl. Panjang Sari (kiri) (1)	0,221	0,334	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
53	Jl. Cemp. Sari (kanan) (5)	0,215	2,243	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
54	Jl. Lumbung Sari (kiri) (1)	0,239	0,255	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
55	Jl. Panjang Sari (kiri) (2)	0,165	0,231	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
56	Jl. Lumbung Sari (kiri) (2)	0,216	0,664	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
57	Jl. Lumbung Sari (kanan)	0,291	0,306	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
58	Jl. Cemp. Sari (kanan) (6)	0,294	3,839	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
59	Jl. Cemp. Sari (kiri) (2)	0,178	0,491	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
60	Jl. Arum Sari (kanan)	0,052	0,292	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
61	Jl. Arum Sari (kiri)	0,052	0,350	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
62	Jl. Cemp. Sari (kiri) (3)	0,173	1,268	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
63	Jl. Nangka Sari (kanan)	0,131	0,116	Memenuhi	Perawatan dan Pembersihan Saluran
64	Jl. Nangka Sari (kiri)	0,121	0,164	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang
65	Jl. Cemp. Sari (kiri) (4)	0,190	1,840	Tidak Memenuhi	Pedimensian Ulang

(Sumber: Hasil Analisis, 2026

Perencanaan dimensi saluran

Salah satu contoh saluran yang tidak memenuhi adalah saluran Jl. Glongong (kiri) (1) untuk mendapatkan dimensi yang memenuhi (Qbanjir ≤ QDimensi Rencana), maka perlu dilakukan peningktan dimensi lebar (b) dan tinggi (h) saluran Jl. Glongong (kiri) (1) sebagai berikut:

- Luas penampang (A)

$$A = b.h$$
$$A = 0{,}3 \text{ x } 0{,}45$$
$$A = 0{,}135 \text{ m}^2$$

- Keliling basah (P)

$$\text{P} = b + 2.h$$
$$\text{P} = 0{,}3 + 2 \text{ x } 0{,}45$$
$$\text{P} = 1{,}2 \text{ m}$$

- Jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P}$$
$$R = \frac{0{,}135}{1{,}2}$$
$$R = 0{,}113 \text{ m}$$

- Kecepatan aliran dasar saluran (V)

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

$V = \frac{1}{0,012}$ x $0,113^{0,667}$ x $0,016^{0,5}$
$V = 2,435$ m/detik

- Kapasitas saluran rencana (Q)

$Q = V.A$
$Q = 2,435$ x $0,113$
$Q = 0,329$ m^3/detik > 0,296 m^3/detik **(Memenuhi)**

Dari Percobaan diatas menunjukkan kapasitas saluran telah aman memenuhi syarat karena (Qbanjir ≤ QDimensi Rencana) dengan ukuran saluran lebar 0,3 m dan tinggi 0,45 m.

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Tata letak saluran eksisting di Desa Tempursari, Kabupaten Madiun, menunjukkan bahwa sistem drainase kawasan secara umum dan saluran menuju ke Sungai Krangkeng. Namun masih banyak kendala teknis pada beberapa titik saluran eksisting, masalah utama meliputi kapasitas dimensi yang kurang memadai, terjadinya sedimentasi di dasar saluran, dan tumbuhnya rumput atau tanaman liar di saluran sehingga memperkecil luas penampang efektif air dan tidak bisa penampung debit air hujan.
2. Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir rencana dengan kala ulang 10 tahun pada Desa Tempursari, Kabupaten Madiun, masih banyak saluran yang tidak mampu menampung debit banjir rencana. Contoh pada Jl. Glonggong (kiri) (1), dengan kapasitas saluran eksisting sebesar 0,135 m^3/det dan debit banjir rencana yang harus di tampung sebesar 0,296 m^3/det, sehingga saluran eksisting tidak dapat menampung debit banjir rencana yang ada.
3. Upaya peningkatan saluran drainase untuk menanggulangi banjir dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran untuk meningkatkan kapasitasnya. Pembaruan juga dilakukan dengan mengganti tipe saluran dari pasangan bata dilapisi semen menjadi beton pracetak *U-ditch* agar lebih kokoh dan mampu mengalirkan air dengan lebih optimal. Contoh pada Jl. Glonggong (kiri) (1), di mana dimensi awal saluran pasangan bata dilapisi semen sebesar 0,24 m x 0,28 m diperbesar menjadi saluran *U-ditch* 0,30 m x 0,45 m.

Saran

1. Pemeliharaan dan perawatan jaringan drainase wajib dilakukan secara berkala melalui pembersihan sampah, pengerukan sedimen, serta pengecekan atau pemeriksaan rutin terhadap kondisi fisik saluran. Langkah ini sangat penting untuk menjaga bagian saluran dari kerusakan sekaligus memastikan kapasitas aliran dan kinerja sistem drainase tetap berfungsi secara optimal.
2. Memberi himbauan kepada masyarakat Desa Tempursari agar bisa menjaga dan tidak membuang sampah dan melakukan pembakaran sampah di saluran drainase agar tidak terjadi sedimentasi

DAFTAR PUSTAKA

Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Gadjah Mada University Press.

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

Rifa'i, M., Charits, M., & Efendi, M. (2023). *Perencanaan Ulang Saluran Drainase Dengan Kolam Retensi Pemukiman Dusun Balongkore Kecamatan Wonoasri Kabupaten Madiun* (Vol. 4, Number 3). http://jos-mrk.polinema.ac.id Robby Yussac Tallar. (2023). *Dasar-Dasar Hidrologi Terapan*.

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

Seisar, S., Efendi, M., & Zenurianto, M. (2021). *Evaluasi Dan Perencanaan Ulang Sistem Jaringan Drainase Kecamatan Kartoharjo Kota Madiun (Vol. 2, Number 4). http://jos-mrk.polinema.ac.id/*

Soemarto, C. D. (1999). *Hidrologi teknik*. Erlangga.

Soewarno. (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Nova.

Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (1976). *Hidrologi untuk pengairan*. Pradnya Paramita.

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

Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi terapan*. Beta Offset.

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

Wesli. (2008). *Drainase Perkotaan*