PERENCANAAN PENINGKATAN SALURAN DRAINASE KAWASAN PAGESANGAN KOTA MATARAM PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

Jenifer Christina Tesalonika Kamagi [1], I Wayan Mundra [2], dan Nenny Roostrianawaty [3]

[123] *Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang, 65145*

E-mail: jeniferctkamagi@gmai.com

ABSTRACT

Urban drainage systems play an important role in controlling stormwater runoff and reducing flood risk. The Pagesangan area in Mataram City continues to experience inundation due to the insufficient capacity of several existing drainage channels to convey the design flood discharge. This study aims to evaluate the condition and capacity of the existing drainage channels and to develop improvement plans for channels that do not meet hydraulic requirements. The study was conducted through field surveys and hydrological analyses using ten years of rainfall data. Areal rainfall was determined using the Thiessen polygon method, frequency analysis was performed using the Log Pearson Type III distribution, and goodness-of-fit tests were carried out using the Chi-square and Smirnov-Kolmogorov methods. The design flood discharge was calculated using the Rational Method with a 10-year return period and subsequently compared with the channel capacity based on Manning's equation. The evaluation results showed that 68 of the 113 drainage channels had adequate capacity, while the remaining 45 channels were unable to convey the design flood discharge. The proposed improvement measures include channel resizing for one channel, material replacement for seven channels, a combination of channel resizing and material replacement for twenty-six channels, and sediment dredging for eleven channels. The results of this study are expected to serve as a reference for improving the drainage system to reduce the potential for inundation and flooding in the Pagesangan area, Mataram City.

Keywords: urban drainage, design flood discharge, channel capacity, Mataram City.

ABSTRAK

Sistem drainase perkotaan memiliki peran penting dalam mengendalikan limpasan air hujan dan mengurangi risiko banjir. Kawasan Pagesangan di Kota Mataram masih mengalami genangan akibat kapasitas beberapa saluran drainase yang belum mampu mengalirkan debit banjir rencana. Studi ini bertujuan mengevaluasi kondisi dan kapasitas saluran drainase eksisting serta merencanakan peningkatan kapasitas pada saluran yang tidak memenuhi kebutuhan hidraulik. Studi dilakukan melalui survei lapangan, analisis hidrologi menggunakan data curah hujan selama sepuluh tahun, analisis hujan wilayah dengan metode Thiessen, analisis frekuensi menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III, serta pengujian kesesuaian distribusi menggunakan uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Debit banjir rencana dihitung menggunakan Metode Rasional dengan kala ulang 10 tahun, kemudian dibandingkan dengan kapasitas saluran berdasarkan Persamaan Manning. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa dari 113 saluran yang ditinjau, sebanyak 68 saluran masih memenuhi kapasitas yang dibutuhkan, sedangkan 45 saluran belum mampu mengalirkan debit banjir rencana. Penanganan yang direncanakan meliputi redimensi pada 1 saluran, perubahan material pada 7 saluran, kombinasi redimensi dan perubahan material pada 26 saluran, serta pengerukan sedimentasi pada 11 saluran. Hasil studi ini diharapkan menjadi acuan dalam peningkatan sistem drainase untuk mengurangi potensi genangan dan banjir di kawasan Pagesangan, Kota Mataram.

Kata kunci : drainase perkotaan, debit banjir rencana, kapasitas saluran, Kota Mataram.

1. PENDAHULUAN

Drainase merupakan salah satu infrastruktur penting dalam sistem tata air perkotaan yang berfungsi mengalirkan kelebihan air hujan agar tidak menimbulkan genangan maupun banjir. Seiring dengan meningkatnya pembangunan kawasan perkotaan, perubahan tata guna lahan menyebabkan berkurangnya daerah resapan air sehingga limpasan permukaan (*runoff*) meningkat. Apabila kapasitas sistem drainase tidak mampu mengimbangi peningkatan limpasan tersebut, maka potensi terjadinya banjir akan semakin besar.

Kota Mataram merupakan salah satu wilayah yang mengalami perkembangan kawasan permukiman dan infrastruktur yang cukup pesat. Perubahan tata guna lahan tersebut berdampak pada meningkatnya volume limpasan air hujan, sementara kapasitas saluran drainase di beberapa lokasi belum mengalami peningkatan yang memadai. Selain itu, sedimentasi, penyempitan saluran, dan penumpukan sampah turut menurunkan kapasitas saluran sehingga air hujan tidak dapat dialirkan secara optimal. Kondisi ini menyebabkan banjir dan genangan masih sering terjadi, terutama pada saat hujan dengan intensitas tinggi.

Salah satu kawasan yang terdampak adalah Kawasan Pagesangan, Kota Mataram, yang secara rutin mengalami genangan akibat ketidaksesuaian kapasitas saluran drainase dengan debit limpasan. Banjir yang terjadi tidak hanya mengganggu aktivitas masyarakat, tetapi juga menimbulkan kerusakan pada infrastruktur, kawasan permukiman, dan fasilitas umum. Hasil survei lapangan menunjukkan bahwa beberapa saluran drainase memiliki dimensi yang relatif kecil serta mengalami sedimentasi dan penyumbatan, sehingga kapasitas pengalirannya tidak lagi mampu menampung debit air yang terjadi selama hujan lebat.

Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan evaluasi terhadap sistem drainase eksisting melalui analisis hidrologi dan hidrolika. Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan debit banjir rencana berdasarkan data curah hujan, sedangkan analisis hidrolika digunakan untuk mengevaluasi kapasitas saluran serta menentukan dimensi saluran yang sesuai. Dalam studi ini digunakan Metode Rasional untuk menghitung debit banjir rencana karena sesuai diterapkan pada daerah tangkapan air yang relatif kecil, sedangkan kapasitas saluran dianalisis menggunakan Persamaan Manning.

Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting di Kawasan Pagesangan, menghitung debit banjir rencana berdasarkan analisis hidrologi, serta merencanakan peningkatan dimensi saluran yang mampu mengalirkan debit tersebut secara optimal. Hasil studi ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi teknis bagi Pemerintah Kota Mataram dalam meningkatkan kinerja sistem drainase sekaligus mengurangi risiko banjir di kawasan studi.

2. LANDASAN TEORI

Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan merupakan sistem prasarana yang berfungsi mengalirkan kelebihan air hujan dari suatu kawasan menuju badan air penerima agar tidak terjadi genangan maupun banjir. Perencanaan sistem drainase dipengaruhi oleh kondisi topografi, tata guna lahan, serta pola jaringan saluran. Perubahan tata guna lahan yang mengurangi daerah resapan akan meningkatkan limpasan permukaan sehingga kapasitas saluran harus disesuaikan dengan kondisi hidrologi wilayah. Pola jaringan drainase, seperti siku, paralel, grid iron, alami, jaring-jaring, dan radial, dipilih berdasarkan karakteristik topografi agar aliran dapat berlangsung secara efektif.

Analisis Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana dilakukan untuk menentukan debit maksimum yang digunakan sebagai dasar perencanaan dimensi saluran drainase. Analisis ini diawali dengan pengolahan data curah hujan, perhitungan hujan rancangan, dan perhitungan intensitas hujan. Pada studi ini, debit banjir dihitung menggunakan Metode Rasional, yang mempertimbangkan intensitas hujan, luas daerah tangkapan, dan koefisien limpasan. Hasil perhitungan debit rencana digunakan untuk mengevaluasi kapasitas saluran eksisting serta menentukan dimensi saluran yang mampu mengalirkan debit banjir.

Pengisian Data Hujan yang Hilang

Data curah hujan yang tidak lengkap dapat memengaruhi hasil analisis hidrologi, sehingga perlu dilakukan pengisian data yang hilang sebelum proses perhitungan. Metode yang umum digunakan adalah Normal Ratio Method, yang memanfaatkan curah hujan normal tahunan dari sekitar stasiun.
Namun, pada studi ini menggunakan Inversed Square Distance Method, yang menggunakan jarak antar stasiun sebagai faktor pembobot.

Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data bertujuan untuk memastikan bahwa data curah hujan yang digunakan tidak

mengalami penyimpangan akibat perubahan lingkungan, lokasi stasiun, atau sistem pengukuran. Pengujian dilakukan menggunakan Kurva Massa Ganda (Double Mass Curve) dengan membandingkan akumulasi data hujan suatu stasiun terhadap rata-rata akumulasi stasiun di sekitarnya. Apabila grafik membentuk garis lurus, data dinyatakan konsisten. Sebaliknya, jika terjadi perubahan kemiringan grafik, data perlu dikoreksi menggunakan faktor koreksi sebelum digunakan dalam analisis hidrologi.

Hujan Rata-Rata

Curah hujan rata-rata merupakan nilai curah hujan yang mewakili suatu daerah tangkapan air dan digunakan sebagai dasar dalam analisis hidrologi. Perhitungan curah hujan wilayah diperlukan karena distribusi hujan pada setiap stasiun pengamatan tidak selalu sama. Pada studi ini, curah hujan rata-rata dihitung menggunakan Metode Poligon Thiessen, yaitu metode yang memberikan bobot pada setiap stasiun hujan berdasarkan luas daerah pengaruhnya. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan nilai curah hujan yang lebih representatif, terutama pada daerah dengan penyebaran stasiun hujan yang tidak merata. Curah hujan rata-rata yang diperoleh selanjutnya digunakan dalam analisis frekuensi untuk menentukan hujan rancangan.

Persamaan Metode Poligon Thiessen sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i A_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$$

Dengan:
P = Curah hujan rata-rata daerah
P_i = Curah hujan pada pos penakar
A_i = Luas area setiap Poligon
n = Banyaknya pos penakar

Analisis Distribusi Frekuensi

Analisis distribusi frekuensi dilakukan untuk menentukan besarnya curah hujan rancangan berdasarkan periode ulang tertentu. Analisis ini bertujuan untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya hujan maksimum di masa mendatang sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan sistem drainase. Pemilihan jenis distribusi dilakukan berdasarkan karakteristik data curah hujan melalui parameter statistik, seperti nilai rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan (skewness), dan koefisien kurtosis.

Pada studi ini, distribusi Log Pearson Tipe III digunakan karena hasil analisis menunjukkan distribusi tersebut paling sesuai dengan karakteristik data curah hujan di wilayah studi. Curah hujan dihitung menggunakan persamaan:

$$\log x = log\ \bar{x} + K(Sd\ log\ \bar{x})$$

Dengan:
Log $\bar{x}$ = Nilai rata – rata dari log x
K = Faktor frekuensi
Sd log $\bar{x}$ = Standar Deviasi dari log x

Nilai curah hujan rancangan yang diperoleh selanjutnya digunakan dalam perhitungan intensitas hujan dan debit banjir rencana sebagai dasar perencanaan dimensi saluran drainase.

Uji Distribusi Frekuensi

Uji distribusi frekuensi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian distribusi probabilitas yang dipilih dengan data curah hujan hasil pengamatan, sehingga distribusi tersebut layak digunakan dalam penentuan curah hujan rancangan. Pada studi ini, pengujian dilakukan menggunakan Uji Smirnov Kolmogorov dan Uji Chi Kuadrat. Uji Smirnov Kolmogorov membandingkan distribusi probabilitas teoritis dengan distribusi empiris berdasarkan selisih maksimum kedua distribusi, sedangkan Uji Chi Kuadrat mengevaluasi kesesuaian distribusi melalui perbandingan frekuensi pengamatan dan frekuensi teoritis pada setiap kelas data. Distribusi dinyatakan memenuhi syarat apabila hasil kedua pengujian menunjukkan bahwa data mengikuti distribusi teoritis yang dipilih. Hasil uji distribusi frekuensi kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan distribusi yang paling sesuai untuk analisis curah hujan rancangan.

Waktu Konsentrasi

Waktu Konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir dari titik terjauh daerah tangkapan menuju titik keluaran saluran. Nilai waktu konsentrasi digunakan untuk menentukan durasi hujan yang mewakili kondisi limpasan maksimum, sehingga menjadi parameter penting dalam perhitungan intensitas hujan dan debit banjir rencana. Besarnya waktu konsentrasi dipengaruhi oleh panjang lintasan aliran, kemiringan lahan, dan karakteristik permukaan daerah tangkapan. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan persamaan Kirpich sebagai berikut:

$$t_c = t_o + t_d$$

Dengan:
t_c = Waktu konsentrasi (menit)
t_o = *Inlet time* (menit), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
t_d = *Condult time* (menit), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang

saluran sampai titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir.

Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan besarnya curah hujan yang terjadi dalam satuan waktu tertentu dan menjadi salah satu parameter utama dalam analisis hidrologi untuk menentukan debit banjir rencana. Nilai intensitas hujan dipengaruhi oleh besarnya curah hujan, durasi hujan, dan periode ulang yang digunakan. Semakin tinggi intensitas hujan, semakin besar debit limpasan yang dihasilkan sehingga kapasitas saluran drainase yang diperlukan juga semakin besar. Pada studi ini, intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe, sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{0.667}$$

Dengan:
I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
t_c = Lamanya waktu konsentrasi (jam)
R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan perbandingan antara volume air hujan yang menjadi limpasan permukaan dengan total curah hujan yang jatuh pada suatu daerah. Dalam perencanaan drainase, nilai koefisien pengaliran digunakan sebagai salah satu parameter utama dalam perhitungan debit banjir rencana menggunakan Metode Rasional. Oleh karena itu, penentuan nilai koefisien harus disesuaikan dengan kondisi tata guna lahan di daerah studi agar debit limpasan yang dihitung dapat merepresentasikan kondisi lapangan secara akurat.

Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan debit maksimum yang diperkirakan terjadi pada suatu periode ulang tertentu dan digunakan sebagai dasar dalam perencanaan kapasitas saluran drainase. Besarnya debit dipengaruhi oleh karakteristik curah hujan, luas daerah tangkapan, dan kondisi penggunaan lahan yang memengaruhi besarnya limpasan permukaan. Dalam studi ini, perhitungan debit banjir rencana menggunakan Metode Rasional, karena sesuai diterapkan pada daerah tangkapan yang relatif kecil seperti kawasan perkotaan. Persamaan Metode Rasional dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = 0.278\ C\ I\ A$$

Dengan:
Q = Debit banjir rencana (m^3/det)
C = Koefisien pengaliran
I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
A = Luas daerah pengaliran (km^2)

Perencanaan Dimensi Saluran

Perencanaan dimensi saluran bertujuan untuk menentukan ukuran penampang yang mampu mengalirkan debit banjir rencana secara aman tanpa menyebabkan limpasan. Penentuan dimensi saluran dilakukan melalui analisis hidrolika dengan mempertimbangkan bentuk penampang, kemiringan dasar saluran, kekasaran permukaan, serta kapasitas aliran. Pada studi ini kapasitas saluran dihitung menggunakan Persamaan Manning, sedangkan hubungan antara debit dan luas penampang mengacu pada persamaan kontinuitas, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = A \times V$$

Dengan:
Q = Debit aliran (m^3/det)
V = Kecepatan aliran (m/det)
A = Luas penampang basah (m^2)

Kecepatan aliran dihitung menggunakan Persamaan Manning:

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

Dengan:
V = Kecepatan aliran (m/det)
n = Koefisien kekasaran Manning
R = Jari – jari hidraulik (m)
S = Kemiringan saluran

3. METODOLOGI

Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap awal studi yang bertujuan memperoleh informasi sebagai dasar analisis hidrologi dan hidrolika. Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder sebagai berikut:

1. Data Curah Hujan
   Data curah hujan yang digunakan berupa data curah hujan harian maksimum tahunan yang diperoleh dari stasiun hujan di sekitar lokasi studi. Data ini digunakan sebagai dasar dalam analisis hidrologi, meliputi perhitungan curah hujan wilayah, analisis frekuensi, intensitas hujan, dan debit banjir rencana.
2. Data Topografi
   Data topografi diperoleh dalam bentuk peta kontur dan informasi elevasi kawasan studi. Data ini digunakan untuk mengetahui kondisi kemiringan lahan, arah aliran, serta mendukung perencanaan

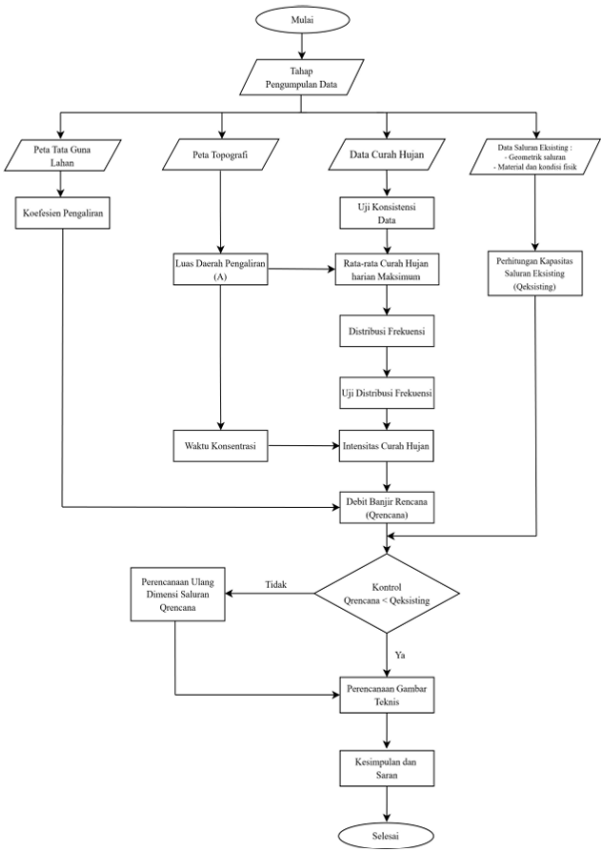
jaringan drainase yang sesuai dengan kondisi lapangan.

3. Data Tata Guna Lahan
   Data tata guna lahan digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik kawasan studi yang memengaruhi besarnya limpasan permukaan. Data ini menjadi dasar dalam penentuan nilai koefisien pengaliran pada perhitungan debit banjir rencana.

Metode Pelaksanaan Studi

1. Identifikasi Permasalahan
   Mengidentifikasi permasalahan drainase di kawasan studi berdasarkan kondisi lapangan dan informasi pendukung sebagai dasar pelaksanaan studi.
2. Survei Kondisi Saluran Eksisting
   Melakukan survei lapangan untuk memperoleh data dimensi, material, dan kondisi saluran drainase yang digunakan dalam evaluasi kapasitas saluran.
3. Pengujian Data Curah Hujan
   Data curah hujan diuji konsistensinya menggunakan Kurva Massa Ganda untuk memastikan data yang digunakan valid dan layak dianalisis.
4. Perhitungan Hujan Rata-Rata
   Data curah hujan yang telah lolos uji konsistensi diolah untuk memperoleh curah hujan rata-rata wilayah sebagai dasar analisis hidrologi.
5. Analisis Hujan Rancangan
   Curah hujan rata-rata dianalisis menggunakan distribusi frekuensi dan diuji kesesuaiannya sehingga diperoleh curah hujan rancangan sesuai periode ulang yang ditetapkan.
6. Perhitungan Intensitas Hujan
   Curah hujan rancangan diolah menjadi intensitas hujan berdasarkan waktu konsentrasi menggunakan metode yang sesuai sebagai parameter perhitungan debit.
7. Perhitungan Debit Banjir Rencana
   Debit banjir rencana dihitung dengan Metode Rasional menggunakan data intensitas hujan, luas daerah tangkapan, dan koefisien pengaliran.
8. Evaluasi Kapasitas Saluran Eksisting
   Kapasitas saluran dihitung menggunakan Persamaan Manning, kemudian dibandingkan dengan debit banjir rencana untuk mengetahui apakah saluran masih mampu menampung saluran.
9. Perencanaan Ulang Dimensi Saluran
   Apabila kapasitas saluran eksisting lebih kecil dari debit banjir rencana, dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran agar mampu mengalirkan debit banjir rencana secara optimal.

Bagan Alir



4. ANALISIS DAN PERENCANAAN

Gambaran Umum Wilayah Studi

Wilayah studi berada di kawasan Pagesangan, Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat, dengan luas wilayah sekitar 1,96 km^2. Kawasan ini didominasi oleh penggunaan lahan berupa permukiman, fasilitas pendidikan, serta kawasan perdagangan.

Berdasarkan hasil survei lapangan, beberapa ruas saluran drainase menunjukkan kondisi yang kurang baik sehingga mengurangi kemampuan saluran dalam mengalirkan air. Pada ruas Jalan Guru Bangkol ditemukan sedimentasi berupa tanah, bebatuan, dedaunan kering, dan sampah yang menyebabkan kapasitas saluran berkurang. Sementara itu, pada Gang Sanur, saluran drainase memiliki dimensi yang relatif kecil, mengalami sedimentasi, serta dimanfaatkan sebagai saluran pembuangan limbah rumah tangga. Kondisi tersebut menghambat aliran air dan meningkatkan potensi terjadinya genangan pada saat hujan dengan intensitas tinggi.

Selain itu, hasil survei juga menunjukkan masih terdapat beberapa ruas jalan yang belum dilengkapi saluran drainase, meskipun pada bagian hilir telah tersedia sumur resapan sebagai upaya meningkatkan

infiltrasi air hujan. Pada beberapa lokasi juga masih dijumpai genangan setelah terjadi hujan ringan, yang menunjukkan bahwa sistem drainase eksisting belum mampu mengalirkan limpasan secara optimal. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan evaluasi terhadap kapasitas saluran eksisting serta perencanaan peningkatan dimensi saluran agar sistem drainase di kawasan Pagesangan mampu menampung dan mengalirkan debit banjir rencana secara efektif.

Data Hujan

Analisis hidrologi pada studi ini menggunakan data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Nusa Tenggara Barat. Data curah hujan berasal dari 3 stasiun hujan terdekat dengan wilayah studi, yaitu Stasiun ARR Gunung Sari, Stasiun MRG B. Pesongoran, dan Stasiun ARR Airlangga.

Tabel 4.1 Data hujan

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)		
		Stasiun Gunung Sari	Stasiun B. Pesongoran	Stasiun Airlangga
1	2016	122.5	-	240.0
2	2017	160.0	106.4	62.0
3	2018	64.6	119.0	99.0
4	2019	85.0	103.0	75.7
5	2020	110.0	96.7	-
6	2021	146.4	105.2	-
7	2022	126.5	61.3	67.4
8	2023	73.2	85.1	60.0
9	2024	100.3	142.4	77.5
10	2025	66.0	123.3	107.0

Pengisian Data Hujan yang Hilang

Data curah hujan yang diperoleh menunjukkan adanya data yang hilang pada stasiun B. Pesongoran tahun 2016 serta Stasiun Airlangga tahun 2020 dan 2021.

- Stasiun B. Pesongoran untuk Tahun 2016

$$P_X = \frac{\frac{P_1}{{L_1}^2}+\frac{P_2}{{L_2}^2}}{\frac{1}{{L_1}^2}+\frac{1}{{L_2}^2}} = \frac{\frac{122,5}{(7,227)^2}+\frac{240}{(2,205)^2}}{\frac{1}{(7,227)^2}+\frac{1}{(2,205)^2}} = 229,9 \text{ mm}$$

Didapatkan nilai data yang hilang di Stasiun B. Pesongoran pada tahun 2016 yaitu sebesar 229,9 mm.

- Stasiun Airlangga untuk Tahun 2020

$$P_X = \frac{\frac{P_1}{{L_1}^2}+\frac{P_2}{{L_2}^2}}{\frac{1}{{L_1}^2}+\frac{1}{{L_2}^2}} = \frac{\frac{110}{(5,723)^2}+\frac{96,7}{(2,205)^2}}{\frac{1}{(5,723)^2}+\frac{1}{(2,205)^2}} = 98,4 \text{ mm}$$

Didapatkan nilai data yang hilang di Stasiun Airlangga pada tahun 2020 yaitu sebesar 98,4 mm.

- Stasiun Airlangga untuk Tahun 2021

$$P_X = \frac{\frac{P_1}{{L_1}^2}+\frac{P_2}{{L_2}^2}}{\frac{1}{{L_1}^2}+\frac{1}{{L_2}^2}} = \frac{\frac{146,4}{(5,723)^2}+\frac{105,2}{(2,205)^2}}{\frac{1}{(5,723)^2}+\frac{1}{(2,205)^2}} = 110,5 \text{ mm}$$

Didapatkan nilai data yang hilang di Stasiun Airlangga pada tahun 2021 yaitu sebesar 110,5 mm.

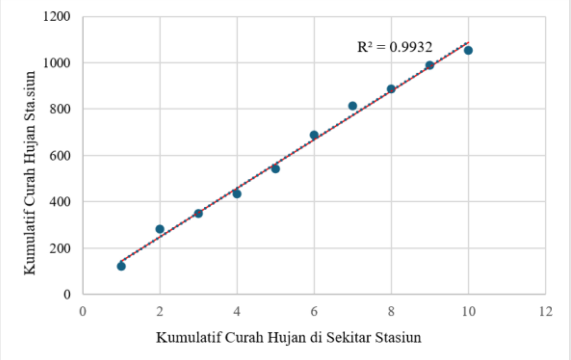
Tabel 4.2 Data hujan setelah pengisian

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)		
		Stasiun Gunung Sari	Stasiun B. Pesongoran	Stasiun Airlangga
1	2016	122.5	230.0	240.0
2	2017	160.0	106.4	62.0
3	2018	64.6	119.0	99.0
4	2019	85.0	103.0	75.7
5	2020	110.0	96.7	98.4
6	2021	146.4	105.2	110.5
7	2022	126.5	61.3	67.4
8	2023	73.2	85.1	60.0
9	2024	100.3	142.4	77.5
10	2025	66.0	123.3	107.0

Uji Konsistensi Data

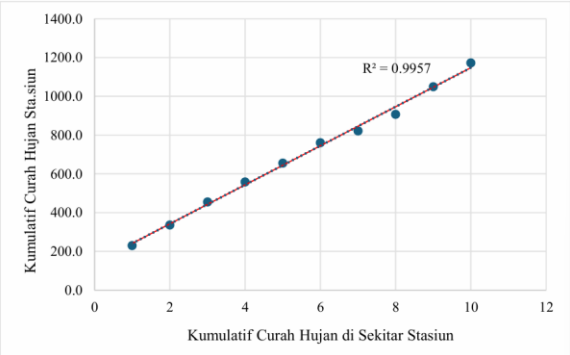
Uji konsistensi dilakukan dengan menggunakan Kurva Massa Ganda, dengan hasil grafik sebagai berikut:

- Stasiun Gunung Sari



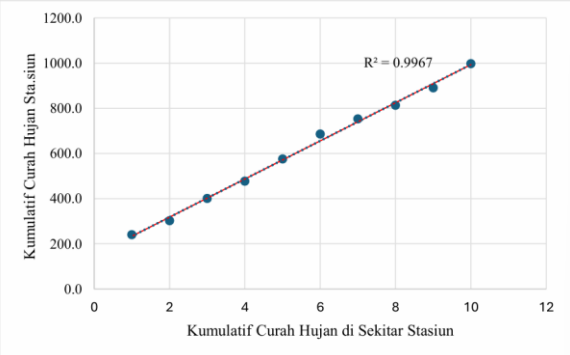
Gambar 4.1 Grafik kurva massa ganda Stasiun Gunung Sari

- Stasiun B. Pesongoran



Gambar 4.2 Grafik kurva massa ganda Stasiun B. Pesongoran

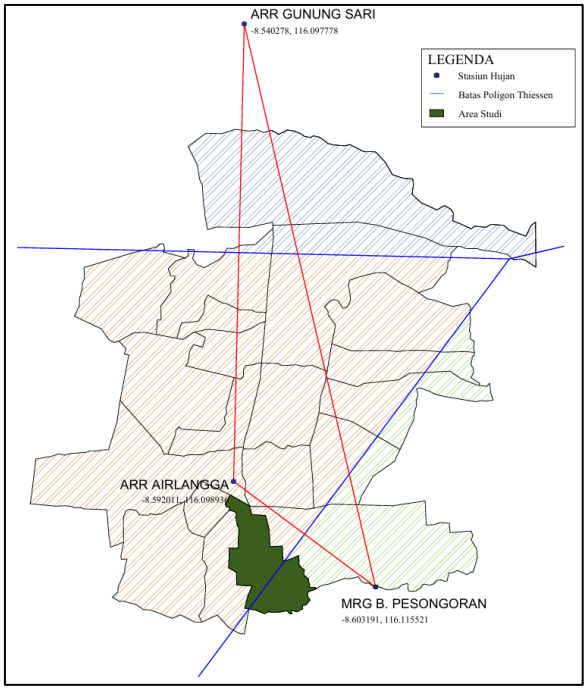
➢ Stasiun Airlangga



Gambar 4.3 Grafik kurva massa ganda Stasiun Airlangga

Ketiga grafik pada 3 stasiun menunjukkan hubungan yang linier yang ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,9932, (R^2) = 0,9957, dan (R^2) = 0,9967, dimana mendekati angka 1 menunjukkan bahwa data curah hujan Stasiun Gunung Sari, B. Pesongoran, dan Airlangga telah konsisten.

Curah Hujan Rata-Rata



Gambar 4.4 Poligon Thiessen

Didapatkan luasan stasiun pengaruh kawasan lokasi studi yaitu:

- Stasiun B. Pesongoran = 0,795 km^2
- Stasiun Airlangga = 1,165 km^2

Hasil perhitungan hujan rata-rata untuk setiap tahunnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 3 Hasil perhitungan hujan rata-rata

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)		Hujan Rata-Rata
		Stasiun B. Pesongoran	Stasiun Airlangga	
		0,41	0,59	
1	2016	230.0	240.0	235.9
2	2017	106.4	62.0	80.0
3	2018	119.0	99.0	107.1
4	2019	103.0	75.7	86.8
5	2020	96.7	98.4	97.7
6	2021	105.2	110.5	108.4
7	2022	61.3	67.4	64.9
8	2023	85.1	60.0	70.2
9	2024	142.4	77.5	103.8
10	2025	123.3	107.0	113.6

Analisis Distribusi Frekuensi

Nilai parameter statistik yang diperoleh untuk menentukan metode distribusi frekuensi yang digunakan pada studi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil dan syarat uji parameter statistik

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Kesimpulan
Normal	Cs = 0	Cs = 2,46	Tidak Memenuhi
	Ck = 0	Ck = 10,29	
Log Normal	Cs = 3CV + CV^2 = 3	Cs = 1,56	Tidak Memenuhi
	CK = 5,383	Ck = 10,29	
Log Pearson Tipe III	Cs ≠ 0	Cs = 2,46	Memenuhi
E. J. Gumbel	Cs ≤ 1,1396	Cs = 2,46	Tidak Memenuhi
	Ck ≤ 5,4002	Ck = 10,29	

Distribusi yang memenuhi persyaratan berdasarkan nilai koefisien kemencengan (*Cs*) dan koefisien kurtosis (*Ck*) adalah Metode Log Pearson Tipe III.

Log Pearson Tipe III

Tabel 4.5 Hasil perhitungan distribusi Log Pearson Tipe III

No.	Tahun	xi	log xi	log (xi - x̄)	log $(xi - \bar{x})^2$	log $(xi - \bar{x})^3$
1	2016	235.9	2.3728	0.3729	0.1390	0.0518
2	2017	80.0	1.9031	-0.0968	0.0094	-0.0009
3	2018	107.1	2.0298	0.0299	0.0009	0.0000
4	2019	86.8	1.9384	-0.0616	0.0038	-0.0002
5	2020	97.7	1.9900	-0.0099	0.0001	0.0000
6	2021	108.4	2.0349	0.0349	0.0012	0.0000
7	2022	64.9	1.8124	-0.1875	0.0352	-0.0066
8	2023	70.2	1.8462	-0.1537	0.0236	-0.0036
9	2024	103.8	2.0163	0.0164	0.0003	0.0000
10	2025	113.6	2.0554	0.0555	0.0031	0.0002
Σ			19.9994	0.0000	0.2165	0.0407
Rerata ($\bar{x}$)			1.9999			
Sd log X			0.1551			
Cs			1.5152			

Dilakukan perhitungan hujan rancangan untuk setiap periode tahun diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil perhitungan hujan rancangan T-tahun

Kala Ulang T Tahun	Pr (%)	K	Log $x_{rancangan}$	$x_{rancangan}$ (mm)
2	50.0	-0.242	1.9624	91.7
5	20.0	0.688	2.1067	127.8
10	10.0	1.333	2.2067	160.9
25	4.0	2.149	2.3332	215.4
50	2.0	2.749	2.4263	266.9
100	1.0	3.339	2.5179	329.5
200	0.5	3.922	2.6083	405.8
500	0.2	4.683	2.7264	532.6
1000	0.1	5.254	2.8149	653.0

Berdasarkan hasil analisis distribusi frekuensi menggunakan metode Log Pearson Tipe III, diperoleh nilai hujan rancangan untuk periode ulang 10 tahun (T = 10 tahun) sebesar 160,9 mm.

Uji Distribusi Frekuensi

➢ Uji Chi Kuadrat

Tabel 4.7 Hasil perhitungan uji Chi Kuadrat

No.	Batas Kelas			Jumlah Data		$E_f - O_f$	$(E_f-O_f)^2/E_f$
				E_f	O_f		
1	0	-	76.9884	2.5	2	0.5	0.1
2	76.9884	-	91.5671	2.5	2	0.5	0.1
3	91.5671	-	118.9261	2.5	5	-2.5	2.5
4	118.9261	-	∞	2.5	1	1.5	0.9
Σ				10.0	10.0	x_{hitung}	3.6

Diperoleh nilai X_{hitung} sebesar 3,6. Dimana, Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai X_{kritis} pada taraf signifikan 5% sebesar 7,815. Karena nilai X_{hitung} lebih kecil dari X_{kritis}, yaitu : 3,6 < 7,815.
Metode distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

➢ Uji Smirnov Kolmogorov

Tabel 4. 8 Hasil perhitungan uji Smirnov Kolmogorov

No.	Tahun	xi	xi_{urut} (terbesar - terkecil)	log xi_{urut} (terbesar - terkecil)	m	Peluang Empiris (Pe)	K	Peluang Teoritis (P_T)	$\lvert Pe-P_T \rvert$
1	2016	235.9	235.9	2.3728	1	0.0909	2.4038	0.0273	0.0636
2	2017	113.6	113.6	2.0554	2	0.1818	0.3577	0.2504	0.0686
3	2018	108.4	108.4	2.0349	3	0.2727	0.2253	0.3157	0.0430
4	2019	107.1	107.1	2.0298	4	0.3636	0.1928	0.3168	0.0469
5	2020	103.8	103.8	2.0163	5	0.4545	0.1055	0.3303	0.1242
6	2021	97.7	97.7	1.9900	6	0.5455	-0.0641	0.4121	0.1333
7	2022	86.8	86.8	1.9384	7	0.6364	-0.3968	0.5699	0.0665
8	2023	80.0	80.0	1.9031	8	0.7273	-0.6241	0.6901	0.0372
9	2024	70.2	70.2	1.8462	9	0.8182	-0.9910	0.8941	0.0759
10	2025	64.9	64.9	1.8124	10	0.9091	-1.2089	0.9944	0.0853
Jumlah (Σ)				19.9994					
Rerata ($\bar{x}$)				1.9999		Nilai $\Delta maks_{hitung}$			0.1333
Sd				0.1551					
Cs				1.5152					

Diperoleh nilai X_{hitung} sebesar 0,133. Dimana, Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai X_{kritis} pada taraf signifikan 5% sebesar 0,41. Karena nilai X_{hitung} lebih kecil dari X_{kritis}, yaitu: 0,133 < 0,41.
Metode distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

Waktu Konsentrasi

Salah satu contoh perhitungan akan diterapkan pada salah satu saluran eksisting yaitu pada Gg. Swakarya Raya, sebagai berikut:
Lebar saluran (b) = 0,5 m
Kedalaman hidraulik (h) = 0,5 m
Tinggi jagaan (w) $= 20\% \times h$
$= 20\% \times 0{,}5$
$= 0{,}1$ m
Panjang daerah terjauh yang ditinjau (L_1) = 34,53 m
Panjang saluran (L_2) = 157,0 m
Elevasi hulu dasar saluran = 14,35 m
Elevasi hilir dasar saluran = 13,85 m
Beda elevasi saluran (H) $= 14{,}35 - 13{,}85$
$= 0{,}5$ m
Kekasaran Manning (n) = 0,025
(tipe saluran : pasangan batu disemen)
Kemiringan (S) $= \frac{H}{L_2}$
$= \frac{0{,}50}{157{,}00}$
$= 0{,}00318$
Kecepatan aliran (V) $= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
$= \frac{1}{n} \times \frac{A^{\frac{2}{3}}}{P} \times S^{\frac{1}{2}}$
$= \frac{1}{n} \times \frac{b \times h}{2h+b}^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
$= \frac{1}{0{,}025} \times \frac{0{,}5 \times 0{,}5}{2(0{,}5)+0{,}5}^{\frac{2}{3}} \times 0{,}00318^{\frac{1}{2}}$
$= 0{,}68364$ m/detik
$= 41{,}01842$ m/menit

Dari hasil perhitungan geometrik saluran yang telah didapat, dapat dilanjutkan untuk melakukan perhitungan waktu konsentrasi sebagai berikut :

Inlet time (t_0) = $0{,}0195 \times {L_1}^{0{,}77} \times S^{-0{,}385}$
= $0{,}0195 \times 34{,}53^{0{,}77} \times 0{,}00318^{-0{,}385}$
= 2,73 menit

Condult time (t_d) = $\frac{L_2}{V}$
= $\frac{157{,}00}{41{,}01842}$
= 3,83 menit

Waktu konsentrasi (t_c) = $t_0 + t_d$
= $2{,}73 + 3{,}83$
= 6,56 menit
= 0,11 jam

Intensitas Hujan

Perhitungan dilakukan pada saluran eksisting di Gg. Swakarya Raya sebagaimana diuraikan berikut.
Diketehui:
Curah Hujan Maksimum (R_{24}) = 160,9 mm
Waktu Konsentrasi (t_c) = 0,11 jam
Maka,

Intensitas Hujan (I) = $\frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{0{,}667}$
= $\frac{160{,}9}{24} \times \left(\frac{24}{0{,}11}\right)^{0{,}667}$
= 244,5819 mm/jam

Koefisien Pengaliran

Nilai koefisien digunakan sebagai salah satu dasar perhitungan debit banjir rencana, dengan salah satu contoh perhitungan untuk Gg. Swakarya Raya adalah sebagai berikut:

Penggunaan lahan pemukiman = 3844,39 m^2
Koefisien untuk pemukiman = 0,4
Penggunahan lahan kosong = 994,71 m^2
Koefisien untuk lahan kosong = 0,25
Penggunaan lahan jalan = 555,77 m^2
Koefisien untuk jalan = 0,8
Penggunaan lahan perdagangan = 106,66 m^2
Koefisien untuk perdagangan = 0,8

$C = \frac{(A_1 \times C_1)+(A_2 \times C_2)+(A_n \times C_n)}{\sum A}$

$= \frac{(3844{,}39 \times 0{,}4)+(994{,}71 \times 0{,}25)+(555{,}77 \times 0{,}8)+(106{,}66 \times 0{,}8)}{3844{,}39+994{,}71+555{,}77+106{,}66}$

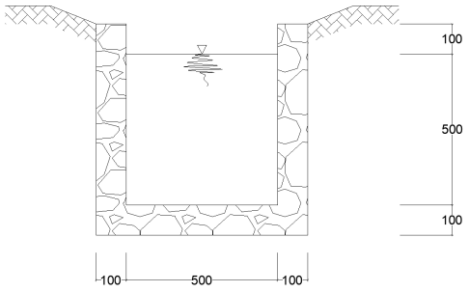
= 0,42

Debit Banjir Rencana

Dilakukan penjabaran perhitungan debit banjir rencana pada salah satu saluran yaitu pada saluran Gg. Swakarya Raya, dengan hasil sebagai berikut :
Diketahui :
C = 0,42
I = 244,5819 mm/jam
A = 0,0055 km^2
Q = $0{,}278 \times C \times I \times A$
= $0{,}278 \times 0{,}42 \times 244{,}5819 \times 0{,}0055$
= 0,1575 m^3/det

Analisis Kapasitas Drainase Eksisting

Dilakukan penjabaran perhitungan untuk salah satu saluran yaitu pada Gg. Swakarya Raya, berdasarkan hasil survei lapangan, sebagai berikut:



Panjang saluran (L) = 157,0 m
Lebar saluran (b) = 0,5 m
Kedalaman hidraulik (h) = 0,5 m
Tinggi jagaan (w) = $20\% \times h$
= $20\% \times 0{,}5$
= 0,1 m
Elevasi hulu dasar saluran = 14,35 m
Elevasi hilir dasar saluran = 13,85 m
Beda elevasi saluran (H) = $14{,}35 - 13{,}85$
= 0,5 m
Kemiringan (S) = $\frac{H}{L}$
= $\frac{0{,}5}{157{,}0}$
= 0,00318
Luas penampang basah (A) = $b \times h$
= $0{,}5 \times 0{,}5$
= 0,25000 m^2
Keliling penampang basah (P) = $2h + b$
= $(2 \times 0{,}5) + 0{,}5$
= 1,50 m
Jari-jari hidraulik (R) = $\frac{A}{P}$
= $\frac{0{,}25000}{1{,}50}$

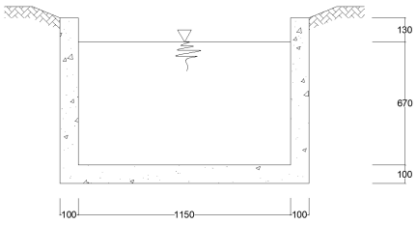
= 0,16667 m
Kekasaran Manning (n) = 0,025 (tipe saluran : pasangan batu disemen)
Kecepatan aliran (V) = $\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
= $\frac{1}{0,025} \times 0,16667^{\frac{2}{3}} \times 0,00318^{\frac{1}{2}}$
= 0,68364 (m/detik)
Kapasitas eksisting (Q_s) = $A \times V$
= $0,25000 \times 0,68364$
= 0,17091 m^3/detik

Evaluasi Kapasitas Saluran

Berdasarkan hasil evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting, diperoleh sebanyak 45 saluran yang tidak mampu untuk menampung dan mengalirkan debit banjir rencana, sehingga diperlukan tindakan penanganan sesuai dengan kondisi masing-masing saluran. Dari total tersebut, 1 saluran direkomendasikan untuk dilakukan hanya redimensi, karena dimensi eksisting belum mampu menampung debit rencana. Selanjutnya 7 saluran direkomendasikan dilakukan perubahan material saluran untuk meningkatkan kapasitas aliran melalui penurunan nilai kekasaran permukaan. Sebanyak 26 saluran memerlukan kombinasi redimensi dan perubahan material saluran, karena keterbatasan dimensi serta tingginya nilai kekasaran saluran eksisting yang menyebabkan kapasitas alir belum memenuhi debit banjir rencana. Sementara itu, 11 saluran direkomendasikan dilakukan pengerukan sedimentasi, mengingat penurunan kapasitas aliran disebabkan oleh endapan lumpur atau tanah yang mengurangi luas penampang efektif saluran.

Perencanaan Dimensi Saluran

Dilakukan penjabaran percobaan pada salah satu saluran yang tidak memenuhi untuk dilakukannya redimensi, yaitu saluran nomor 4 Jl. Gajah Mada (A) (Kanan, 2).



Panjang Saluran (L) = 115,0 m
Lebar saluran (b) = 1,15 m
Kedalaman hidraulik (h) = 0,67 m
Tinggi jagaan (w) = $20\% \times h$
= $20\% \times 0,67$
= 0,13 m
Elevasi hulu dasar saluran = 13,15 m
Elevasi hilir dasar saluran = 12,65 m
Beda elevasi saluran (H) = $13,15 - 12,65$
= 0,50 m
Kemiringan (S) = $\frac{H}{L}$
= $\frac{0.50}{115,0}$
= 0,00435
Luas penampang basah (A) = $b \times h$
= $1,15 \times 0,67$
= 0,76667 m^2
Keliling penampang basah (P) = $2h + b$
= $(2 \times 0,67) + 1,15$
= 2,48333 m
Jari-jari hidraulik (R) = $\frac{A}{P}$
= $\frac{0,76667}{2,48333}$
= 0,30872 m
Kekasaran Manning (n) = 0,013
(tipe saluran : saluran beton)
Kecepatan aliran (V) = $\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
= $\frac{1}{0,013} \times 0,30872^{\frac{2}{3}} \times 0,00435^{\frac{1}{2}}$
= 2,31690 (m/detik)
Debit rencana (Q_r) = $A \times V$
= $0,76667 \times 2,31690$
= 1,77629 m^3/detik
Dilakukan perbandingan sebagai berikut :
Debit rencana (Q_r) > Debit banjir rencana (Q)
1,77629 m^3/detik > 0,51755 m^3/detik

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil survei dan juga analisis yang telah dilakukan pada Kawasan Pagesangan, Kota Mataram, diketahui bahwa sistem drainase eksisting memiliki pola jaringan paralel dan pola jaringan siku. Pola paralel yang ditunjukkan oleh banyaknya saluran yang tersusun sejajar mengikuti jaringan jalan, sedangkan pola siku terlihat dari pertemuan saluran yang umumnya membentuk sudut tegak lurus menuju saluran utama. Kondisi saluran drainase eksisting pada wilayah lokasi studi, masih menunjukkan beberapa permasalahan dan ketidakoptimalan, antara lain dimensi saluran yang secara visual dan ukuran tidak lagi memadai, padatnya sedimentasi di dasar saluran, serta pembuangan limbah yang mengurangi luas penampang efektif saluran.
2. Berdasarkan hasil analisis hidrologi menggunakan data hujan selama 10 tahun terakhir, diperoleh debit banjir rencana dengan periode ulang 10 tahun sebagai dasar dalam mengevaluasi kapasitas

saluran drainase. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas saluran eksisting belum sepenuhnya mampu mengalirkan debit banjir rencana pada kawasan lokasi studi. Dari total 113 saluran yang ditinjau, sebanyak 45 saluran tidak mampu menampung dan mengalirkan debit banjir rencana karena kapasitas hidrauliknya lebih kecil dibandingkan debit banjir rencana yang harus ditampung dan dialirkan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa beberapa saluran memerlukan penanganan melalui redimensi atau peningkatan kapasitas agar mampu menampung dan mengalirkan debit banjir rencana. Sementara itu, sebanyak 68 saluran lainnya masih memiliki kapasitas dan kondisi yang memadai sehingga dapat mengalirkan debit banjir rencana dengan aman tanpa mengalami limpasan. Hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa permasalahan drainase di Kawasan Pagesangan tidak terjadi secara menyeluruh, melainkan hanya pada beberapa segmen saluran yang kapasitas dan kondisinya sudah tidak memadai dan memenuhi kebutuhan akibat peningkatan debit limpasan maupun kondisi fisik saluran yang kurang optimal.

3. Upaya peningkatan sistem drainase dilakukan melalui redimensi 1 saluran, perubahan material pada 3 saluran, redimensi disertai perubahan material pada 30 saluran, serta pengerukan sedimentasi pada 11 saluran. Penanganan tersebut diharapkan dapat meningkatkan kapasitas saluran sehingga mampu mengalirkan debit banjir rencana secara optimal.

Saran

1. Pemerintah Kota Mataram disarankan untuk segera merealisasikan peningkatan pada saluran-saluran yang belum memenuhi kapasitas debit banjir rencana melalui redimensi saluran, perubahan material, maupun pengerukan sedimentasi sesuai hasil perencanaan dalam studi ini.
2. Pemeliharaan sistem drainase perlu dilakukan secara rutin, meliputi pembersihan sampah, pengerukan sedimen, dan inspeksi kondisi saluran agar kapasitas aliran tetap optimal serta dapat mengurangi risiko terjadinya genangan dan banjir.
3. Studi selanjutnya disarankan untuk mengkaji sistem drainase secara lebih menyeluruh, termasuk pengaruh luapan sungai, perubahan tata guna lahan, serta penerapan konsep drainase berwawasan lingkungan seperti sumur resapan atau kolam retensi sebagai upaya pengendalian banjir yang lebih efektif.

6. DAFTAR PUSTAKA

Afriyaldi. (2020). *Evaluasi Saluran Drainase di Jalan Dr. Soedjono Lingkar Selatan Kota Mataram*.

Azharony, R. Al. (2023). *Peningkatan Kinerja Saluran Drainase pada Kawasan Banjir di Kota Kepanjen Kabupaten Malang*.

Budianto, M. B., Sulistiyono, H., Setiawan, E., & Zainudin, R. (2024). *Analisis Dampak Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Limpasan di Kecamatan Selaparang dan Mataram Analysis of The Impact of Land Use Changes on Run-Off Discharge in*. *10*(3), 554–563.

Budianto, M. B., Yasa, I. W., & Setiawan, A. (2023). *Pengaruh Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan terhadap Debit Limpasan pada Daerah Penyangga Kota Mataram The Effect of an Environmentally Drainage System on Runoff Discharge in the Buffer Area of Mataram City*. *9*(3), 582–591.

District, M., & Figures, I. N. (2024). *Kecamatan mataram dalam angka*.

Fathillah, U. A. (2020). *Analisa Dan Perencanaan Sistem Drainase Di Jl. Banda Seraya Jempong Kecamatan Sekarbela Kota Mataram*. 1–23.

Hasmar, H. A. H. (2011). *Drainase Terapan*.

Iskandar, F. M. (2021). *Evaluasi Sistem Saluran Drainase di Sekarbela, Kota Mataram untuk Pengendalian Genangan Air*. *1*, 1–23. http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.07.010%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2014.07.001%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.humov.2018.08.006%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24582474%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.12.007%0Ahttps:

JPNN.com. (n.d.). *Mataram Berpotensi Tenggelam*.

Limantara, M. S. (2018). *REKAYASA HIDROLOGI*.

Litsaniyah, A. (2018). Evaluasi Dan Rasionalisasi Kerapatan Jaringan Pos Hujan Dan Pos Duga Air Dengan Metode Stepwise. *Evaluasi Dan Rasionalisasi Kerapatan Jaringan Pos Hujan Dan Pos Duga Air Dengan Metode Stepwise*, 1–125.

Maulana, L. Di. A. (2025). *Evaluasi jaringan drainase di kelurahan ampenan tengah kota mataram*.

News, A. (n.d.-a). *Banjir Mataram Terparah Sejak 40 Tahun Terakhir*. https://www.antaranews.com/berita/4949941/banjir-mataram-terparah-sejak-40-tahun-terakhir

News, A. (n.d.-b). *Pemkot Mataram Tetapkan Status Tanggap Darurat Bencana*. https://www.antaranews.com/berita/4948989/pemkot-mataram-tetapkan-status-tanggap-darurat-bencana

Rakananta, N. (2024). *Analisa dan Perencanaan Ulang Kapasitas Saluran Drainase di Perumahan Griya Kacapiring, Kecamatan Pare, Kabupaten Kediri*.

Saidah, H., Nur, N. K., Rangan, P. R., Mukrim, M. I., Tamrin, Tumpu, M., Nanda, A. R., Mansida, M. J. A., & Sindagamanik, F. D. (2021). *Drainase Perkotaan* (R. Watrianthos (ed.)). Yayaan Kita Menulis.

Sholhati, A. (2020). *Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase pada Sistem Drainase Ancar Kota Mataram*. 1–19.

Sulastri, M. J. (2022). *Analisis Saluran Drainase Primer Jalan Sisingamangaraja Kanan di Kota Porsea Kecamatan Porsea*.

Suripin. (2004). *Sistem drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*.

Wardani, A. M. C., Andriani, M. N., Mahapatni, I. D. P. S., Suryatmaja, I. B., Pranoto, W. A., Wirahaji, I. B., Wangsa, A. A. R. R., Praganingrum, T. I., & Shiddiq, R. H. B. A. (2025). *Hidrologi & Drainase* (W. Yuliani (ed.); Issue May). CV Luminary Press Indonesia.