

PROPOSAL TUGAS AKHIR

ANALISA DRAINASE SERTA PENGARUHNYA TERHADAP KERUSAKAN JALAN BERASPAL DI JALAN VETERAN, KEC.LABUHAN DELI, KAB. DELI SERDANG, SUMATERA UTARA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ANGGARA PRADITYA LESMANA
2207210035



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Anggara Praditya Lesmana
NPM : 2207210035
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Drainase Serta Pengaruhnya Terhadap
Kerusakan Jalan Beraspal Di Jalan Veteran ,
Kec.Labuhan Deli, Kab. Deli Serdang, Sumatera
Utara
Bidang Ilmu : Transportasi

Sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Disetujui Untuk Disampaikan
Kepada Panitia Ujian
Dosen Pembimbing



Yunita Pane, S.T., M.Si.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Anggara Praditya Lesmana
NPM : 2207210035
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Drainase Serta Pengaruhnya Terhadap
Kerusakan Jalan Beraspal Di Jalan Veteran ,
Kec.Labuhan Deli, Kab. Deli Serdang, Sumatera
Utara
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Pembanding dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 2026

Mengetahui dan Menyetujui Dosen

Pembimbing



Yunita Pane, S.T., M.Si.

Dosen Pembanding I



Sayed Iskandar Muda, S.T., M.T.

Dosen Pembanding II



Wiwin Nurhazanah, S.T., M.T.,

Ketua Prodi Teknik Sipil



Assoc. Prof. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Anggara Praditya Lesmana
Tempat, Tanggal Lahir : Laut Dendang, 22 Oktober 2004
NPM : 2207210035
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul : “Analisa Drainase Serta Pengaruhnya Terhadap Kerusakan Jalan Beraspal Di Jalan Veteran , Kec.Labuhan Deli, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara.”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 2026

Saya yang menyatakan,

A 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp featuring a Garuda bird and a signature. The stamp is yellow and red, with the text "10000" and "METERAI TEMPEL" visible. The signature is in black ink.

Anggara Praditya Lesmana

ABSTRAK

ANALISA DRAINASE SERTA PENGARUHNYA TERHADAP KERUSAKAN JALAN BERASPAL DI JALAN VETERAN , KEC.LABUHAN DELI, KAB. DELI SERDANG, SUMATERA UTARA

Anggara Praditya Lesmana

2207210035

Yunita Pane, S.T., M.Si.

Jalan merupakan prasarana transportasi yang berperan penting dalam menunjang mobilitas masyarakat dan kegiatan ekonomi. Salah satu faktor yang memengaruhi kondisi dan umur pelayanan perkerasan jalan adalah sistem drainase. Drainase yang tidak berfungsi secara optimal dapat menyebabkan genangan dan masuknya air ke dalam lapisan perkerasan sehingga mempercepat kerusakan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi drainase di Jalan Veteran, Kecamatan Labuhan Deli, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, mengidentifikasi kerusakan perkerasan jalan aspal, serta mengetahui pengaruh kondisi drainase terhadap kerusakan jalan.

Penelitian menggunakan data primer berupa hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan serta data sekunder berupa curah hujan maksimum tahunan periode 2016–2025. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan Distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel. Intensitas hujan dihitung menggunakan Metode Mononobe, debit banjir rencana menggunakan Metode Rasional, dan kapasitas saluran menggunakan Persamaan Manning. Hasil analisis menunjukkan curah hujan rencana periode ulang 10 tahun sebesar 216,35 mm/hari. Debit banjir rencana pada titik 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 0,506 m³/det, 0,478 m³/det, dan 0,531 m³/det.

Hasil penelitian menunjukkan kapasitas saluran pada titik 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 1,13 m³/det, 1,01 m³/det, dan 1,24 m³/det, sehingga secara teoritis ketiga saluran mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 10 tahun. Namun, kondisi saluran yang terdapat sampah, sedimentasi, dan inlet yang kurang optimal dapat mengurangi kapasitas efektif saluran serta menyebabkan genangan. Genangan yang terjadi secara berulang dapat mempercepat kerusakan perkerasan aspal akibat masuknya air melalui retak dan celah perkerasan. Oleh karena itu, diperlukan pemeliharaan saluran secara rutin, pembersihan sampah, pengendalian sedimentasi, dan perbaikan inlet untuk mengurangi genangan serta mencegah perkembangan kerusakan jalan.

Kata kunci: drainase jalan, kerusakan jalan, curah hujan, debit banjir rencana, kapasitas saluran.

ABSTRACT

ANALYSIS OF DRAINAGE AND ITS EFFECT ON ASPHALT ROAD DAMAGE ON VETERAN ROAD, LABUHAN DELI DISTRICT, DELI SERDANG REGENCY, NORTH SUMATRA

Anggara Praditya Lesmana

2207210035

Yunita Pane, S.T., M.Si.

Roads are important transportation infrastructure that support community mobility and economic activities. One of the factors affecting road pavement conditions and service life is the drainage system. Poorly functioning drainage can cause water ponding and water infiltration into the pavement, which may accelerate road deterioration. This study aims to analyze the drainage system on Veteran Road, Labuhan Deli District, Deli Serdang Regency, North Sumatra, identify asphalt pavement damage, and determine the influence of drainage conditions on road deterioration.

The research used primary data obtained through direct field observations and measurements, as well as secondary data consisting of annual maximum rainfall data for 2016–2025. Hydrological analysis was conducted using Normal, Log Normal, Log Pearson Type III, and Gumbel distributions. Rainfall intensity was calculated using the Mononobe method, design flood discharge using the Rational Method, and drainage channel capacity using the Manning equation. The analysis resulted in a 10-year return period design rainfall of 216.35 mm/day. The design flood discharges were 0.506 m³/s, 0.478 m³/s, and 0.531 m³/s at Points 1, 2, and 3, respectively.

The results showed that the drainage channel capacities at Points 1, 2, and 3 were 1.13 m³/s, 1.01 m³/s, and 1.24 m³/s, respectively, indicating that the channels are theoretically capable of accommodating the 10-year design flood discharge. However, garbage, sedimentation, and inadequate inlets can reduce the effective drainage capacity and cause water ponding. Repeated ponding can accelerate asphalt pavement deterioration through water infiltration into cracks and pavement gaps. Therefore, routine drainage maintenance, channel cleaning, sedimentation control, and inlet improvement are necessary to reduce ponding and prevent further road deterioration.

Keywords: road drainage, road deterioration, rainfall, design flood discharge, drainage channel capacity.

KATA PENGANTAR



Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Drainase Serta Pengaruhnya Terhadap Kerusakan Jalan Beraspal Di Jalan Veteran , Kec.Labuhan Deli, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Yunita Pane, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sayed Iskandar Muda, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Ibu Wiwin Nurhazanah, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Ir. Ade Faisal, S.T, MSc, PhD selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipil kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa kepada kedua orangtua saya yang telah tulus mendoakan dan memberikan dorongan moral ataupun material yang tiada henti-hentinya.
9. Samudra Muhammad Dewan , sebagai sahabat yang selalu menemani penulis dalam Menyusun tugas akhir ini
10. Muhammad Sadam, S.T., sebagai mentor yang selalu membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini
11. Rekan rekan sahabat penulis
12. Rekan seperjuangn di Teknik sipil.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin.

Wassalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, April 2026

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Manfaat Teoritis	3
1.4.2 Manfaat Praktis	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Drainase Jalan	5
2.2 Fungsi dan Tujuan Drainase Jalan	5
2.3 Jenis-Jenis Drainase Jalan	6
2.3.1. Drainase Menurut Sejarah Terbentuknya	6
2.3.2. Drainase Menurut Konstruksinya	6
2.3.3. Drainase Menurut Sistem Buangannya	7
2.4 Pola Jaringan Drainase	7
2.5 Jalan	10
2.6 Klasifikasi Jalan	11

2.6.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi	11
2.6.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Status	12
2.6.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas	12
2.7 Perkerasan Jalan Aspal (Perkerasan Lentur)	12
2.8 Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Perkerasan Jalan	13
2.9 Jenis-Jenis Kerusakan Jalan	13
2.9.1 Retak (Cracking)	14
2.9.2 Deformasi (<i>Distortion</i>)	15
2.9.3 Kerusakan Permukaan (Disintegration)	17
2.9.4 Cacat Permukaan (Surface Defects)	19
2.10 Pengaruh Drainase terhadap Kinerja dan Umur Layanan Jalan	20
2.11 Penelitian Terdahulu	20
2.12 Analisa Data	22
2.12.1 Analisa Hidrologi	22
2.12.2 Analisa Hidrolika	23
2.12.3 Saluran Tertutup	25
2.12.4 Penampang Persegi Paling Ekonomis	25
2.13 Analisa Frekuensi Curah Hujan Maksimum	29
2.14 Analisis Intensitas Curah Hujan	30
2.15 Analisa Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1 Bagan Alir Penelitian	34
3.2 Lokasi Penelitian	35
3.3 Pelaksanaan Penelitian	35
3.4 Prosedur Penelitian	35
3.5 Analisa Data	36
BAB IV	37
PEMBAHASAN	37
4.1 Analisa Data	37
4.1.1 Data Primer	37
4.1.2 Data Curah Hujan	38
4.1.3 Perhitungan Rata-Rata Curah Hujan	60

4.2 ANALISIS HIDROLOGI	61
4.2.1 Distribusi Normal	61
4.2.2 Distribusi Log Normal	65
4.2.3 Distribusi Log Pearson III	74
4.2.4 Distribusi Gumbel	77
4.2.5 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana	80
4.3 ANALISIS HIDROLIKA	81
4.3.1 Perhitungan Debit Banjir Rencana Titik 1	81
4.3.2 Perhitungan Debit Banjir Rencana Titik 2	82
4.3.3 Perhitungan Debit Banjir Rencana Titik 3	83
4.3.4 Perhitungan Kapasitas Saluran	84
4.3.5 Kapasitas Saluran Titik 1	85
4.3.6 Kapasitas Saluran Titik 2	86
4.3.7 Kapasitas Saluran Titik 3	87
4.3.8 Rekapitulasi Kapasitas Saluran	88
4.4 PENGARUH AIR TERHADAP KONDISI ASPAL	89
4.5 PENENTUAN UNIT SAMPEL	90
4.6 PENGUKURAN JENIS KERUSAKAN	90
4.7 PERHITUNGAN NILAI KERAPATAN (DENSITY)	91
4.7.1 Contoh Perhitungan Density Butiran Lepas	91
4.7.2 Contoh Perhitungan Density Tambalan Tingkat Medium	92
4.7.3 Contoh Perhitungan Density Tambalan Tingkat High	92
4.7.4 Contoh Perhitungan Density Retak Pinggir	93
4.8 NILAI PENGURANG (DEDUCT VALUE)	93
4.8.1 Deduct Value Butiran Lepas	94
4.8.2 Deduct Value Tambalan Tingkat Medium	94
4.8.3 Deduct Value Tambalan Tingkat High	95
4.8.4 Deduct Value Retak Pinggir	95
4.9 PENANGANAN KERUSAKAN JALAN	96
4.10 PEMBAHASAN	97
BAB V	101
KESIMPULAN DAN SARAN	101

5.1 Kesimpulan	101
5.2 Saran	102
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN	108
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar Pola Jaringan Drainase Siku	8
Gambar 2.2 Gambar Pola Jaringan Drainase Paralel	8
Gambar 2.3 Gambar Pola Jaringan Drainase Grid Iron	9
Gambar 2.4 Gambar Pola Jaringan Drainase Alamiah	9
Gambar 2.5 Gambar Pola Jaringan Drainase Radial	9
Gambar 2.6 Gambar Pola Jaringan Drainase Jaring	10
Gambar 2.7 Gambar Retak Kulit Buaya	14
Gambar 2.9 Retak Melintang	15
Gambar 2.10 Alur 9 (Ruting)	16
Gambar 2.11 Amblas	17
Gambar 2.12 Pengelupasan Butir	17
Gambar 2.13 Kegemukan	17
Gambar 2.14 Lubang	18
Gambar 2.15 Kekerasan Permukaan	18
Gambar 2.16 Tambalan Rusak	19
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian	34
Gambar 4.1 Grafik curah hujan	76
Gambar 4.2 Grafik Log X	80
Gambar LA1. Pengambilan data Primer	108
Gambar LA2. Pengambilan data Primer	108
Gambar LA3. Pengambilan data Primer	108
Gambar LA4. Pengambilan data Primer	109
Gambar LA5. Pengambilan data Primer	109
Gambar LA6. Pengambilan data Primer	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan	20
Tabel 2.2 Harga n (Angka Kekasaran Manning) Harga n untuk Rumus Manning	27
Tabel 2.3 Parameter Statistic yang Penting	31
Tabel 2.4 Nilai Variable Reduksi Gauss	
.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1 Data Dimensi Saluran	38
Tabel 4.2 Data Curah Hujan Bulanan 2016- 2025	39
Tabel 4.3 Hasil Data Curah Hujan Maksimum	40
Tabel 4.4 Tabel Selisih Ri terhadap Rata rata	41
Tabel 4.5 Tabel Probabilitas dan Periode Ulang	43
Tabel 4.6 Hasil Distribusi Normal	49
Tabel 4.7 Hasil Distribusi Log Normal	54
Tabel 4.8 Hasil Distribusi Log Pearson III	57
Tabel 4.9 Hasil Distribusi Gumbel	60
Tabel 4.10 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana	61
Tabel 4.11 Evaluasi Kapasitas Saluran	69
Tabel 4.12 Penanganan Kerusakan Jalan	77

DAFTAR NOTASI

X_t = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun

X = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variat

K_t = Faktor frekuensi

Y_t = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun

Y = Nilai rata-rata hitungan variat

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

L_s = Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)

S = Kemiringan dasar saluran

n = Angka kekasaran Manning

V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan (jam)

C = Koefisien limpasan air hujan

A = Luas daerah pengaliran (km²)

Q = Debit maksimum (m³/det)

T_c = Waktu konsentrasi

T_d = Waktu air mengalir di dalam saluran dari hulu hingga ke tempat pengukuran (jam)

R = Jari-jari hidrolis (m)

P = Keliling basah saluran (m)

Q_p = Debit banjir rencana

B = Lebar bawah saluran

h = Kedalaman air

F = Freeboard (tinggi jagaan)

b = Lebar atas saluran

H = Kedalaman saluran total

N = Koefisien Manning

Qs = Debit saluran

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang memiliki peran strategis dalam menunjang mobilitas masyarakat, pertumbuhan ekonomi, serta distribusi barang dan jasa. Keberadaan jaringan jalan yang memadai mampu meningkatkan konektivitas antarwilayah dan menekan biaya distribusi, sehingga berdampak positif terhadap aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat (Arif dkk., 2023). Kondisi jalan yang baik dan terpelihara juga berpengaruh terhadap kelancaran arus lalu lintas serta keselamatan pengguna jalan, karena dapat mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan kenyamanan berkendara (Calvo-Poyo et al., 2020). Sebaliknya, kerusakan jalan seperti retak, lubang, dan penurunan permukaan perkerasan dapat menimbulkan berbagai permasalahan, antara lain kemacetan, meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas, serta bertambahnya biaya operasional kendaraan (Gumelar et al., 2023).

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kinerja dan umur layanan perkerasan jalan aspal adalah sistem drainase jalan. Drainase yang tidak berfungsi dengan baik akan menyebabkan genangan air di permukaan maupun infiltrasi air ke dalam lapisan perkerasan. Air yang terperangkap dalam struktur perkerasan dapat menurunkan daya dukung tanah dasar, melemahkan ikatan antar agregat dan aspal, serta mempercepat terjadinya kerusakan seperti retak, lubang (potholes), alur (rutting), dan pengelupasan permukaan (ravelling) (Hardiyatmo, 2015).

Kota Medan sebagai salah satu kota besar di Indonesia memiliki tingkat aktivitas transportasi yang tinggi, khususnya pada ruas-ruas jalan utama yang berfungsi sebagai jalur distribusi dan mobilitas masyarakat. Salah satu ruas jalan yang memiliki peran penting adalah Jalan Veteran di Kecamatan Labuhan Deli, yang berfungsi sebagai jalan arteri penghubung kawasan perdagangan, perkantoran, dan permukiman. Tingginya volume lalu lintas, terutama kendaraan berat, memberikan beban berulang yang signifikan terhadap struktur perkerasan jalan (Sukirman, 2018). Selain itu, kondisi iklim dengan curah hujan yang relatif tinggi menuntut keberadaan sistem drainase jalan yang direncanakan dan dipelihara secara

optimal, karena sistem drainase yang tidak berfungsi dengan baik dapat menyebabkan genangan air yang mempercepat kerusakan perkerasan serta mengurangi tingkat pelayanan jalan (Hardiyatmo, 2020; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Oleh karena itu, evaluasi terhadap kondisi drainase jalan menjadi hal yang penting guna menjamin kelangsungan fungsi Jalan Veteran sebagai prasarana transportasi yang aman dan andal.

Namun, berdasarkan hasil pengamatan awal di lapangan, kondisi Jalan Veteran Kota Medan menunjukkan adanya berbagai bentuk kerusakan perkerasan aspal, antara lain retak memanjang, retak buaya (*alligator cracking*), lubang (*potholes*), serta ketidakrataan permukaan jalan. Jenis-jenis kerusakan tersebut umumnya dipengaruhi oleh beban lalu lintas berulang, khususnya kendaraan berat, serta melemahnya struktur perkerasan akibat masuknya air ke dalam lapisan perkerasan (Sukirman, 2018). Selain itu, pada beberapa segmen jalan ditemukan genangan air yang terjadi setelah hujan, yang mengindikasikan bahwa sistem drainase jalan tidak berfungsi secara optimal. Sistem drainase yang buruk dapat menyebabkan air tergenang di permukaan maupun meresap ke lapisan perkerasan, sehingga mempercepat proses kerusakan dan menurunkan umur pelayanan jalan (Hardiyatmo, 2020; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Dengan demikian, kondisi drainase diduga memiliki kontribusi yang signifikan terhadap percepatan kerusakan perkerasan pada Jalan Veteran Kota Medan..

Drainase jalan yang buruk dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain kapasitas saluran yang tidak mencukupi, sedimentasi dan sampah yang menyumbat saluran, kemiringan melintang jalan yang tidak sesuai, serta kurangnya pemeliharaan rutin. Menurut Sukirman (2010), sistem drainase yang baik harus mampu mengalirkan air permukaan secepat mungkin menjauh dari badan jalan agar tidak meresap ke dalam lapisan perkerasan.

Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian yang menganalisis kondisi sistem drainase pada jalan Veteran serta mengkaji pengaruhnya terhadap tingkat dan jenis kerusakan perkerasan jalan aspal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran hubungan antara kinerja drainase dan kerusakan jalan, serta menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan, perbaikan, dan pemeliharaan

jalan di masa mendatang, khususnya pada ruas jalan perkotaan dengan karakteristik lalu lintas dan lingkungan yang serupa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi sistem drainase pada Jalan Veteran ?
2. Jenis-jenis kerusakan apa saja yang terjadi pada perkerasan jalan aspal di Jalan Veteran ?
3. Bagaimana pengaruh kondisi drainase terhadap tingkat kerusakan perkerasan jalan aspal di Jalan Veteran?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kondisi sistem drainase yang terdapat pada Jalan Veteran.
2. Mengidentifikasi jenis dan tingkat kerusakan perkerasan jalan aspal pada Jalan Veteran.
3. Mengetahui pengaruh sistem drainase terhadap kerusakan perkerasan jalan aspal di Jalan Veteran.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.4.1 Manfaat Teoritis

Menambah wawasan dan pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya mengenai hubungan antara sistem drainase jalan dan kerusakan perkerasan jalan aspal.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Sebagai bahan masukan bagi instansi terkait dalam perencanaan, perbaikan, dan pemeliharaan sistem drainase serta perkerasan jalan.
2. Memberikan gambaran kondisi nyata kerusakan jalan yang disebabkan oleh drainase yang kurang optimal.

c. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan drainase jalan dan kinerja perkerasan.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada ruas Jalan Veteran yang mengalami kerusakan perkerasan jalan aspal.
2. Jenis perkerasan yang ditinjau adalah perkerasan lentur (aspal).
3. Analisis kerusakan jalan difokuskan pada kerusakan yang dipengaruhi oleh kondisi drainase.
4. Penelitian ini tidak membahas perencanaan ulang struktur perkerasan jalan secara detail.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal penelitian ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas teori-teori yang berkaitan dengan drainase jalan, perkerasan jalan aspal, serta jenis dan penyebab kerusakan jalan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menguraikan lokasi dan waktu penelitian, metode pengumpulan data, teknik analisis data, serta tahapan penelitian yang dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Drainase Jalan

Drainase merupakan serangkaian sistem bangunan air yang ditujukan untuk menangani masalah air yang berlebihan yang tidak diperlukan baik yang mengalir di permukaan tanah dan yang berada di bawah permukaan tanah (Saidah, 2021). Secara umum, drainase adalah serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu lahan, sehingga dapat berfungsi secara optimal. Diurut dari hulunya, bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyer drain*), saluran induk (*main drain*), dan badan air penerima (*receiving water*). Di sepanjang sistem drainase sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong - gorong, jembatan, talang dan saluran miring. (Kartika et al., 2018).

Drainase jalan merupakan sistem teknis yang dirancang untuk mengendalikan dan mengalirkan air agar tidak merusak struktur perkerasan. Menurut American Association of State Highway and Transportation Officials (2011), Air yang berlebihan dapat menurunkan kekuatan lapisan perkerasan dan tanah dasar sehingga mempercepat kerusakan jalan. Hal ini sejalan dengan pendapat Federal Highway Administration (2013). Oleh karena itu, sistem drainase yang baik sangat diperlukan untuk menjaga umur layanan jalan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017).

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2014), sistem drainase jalan dirancang untuk mengalirkan air permukaan secepat mungkin menjauh dari badan jalan serta mencegah air masuk ke dalam lapisan perkerasan. Drainase jalan yang tidak memadai dapat menyebabkan genangan air, erosi bahu jalan, serta kerusakan dini pada perkerasan.

2.2 Fungsi dan Tujuan Drainase Jalan

Fungsi utama sistem drainase jalan adalah untuk menjaga kondisi perkerasan tetap kering dan stabil. Adapun tujuan drainase jalan antara lain:

1. Mencegah genangan air di permukaan jalan.
2. Mengurangi infiltrasi air ke dalam lapisan perkerasan.
3. Menjaga daya dukung tanah dasar.
4. Memperpanjang umur layanan perkerasan jalan.

Sukirman (2010) menyatakan bahwa drainase yang baik merupakan salah satu syarat utama agar perkerasan lentur dapat berfungsi sesuai umur rencana.

2.3 Jenis-Jenis Drainase Jalan

Menurut Fairizi (2015), yang mengutip pendapat Hadi Hardjaja, drainase dapat dikelompokkan berdasarkan sejarah terbentuknya, konstruksi, dan sistem buangnya.

2.3.1. Drainase Menurut Sejarah Terbentuknya

a. Drainase alamiah (natural drainage)

Drainase alamiah merupakan drainase yang terbentuk secara alami tanpa bangunan penunjang. Saluran ini terbentuk akibat gerusan air yang bergerak karena gaya gravitasi sehingga membentuk jalur aliran permanen seperti sungai. Daerah dengan sistem drainase alamiah yang relatif baik cenderung memiliki perlindungan alami terhadap genangan dibandingkan daerah yang berfungsi sebagai daerah tampungan aliran dari wilayah sungai yang luas.

b. Drainase buatan

Drainase buatan adalah drainase yang dibuat dengan tujuan tertentu dan memerlukan bangunan khusus, seperti selokan pasangan batu, gorong-gorong, dan pipa-pipa. Sistem ini dirancang untuk mengatur aliran air agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan infrastruktur.

2.3.2. Drainase Menurut Konstruksinya

a. Saluran terbuka

Saluran terbuka umumnya digunakan untuk drainase air hujan di daerah dengan lahan yang cukup luas atau untuk air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan maupun lingkungan.

b. Saluran tertutup

Saluran tertutup biasanya digunakan untuk mengalirkan air kotor yang berpotensi mengganggu kesehatan dan lingkungan, serta banyak diterapkan di kawasan perkotaan.

2.3.3. Drainase Menurut Sistem Buangannya

a. Sistem terpisah (separate system)

Sistem ini memisahkan saluran air hujan dan air kotor ke dalam jaringan yang berbeda (Fairizi, 2015).

b. Sistem tercampur (combined system)

Pada sistem ini, air hujan dan air kotor dialirkan melalui satu saluran yang sama (Fairizi, 2015).

c. Sistem kombinasi (pseudo separate system)

Sistem kombinasi merupakan perpaduan antara sistem terpisah dan tercampur. Pada musim hujan, air buangan dan air hujan dapat tercampur dalam saluran air buangan, sementara air hujan berfungsi sebagai pengencer dan pembilas. Kedua saluran tidak sepenuhnya menyatu, tetapi dihubungkan melalui sistem pengalihan tertentu (Fairizi, 2015).

Menurut Hardiyatmo (2015), drainase bawah permukaan sangat diperlukan pada daerah dengan curah hujan tinggi dan tanah dasar yang memiliki permeabilitas rendah.

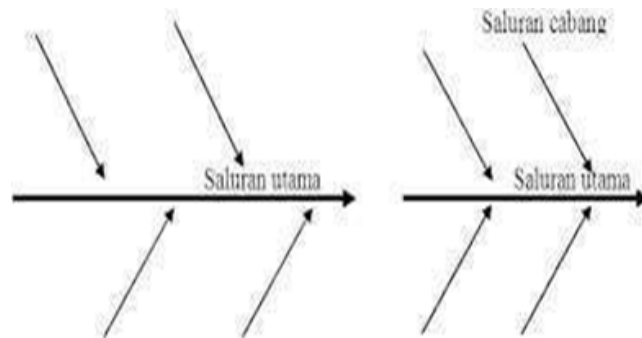
2.4 Pola Jaringan Drainase

Pola jaringan drainase merupakan susunan atau konfigurasi aliran sungai dan saluran air yang terbentuk di suatu daerah aliran sungai (DAS) akibat pengaruh kondisi topografi, geologi, dan struktur tanah. Pola ini mencerminkan cara air permukaan mengalir dan terkumpul menuju saluran utama. Dengan demikian, pola jaringan drainase menjadi indikator penting dalam perencanaan sistem drainase perkotaan dan jalan (Ven Te Chow, et al, 2010).

Menurut Rozaqi Ahmad (2018) ada beberapa pola jaringan drainase

1. Drainase Siku

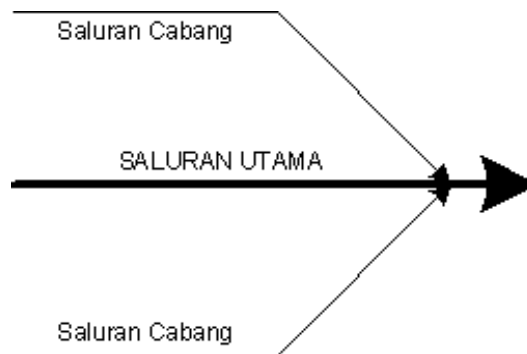
Jaringan yang dibuat pada daerah yang memiliki topografi sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan Sungai sekitarnya. Sungai tersebut nantinya akan dijadikan sebagai pembuangan utama atau pembuangan akhir.



Gambar 2.1 Gambar pola jaringan drainase siku (Rozaqi Ahmad,2018)

2. Drainase Paralel

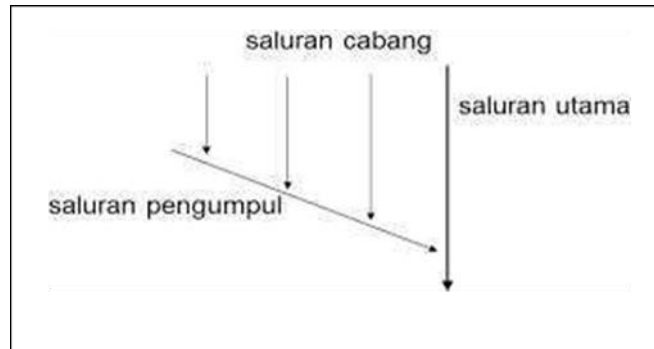
Jaringan drainase ini memiliki saluran utama sejajar dengan saluran cabangnya. Biasanya memiliki jumlah cabang yang cukup untuk banyak dan pendek - pendek. Apabila terjadi perkembangan kota, saluran akan menyesuaikan.



Gambar 2.2 Gambar Pola Jaringan Drainase Paralel (Rozaqi Ahmad,2018)

3. Drainase Grid Iron

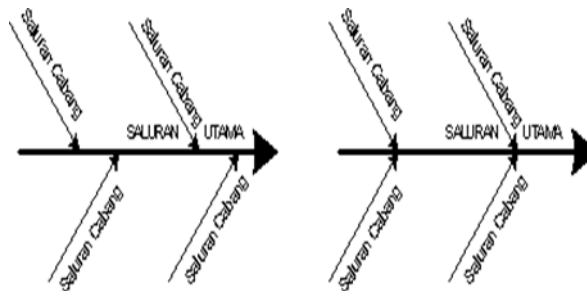
Jaringan ini diperuntukkan untuk daerah kota dengan skema pengumpulan pada drainase cabang sebelum masuk kedalam saluran utama.



Gambar 2.3 Gambar Pola Jaringan Drainase Grid Iron(Rozaqi Ahmad,2018)

4. Natural Drainase

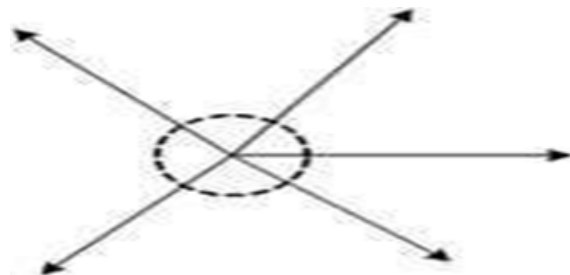
Seperti jaringan drainase siku, hanya saja pada pola alamiah ini beban Sungainya lebih besar.



Gambar 2.4 Gambar Pola Jaringan Drainase Alamiah (Rozaqi Ahmad,2018)

5. Drainase Radial

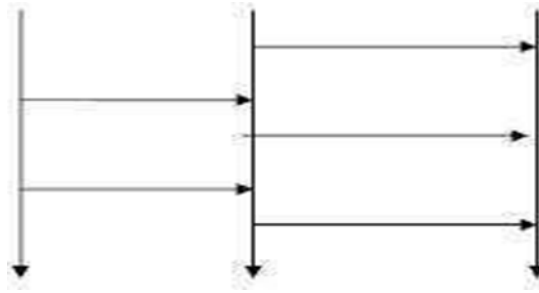
Jaringan drainase ini memiliki pola aliran yang menyebarkan pada pusat saluran menuju luar.



Gambar 2.5 Gambar Pola Jaringan Drainase Radial(Rozaqi Ahmad,2018)

6. Drainase Jaring

Jaringan ini mempunyai saluran - saluran pembuangan mengikuti arah jalan raya. Jaringan ini sangat cocok untuk daerah dengan topografi datar.



Gambar 2.6 Gambar Pola Jaringan Drainase Jaring(Rozaqi Ahmad,2018)

2.5 Jalan

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang memiliki peranan penting dalam menunjang mobilitas manusia dan distribusi barang. Secara umum, jalan didefinisikan sebagai infrastruktur yang dibangun untuk melayani pergerakan lalu lintas secara aman, nyaman, dan efisien. Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2017), jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Keberadaan jalan berfungsi sebagai penghubung antarwilayah yang berperan dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, sosial, dan pembangunan regional.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan disebutkan bahwa:

1. Badan jalan mencakup seluruh jalur lalu lintas, median, serta bahu jalan.
2. Jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu penampangan tertentu pada suatu ruas jalan, satuan waktu, kendaraan jalan, dan lalu lintas tertentu disebut kapasitas jalan
3. Kecepatan kendaraan merupakan jarak yang ditempuh per satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan km/jam atau m/detik.
4. Jalan masuk adalah fasilitas akses lalu lintas untuk memasuki ruas jalan
5. Bangunan pelengkap jalan antara lain jembatan, terowongan, pohon, lintas atas, lintas bawah, tempat parkir, gorong - gorong, tembok penahan, lampu penerangan jalan, pagar pengaman, dan saluran tepi jalan dibangun sesuai dengan persyaratan teknis.
6. Pelengkap jalan adalah bangunan atau alat yang dimaksudkan untuk

keselamatan, keamanan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas serta kemudahan bagi pengguna jalan dalam berlalu lintas.

- a. Perlengkapan jalan, Contoh perlengkapan jalan tersebut antara lain patok-patok pengarah, pagar pengaman, patok kilometer, patok hektometer, patok ruang milik jalan, batas seksi, pagar jalanan fasilitas yang mempunyai sebagai sarana untuk keperluan memberikan perlengkapan dan pengamanan jalan, tempat istirahat.
- b. Perlengkapan jalan yang berkaitan langsung dengan pengguna jalan wajib meliputi:
 - Aturan perintah dan larangan yang dinyatakan dengan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas), rambu, dan marka
 - Petunjuk dan peringatan yang dinyatakan dengan rambu dan tanda - tanda lain

2.6 Klasifikasi Jalan

2.6.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi

1. Jalan arteri

Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan tinggi, dan akses masuk yang dibatasi.

2. Jalan kolektor

Jalan yang berfungsi mengumpulkan dan membagi arus lalu lintas dari dan ke jalan arteri dengan jarak tempuh sedang.

3. Jalan lokal

Jalan yang melayani angkutan setempat dengan jarak tempuh dekat dan kecepatan relatif rendah.

4. Jalan lingkungan

Jalan yang melayani pergerakan di dalam kawasan permukiman atau lingkungan tertentu (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020).

2.6.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Status

1. Jalan nasional

Jalan yang menghubungkan antar ibu kota provinsi dan memiliki peran strategis nasional.

2. Jalan provinsi

Jalan yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota.

3. Jalan kabupaten/kota

Jalan yang melayani hubungan transportasi dalam wilayah kabupaten atau kota.

4. Jalan desa

Jalan yang melayani transportasi di kawasan pedesaan (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2019).

2.6.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas

1. Jalan kelas I

Jalan yang dapat dilalui kendaraan bermuatan besar dengan dimensi dan muatan sumbu terberat tinggi.

2. Jalan kelas II

Jalan yang melayani kendaraan dengan muatan sedang.

3. Jalan kelas III

Jalan yang diperuntukkan bagi kendaraan dengan muatan lebih ringan.

Penentuan kelas jalan sangat penting untuk menjaga kinerja perkerasan dan keselamatan lalu lintas, karena beban kendaraan berpengaruh langsung terhadap umur layanan jalan (Siti Juleha et al., 2023).

2.7 Perkerasan Jalan Aspal (Perkerasan Lentur)

Perkerasan lentur merupakan struktur perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat agregat dan dirancang untuk bersifat fleksibel dalam

menerima beban lalu lintas. Sistem ini bekerja dengan cara mendistribusikan tegangan secara bertahap ke lapisan di bawahnya sehingga mampu menjaga stabilitas struktur jalan. Menurut Federal Highway Administration (2022), Struktur perkerasan lentur umumnya terdiri atas lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), dan tanah dasar (*subgrade*), yang masing-masing memiliki fungsi untuk menyebarkan beban dan melindungi tanah dasar dari kerusakan.

Kinerja perkerasan lentur sangat dipengaruhi oleh kualitas material, beban lalu lintas, kondisi lingkungan, serta sistem drainase. Menurut Bina Marga (2017), kegagalan perkerasan lentur sering kali dipicu oleh masuknya air ke dalam struktur perkerasan.

2.8 Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Perkerasan Jalan

Kerusakan perkerasan jalan tidak hanya disebabkan oleh beban lalu lintas, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan konstruksi. Faktor-faktor tersebut meliputi:

1. Beban lalu lintas berlebih (*overloading*).
2. Kualitas material perkerasan yang rendah.
3. Pelaksanaan konstruksi yang tidak sesuai spesifikasi.
4. Kondisi drainase yang buruk.
5. Curah hujan dan kondisi iklim.

Hardiyatmo (2015) menyebutkan bahwa kombinasi antara beban lalu lintas dan air merupakan penyebab utama kerusakan dini perkerasan jalan.

2.9 Jenis-Jenis Kerusakan Jalan

Kerusakan jalan merupakan penurunan kondisi perkerasan yang dapat mengurangi kenyamanan, keamanan, dan umur layanan jalan. Kerusakan ini umumnya disebabkan oleh beban lalu lintas berulang, pengaruh air, kualitas material, serta faktor lingkungan. Identifikasi jenis kerusakan jalan penting untuk menentukan metode pemeliharaan yang tepat. Menurut Direktorat Jenderal Bina

Marga (2018), kerusakan perkerasan jalan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis utama sebagai berikut:

2.9.1 Retak (Cracking)

Retak merupakan kerusakan berupa pecahnya lapisan permukaan perkerasan akibat tegangan berlebih. Retak dapat dibedakan menjadi retak halus, retak kulit buaya (*alligator cracking*), retak memanjang, dan retak melintang.

Kerusakan retak dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis utama:

1. Retak kulit buaya (*alligator cracking*)

Retak ini berbentuk pola menyerupai kulit buaya dan biasanya terjadi pada jalur roda kendaraan. Retak kulit buaya merupakan indikasi kegagalan struktural akibat beban lalu lintas berulang dan lemahnya daya dukung lapisan pondasi atau tanah dasar.



Gambar 2.7 Gambar Retak Kulit Buaya (Jln Veteran ,2026)

2. Retak Memanjang (*longitudinal cracking*)

Retak yang sejajar dengan sumbu jalan, sering terjadi akibat penyusutan material, sambungan konstruksi yang kurang baik, atau perbedaan penurunan tanah dasar.



Gambar 2.8 Retak Memanjang(Jln Veteran ,2026)

2.9.2 Deformasi (*Distortion*)

Deformasi adalah perubahan bentuk permukaan jalan tanpa terjadi retakan besar, seperti alur (*rutting*), gelombang (*corrugation*), dan penurunan (*depression*). Kerusakan ini sering disebabkan oleh daya dukung tanah dasar yang lemah atau pemadatan yang kurang baik.

Deformasi merupakan kerusakan perkerasan jalan yang ditandai dengan perubahan bentuk permukaan akibat ketidakmampuan struktur perkerasan menahan beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan. Deformasi menyebabkan permukaan jalan menjadi tidak rata sehingga mengurangi kenyamanan dan keselamatan berkendara. Menurut Federal Highway Administration (2022), deformasi permukaan merupakan salah satu indikator kegagalan fungsional yang dapat berkembang menjadi kerusakan struktural jika tidak segera ditangani.

Jenis-jenis deformasi antara lain :

1. Alur (*rutting*)

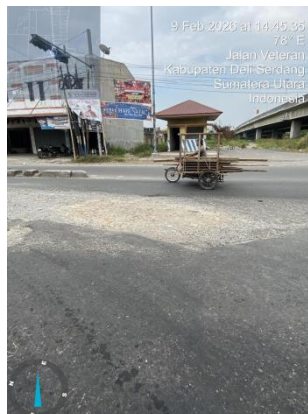
Alur adalah cekungan memanjang pada jalur roda kendaraan akibat deformasi plastis lapisan perkerasan. Kerusakan ini biasanya disebabkan oleh beban lalu lintas berat berulang dan campuran aspal yang kurang stabil.



Gambar 2.9 Alur (*rutting*) (Jln Veteran ,2026)

2. Gelombang (corrugation)

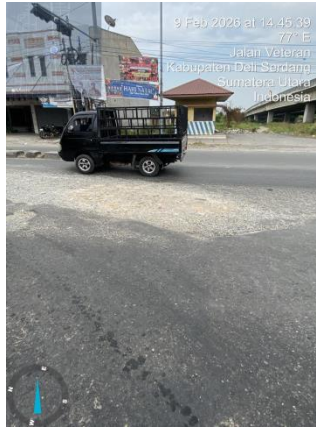
Gelombang merupakan deformasi berbentuk bergelombang pada permukaan jalan yang sering muncul di area pengereman atau percepatan kendaraan akibat ketidakstabilan campuran aspal.



Gambar 2.10 Gelombang(Jln Veteran ,2026)

3. Amblas (depression)

Amblas adalah penurunan lokal pada permukaan jalan akibat lemahnya tanah dasar atau kegagalan lapisan pondasi.



Gambar 2.11 Ambblas(Jln Veteran ,2026)

2.9.3 Kerusakan Permukaan (Disintegration)

Kerusakan permukaan meliputi pelepasan butiran agregat (*raveling*), lubang (*potholes*), dan pengelupasan lapisan permukaan. Kerusakan ini biasanya dipengaruhi oleh kualitas bahan yang kurang baik dan masuknya air ke dalam struktur perkerasan.

Jenis-jenis kerusakan permukaan:

1. Pengelupasan butir (*raveling*)

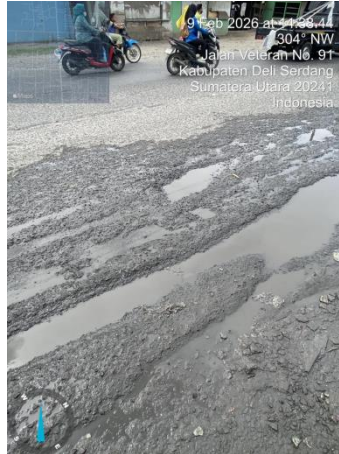
Raveling adalah lepasnya butiran agregat dari permukaan aspal akibat lemahnya ikatan antara aspal dan agregat, sehingga permukaan menjadi kasar dan mudah aus.



Gambar 2.12 Pengelupasan Butir(Jln Veteran ,2026)

2. Kegemukan (bleeding)

Bleeding adalah munculnya lapisan aspal berlebih di permukaan jalan akibat kadar aspal yang terlalu tinggi atau suhu tinggi, sehingga permukaan menjadi licin.



Gambar 2.13 Kegemukan(Jln Veteran ,2026)

3. Lubang (potholes)

Lubang merupakan kerusakan berupa cekungan berbentuk mangkuk yang terjadi akibat pelepasan material perkerasan secara progresif.



Gambar 2.14 Lubang(Jln Veteran ,2026)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2018), kerusakan permukaan umumnya menjadi indikasi awal menurunnya kualitas lapisan aus perkerasan.

Faktor penyebab kerusakan permukaan :

1. Kualitas campuran aspal yang kurang baik, seperti kadar aspal tidak sesuai.
2. Pengaruh air dan sistem drainase yang buruk yang mempercepat pelepasan agregat (Hidayat, 2023).
3. Beban lalu lintas berulang, terutama kendaraan berat.
4. Pengaruh lingkungan, seperti suhu tinggi dan oksidasi aspal.

Menurut Hardiyatmo (2015), kombinasi faktor lalu lintas dan lingkungan mempercepat degradasi lapisan permukaan jalan.

2.9.4 Cacat Permukaan (Surface Defects)

Cacat permukaan adalah bentuk kerusakan ringan pada lapisan paling atas perkerasan jalan yang umumnya belum memengaruhi struktur utama, tetapi dapat menurunkan kualitas pelayanan jalan. Cacat ini sering muncul sebagai indikasi awal penurunan mutu lapisan aus akibat pengaruh lalu lintas, cuaca, dan proses penuaan material. Menurut Federal Highway Administration (2022), cacat permukaan merupakan distress awal yang perlu ditangani secara preventif untuk mencegah berkembangnya kerusakan yang lebih berat.

Jenis-jenis cacat permukaan

1. Kekasaran permukaan (surface roughness)

Kekasaran terjadi ketika tekstur permukaan jalan menjadi tidak merata akibat keausan atau pelaksanaan konstruksi yang kurang baik.



Gambar 2.15 Kekerasan Permukaan(Jln Veteran ,2026)

2. Tambalan rusak (patch deterioration)

Tambalan yang mengalami kerusakan kembali akibat kualitas perbaikan yang kurang baik atau pemadatan yang tidak optimal.



Gambar 2.16 Tambalan Rusak(Jln Veteran ,2026)

2.10 Pengaruh Drainase terhadap Kinerja dan Umur Layanan Jalan

Drainase yang buruk menyebabkan air tertahan di permukaan jalan atau meresap ke dalam lapisan perkerasan. Hal ini mengakibatkan penurunan daya dukung tanah dasar, meningkatnya tekanan pori, serta melemahnya ikatan aspal dan agregat. Akibatnya, perkerasan lebih mudah mengalami deformasi dan retak.

Sukirman (2010) menyatakan bahwa umur rencana perkerasan dapat berkurang hingga 50% apabila sistem drainase tidak berfungsi dengan baik.

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai pembanding dan pendukung dalam penelitian ini. Beberapa penelitian yang relevan dengan topik drainase dan kerusakan perkerasan jalan disajikan dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Utama
1	Sukirman	2010	Pengaruh Air terhadap Kinerja Perkerasan Lentur	Studi literatur	Drainase berpengaruh besar terhadap umur perkerasan
2	Hardiyatmo	2015	Evaluasi Drainase terhadap Kerusakan Jalan Raya	Analisis deskriptif	Kerusakan meningkat pada ruas dengan drainase buruk
3	Bina Marga	2017	Studi Kerusakan Jalan Perkotaan	Survei lapangan	Genangan air mempercepat kerusakan perkerasan
4	Pratama et al.	2019	Hubungan Drainase dan Kerusakan Jalan Aspal	Metode PCI	Korelasi kuat antara kondisi drainase dan nilai PCI
5	Siregar & Nasution	2020	Analisis Drainase Jalan Perkotaan	Observasi lapangan	Kapasitas saluran tidak mencukupi debit hujan
6	Ramadhan et al.	2021	Pengaruh Curah Hujan terhadap Kerusakan Jalan	Analisis statistik	Curah hujan tinggi mempercepat kerusakan jalan

7	Putra et al.	2022	Evaluasi Sistem Drainase Jalan Arteri	Survei visual	Drainase buruk menyebabkan potholes dan rutting
8	Hidayat	2023	Studi Kinerja Drainase terhadap Umur Jalan	Studi kasus	Umur jalan menurun akibat sistem drainase tidak optimal

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem drainase memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat dan jenis kerusakan perkerasan jalan aspal, sehingga mendukung dilakukannya penelitian ini pada lokasi penelitian.

2.12 Analisa Data

2.12.1 Analisa Hidrologi

Data hidrologi merupakan kumpulan informasi yang berkaitan dengan fenomena hidrologi seperti curah hujan, suhu udara, lama penyinaran matahari, evaporasi, debit aliran, kecepatan angin, tinggi muka air, dan konsentrasi sedimen. Data tersebut sangat penting dalam inventarisasi potensi sumber daya air serta perencanaan pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam, termasuk rehabilitasi air, tanah, dan hutan. Fenomena hidrologi bersifat dinamis dan berubah terhadap waktu, sehingga nilai data yang diperoleh sangat bergantung pada kondisi saat pengukuran dilakukan. Menurut Chow et al. (2010), analisis hidrologi diperlukan untuk memahami karakteristik siklus air dan perilaku aliran dalam suatu daerah aliran sungai.

Secara umum, analisis hidrologi merupakan tahap awal dalam perencanaan bangunan hidrolis di bidang teknik sipil, seperti bendungan, gorong-gorong, tanggul banjir, dan sistem drainase. Hasil analisis hidrologi menjadi dasar dalam menentukan besaran debit rencana yang akan digunakan pada tahap perancangan struktur. United States Geological Survey (2023) menjelaskan bahwa analisis hidrologi digunakan untuk mengevaluasi karakteristik aliran air dan potensi banjir pada suatu wilayah tangkapan.

Curah hujan merupakan parameter utama dalam analisis hidrologi karena sangat memengaruhi besarnya debit limpasan. Distribusi dan intensitas curah hujan di daerah hulu menentukan besarnya debit banjir yang terjadi di daerah hilir. Oleh karena itu, data curah hujan sering digunakan sebagai dasar dalam perhitungan debit banjir rencana (Hardiyatmo, 2015). Dalam perencanaan drainase jalan, analisis hidrologi umumnya meliputi evaluasi bentuk saluran eksisting, penentuan periode ulang hujan, perhitungan intensitas hujan, estimasi debit banjir rencana, analisis luas daerah aliran, penentuan frekuensi banjir rencana, perhitungan waktu konsentrasi, dan penentuan koefisien limpasan.

Penentuan periode ulang hujan dilakukan untuk memperkirakan peluang terjadinya hujan dengan intensitas tertentu dalam jangka waktu tertentu. Intensitas hujan kemudian dihitung untuk menentukan besarnya limpasan yang masuk ke saluran drainase. Debit banjir rencana sering dihitung menggunakan metode empiris, salah satunya metode rasional yang menghubungkan intensitas hujan, luas daerah tangkapan, dan koefisien limpasan. Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2018), metode rasional banyak digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan karena sederhana dan sesuai untuk daerah tangkapan kecil.

Luas daerah aliran menentukan besarnya volume air yang mengalir ke saluran, sedangkan waktu konsentrasi menunjukkan waktu yang dibutuhkan air hujan dari titik terjauh untuk mencapai saluran. Koefisien limpasan menggambarkan perbandingan antara air hujan yang menjadi aliran permukaan dengan total curah hujan, yang dipengaruhi oleh jenis tanah, kemiringan lahan, dan tata guna lahan. Analisis parameter-parameter tersebut penting untuk memastikan kapasitas saluran drainase mampu menampung debit rencana dan mengurangi risiko banjir (Hidayat, 2023).

2.12.2 Analisa Hidrolika

Analisis hidrolika yang dimaksudkan adalah analisis untuk mengevaluasi kapasitas sistem drainase berdasarkan debit rencana. Bentuk saluran drainase dapat berupa saluran terbuka, persegi, trapesium, persegi panjang, setengah lingkaran, dan komposit.

Analisis hidrolika penampang saluran drainase di Jalan Veteran, dilakukan dengan melakukan perbandingan besarnya debit banjir rancangan dengan besarnya

kemampuan saluran menampung debit banjir. Apabila Q tamping saluran $> Q$ rancangan debit banjir maka saluran tidak akan mampu menampung debit banjir.

Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan permukaan bebas yang terbuka terhadap tekanan atmosfer. Analisis hidrolika saluran terbuka dilakukan berdasarkan pada persamaan manning, sebagai berikut:

$$Q_{max} = A \times V$$

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

Dimana :

Q = debit banjir rencana (m^3/dt) V = kecepataan aliran (m/dt)

A = luas penampang basah (m^2) r = radius hidrolis (m) = A/P

P = keliling basah (m)

N = koefisien manning, Dimana nilainya tergantung material saluran I = kemiringan dasar saluran

Analisis hidrolika ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Salah satu penyebab banjir adalah karena ketidakmampuan penampang dalam menampung debit banjir yang terjadi. Analisis hidrolika ini terjadi dari analisis penampang eksisting drainase dan perencanaan penampang rencana.

Beberapa hal yang akan ditinjau didalam analisis hidrolika ini adalah:

1. Penentuan daerah perencanaan

Dilakukannya peninjauan daerah serta luas daerah yang akan ditinjau untuk penelitian. Dalam hal ini drainase yang akan ditinjau 100 meter daerah saluran pada wilayah Jalan Veteran.

2. Analisis Penampang Eksisting

Dalam analisis ini dilakukan peninjauan langsung pada drainase, untuk mengetahui ukuran penampang pada saluran drainase yang ditinjau untuk

penelitian, dan menghitung hasil analisis untuk mendapatkan nilai luas penampang, keliling, jari-jari hidrolisis dan sebagainya.

3. Pertimbangkan perlu Tidaknya Perbaikan Penampang

Setelah mengetahui kemampuan drainase dalam menampung debit banjir rencana, maka dapat disimpulkan apakah drainase tersebut membutuhkan perbaikan ulang atau tidak.

2.12.3 Saluran Tertutup

Aliran pada saluran terbuka digerakkan oleh gaya penggerak yang akan dilakukan dengan menuruni lereng dengan menggunakan jumlah berat aliran, sedangkan pada saluran tertutup gaya penggerak tersebut dilakukan oleh gradien tekanan. Pada saluran terbuka tidak berlaku ketentuan-ketentuan mengenai aliran bagi saluran tertutup. Pendekatan yang dilakukan di Indonesia dalam merancang drainase perkotaan masih menggunakan cara konvensional, yaitu dengan menggunakan saluran terbuka. Bila menggunakan saluran yang ditanam dalam tanah biasanya berbentuk persegi dan bulat, maka dapat diasumsikan saluran tersebut tidak terisi penuh (tidak tertekan), sehingga masih dapat dipergunakan persamaan saluran terbuka. Saluran terbuka biasanya digunakan pada:

- Daerah yang lahannya terbatas (perkotaan, pasar)
- Daerah lalu lintas pejalan kaki padat
- Lahan yang dipakai untuk lapangan parkir

2.12.4 Penampang Persegi Paling Ekonomis

Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar B dan kedalaman air h , penampang basah $A = B \times h$ dan keliling basah P . Jadi penampang yang paling ekonomis adalah kedalaman setengah dari lebar dasar

saluran atau jari- jari hidroliknya setengah dari kedalaman air. Untuk penampang persegi Panjang paling ekonomis:

Luas penampang (A)

$$A = b \times h$$

Keterangan:

A = Luas penampang basah (m²)

b = Lebar bawah (m²)

h = Kedalaman saluran (m)

Keliling basah (P)

$$P = b + 2h$$

Keterangan:

b = Lebar bawah (m²)

h = Kedalaman saluran (m)

P = Keliling saluran (m)

Jari-jari hidrolis R

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \times h}{b + 2h}$$

Keterangan:

R = Jari - jari hidrolis (m)

A = Luas penampang basah (m²)

P = Keliling saluran (m)

Kecepatan aliran (V)

$$(V) = \frac{1}{n} = R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2.9)$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran (m/det)

n = Koefisien manning

R = Jari - jari hidrolis (m)

i = Kemiringan dasar saluran

Tinggi jagaan (Freeboard)

$$W = \sqrt{0,5 h} \quad (2.10)$$

Keterangan:

w = Tinggi jagaan (m)

h = Kedalaman air yang tergenang (m)

Debit Saluran

$$(Q) = A \times V \quad (2.11)$$

Keterangan:

Q = Debit aliran (m³/s)

A = Luas penampang (m²)

V = Kecepatan aliran (m/s)

Tabel 2.2 Harga n (Angka Kekasaran Manning) Harga n untuk Rumus Manning (Suripin, 2004)

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
-----	--------------	-------------	------	--------	-------

1.	Saluran tanah, lurus teratur	0.017	0.020	0.023	0.025
2.	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0.023	0.028	0.030	0.040
3.	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0.023	0.030	0.033	0.035
4.	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, teratur	0.035	0.040	0.045	0.045
5.	Seluruh bantuan yang dibedakan ada tumbuh tumbuhan	0.025	0.030	0.035	0.040
6.	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0.028	0.030	0.033	0.035
7.	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0.020	0.025	0.028	0.030
8.	Banyak tumbuh - tumbuhan	0.075	0.100	0.125	0.150
9.	Bersih lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0.025	0.028	0.030	0.033
10.	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0.033	0.035	0.040	0.045
11.	Seperti no 9 tapi ada tumbuhan atau kerikil	0.030	0.033	0.035	0.040
12.	Seperti no 10, dangkal tidak teratur	0.040	0.045	0.050	0.055

13.	Seperti no 10 berbatu dan ada tumbuh - tumbuhan	0.035	0.040	0.045	0.050
14.	Seperti no 12, Sebagian berbatu	0.045	0.050	0.055	0.060
15.	Aliran pelan banyak tumbuhan dan berlubang	0.050	0.060	0.070	0.080
16.	Saluran pasangan batu tanpa finishing	0.025	0.030	0.033	0.035
17.	Seperti no 16, tetapi dengan finishing	0.017	0.020	0.025	0.030
18.	Saluran beton	0.014	0.016	0.019	0.021
19.	Saluran beton, halus dan rata	0.010	0.011	0.012	0.013
20.	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0.013	0.014	0.014	0.015
21.	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0.015	0.016	0.016	0.018

2.13 Analisa Frekuensi Curah Hujan Maksimum

Menurut Asdak dalam (Yusman, 2018) Curah hujan adalah salah satu elemen yang paling penting bagi ketersediaan air di dunia yang dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya iklim, angin, sinar matahari dan lain sebagainya. Asdak menjelaskan bahwa curah hujan terjadi apabila berlangsung tiga kegiatan yaitu kenaikan masa uap air ke tempat yang lebih tinggi sampai saatnya atmosfer menjadi penuh, terjadi kondensasi atas partikel - partikel uap air tersebut bertambah besar sejalan dengan waktu untuk kemudian jatuh ke bumi dan permukaan laut sebagai hujan karena gaya gravitasi.

2.14 Analisis Intensitas Curah Hujan

Intensitas Curah Hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitas (Suripin, 2004).

Metode yang dipakai dalam perhitungan intensitas curah hujan adalah Metode Mononobe yaitu apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia yang ada hanya data hujan harian. Persamaan umum yang dipergunakan untuk menghitung hubungan antara intensitas hujan T jam dengan curah hujan maksimum harian sebagai:

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

Keterangan :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

T = Lamanya Hujan (jam)

R₂₄ = Curah Hujan (m)

2.15 Analisa Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sedangkan, kala ulang (return period) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebutkan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut (Suripin, 2004). Untuk analisis diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakaran hujan, baik secara manual maupun otomatis.

Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistic data kajian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistic kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistic kejadian hujan di masa lalu.

Berdasarkan pengalaman yang ada, penggunaan periode ulang digunakan untuk perencanaan adalah

Saluran kwarter : Periode ulang 1 tahun Saluran tersier : Periode ulang 2 tahun
 Saluran sekunder : Periode ulang 5 tahun Saluran primer : Periode ulang 10 tahun

Dalam analisa curah hujan untuk menentukan debit banjir rencana, data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan maksimum tahunan. Hujan rata - rata yang diperoleh dengan carah ini dianggap similar (mendekati) hujan - hujan tersebut yang terjadi.

Untuk perhitungan curah hujan rencana,digunakan Metode Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log-pearson III dan Distribusi Gumbal. Setelah didapat curah hujan rencana dari ke empat metode tersebut maka yang paling extrim yang digunakan nantinya pada debit rencana.

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien skewness (kemencengan).

Tabel 2.3 Parameter statistic yang penting (suripin, 2004)

<u>Parameter / Statistik</u>	<u>Sampel</u>	<u>Populasi</u>
Rata-rata	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$
<u>Simpangan baku</u>	$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	$\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{\frac{1}{2}}$
<u>Koefisien variasi</u>	$CV = \frac{s}{\bar{x}}$	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$
<u>Koefisien skewness</u>	$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$	$\gamma = \frac{E[(x - \mu)^3]}{\sigma^3}$
Kurtosis (Ck)	$K = \alpha_4 = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{s^4}$	$K = \alpha_4 = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^4}{\sigma^4}$

1. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss. Umumnya rumus tersebut tidak digunakan secara langsung karena telah dibuat table untuk keperluan perhitungan, dan juga dapat didekati dengan:

$$KT = \frac{XT - \bar{x}}{s}$$

$$X_T = \bar{x} + (K_T \times S)$$

Dimana:

XT = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi periode ulang T tahun
 $\bar{x}$ = nilai rata-rata hitung variail

S = deviasi standar nilai varian

KT = factor frekuensi (KT), umumnya sudah teredia dalam table untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan dalam table berikut, bias disebut sebagai table nilai variable reduksi Gauss.

Tabel 2.3 Nilai variable reduksi gauss (Suripin, 2004)

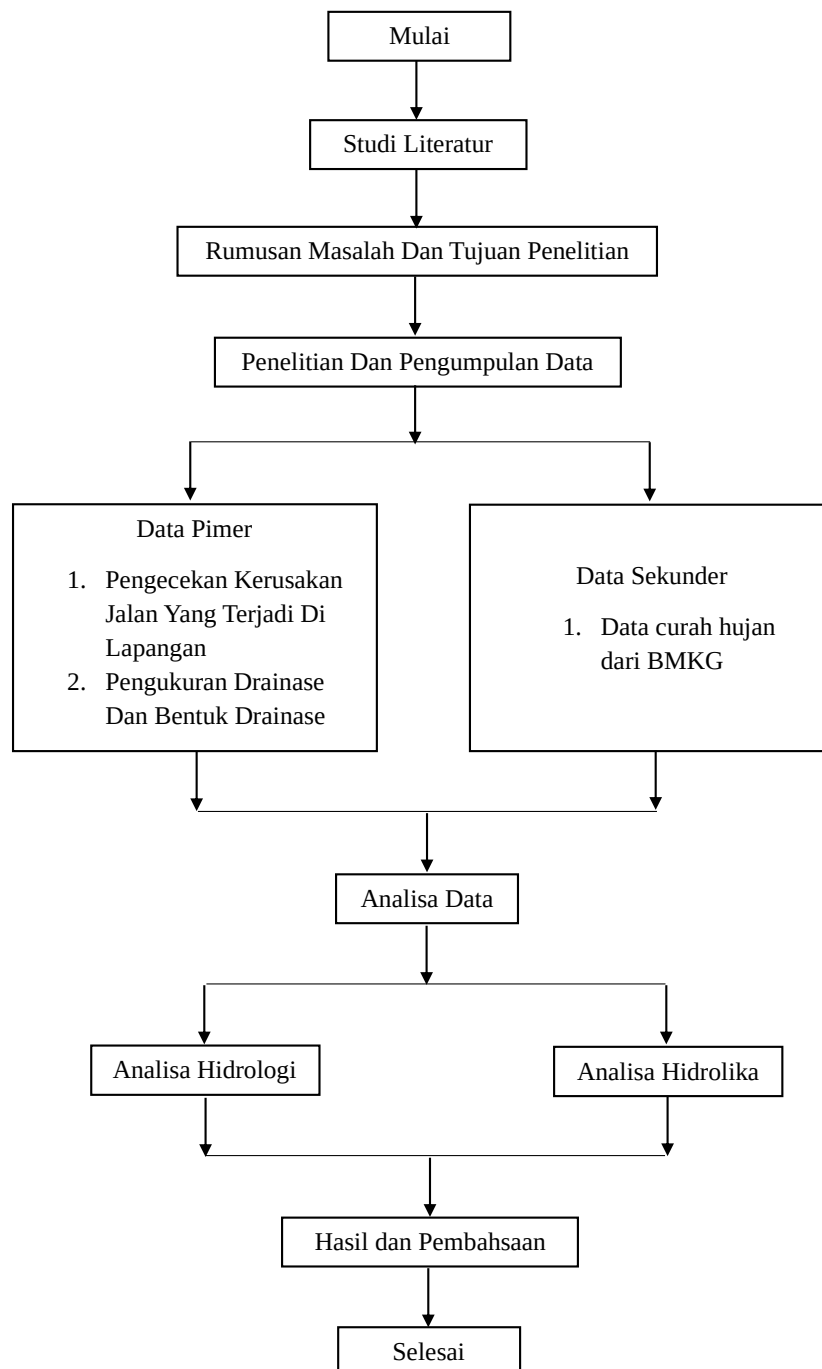
No.	Periode ulang T (tahun)	Peluang	K_T	No.	Periode ulang, T (Tahun)	Peluang	K_T
1.	1,001	0,999	-3,05	11.	2,500	0,400	0,25
2.	1,005	0,995	-2,58	12.	3,330	0,300	0,52
3.	1,010	0,990	-2,33	13.	4,000	0,250	0,67
4.	1,050	0,950	-1,64	14.	5,000	0,200	0,84
5.	1,110	0,900	-1,28	15.	10,000	0,100	1,28
6.	1,250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

9.	1,670	0,600	-0,25	19.	200,000	0,005	2,58
10.	2,000	0,500	0	20.	500,000	0,002	2,88

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

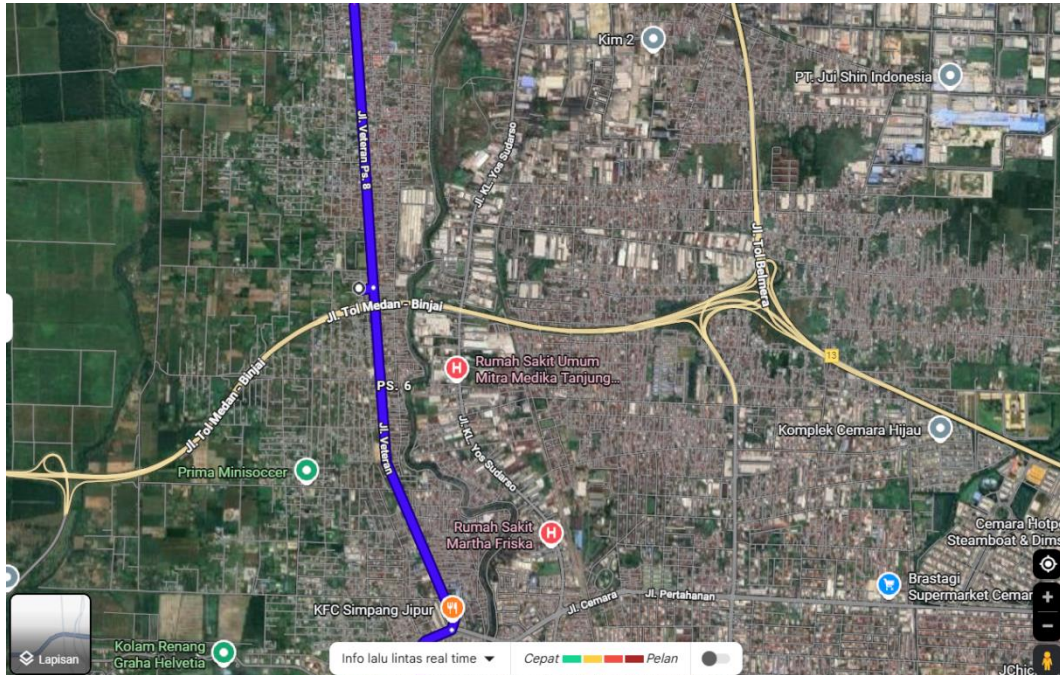
Dalam memudahkan pembahasan dan Analisa dibuat sebuah bagan alir seperti pada gambar berikut:



Gambar 3.1 Bagan Alir Penlitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi yang di gunakan dalam penelitian ini yaitu dilakukan di jalan Veteran



Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian(Google maps, 2026)

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan:

1. Lokasi penelitian langsung di Jalan Veteran.
2. Pengambilan data - data pelengkap dikantor Badan Meteorologi dan Geofisika .

3.4 Prosedur Penelitian

1. Pengambilan data primer dengan datang ke lokasi penelitian yaitu jalan Veteran
2. Pengambilan data sekunder dengan meminta data di kantor Badan Meteorologi dan Geofisika Sumatera Utara
3. Analisa data primer
4. Analisa data sekunder

3.5 Analisa Data

Menganalisa data sekunder, yaitu menghitung curah hujan rata-rata dan menganalisa curah hujan rencana dengan menggunakan Analisa frekuensi metode Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log person III dan Distribusi Gumbel. Selanjutnya intensitas curah hujan rencana hitungan menggunakan persamaan Mononobe. Data dimensi dan bentuk drainase ditinjau langsung ke lapangan yaitu pada jalan Veteran, meliputi: Geometri saluran, kemiringan saluran, dimensi saluran, dan konstruksi saluran. Debit maksimum dari saluran drainase dihitung dengan persamaan Manning.

Setelah data sekunder dianalisis, maka Langkah berikutnya yaitu menganalisa masing-masing nilai yang dihasilkan dari analisis data sekunder. Saluran drainase dikatakan banjir apabila nilai debit banjir rencana hasil analisis lebih besar daripada nilai debit maksimum saluran drainase yang dihitung dengan slope area metode (persamaan manning).

Dalam penelitian ini dalam memperkirakan laju aliran puncaknya menggunakan metode penelitian Metode Rasional saat pelaksanaanya.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran langsung pada lokasi penelitian, sedangkan data sekunder berupa data curah hujan maksimum tahunan selama 10 tahun.

Pada penelitian ini digunakan data curah hujan maksimum tahunan periode 2016–2025. Pengamatan lapangan meliputi kondisi saluran drainase, dimensi saluran, kemiringan saluran, kondisi genangan, serta jenis dan tingkat kerusakan perkerasan jalan.

Analisis data dilakukan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase dalam menampung debit air hujan serta mengetahui keterkaitan kondisi drainase dengan kerusakan pada perkerasan aspal.

4.1.1 Data Primer

Data primer diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran langsung pada lokasi penelitian.

Panjang saluran yang ditinjau pada masing-masing titik adalah 100 meter. Berdasarkan data yang digunakan, dimensi saluran pada ketiga titik ditetapkan sebesar 1 meter $\times$ 1 meter.

Saluran yang dianalisis berbentuk persegi dengan:

$$b = 1 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

Data saluran pada masing-masing titik dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Dimensi Saluran

No.	Parameter	Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	Panjang saluran	100 m	100 m	100 m
2	Lebar saluran	1 m	1 m	1 m
3	Tinggi saluran	1 m	1 m	1 m
4	Kemiringan saluran	0,005	0,004	0,006
5	Koefisien Manning	0,030	0,030	0,030

Sumber: Data penelitian

4.1.2 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data curah hujan bulanan dan data curah hujan maksimum harian (R_{max}) selama periode 2016–2025. Data curah hujan bulanan digunakan untuk memberikan gambaran distribusi curah hujan pada setiap bulan, sedangkan data R_{max} digunakan sebagai data utama dalam analisis statistik curah hujan maksimum.

Periode pengamatan yang digunakan adalah 10 tahun, yaitu mulai tahun 2016 sampai dengan tahun 2025. Data tersebut kemudian disusun berdasarkan tahun pengamatan dan digunakan untuk memperoleh nilai curah hujan maksimum tahunan.

4.1.2.1 Data Curah Hujan Bulanan

Data curah hujan bulanan selama periode penelitian disajikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2016–2025

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2016	72	65	48	35	81	76	94	88	103	109	67	59
2017	81	58	42	37	69	74	86	91	78	95	63	100
2018	55	48	39	61	45	52	67	58	63	70	49	44
2019	64	57	43	38	72	61	75	48	66	79	83	89
2020	76	51	44	82	68	95	57	73	88	91	99	108
2021	83	46	71	55	42	87	93	104	96	112	108	120
2022	61	67	52	43	58	64	55	69	63	66	70	71
2023	74	52	63	41	69	77	58	82	71	86	79	91
2024	88	61	47	72	93	107	68	84	96	113	119	126
2025	95	78	64	83	112	126	139	157	181	205	231	262

Sumber: BMKG

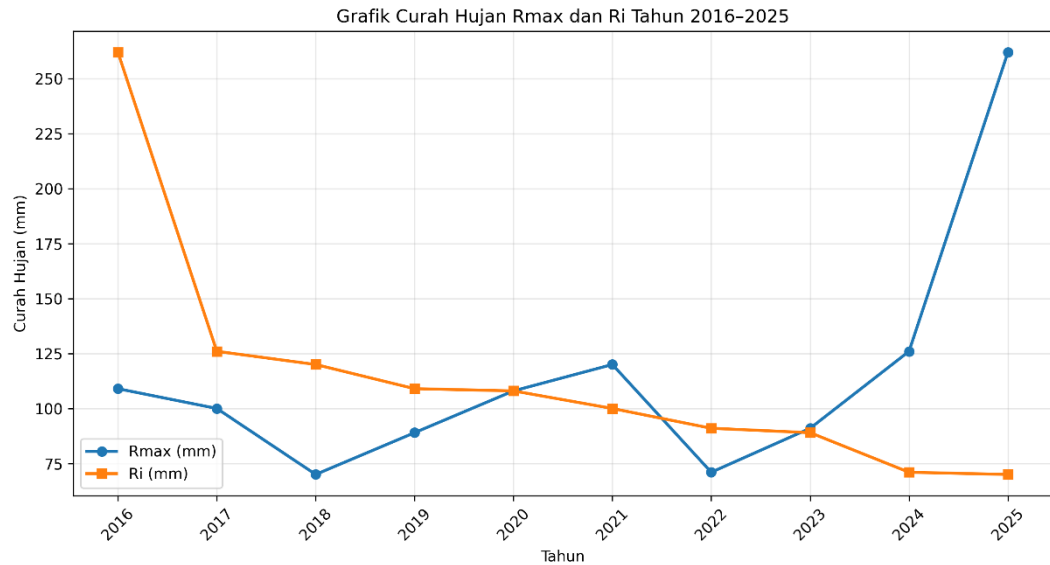
Berdasarkan Tabel 4.2, dapat dilihat bahwa curah hujan setiap tahun memiliki variasi yang berbeda. Nilai curah hujan tertinggi pada masing-masing tahun digunakan sebagai pembanding terhadap nilai Rmax harian yang digunakan dalam analisis selanjutnya.

4.1.2.2 Data Curah Hujan Maksimum

Tabel 4.3 Data Curah Hujan Maksimum

No.	Tahun	Rmax (mm)	Ri (mm)
1	2016	109	262
2	2017	100	126
3	2018	70	120
4	2019	89	109
5	2020	108	108
6	2021	120	100
7	2022	71	91
8	2023	91	89
9	2024	126	71
10	2025	262	70
Jumlah	Σ	1.146	
Banyak Data	n	10	
Rata-Rata		114,60	

Sumber: BMKG



Gambar 4.1 Grafik curah hujan Rmax dan Ri Tahun 2016 -2025

4.1.2.1 Menghitung Rata-Rata

Rumus:

$$\bar{X} = \Sigma R_{\max} / n$$

Perhitungan:

$$\bar{X} = 1.146 / 10$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Jadi, rata-rata curah hujan maksimum tahunan adalah **114,6 mm**.

4.1.2.2 Menghitung Selisih Ri terhadap Rata-Rata

Data curah hujan maksimum tahunan (Ri) yang telah diurutkan digunakan untuk menghitung selisih setiap data terhadap nilai rata-rata. Berdasarkan 10 data curah hujan maksimum tahunan, diperoleh jumlah data sebesar 1.146 mm.

Rata-rata curah hujan dihitung dengan persamaan:

$$\bar{X} = \Sigma R_i / n$$

Diketahui:

$$\Sigma R_i = 1.146 \text{ mm}$$

$$n = 10 \text{ tahun}$$

Maka:

$$\bar{X} = 1.146 / 10$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Jadi, nilai rata-rata curah hujan maksimum tahunan yang digunakan dalam perhitungan adalah **114,6 mm**.

Selanjutnya, untuk setiap data digunakan persamaan:

$$R_i - \bar{X}$$

Kemudian hasil selisih tersebut dikuadratkan:

$$(R_i - \bar{X})^2$$

1. Perhitungan Data Peringkat Pertama

Diketahui:

$$R_i = 262 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Maka:

$$R_i - \bar{X} = 262 - 114,6$$

$$R_i - \bar{X} = 147,4 \text{ mm}$$

Selanjutnya:

$$(R_i - \bar{X})^2 = (147,4)^2$$

$$(R_i - \bar{X})^2 = 21.726,76 \text{ mm}^2$$

Jadi, untuk data $R_i = 262 \text{ mm}$ diperoleh selisih terhadap rata-rata sebesar **147,4 mm** dan kuadrat selisih sebesar **21.726,76 mm²**.

2. Perhitungan Data Peringkat Kedua

Diketahui:

$$R_i = 126 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Maka:

$$R_i - \bar{X} = 126 - 114,6$$

$$R_i - \bar{X} = 11,4 \text{ mm}$$

Selanjutnya:

$$(R_i - \bar{X})^2 = (11,4)^2$$

$$(R_i - \bar{X})^2 = 129,96 \text{ mm}^2$$

Jadi, untuk data $R_i = 126 \text{ mm}$ diperoleh selisih terhadap rata-rata sebesar **11,4 mm** dan kuadrat selisih sebesar **129,96 mm²**.

3. Perhitungan Data Peringkat Ketiga

Diketahui:

$$R_i = 120 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Maka:

$$R_i - \bar{X} = 120 - 114,6$$

$$R_i - \bar{X} = 5,4 \text{ mm}$$

Selanjutnya:

$$(R_i - \bar{X})^2 = (5,4)^2$$

$$(R_i - \bar{X})^2 = 29,16 \text{ mm}^2$$

Jadi, untuk data $R_i = 120 \text{ mm}$ diperoleh selisih terhadap rata-rata sebesar **5,4 mm** dan kuadrat selisih sebesar **29,16 mm²**.

4. Perhitungan Data Peringkat Keempat

Diketahui:

$$R_i = 109 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Maka:

$$R_i - \bar{X} = 109 - 114,6$$

$$R_i - \bar{X} = -5,6 \text{ mm}$$

Selanjutnya:

$$(R_i - \bar{X})^2 = (-5,6)^2$$

$$(R_i - \bar{X})^2 = 31,36 \text{ mm}^2$$

Jadi, untuk data $R_i = 109 \text{ mm}$ diperoleh selisih terhadap rata-rata sebesar **-5,6 mm** dan kuadrat selisih sebesar **31,36 mm²**.

5. Perhitungan Data Peringkat Kelima

Diketahui:

$$R_i = 108 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Maka:

$$R_i - \bar{X} = 108 - 114,6$$

$$R_i - \bar{X} = -6,6 \text{ mm}$$

Selanjutnya:

$$(R_i - \bar{X})^2 = (-6,6)^2$$

$$(R_i - \bar{X})^2 = 43,56 \text{ mm}^2$$

Jadi, untuk data $R_i = 108 \text{ mm}$ diperoleh selisih terhadap rata-rata sebesar **-6,6 mm** dan kuadrat selisih sebesar **43,56 mm²**.

6. Perhitungan Data Peringkat Keenam

Diketahui:

$$R_i = 100 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Maka:

$$R_i - \bar{X} = 100 - 114,6$$

$$R_i - \bar{X} = -14,6 \text{ mm}$$

Selanjutnya:

$$(R_i - \bar{X})^2 = (-14,6)^2$$

$$(R_i - \bar{X})^2 = 213,16 \text{ mm}^2$$

Jadi, untuk data $R_i = 100 \text{ mm}$ diperoleh selisih terhadap rata-rata sebesar **-14,6 mm** dan kuadrat selisih sebesar **213,16 mm²**.

7. Perhitungan Data Peringkat Ketujuh

Diketahui:

$$R_i = 91 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Maka:

$$R_i - \bar{X} = 91 - 114,6$$

$$R_i - \bar{X} = -23,6 \text{ mm}$$

Selanjutnya:

$$(R_i - \bar{X})^2 = (-23,6)^2$$

$$(R_i - \bar{X})^2 = 556,96 \text{ mm}^2$$

Jadi, untuk data $R_i = 91 \text{ mm}$ diperoleh selisih terhadap rata-rata sebesar **-23,6 mm** dan kuadrat selisih sebesar **556,96 mm²**.

8. Perhitungan Data Peringkat Kedelapan

Diketahui:

$$R_i = 89 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Maka:

$$R_i - \bar{X} = 89 - 114,6$$

$$R_i - \bar{X} = -25,6 \text{ mm}$$

Selanjutnya:

$$(R_i - \bar{X})^2 = (-25,6)^2$$

$$(R_i - \bar{X})^2 = 655,36 \text{ mm}^2$$

Jadi, untuk data $R_i = 89 \text{ mm}$ diperoleh selisih terhadap rata-rata sebesar **-25,6 mm** dan kuadrat selisih sebesar **655,36 mm²**.

9. Perhitungan Data Peringkat Kesembilan

Diketahui:

$$R_i = 71 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Maka:

$$R_i - \bar{X} = 71 - 114,6$$

$$R_i - \bar{X} = -43,6 \text{ mm}$$

Selanjutnya:

$$(R_i - \bar{X})^2 = (-43,6)^2$$

$$(R_i - \bar{X})^2 = 1.900,96 \text{ mm}^2$$

Jadi, untuk data $R_i = 71 \text{ mm}$ diperoleh selisih terhadap rata-rata sebesar **-43,6 mm** dan kuadrat selisih sebesar **1.900,96 mm²**.

10. Perhitungan Data Peringkat Kesepuluh

Diketahui:

$$R_i = 70 \text{ mm}$$

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

Maka:

$$R_i - \bar{X} = 70 - 114,6$$

$$R_i - \bar{X} = -44,6 \text{ mm}$$

Selanjutnya:

$$(R_i - \bar{X})^2 = (-44,6)^2$$

$$(R_i - \bar{X})^2 = 1.989,16 \text{ mm}^2$$

Jadi, untuk data $R_i = 70 \text{ mm}$ diperoleh selisih terhadap rata-rata sebesar **-44,6 mm** dan kuadrat selisih sebesar **1.989,16 mm²**.

Tabel 4.4 Selisih R_i terhadap Rata-Rata

No	R_i (mm)	$R_i - \bar{X}$ (mm)	$(R_i - \bar{X})^2$ (mm ²)
1	262	147,4	21.726,76
2	126	11,4	129,96
3	120	5,4	29,16
4	109	-5,6	31,36
5	108	-6,6	43,56
6	100	-14,6	213,16
7	91	-23,6	556,96
8	89	-25,6	655,36
9	71	-43,6	1.900,96
10	70	-44,6	1.989,16
Jumlah	1.146	0	27.276,40

Jumlah seluruh selisih terhadap rata-rata adalah:

$$\Sigma(R_i - \bar{X}) = 0$$

Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan rata-rata telah sesuai.

Selanjutnya, jumlah kuadrat selisih adalah:

$$\Sigma(R_i - \bar{X})^2 = 27.276,40 \text{ mm}^2$$

Nilai tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung **standar deviasi (S)** sebagai bagian dari analisis distribusi probabilitas curah hujan.

Dengan demikian, diperoleh:

$$\bar{X} = 114,6 \text{ mm}$$

$$\Sigma(R_i - \bar{X})^2 = 27.276,40 \text{ mm}^2$$

Kedua nilai tersebut menjadi dasar untuk perhitungan standar deviasi dan analisis distribusi probabilitas selanjutnya.

4.1.2.3 Menghitung Standar Deviasi

Rumus:

$$S = \sqrt{[\Sigma(R_i - \bar{X})^2 / (n - 1)]}$$

Perhitungan:

$$S = \sqrt{[27.276,40 / (10 - 1)]}$$

$$S = \sqrt{[27.276,40 / 9]}$$

$$S = \sqrt{3.030,71}$$

$$S = 55,05 \text{ mm}$$

Jadi:

$$\mathbf{S = 55,05 \text{ mm}}$$

4.1.2.4 Menghitung Koefisien Variasi

Rumus:

$$C_v = S / \bar{X}$$

Perhitungan:

$$C_v = 55,05 / 114,6$$

$$C_v = 0,4804$$

Jika dinyatakan dalam persen:

$$C_v = 0,4804 \times 100\%$$

$$C_v = 48,04\%$$

Jadi:

$$C_v = 0,4804 \text{ atau } 48,04\%$$

4.1.2.5 Menentukan Probabilitas dan Periode Ulang

Berdasarkan data curah hujan maksimum tahunan yang telah diurutkan dari nilai terbesar sampai nilai terkecil, selanjutnya dilakukan perhitungan probabilitas dan periode ulang untuk masing-masing data. Jumlah data yang digunakan adalah sebanyak 10 tahun, sehingga nilai $n = 10$.

Rumus probabilitas empiris yang digunakan adalah:

$$P = m / (n + 1)$$

Karena $n = 10$, maka:

$$P = m / (10 + 1)$$

$$P = m / 11$$

Sedangkan periode ulang dihitung menggunakan persamaan:

$$T = 1 / P$$

Dengan demikian:

$$T = 1 / (m/11)$$

$$T = 11/m$$

1. Data Peringkat Pertama

Diketahui:

$$R_i = 262 \text{ mm}$$

$$m = 1$$

$$n = 10$$

Probabilitas:

$$P = m/(n + 1)$$

$$P = 1/(10 + 1)$$

$$P = 1/11$$

$$P = 0,0909$$

Periode ulang:

$$T = 1/P$$

$$T = 1/0,0909$$

$$T = 11,00 \text{ tahun}$$

Jadi, curah hujan sebesar 262 mm mempunyai probabilitas kejadian sebesar 0,0909 atau sekitar 9,09%, dengan periode ulang empiris sebesar 11,00 tahun.

2. Data Peringkat Kedua

Diketahui:

$$R_i = 126 \text{ mm}$$

$$m = 2$$

$$n = 10$$

Probabilitas:

$$P = m/(n + 1)$$

$$P = 2/(10 + 1)$$

$$P = 2/11$$

$$P = 0,1818$$

Periode ulang:

$$T = 1/P$$

$$T = 1/0,1818$$

$$T = 5,50 \text{ tahun}$$

Jadi, curah hujan sebesar 126 mm mempunyai probabilitas kejadian sebesar 0,1818 atau sekitar 18,18%, dengan periode ulang empiris sebesar 5,50 tahun.

3. Data Peringkat Ketiga

Diketahui:

$$R_i = 120 \text{ mm}$$

$$m = 3$$

$$n = 10$$

Probabilitas:

$$P = m/(n + 1)$$

$$P = 3/(10 + 1)$$

$$P = 3/11$$

$$P = 0,2727$$

Periode ulang:

$$T = 1/P$$

$$T = 1/0,2727$$

$$T = 3,67 \text{ tahun}$$

Jadi, curah hujan sebesar 120 mm mempunyai probabilitas kejadian sebesar 0,2727 atau sekitar 27,27%, dengan periode ulang empiris sebesar 3,67 tahun.

4. Data Peringkat Keempat

Diketahui:

$$R_i = 109 \text{ mm}$$

$$m = 4$$

$$n = 10$$

Probabilitas:

$$P = m/(n + 1)$$

$$P = 4/(10 + 1)$$

$$P = 4/11$$

$$P = 0,3636$$

Periode ulang:

$$T = 1/P$$

$$T = 1/0,3636$$

$$T = 2,75 \text{ tahun}$$

Jadi, curah hujan sebesar 109 mm mempunyai probabilitas kejadian sebesar 0,3636 atau sekitar 36,36%, dengan periode ulang empiris sebesar 2,75 tahun.

5. Data Peringkat Kelima

Diketahui:

$$R_i = 108 \text{ mm}$$

$$m = 5$$

$$n = 10$$

Probabilitas:

$$P = m/(n + 1)$$

$$P = 5/(10 + 1)$$

$$P = 5/11$$

$$P = 0,4545$$

Periode ulang:

$$T = 1/P$$

$$T = 1/0,4545$$

$$T = 2,20 \text{ tahun}$$

Jadi, curah hujan sebesar 108 mm mempunyai probabilitas kejadian sebesar 0,4545 atau sekitar 45,45%, dengan periode ulang empiris sebesar 2,20 tahun.

6. Data Peringkat Keenam

Diketahui:

$$R_i = 100 \text{ mm}$$

$$m = 6$$

$$n = 10$$

Probabilitas:

$$P = m/(n + 1)$$

$$P = 6/(10 + 1)$$

$$P = 6/11$$

$$P = 0,5455$$

Periode ulang:

$$T = 1/P$$

$$T = 1/0,5455$$

$$T = 1,83 \text{ tahun}$$

Jadi, curah hujan sebesar 100 mm mempunyai probabilitas kejadian sebesar 0,5455 atau sekitar 54,55%, dengan periode ulang empiris sebesar 1,83 tahun.

7. Data Peringkat Ketujuh

Diketahui:

$$R_i = 91 \text{ mm}$$

$$m = 7$$

$$n = 10$$

Probabilitas:

$$P = m/(n + 1)$$

$$P = 7/(10 + 1)$$

$$P = 7/11$$

$$P = 0,6364$$

Periode ulang:

$$T = 1/P$$

$$T = 1/0,6364$$

$$T = 1,57 \text{ tahun}$$

Jadi, curah hujan sebesar 91 mm mempunyai probabilitas kejadian sebesar 0,6364 atau sekitar 63,64%, dengan periode ulang empiris sebesar 1,57 tahun.

8. Data Peringkat Kedelapan

Diketahui:

$$R_i = 89 \text{ mm}$$

$$m = 8$$

$$n = 10$$

Probabilitas:

$$P = m/(n + 1)$$

$$P = 8/(10 + 1)$$

$$P = 8/11$$

$$P = 0,7273$$

Periode ulang:

$$T = 1/P$$

$$T = 1/0,7273$$

$$T = 1,38 \text{ tahun}$$

Jadi, curah hujan sebesar 89 mm mempunyai probabilitas kejadian sebesar 0,7273 atau sekitar 72,73%, dengan periode ulang empiris sebesar 1,38 tahun.

9. Data Peringkat Kesembilan

Diketahui:

$$R_i = 71 \text{ mm}$$

$$m = 9$$

$$n = 10$$

Probabilitas:

$$P = m/(n + 1)$$

$$P = 9/(10 + 1)$$

$$P = 9/11$$

$$P = 0,8182$$

Periode ulang:

$$T = 1/P$$

$$T = 1/0,8182$$

$$T = 1,22 \text{ tahun}$$

Jadi, curah hujan sebesar 71 mm mempunyai probabilitas kejadian sebesar 0,8182 atau sekitar 81,82%, dengan periode ulang empiris sebesar 1,22 tahun.

10. Data Peringkat Kesepuluh

Diketahui:

$$R_i = 70 \text{ mm}$$

$$m = 10$$

$$n = 10$$

Probabilitas:

$$P = m/(n + 1)$$

$$P = 10/(10 + 1)$$

$$P = 10/11$$

$$P = 0,9091$$

Periode ulang:

$$T = 1/P$$

$$T = 1/0,9091$$

$$T = 1,10 \text{ tahun}$$

Jadi, curah hujan sebesar 70 mm mempunyai probabilitas kejadian sebesar 0,9091 atau sekitar 90,91%, dengan periode ulang empiris sebesar 1,10 tahun.

Tabel 4.4 Tabel Probabilitas dan Periode Ulang

No	Ri (mm)	m	$P = m/(n+1)$	$T = 1/P$ (tahun)
1	262	1	0,0909	11,00
2	126	2	0,1818	5,50
3	120	3	0,2727	3,67
4	109	4	0,3636	2,75
5	108	5	0,4545	2,20
6	100	6	0,5455	1,83
7	91	7	0,6364	1,57
8	89	8	0,7273	1,38
9	71	9	0,8182	1,22
10	70	10	0,9091	1,10

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai curah hujan maksimum sebesar 262 mm memiliki peringkat pertama dengan probabilitas empiris sebesar 0,0909 dan periode ulang sebesar 11,00 tahun. Selanjutnya, semakin kecil nilai curah hujan yang dianalisis, maka nilai probabilitas semakin besar dan periode ulang semakin kecil.

Nilai periode ulang tersebut merupakan periode ulang empiris berdasarkan 10 data curah hujan maksimum tahunan. Hasil ini selanjutnya dapat digunakan sebagai salah satu dasar dalam analisis frekuensi curah hujan dan penentuan curah hujan rancangan untuk perencanaan sistem drainase.

4.1.2.7 Ringkasan Parameter Statistik

Tabel 4.5 Ringkasan parameter statistik

No	Parameter	Simbol	Hasil
1	Jumlah data	n	10 tahun
2	Jumlah curah hujan	ΣR_i	1.146 mm
3	Rata-rata	$\bar{X}$	114,60 mm
4	Jumlah kuadrat penyimpangan	$\Sigma(R_i - \bar{X})^2$	27.276,40
5	Standar deviasi	S	55,05 mm
6	Koefisien variasi	Cv	0,4804
7	Koefisien variasi	Cv	48,04%
8	Curah hujan maksimum	Ri maks	262 mm
9	Curah hujan minimum	Ri min	70 mm

Data tersebut menunjukkan bahwa curah hujan maksimum terbesar terjadi pada tahun 2025, yaitu sebesar 262 mm, sedangkan curah hujan maksimum terkecil sebesar 70 mm terjadi pada tahun 2018.

4.1.3 Perhitungan Rata-Rata Curah Hujan

Sebelum dilakukan analisis distribusi frekuensi, terlebih dahulu dihitung jumlah dan rata-rata data curah hujan maksimum.

Jumlah data curah hujan maksimum:

$$\Sigma R_{\max} = 109 + 100 + 70 + 89 + 108 + 120 + 71 + 91 + 126 + 262$$

$$\Sigma R_{\max} = 1.146 \text{ mm}$$

Jumlah data:

$$n = 10$$

Rata-rata curah hujan maksimum dihitung dengan rumus:

$$R_{rata-rata} = \Sigma R_{max} / n$$

$$R_{rata-rata} = 1.146 / 10$$

$$R_{rata-rata} = 114,60 \text{ mm}$$

Dengan demikian, rata-rata curah hujan maksimum selama periode pengamatan adalah:

$$R_{rata-rata} = 114,60 \text{ mm}$$

4.2 ANALISIS HIDROLOGI

Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana.

Dalam penelitian ini digunakan beberapa distribusi probabilitas, yaitu:

1. Distribusi Normal;
2. Distribusi Log Normal;
3. Distribusi Log Pearson III; dan
4. Distribusi Gumbel.

Hasil dari masing-masing distribusi kemudian dibandingkan untuk menentukan curah hujan rencana yang digunakan dalam analisis debit banjir.

4.2.1 Distribusi Normal

Distribusi Normal merupakan salah satu metode distribusi probabilitas yang digunakan untuk menentukan curah hujan rencana berdasarkan nilai rata-rata, standar deviasi, dan faktor frekuensi.

Berdasarkan data curah hujan periode 2016–2025 diperoleh:

$$R_{rata-rata} = 114,60 \text{ mm}$$

Standar deviasi:

$$S = 55,05 \text{ mm}$$

Rumus yang digunakan adalah:

$$X_T = X_{\text{rata-rata}} + K_T \times S$$

Keterangan:

X_T = curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$X_{\text{rata-rata}}$ = rata-rata curah hujan

K_T = faktor frekuensi

S = standar deviasi

4.2.1.1 Periode Ulang 2 Tahun

Diketahui: $K_T = 0,00$

Maka:

$$X_2 = 114,60 + (0,00 \times 55,05)$$

$$X_2 = 114,60 + 0$$

$$X_2 = 114,60 \text{ mm}$$

Jadi:

$$X_2 = 114,60 \text{ mm}$$

4.2.1.2 Periode Ulang 5 Tahun

Diketahui:

$$K_T = 0,84$$

Maka:

$$X_5 = 114,60 + (0,84 \times 55,05)$$

$$X5 = 114,60 + 46,24$$

$$X5 = 160,84 \text{ mm}$$

Jadi:

$$X5 = 160,84 \text{ mm}$$

4.2.1.3 Periode Ulang 10 Tahun

Diketahui:

$$KT = 1,28$$

Maka:

$$X10 = 114,60 + (1,28 \times 55,05)$$

$$X10 = 114,60 + 70,46$$

$$X10 = 185,06 \text{ mm}$$

Jadi:

$$X10 = 185,06 \text{ mm}$$

4.2.1.4 Periode Ulang 20 Tahun

Diketahui:

$$KT = 1,64$$

Maka:

$$X20 = 114,60 + (1,64 \times 55,05)$$

$$X20 = 114,60 + 90,28$$

$$X20 = 205,88 \text{ mm}$$

4.2.1.5 Periode Ulang 50 Tahun

$$KT = 2,05$$

$$XT = X_{rata-rata} + KT \times S$$

$$X_{50} = 114,60 + (2,05 \times 55,05)$$

Hasil yang digunakan:

$$X_{50} = 227,45 \text{ mm}$$

4.2.1.6 Periode Ulang 100 Tahun

$$KT = 2,33$$

$$XT = X_{rata-rata} + KT \times S$$

$$X_{100} = 114,60 + (2,33 \times 55,05)$$

Hasil yang digunakan:

$$X_{100} = 242,87 \text{ mm}$$

Tabel 4.6 Hasil Distribusi Normal

Periode Ulang T (tahun)	KT	XT (mm)
2	0,00	114,60
5	0,84	160,84
10	1,28	185,06
20	1,64	205,88
50	2,05	227,45
100	2,33	242,87

4.2.2 Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal digunakan untuk menentukan curah hujan rencana dengan terlebih dahulu mengubah data curah hujan maksimum tahunan ke dalam bentuk logaritma.

Rumus yang digunakan:

$$Y = \text{Log } X$$

Keterangan:

Y = nilai logaritma curah hujan

X = curah hujan maksimum tahunan (mm)

4.2.2.1 Perhitungan Logaritma Data

Perhitungan logaritma dilakukan terhadap data curah hujan maksimum tahunan ($R_{\max}$) dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2025. Perhitungan ini digunakan sebagai salah satu tahapan dalam analisis distribusi Log Normal dan Log Pearson Tipe III.

Rumus yang digunakan adalah:

$$Y = \text{Log } X$$

dengan:

Y = nilai logaritma curah hujan maksimum

X = curah hujan maksimum tahunan ($R_{\max}$)

Log yang digunakan adalah logaritma berbasis 10.

1. Perhitungan Tahun 2016

Diketahui:

$$X = 109 \text{ mm}$$

Maka:

$$Y = \text{Log } X$$

$$Y = \text{Log } 109$$

$$Y = 2,03743$$

Jadi, nilai Log X untuk tahun 2016 adalah **2,03743**.

2. Perhitungan Tahun 2017

Diketahui:

$$X = 100 \text{ mm}$$

Maka:

$$Y = \text{Log } X$$

$$Y = \text{Log } 100$$

$$Y = 2,00000$$

Jadi, nilai Log X untuk tahun 2017 adalah **2,00000**.

3. Perhitungan Tahun 2018

Diketahui:

$$X = 70 \text{ mm}$$

Maka:

$$Y = \text{Log } X$$

$$Y = \text{Log } 70$$

$$Y = 1,84510$$

Jadi, nilai Log X untuk tahun 2018 adalah **1,84510**.

4. Perhitungan Tahun 2019

Diketahui:

$$X = 89 \text{ mm}$$

Maka:

$$Y = \text{Log } X$$

$$Y = \text{Log } 89$$

$$Y = 1,94939$$

Jadi, nilai Log X untuk tahun 2019 adalah **1,94939**.

5. Perhitungan Tahun 2020

Diketahui:

$$X = 108 \text{ mm}$$

Maka:

$$Y = \text{Log } X$$

$$Y = \text{Log } 108$$

$$Y = 2,03342$$

Jadi, nilai Log X untuk tahun 2020 adalah **2,03342**.

6. Perhitungan Tahun 2021

Diketahui:

$$X = 120 \text{ mm}$$

Maka:

$$Y = \text{Log } X$$

$$Y = \text{Log } 120$$

$$Y = 2,07918$$

Jadi, nilai Log X untuk tahun 2021 adalah **2,07918**.

7. Perhitungan Tahun 2022

Diketahui:

$$X = 71 \text{ mm}$$

Maka:

$$Y = \text{Log } X$$

$$Y = \text{Log } 71$$

$$Y = 1,85126$$

Jadi, nilai Log X untuk tahun 2022 adalah **1,85126**.

8. Perhitungan Tahun 2023

Diketahui:

$$X = 91 \text{ mm}$$

Maka:

$$Y = \text{Log } X$$

$$Y = \text{Log } 91$$

$$Y = 1,95904$$

Jadi, nilai Log X untuk tahun 2023 adalah **1,95904**.

9. Perhitungan Tahun 2024

Diketahui:

$$X = 126 \text{ mm}$$

Maka:

$$Y = \text{Log } X$$

$$Y = \text{Log } 126$$

$$Y = 2,10037$$

Jadi, nilai Log X untuk tahun 2024 adalah **2,10037**.

10. Perhitungan Tahun 2025

Diketahui:

$$X = 262 \text{ mm}$$

Maka:

$$Y = \text{Log } X$$

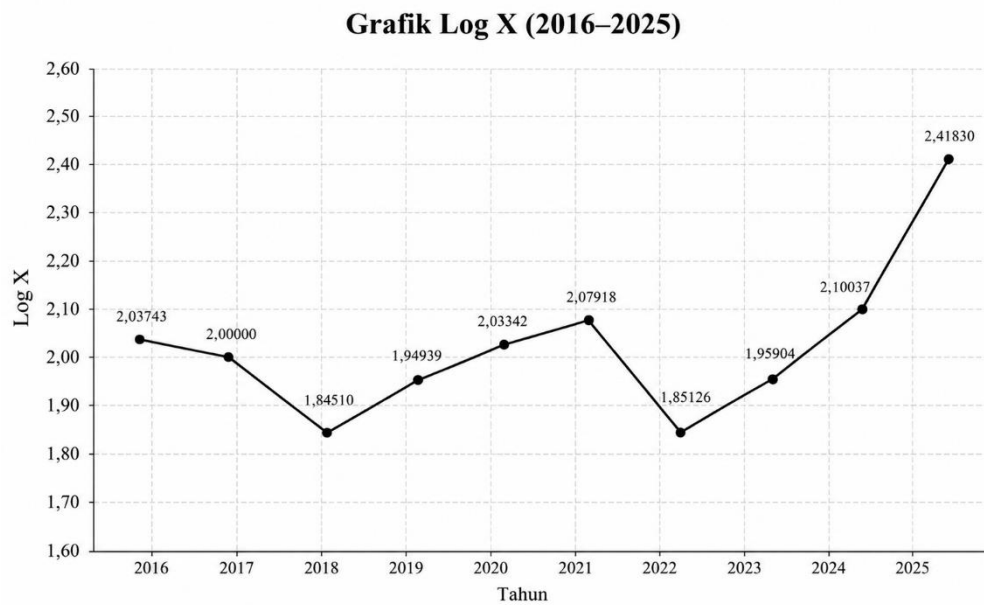
$$Y = \text{Log } 262$$

$$Y = 2,41830$$

Jadi, nilai Log X untuk tahun 2025 adalah **2,41830**.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Log X

No	Tahun	Rmax (mm)	Perhitungan	Log X
1	2016	109	Log 109	2,03743
2	2017	100	Log 100	2,00000
3	2018	70	Log 70	1,84510
4	2019	89	Log 89	1,94939
5	2020	108	Log 108	2,03342
6	2021	120	Log 120	2,07918
7	2022	71	Log 71	1,85126
8	2023	91	Log 91	1,95904
9	2024	126	Log 126	2,10037
10	2025	262	Log 262	2,41830
Jumlah		1.146		20,27349



Gambar 4.2. Grafik log X

Perhitungan Jumlah Log X

Jumlah seluruh nilai Log X adalah:

$$\Sigma \text{Log X} = 2,03743 + 2,00000 + 1,84510 + 1,94939 + 2,03342 + 2,07918 + 1,85126 \\ + 1,95904 + 2,10037 + 2,41830$$

$$\Sigma \text{Log X} = \mathbf{20,27349}$$

Dengan demikian, jumlah nilai logaritma curah hujan maksimum selama 10 tahun adalah:

$$\Sigma \text{Log X} = \mathbf{20,27349}$$

4.2.2.2 Menghitung Rata-rata Log X

Rumus:

$$\text{Log X rata-rata} = \Sigma \text{Log X} / n$$

$$\text{Log X rata-rata} = 20,27349 / 10$$

$$\text{Log X rata-rata} = 2,02735$$

Jadi, nilai rata-rata Log X adalah:

$$\text{Log X rata-rata} = 2,02735$$

4.2.2.3 Menghitung Standar Deviasi Log X

Rumus:

$$S \text{ Log X} = \sqrt{[\Sigma (\text{Log X} - \text{Log X rata-rata})^2 / (n - 1)]}$$

Diketahui:

$$\Sigma (\text{Log X} - \text{Log X rata-rata})^2 = 0,236714$$

$$n = 10$$

Maka:

$$S \text{ Log } X = \sqrt{[0,236714 / (10 - 1)]}$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{(0,0263016)}$$

$$S \text{ Log } X = 0,16218$$

Jadi:

$$S \text{ Log } X = 0,16218$$

4.2.2.4 Menghitung Curah Hujan Rencana

Rumus:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X \text{ rata-rata} + K_T \times S \text{ Log } X$$

Setelah mendapatkan Log X_T :

$$X_T = 10^{(\text{Log } X_T)}$$

Periode Ulang 2 Tahun

$$\text{Log } X_2 = 2,02735 + (0 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_2 = 2,02735$$

$$X_2 = 10^{2,02735}$$

$$X_2 = 106,50 \text{ mm}$$

Periode Ulang 5 Tahun

$$\text{Log } X_5 = 2,02735 + (0,8416 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_5 = 2,16384$$

$$X_5 = 10^{2,16384}$$

$$X_5 = 145,83 \text{ mm}$$

Periode Ulang 10 Tahun

$$\text{Log } X_{10} = 2,02735 + (1,2816 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_{10} = 2,23520$$

$$X_{10} = 10^{2,23520}$$

$$X_{10} = 171,87 \text{ mm}$$

Periode Ulang 25 Tahun

$$\text{Log } X_{25} = 2,02735 + (1,7507 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_{25} = 2,31127$$

$$X_{25} = 10^{2,31127}$$

$$X_{25} = 204,77 \text{ mm}$$

Periode Ulang 50 Tahun

$$\text{Log } X_{50} = 2,02735 + (2,0537 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_{50} = 2,36041$$

$$X_{50} = 10^{2,36041}$$

$$X_{50} = 229,31 \text{ mm}$$

Periode Ulang 100 Tahun

$$\text{Log } X_{100} = 2,02735 + (2,3263 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_{100} = 2,40462$$

$$X_{100} = 10^{2,40462}$$

$$X_{100} = 253,88 \text{ mm}$$

Tabel 4.8 Hasil Distribusi Log Normal

T (tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
2	106,50
5	145,83
10	171,87
20	196,84
50	229,31
100	253,88

Untuk periode ulang 10 tahun:

$$X_{10} = 171,87 \text{ mm}$$

4.2.3 Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan distribusi yang menggunakan nilai logaritma data curah hujan serta mempertimbangkan nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan.

Rumus:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X_{\text{rata-rata}} + K_T \times S \text{ Log } X$$

Kemudian:

$$X_T = 10^{(\text{Log } X_T)}$$

Dari perhitungan Distribusi Log Normal diperoleh:

$$\text{Log } X_{\text{rata-rata}} = 2,02735$$

$$S \text{ Log } X = 0,16218$$

4.2.3.1 Menghitung Koefisien Kemencengan

Rumus:

$$C_s = [n \times \Sigma(Y - Y_{\text{rata-rata}})^3] / [(n - 1)(n - 2) \times S^3]$$

Dari hasil perhitungan data diperoleh:

$$C_s \approx 1,56$$

Jadi:

$$C_s = 1,56$$

Nilai C_s positif menunjukkan bahwa data memiliki kemencengan positif. Hal ini dipengaruhi oleh adanya nilai curah hujan yang tinggi, yaitu 262 mm pada tahun 2025.

4.2.3.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Periode Ulang 2 Tahun

$$\text{Log } X_2 = 2,02735 + (-0,249 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_2 = 1,98700$$

$$X_2 = 10^{1,98700}$$

$$X_2 = 97,05 \text{ mm}$$

Periode Ulang 5 Tahun

$$\text{Log } X_5 = 2,02735 + (0,681 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_5 = 2,13783$$

$$X_5 = 10^{2,13783}$$

$$X_5 = 137,35 \text{ mm}$$

Periode Ulang 10 Tahun

$$\text{Log } X_{10} = 2,02735 + (1,331 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_{10} = 2,24317$$

$$X_{10} = 10^{2,24317}$$

$$X_{10} = 175,05 \text{ mm}$$

Periode Ulang 25 Tahun

$$\text{Log } X_{25} = 2,02735 + (2,157 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_{25} = 2,37709$$

$$X_{25} = 10^{2,37709}$$

$$X_{25} = 238,28 \text{ mm}$$

Periode Ulang 50 Tahun

$$\text{Log } X_{50} = 2,02735 + (2,766 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_{50} = 2,47590$$

$$X_{50} = 10^{2,47590}$$

$$X_{50} = 299,16 \text{ mm}$$

Periode Ulang 100 Tahun

$$\text{Log } X_{100} = 2,02735 + (3,366 \times 0,16218)$$

$$\text{Log } X_{100} = 2,57324$$

$$X_{100} = 10^{2,57324}$$

$$X_{100} = 374,32 \text{ mm}$$

Hasil analisis Log Pearson III yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.9 Hasil Distribusi Log Pearson III

T (tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
2	97,05
5	137,35
10	175,05
20	221,25
50	299,16
100	374,32

Untuk periode ulang 10 tahun:

$$X_{10} = 175,05 \text{ mm}$$

4.2.4 Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel Tipe I digunakan untuk menentukan curah hujan rencana berdasarkan periode ulang tertentu.

Rumus dasar:

$$X_T = X \text{ rata-rata} + K_T \times S$$

Faktor frekuensi:

$$K_T = (Y_T - Y_n) / S_n$$

Reduced variate:

$$Y_T = -\ln[-\ln(1 - 1/T)]$$

Diketahui:

$$X \text{ rata-rata} = 114,60 \text{ mm}$$

$$S = 55,052 \text{ mm}$$

$$n = 10$$

$$Y_n = 0,4952$$

$$S_n = 0,9496$$

Periode Ulang 2 Tahun

$$Y_T = -\ln[-\ln(1 - 1/2)]$$

$$Y_T = 0,3665$$

$$K_T = (0,3665 - 0,4952) / 0,9496$$

$$K_T = -0,1355$$

$$X_T = 114,60 + (-0,1355 \times 55,052)$$

$$X_T = 107,14 \text{ mm}$$

Periode Ulang 5 Tahun

$$Y_T = -\ln[-\ln(1 - 1/5)]$$

$$Y_T = 1,4999$$

$$K_T = (1,4999 - 0,4952) / 0,9496$$

$$K_T = 1,0581$$

$$X_T = 114,60 + (1,0581 \times 55,052)$$

$$X_T = 172,85 \text{ mm}$$

Periode Ulang 10 Tahun

$$Y_T = -\ln[-\ln(1 - 1/10)]$$

$$Y_T = 2,2504$$

$$K_T = (2,2504 - 0,4952) / 0,9496$$

$$K_T = 1,8483$$

$$X_T = 114,60 + (1,8483 \times 55,052)$$

$$X_T = 216,35 \text{ mm}$$

Periode Ulang 25 Tahun

$$Y_T = -\text{Ln}[-\text{Ln}(1 - 1/25)]$$

$$Y_T = 3,1985$$

$$K_T = (3,1985 - 0,4952) / 0,9496$$

$$K_T = 2,8468$$

$$X_T = 114,60 + (2,8468 \times 55,052)$$

$$X_T = 271,32 \text{ mm}$$

Periode Ulang 50 Tahun

$$Y_T = -\text{Ln}[-\text{Ln}(1 - 1/50)]$$

$$Y_T = 3,9019$$

$$K_T = (3,9019 - 0,4952) / 0,9496$$

$$K_T = 3,5876$$

$$X_T = 114,60 + (3,5876 \times 55,052)$$

$$X_T = 312,10 \text{ mm}$$

Periode Ulang 100 Tahun

$$Y_T = -\text{Ln}[-\text{Ln}(1 - 1/100)]$$

$$Y_T = 4,6001$$

$$K_T = (4,6001 - 0,4952) / 0,9496$$

$$K_T = 4,3228$$

$$X_T = 114,60 + (4,3228 \times 55,052)$$

$$X_T = 352,58 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai sebagai berikut.

Tabel 4.10 Hasil Distribusi Gumbel

T (tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
2	107,14
5	172,85
10	216,35
20	258,08
50	312,10
100	352,58

Untuk periode ulang 10 tahun diperoleh:

$$X_{10} = 216,35 \text{ mm}$$

Dengan demikian curah hujan rencana yang digunakan adalah:

$$R_{10} = 216,35 \text{ mm/hari}$$

4.2.5 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana

Hasil keempat metode distribusi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana

T (tahun)	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
2	114,60	106,50	97,05	107,14
5	160,84	145,83	137,35	172,85
10	185,06	171,87	175,05	216,35
20	205,88	196,84	221,25	258,08

50	227,45	229,31	299,16	312,10
100	242,87	253,88	374,32	352,58

Berdasarkan hasil rekapitulasi, nilai curah hujan rencana periode ulang 10 tahun yang digunakan dalam analisis adalah hasil Distribusi Gumbel sebesar:

$$R_{10} = 216,35 \text{ mm/hari}$$

Nilai tersebut merupakan nilai terbesar di antara hasil keempat distribusi untuk periode ulang 10 tahun.

4.3 ANALISIS HIDROLIKA

Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui besarnya debit banjir rencana dan membandingkannya dengan kapasitas saluran drainase.

Debit banjir rencana dihitung menggunakan Metode Rasional, sedangkan kapasitas saluran dihitung menggunakan persamaan Manning.

Parameter yang digunakan adalah:

Periode ulang = 10 tahun

Curah hujan rencana = 216,35 mm/hari

Koefisien limpasan, $C = 0,45$

Luas daerah tangkapan, $A = 0,162 \text{ km}^2$

Koefisien Manning, $n = 0,030$

4.3.1 Perhitungan Debit Banjir Rencana Titik 1

Pada titik 1, kemiringan saluran adalah:

$$S = 0,005$$

Berdasarkan perhitungan waktu konsentrasi dan intensitas hujan pada data penelitian diperoleh:

$$I = 24,99 \text{ mm/jam}$$

Debit banjir rencana dihitung menggunakan Metode Rasional:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

Substitusi:

$$Q_p = 0,278 \times 0,45 \times 24,99 \times 0,162$$

Perhitungan:

$$0,45 \times 24,99 = 11,2455$$

$$11,2455 \times 0,162 = 1,82277$$

$$0,278 \times 1,82277 = 0,506$$

Maka:

$$Q_{p1} = 0,506 \text{ m}^3/\text{det}$$

Jadi debit banjir rencana pada titik 1 adalah:

$$Q_{p1} = 0,506 \text{ m}^3/\text{det}$$

Nilai tersebut tercantum pada sumber penelitian.

4.3.2 Perhitungan Debit Banjir Rencana Titik 2

Kemiringan saluran:

$$S = 0,004$$

Intensitas hujan:

$$I = 23,60 \text{ mm/jam}$$

Rumus:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

Substitusi:

$$Q_p = 0,278 \times 0,45 \times 23,60 \times 0,162$$

Perhitungan:

$$0,45 \times 23,60 = 10,62$$

$$10,62 \times 0,162 = 1,72044$$

$$0,278 \times 1,72044 = 0,478$$

Maka:

$$Q_{p2} = 0,478 \text{ m}^3/\text{det}$$

Jadi debit banjir rencana pada titik 2 adalah:

$$Q_{p2} = 0,478 \text{ m}^3/\text{det}$$

4.3.3 Perhitungan Debit Banjir Rencana Titik 3

Kemiringan saluran:

$$S = 0,006$$

Intensitas hujan:

$$I = 26,19 \text{ mm/jam}$$

Rumus:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

Substitusi:

$$Q_p = 0,278 \times 0,45 \times 26,19 \times 0,162$$

Perhitungan:

$$0,45 \times 26,19 = 11,7855$$

$$11,7855 \times 0,162 = 1,909251$$

$$0,278 \times 1,909251 = 0,531$$

Maka:

$$Q_{p3} = 0,531 \text{ m}^3/\text{det}$$

Jadi debit banjir rencana pada titik 3 adalah:

$$Q_{p3} = 0,531 \text{ m}^3/\text{det}$$

4.3.4 Perhitungan Kapasitas Saluran

Ketiga saluran mempunyai bentuk persegi dengan:

$$b = 1 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

Koefisien Manning:

$$n = 0,030$$

Kapasitas saluran dihitung menggunakan Persamaan Manning.

Rumus kecepatan aliran:

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

Rumus debit:

$$Q = V \times A$$

4.3.4.1 Menghitung Luas Penampang

Luas penampang saluran persegi dihitung dengan:

$$A = b \times h$$

$$A = 1 \times 1$$

$$A = 1,00 \text{ m}^2$$

Jadi:

$$A = 1,00 \text{ m}^2$$

4.3.4.2 Menghitung Keliling Basah

Keliling basah saluran persegi dihitung dengan:

$$P = b + 2h$$

$$P = 1 + 2(1)$$

$$P = 3,00 \text{ m}$$

Jadi:

$$P = 3,00 \text{ m}$$

4.3.4.3 Menghitung Jari-Jari Hidrolis

Jari-jari hidrolis dihitung menggunakan:

$$R = A / P$$

$$R = 1 / 3$$

$$R = 0,333 \text{ m}$$

Jadi:

$$R = 0,333 \text{ m}$$

4.3.5 Kapasitas Saluran Titik 1

Diketahui:

$$n = 0,030$$

$$R = 0,333 \text{ m}$$

$$S = 0,005$$

Rumus Manning:

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

Substitusi:

$$V = (1/0,030) \times (0,333)^{(2/3)} \times (0,005)^{(1/2)}$$

Hasil:

$$V = 1,133 \text{ m/det}$$

Debit saluran dihitung:

$$Q = V \times A$$

$$Q = 1,133 \times 1$$

$$Q = 1,13 \text{ m}^3/\text{det}$$

Jadi kapasitas saluran titik 1 adalah:

$$Q_{\max 1} = 1,13 \text{ m}^3/\text{det}$$

Perbandingan:

$$Q_{\max 1} > Q_{p1}$$

$$1,13 > 0,506$$

Maka saluran titik 1 secara teoritis memenuhi kapasitas debit banjir rencana.

4.3.6 Kapasitas Saluran Titik 2

Diketahui:

$$n = 0,030$$

$$R = 0,333 \text{ m}$$

$$S = 0,004$$

Rumus Manning:

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

Substitusi:

$$V = (1/0,030) \times (0,333)^{(2/3)} \times (0,004)^{(1/2)}$$

Hasil:

$$V = 1,014 \text{ m/det}$$

Debit:

$$Q = V \times A$$

$$Q = 1,014 \times 1$$

$$Q = 1,01 \text{ m}^3/\text{det}$$

Jadi:

$$Q_{\text{max2}} = 1,01 \text{ m}^3/\text{det}$$

Perbandingan:

$$Q_{\text{max2}} > Q_{\text{p2}}$$

$$1,01 > 0,478$$

Maka saluran titik 2 secara teoritis memenuhi kapasitas debit banjir rencana.

4.3.7 Kapasitas Saluran Titik 3

Diketahui:

$$n = 0,030$$

$$R = 0,333 \text{ m}$$

$$S = 0,006$$

Rumus Manning:

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

Substitusi:

$$V = (1/0,030) \times (0,333)^{(2/3)} \times (0,006)^{(1/2)}$$

Hasil:

$$V = 1,241 \text{ m/det}$$

Debit:

$$Q = V \times A$$

$$Q = 1,241 \times 1$$

$$Q = 1,24 \text{ m}^3/\text{det}$$

Jadi:

$$Q_{\max 3} = 1,24 \text{ m}^3/\text{det}$$

Perbandingan:

$$Q_{\max 3} > Q_{p3}$$

$$1,24 > 0,531$$

Maka saluran titik 3 secara teoritis memenuhi kapasitas debit banjir rencana.

4.3.8 Rekapitulasi Kapasitas Saluran

Tabel 4.12 Evaluasi Kapasitas Saluran

Titik	Slope	Qp (m ³ /det)	Qmax (m ³ /det)	Keterangan
1	0,005	0,506	1,13	Memenuhi

2	0,004	0,478	1,01	Memenuhi
3	0,006	0,531	1,24	Memenuhi

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas hidrolika saluran lebih besar daripada debit banjir rencana pada ketiga titik. Dengan demikian, berdasarkan dimensi saluran 1 m × 1 m, ketiga saluran secara teoritis mampu menampung debit rencana periode ulang 10 tahun.

4.4 PENGARUH AIR TERHADAP KONDISI ASPAL

Walaupun kapasitas penampang saluran secara teoritis mencukupi, kondisi saluran di lapangan dapat menyebabkan kapasitas efektif menjadi lebih kecil.

Sampah dan sedimentasi dapat memperkecil luas penampang aliran sehingga menghambat kelancaran air.

Selain itu, inlet atau lubang masuk air yang tidak berfungsi dengan baik dapat menyebabkan air hujan tidak segera masuk ke saluran.

Genangan air yang terjadi secara berulang pada permukaan jalan dapat mempercepat kerusakan lapisan perkerasan aspal.

Air dapat masuk melalui retak dan celah pada perkerasan sehingga menyebabkan pelemahan lapisan. Kerusakan yang dapat berkembang antara lain:

1. pelepasan butiran;
2. retak;
3. lubang;
4. kerusakan tepi; dan
5. kerusakan permukaan lainnya.

Dengan demikian, kondisi drainase tidak hanya ditinjau berdasarkan kapasitas penampang saluran, tetapi juga berdasarkan kondisi fisik saluran dan kelancaran aliran.

4.5 PENENTUAN UNIT SAMPEL

Ruas jalan dibagi menjadi unit sampel untuk mempermudah proses pengukuran dan identifikasi kerusakan.

Berdasarkan pengaturan unit sampel dalam penelitian digunakan tiga unit sampel.

Jumlah minimum unit sampel yang digunakan adalah:

$n = 3$ unit sampel

Pembagian unit sampel diperlukan agar pengukuran jenis kerusakan, luas kerusakan, tingkat keparahan, Density, dan Deduct Value dapat dilakukan secara sistematis.

4.6 PENGUKURAN JENIS KERUSAKAN

Pengukuran kerusakan dilakukan pada setiap unit sampel.

Jenis kerusakan yang diamati meliputi:

1. Butiran lepas
2. Pengelupasan;
3. Lubang;
4. Retak diagonal;
5. Tambalan;
6. Amblas;
7. Retak memanjang;
8. Retak berkelok-kelok;
9. Retak kulit buaya;
10. Retak slip;
11. Retak pinggir;

12. Kegemukan; dan

13. Sungkur.

Setiap kerusakan dicatat berdasarkan jenis kerusakan, tingkat keparahan, ukuran kerusakan, serta luas kerusakan.

Tingkat keparahan kerusakan dibedakan menjadi:

L = Low atau ringan

M = Medium atau sedang

H = High atau berat

4.7 PERHITUNGAN NILAI KERAPATAN (DENSITY)

Density merupakan persentase luas kerusakan terhadap luas unit sampel.

Rumus yang digunakan:

$$\text{Density} = (A_d / A_s) \times 100\%$$

Keterangan:

Density = nilai kerapatan kerusakan (%)

A_d = luas kerusakan (m^2)

A_s = luas unit sampel (m^2)

Nilai Density selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk menentukan Deduct Value.

4.7.1 Contoh Perhitungan Density Butiran Lepas

Berdasarkan data pengukuran:

$$A_d = 0,93 \text{ m}^2$$

Luas unit sampel:

$$A_s = 300 \text{ m}^2$$

Maka:

$$\text{Density} = (0,93 / 300) \times 100\%$$

$$\text{Density} = 0,0031 \times 100\%$$

$$\text{Density} = 0,31\%$$

Jadi:

$$\text{Density} = 0,31\%$$

4.7.2 Contoh Perhitungan Density Tambalan Tingkat Medium

Diketahui:

$$A_d = 3,40 \text{ m}^2$$

$$A_s = 300 \text{ m}^2$$

Maka:

$$\text{Density} = (3,40 / 300) \times 100\%$$

$$\text{Density} = 0,01133 \times 100\%$$

$$\text{Density} = 1,13\%$$

Jadi:

$$\text{Density} = 1,13\%$$

4.7.3 Contoh Perhitungan Density Tambalan Tingkat High

Diketahui:

$$A_d = 0,35 \text{ m}^2$$

$$A_s = 300 \text{ m}^2$$

Maka:

$$\text{Density} = (0,35 / 300) \times 100\%$$

$$\text{Density} = 0,001167 \times 100\%$$

$$\text{Density} = 0,12\%$$

Jadi:

$$\text{Density} = 0,12\%$$

4.7.4 Contoh Perhitungan Density Retak Pinggir

Diketahui:

$$A_d = 0,73 \text{ m}^2$$

$$A_s = 300 \text{ m}^2$$

Maka:

$$\text{Density} = (0,73 / 300) \times 100\%$$

$$\text{Density} = 0,002433 \times 100\%$$

$$\text{Density} = 0,24\%$$

Jadi:

$$\text{Density} = 0,24\%$$

Data kerusakan dan Density butiran lepas 0,31%, tambalan 1,13% dan 0,12%, serta retak pinggir 0,24%.

4.8 NILAI PENGURANG (DEDUCT VALUE)

Deduct Value atau nilai pengurang diperoleh dengan menyesuaikan nilai Density yang telah dihitung ke grafik Deduct Value sesuai dengan jenis kerusakan dan tingkat keparahannya.

Langkah perhitungan Deduct Value adalah:

1. Menentukan jenis kerusakan.

2. Menentukan tingkat keparahan kerusakan.
3. Menghitung nilai Density.
4. Menentukan grafik Deduct Value yang sesuai.
5. Memasukkan nilai Density ke grafik.
6. Membaca nilai Deduct Value.

4.8.1 Deduct Value Butiran Lepas

Jenis kerusakan:

Butiran Lepas (Raveling)

Tingkat keparahan:

H = High

Density:

0,31%

Berdasarkan grafik Deduct Value:

DV = 11

Jadi:

Deduct Value Butiran Lepas = 11

4.8.2 Deduct Value Tambalan Tingkat Medium

Jenis kerusakan:

Tambalan (Patching)

Tingkat keparahan:

M = Medium

Density:

1,13%

Dari grafik diperoleh:

DV = 11

Jadi:

Deduct Value Tambalan Medium = 11

4.8.3 Deduct Value Tambalan Tingkat High

Jenis kerusakan:

Tambalan (Patching)

Tingkat keparahan:

H = High

Density:

1,13%

Dari grafik diperoleh:

DV = 8

Jadi:

Deduct Value Tambalan High = 8

4.8.4 Deduct Value Retak Pinggir

Jenis kerusakan:

Retak Pinggir (Edge Cracks)

Tingkat keparahan:

M = Medium

Density:

0,24%

Dari grafik diperoleh:

DV = 5

Jadi:

Deduct Value Retak Pinggir = 5

4.9 PENANGANAN KERUSAKAN JALAN

Berdasarkan kondisi perkerasan yang telah mengalami kerusakan, maka perlu dilakukan perbaikan sesuai dengan jenis dan tingkat kerusakannya.

Pemilihan metode perbaikan harus disesuaikan dengan jenis kerusakan sehingga kondisi perkerasan dapat dipertahankan dan kerusakan tidak berkembang menjadi lebih berat.

Tabel 4.13 Penanganan Kerusakan Jalan

No.	Jenis Kerusakan	Tingkat	Usulan Perbaikan
1	Butiran Lepas	Medium	Perawatan permukaan, lapisan tambahan
		High	Penutup permukaan, lapisan tambahan, recycling, rekonstruksi
2	Pengelupasan	Low	Tidak perlu perbaikan
3	Lubang	Medium	Penambalan parsial
4	Retak diagonal	Low	Tidak perlu perbaikan
5	Tambalan	Medium	Tambalan dibongkar

		High	Tambalan dibongkar
6	Amblas	Low	Tidak perlu perbaikan
7	Retak memanjang	Low	Tidak perlu perbaikan
8	Retak berkelok-kelok	Low	Tidak perlu perbaikan
9	Retak kulit buaya	Low	Tidak perlu perbaikan
10	Retak slip	Low	Tidak perlu perbaikan
11	Retak pinggir	Medium	Penutup retak dan penambalan parsial
12	Kegemukan	Low	Tidak perlu perbaikan
13	Sungkur	Low	Tidak perlu perbaikan

4.10 PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data curah hujan periode 2016–2025, diperoleh jumlah curah hujan maksimum sebesar:

$$\Sigma R_{\max} = 1.146 \text{ mm}$$

Jumlah data:

$$n = 10$$

Rata-rata:

$$R_{\text{rata-rata}} = 114,60 \text{ mm}$$

Selanjutnya dilakukan analisis distribusi probabilitas menggunakan Distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel.

Untuk periode ulang 10 tahun diperoleh:

Distribusi Normal:

$$X_{10} = 185,06 \text{ mm}$$

Distribusi Log Normal:

$$X_{10} = 171,87 \text{ mm}$$

Distribusi Log Pearson III:

$$X_{10} = 175,05 \text{ mm}$$

Distribusi Gumbel:

$$X_{10} = 216,35 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil tersebut, curah hujan rencana yang digunakan adalah:

$$R_{10} = 216,35 \text{ mm/hari}$$

Selanjutnya dilakukan analisis debit banjir rencana dengan Metode Rasional.

Debit pada titik 1:

$$Q_{p1} = 0,506 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit pada titik 2:

$$Q_{p2} = 0,478 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit pada titik 3:

$$Q_{p3} = 0,531 \text{ m}^3/\text{det}$$

Kapasitas saluran dihitung menggunakan Persamaan Manning.

Hasil kapasitas saluran titik 1:

$$Q_{\max 1} = 1,13 \text{ m}^3/\text{det}$$

Titik 2:

$$Q_{\max 2} = 1,01 \text{ m}^3/\text{det}$$

Titik 3:

$$Q_{\max 3} = 1,24 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dengan demikian diperoleh perbandingan:

Titik 1:

$$Q_{\max} > Q_p$$

$$1,13 > 0,506$$

Titik 2:

$$Q_{\max} > Q_p$$

$$1,01 > 0,478$$

Titik 3:

$$Q_{\max} > Q_p$$

$$1,24 > 0,531$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa secara teoritis kapasitas ketiga saluran lebih besar daripada debit banjir rencana. Dengan demikian, saluran dengan dimensi $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ secara teoritis mampu menampung debit rencana periode ulang 10 tahun.

Namun, kondisi aktual di lapangan tetap menjadi faktor penting. Sampah dan sedimentasi dapat mengurangi luas penampang efektif saluran. Apabila saluran tersumbat, maka kapasitas aktual dapat lebih kecil daripada kapasitas hasil perhitungan.

Selain itu, inlet yang tidak berfungsi dengan baik dapat menyebabkan air hujan tidak segera masuk ke saluran. Kondisi tersebut dapat menyebabkan genangan pada permukaan jalan.

Genangan yang terjadi berulang dapat mempercepat kerusakan perkerasan aspal. Air dapat masuk melalui retak dan celah perkerasan sehingga menyebabkan

pelemahan lapisan aspal dan berkembang menjadi pelepasan butiran, retak, lubang, serta kerusakan tepi.

Oleh karena itu, permasalahan drainase tidak hanya ditinjau berdasarkan dimensi saluran, tetapi juga harus memperhatikan pemeliharaan, kebersihan saluran, sedimentasi, dan kelancaran inlet.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi, analisis hidrolika, dan pengamatan kondisi perkerasan jalan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Kondisi sistem drainase pada Jalan Veteran secara hidrolika masih mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 10 tahun. Berdasarkan hasil analisis, debit banjir rencana terbesar terdapat pada Titik 3 sebesar 0,531 m³/det, sedangkan kapasitas saluran pada Titik 1, Titik 2, dan Titik 3 masing-masing sebesar 1,13 m³/det, 1,01 m³/det, dan 1,24 m³/det. Dengan demikian, kapasitas saluran pada ketiga titik lebih besar daripada debit banjir rencana, sehingga secara teoritis saluran dengan dimensi 1 m × 1 m masih mampu mengalirkan debit rencana.
2. Kerusakan yang ditemukan pada perkerasan jalan aspal di Jalan Veteran terdiri dari beberapa jenis kerusakan, antara lain retak memanjang, retak kulit buaya (alligator cracking), lubang (potholes), ketidakrataan permukaan, pengelupasan butiran (raveling), serta kerusakan pada tambalan. Jenis kerusakan tersebut menunjukkan bahwa kondisi perkerasan jalan telah mengalami penurunan kualitas dan memerlukan penanganan serta pemeliharaan agar kerusakan tidak berkembang menjadi lebih berat. Pengamatan terhadap jenis dan tingkat kerusakan tersebut merupakan bagian dari analisis kondisi perkerasan pada penelitian ini.
3. Kondisi drainase mempunyai pengaruh terhadap kerusakan perkerasan jalan, meskipun kapasitas hidrolika saluran secara teoritis masih mencukupi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa permasalahan drainase tidak hanya ditentukan oleh ukuran atau kapasitas saluran, tetapi juga oleh kondisi fisik dan pemeliharaannya. Sampah, sedimentasi, serta inlet yang tidak berfungsi dengan baik dapat mengurangi kapasitas efektif saluran dan menghambat masuknya air ke saluran. Kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya genangan pada permukaan jalan. Air yang menggenang dan masuk melalui

retakan atau celah perkerasan dapat melemahkan ikatan aspal dan agregat serta mempercepat perkembangan kerusakan seperti pengelupasan butiran, retak, lubang, dan kerusakan pada bagian tepi jalan.

4. Dengan demikian, pengaruh drainase terhadap kerusakan Jalan Veteran lebih terlihat pada kondisi operasional dan efektivitas drainase di lapangan dibandingkan hanya berdasarkan kapasitas teoritis saluran. Walaupun hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas saluran lebih besar daripada debit banjir rencana, kondisi saluran yang kurang terpelihara dapat menyebabkan air tidak mengalir secara optimal dan menimbulkan genangan. Oleh karena itu, pemeliharaan saluran, pembersihan sampah, pengendalian sedimentasi, serta memastikan inlet berfungsi dengan baik merupakan faktor penting dalam mengurangi risiko kerusakan perkerasan jalan.
5. Secara keseluruhan, permasalahan kerusakan Jalan Veteran tidak hanya disebabkan oleh faktor drainase, tetapi merupakan hasil interaksi antara air, kondisi drainase, beban lalu lintas, kondisi material perkerasan, dan faktor lingkungan. Namun, pengelolaan drainase yang baik tetap diperlukan karena keberadaan air pada permukaan maupun di dalam struktur perkerasan dapat mempercepat proses kerusakan jalan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Pembersihan Saluran

Saluran drainase perlu dibersihkan secara rutin dari sampah agar luas penampang efektif saluran tetap terjaga.

2. Pengerukan Sedimentasi

Bagian saluran yang mengalami sedimentasi perlu dilakukan pengerukan atau normalisasi secara berkala.

3. Pengelolaan Sampah

Perlu disediakan tempat pembuangan sampah yang memadai dan ditingkatkan kesadaran masyarakat agar tidak membuang sampah ke dalam saluran drainase.

4. Pemeliharaan Street Inlet

Street inlet atau lubang masuk air harus dibersihkan dan dipastikan berfungsi dengan baik sehingga limpasan air hujan dapat segera masuk ke saluran.

5. Pemeriksaan Sebelum Musim Hujan

Pemeriksaan kondisi drainase perlu dilakukan sebelum dan selama musim hujan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya genangan.

6. Perbaikan Kerusakan Aspal

Kerusakan pada permukaan aspal yang telah terjadi sebaiknya segera diperbaiki agar tidak berkembang menjadi kerusakan yang lebih berat.

7. Penelitian Selanjutnya

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengukuran yang lebih rinci, terutama:

- kedalaman sedimentasi;
- volume sampah;
- luas penampang efektif saluran;
- tinggi genangan;
- lama genangan;
- luas kerusakan jalan;
- tingkat keparahan kerusakan;
- Density masing-masing kerusakan; dan

- Deduct Value masing-masing jenis kerusakan.

Dengan adanya data tersebut, hubungan antara kondisi drainase dan kerusakan jalan dapat dianalisis secara lebih kuantitatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2010). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2014). *Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). *Manual desain perkerasan jalan (Revisi 2017)*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Manual pemeliharaan jalan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Farida, I., Khadafi, M. H., & Wijaya, A. W. (2025). Integrating hydrological modeling and pavement evaluation to analyze the impact of drainage performance on road infrastructure. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*.
- Federal Highway Administration. (2022b). *Pavement distress identification manual*. U.S. Department of Transportation.
- Fitrida, Tahir, S., Mansida, A., & Nurnawaty. (2025). Evaluasi sistem jaringan drainase untuk mengatasi genangan air: Studi kasus di Bantaeng. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Pemeliharaan jalan raya*. Gadjah Mada University Press.
- Hidayat, R. (2023). Studi kinerja drainase terhadap umur layanan jalan. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 22–30.
- Muhammad Ilyas, Suprpto, B., & Rokhmawati, A. (2024). Studi perencanaan sistem jaringan drainase di Kecamatan Pajarak, Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 14(1).
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2019). *Sistem jaringan transportasi jalan*. Kementerian Perhubungan.

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2020). *Pedoman perencanaan teknis jalan*. Kementerian PUPR.
- Politeknik Negeri Semarang. (2019). Tinjauan sistem drainase jalan. *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, 17(2).
- Pratama, A., Siregar, R., & Nasution, D. (2019). Studi hubungan drainase terhadap kerusakan jalan aspal perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 45–53.
- Putra, D., Rahman, F., & Yusuf, M. (2022). Evaluasi sistem drainase jalan arteri. *Jurnal Infrastruktur*, 10(3), 60–69.
- Ramadhan, A., Widodo, S., & Kurniawan, H. (2021). Pengaruh curah hujan terhadap kerusakan perkerasan jalan. *Jurnal Transportasi*, 9(1), 15–24.
- Siregar, R., & Nasution, D. (2020). Analisis drainase jalan perkotaan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 7(2), 33–41.
- Siti Juleha, E., Mutia, E., & Lydia, E. N. (2023). Analisis sistem jaringan drainase di Kecamatan Langsa Barat, Kota Langsa. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 8(2), 263–271.
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan tebal struktur perkerasan lentur*. Nova.
- United States Geological Survey. (2023). *Drainage patterns and hydrologic analysis*. U.S. Department of the Interior.
- Pania, H. G., Tangkudung, H., Kawet, L., & Wuisan, E. M. (2013). *Perencanaan sistem drainase kawasan Kampus Universitas Sam Ratulangi*. Jurnal Sipil Statik, 1(3). Universitas Sam Ratulangi.
- Barid, B., Harsanto, P., Olga, A. Y., & Wisnulingga, B. K. (2024). Analisis parameter hidrograf satuan sintetis metode Snyder dan Nakayasu. TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 13(2). <https://doi.org/10.24127/tp.v13i2.3396>
- Abdul, R., Wijaya, R. C., & Purwadi, O. T. (2024). *Run-off hydrological analysis using HEC-HMS 4.11 software (Case study in Fakultas Teknik, Universitas*

Lampung). REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung, 28(2), 18–25. <https://doi.org/10.23960/rekrjits.v28i2.93>

Wallah, B. A., Mananoma, T., & Supit, C. J. (2024). *Analisis tren pola curah hujan di Wilayah Manado dan sekitarnya*. PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa, 14(1), 35–45. <https://doi.org/10.22225/pd.14.1.11383.35-45>

Sutera. (2024). *Determination of representative Mock model parameters for monthly discharge curve development in the Upper Kapuas River Basin*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Tanjungpura, 24(2).

LAMPIRAN



Gambar LA2. Pengambilan data Primer



Gambar LA3. Pengambilan data Primer



Gambar LA4. Pengambilan data Primer



Gambar LA5. Pengambilan data Primer



Gambar LA6. Pengambilan data Primer



Gambar LA7. Pengambilan data Primer

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Anggara Praditya Lesmana
Tempat, Tanggal Lahir : Laut Dendang, 22 Oktober 2004
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Usman Siddiq Gg. Harjo No.26 Bandar Khalipah
Agama : Islam
Nama Orang tua
Ayah : Indra Lesmana
Ibu : Sumarna
No. Hp : 082321075826
E-mail : anggayt8686@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2207210035
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SDN 101765	2016
2	SMP	SMPS Budisatrya Medan	2019
3	SMA	SMKN 1 Percut Sei Tuan	2022
4	Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2022		