

TUGAS AKHIR

**EVALUASI SISTEM DRAINASE DI SEKITAR
KAWASAN LEGOLAN, SLEMAN, YOGYAKARTA
(*EVALUATION OF DRAINAGE SYSTEM AROUND
LEGOLAN AREA, SLEMAN, YOGYAKARTA*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**FAUZUL FAJRI
20511332**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – PROGRAM SARJANA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2026

TUGAS AKHIR

EVALUASI SISTEM DRAINASE DI SEKITAR KAWASAN LEGOLAN, SLEMAN, YOGYAKARTA (*EVALUATION OF DRAINAGE SYSTEM AROUND LEGOLAN AREA, SLEMAN, YOGYAKARTA*)

Disusun oleh

Fauzul Fajri
20511332

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 04 Februari 2026

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing



26/2-26

Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng.
NIK: 165110105

Penguji I



26.2.26.

Astria Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK: 165111301

Penguji II



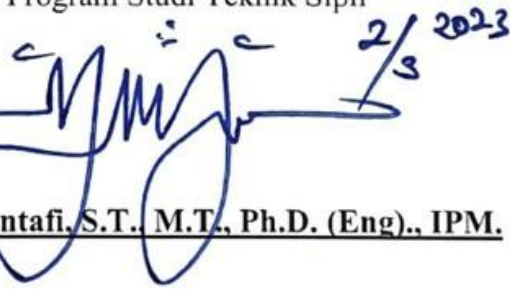
26/2 '26

Shofwatul Fadilah, S.T.P., M.Eng.
NIK: 215111308

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.
NIK: 09511010



2/3 2023

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya dengan penuh tanggung jawab menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya orisinal saya yang disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan Program Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Setiap bagian yang merujuk pada karya pihak lain telah disertai dengan pencantuman sumber yang jelas dan sesuai dengan kaidah penulisan akademik yang berlaku. Saya bersedia menerima segala bentuk sanksi akademik dan hukum, tidak terkecuali pencabutan gelar, apabila di kemudian hari ditemukan ketidakaslian dalam karya ini atau adanya praktik plagiarisme.

Yogyakarta, 20 Januari 2026
Yang membuat pernyataan,



Fauzul Fajri
(20511332)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir dengan judul Evaluasi Sistem Drainase di Sekitar Kawasan Legolan, Sleman, Yogyakarta dapat diselesaikan. Penulisan karya ilmiah ini merupakan salah satu syarat akademik untuk menuntaskan program studi Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Proses pengerjaan Tugas Akhir ini menghadapi berbagai kendala dan tantangan. Keberhasilan menyelesaikannya tidak terlepas dari bantuan, saran, serta dorongan semangat dari banyak pihak. Oleh karena itu, dengan penuh hormat, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng)., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia,
2. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing,
3. Astriana Hardawati S.T., M.Eng, Selaku Dosen Penguji I,
4. Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng, Selaku Dosen Penguji II,
5. Kedua orang tua penulis yang senantiasa mendoakan tanpa henti serta memberikan dukungan moral dan material dengan penuh kasih sayang, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Rekan-rekan seperjuangan angkatan 2020 yang senantiasa memberikan dukungan, berbagi suka dan duka, serta menjadi penyemangat yang tak kenal lelah dalam setiap proses hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Saya berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, dan mahasiswa yang sedang menyusun karya ilmiah yang ingin memahami kinerja serta efektivitas suatu jaringan drainase yang telah ada atau telah direncanakan

Yogyakarta, 20 Januari 2026
Penulis,



Fauzul Fajri
(20511332)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian sebelumnya	4
2.1.1 Analisis Kinerja Saluran Drainase di Wilayah Mayang, Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi (Pratama, 2023)	4

2.1.2 Analisis Kapasitas dan Kinerja Sistem Drainase pada Kawasan Perumahan Dasana Indah di Kabupaten Tangerang (Widiastomo dkk., 2022)	5
2.1.3 Evaluasi Kinerja Drainase Perkotaan di Jalan Langsat – Kota Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan (Singal & To, 2023)	7
2.1.4 Evaluasi Fungsi Sistem Drainase di Jalan Pemda Pangkalan Kota Kerinci (Rahmat Tisnawan dkk., 2024)	8
2.1.5 <i>Assessment of a City Drainage Network in a Major Urban Area (Prayogo dkk., 2023)</i>	9
2.2 Perbandingan Dengan Penelitian – Penelitian Sebelumnya	11
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Drainase	13
3.2 Bentuk Saluran Drainase	13
3.3 Analisis Hidrologi	14
3.4 Analisis Frekuensi dan Probabilitas	14
3.5 Kemiringan Saluran	20
3.6 Waktu Konsentrasi	20
3.7 Analisis Intensitas Hujan	21
3.8 Koefisien Pengaliran Metode Rasional	22
3.9 Debit Limpasan	23
3.10 Analisis Hidrolika	23
3.11 Kala Ulang	25
3.12 Tinggi Jagaan	26
BAB IV METODE PENELITIAN	28

4.1 Tinjauan Umum	28
4.2 Lokasi Penelitian	28
4.3 Data Penelitian	29
4.4 Tahapan Penelitian	30
4.5 Bagan Alir Tugas Akhir	32
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	33
5.1 Data Penelitian	33
5.1.1 Data Hujan	33
5.1.2 Data Topografi	34
5.1.3 Data Dimensi Saluran	36
5.2 Analisis Hujan Rencana	37
5.2.1 Analisis Frekuensi	37
5.2.2 Uji Distribusi	41
5.3 Evaluasi Saluran Eksisting	45
5.3.1 Analisis Kemiringan Saluran Eksisting	45
5.3.2 Analisis Waktu Konsentrasi Saluran Eksisting	46
5.3.3 Analisis Intensitas Hujan Saluran Eksisting	49
5.3.4 Analisis Koefesien Pengaliran Saluran Eksisting	49
5.3.5 Analisis Debit Limpasan Saluran Eksisting	52
5.3.6 Analisis Kapasitas Saluran Eksisting	54
5.3.7 Evaluasai Saluran Eksisting	56
5.4 Perencanaan Sistem Drainase Baru	56
5.4.1 Analisis Kemiringan Saluran Rencana	56
5.4.2 Analisis Waktu Konsentrasi Saluran Rencana	57
5.4.3 Analisis Intensitas Hujan Saluran Rencana	59

5.4.4 Analisis Koefesien Pengaliran Saluran Rencana	60
5.4.5 Analisis Debit Limpasan Saluran Rencana	61
5.4.6 Perencanaan Dimensi Saluran dan Tinggi Jagaan	63
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	69
6.1 Kesimpulan	69
6.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1 Ketentuan Distribusi	18
Tabel 3.2 Koefisien Manning	25
Tabel 3.3 Periode Ulang di Tentukan Sesuai Klasifikasi Kota	26
Tabel 5.1 Curah Hujan Maksimum Tahun 2009 Sampai 2023	33
Tabel 5.2 Dimensi Saluran Eksisting Pada Kawasan Penelitian	36
Tabel 5.3 Perhitungan Parameter Statistik Hujan	37
Tabel 5.4 Persyaratan Parameter Statistik Distribusi	39
Tabel 5.5 Perhitungan Variabel Log Pearson Tipe III	40
Tabel 5.6 Nilai KT Untuk Distribusi Log Pearson III	41
Tabel 5.7 Pengurutan Data Hujan	41
Tabel 5.8 Kelas Distribusi	43
Tabel 5.9 Pengujian Kesesuaian Distribusi Log Pearson Tipe III	44
Tabel 5.10 Kemiringan Saluran Eksisting	46
Tabel 5.11 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi <i>McDermott dan Pilgrim (1982)</i> Saluran Eksisting	48
Tabel 5.12 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi <i>Kirpich (1940)</i> Saluran Eksisting	48
Tabel 5.13 Rekapitulasi Intensitas Hujan Saluran Eksisting	49
Tabel 5.14 Koefisien Limpasan DTA 1	51
Tabel 5.15 Koefisien Limpasan DTA 2	51
Tabel 5.16 Koefisien Limpasan DTA 3	51
Tabel 5.17 Koefisien Limpasan DTA 4	52
Tabel 5.18 Koefisien Limpasan DTA 5	52
Tabel 5.19 Koefisien Limpasan DTA 6	52
Tabel 5.20 Debit Limpasan Saluran Eksisting	53
Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting	55
Tabel 5.22 Evaluasi Saluran Eksisting	56

Tabel 5.23 Kemiringan Saluran Rencana	57
Tabel 5.24 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi <i>McDermott dan Pilgrim (1982)</i> Saluran Rencana	59
Tabel 5.25 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi <i>Kirpich (1940)</i> Saluran Rencana	59
Tabel 5.26 Rekapitulasi Intensitas Hujan Saluran Rencana	60
Tabel 5.27 Debit Limpasan Rencana	62
Tabel 5.28 Rekapitulasi Dimensi Saluran dan Tinggi Jagaan	65
Tabel 5.29 Rekapitulasi Desain Saluran Drainase	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Jalan Yang Tidak Tersedia Saluran	2
Gambar 2.1 Peta Lokasi Daerah Mayang	4
Gambar 2.2 <i>Cathment Area</i> Pada Perumahan Dasana Indah	6
Gambar 2.3 Peta Drainase Kota Tanjung Selor	7
Gambar 2.4 Lokasi penelitian di Jalan Taduan, Kota Medan	10
Gambar 3.1 Drainase segiempat	14
Gambar 3.2 Nilai Koefisien Aliran Metode Rasional	22
Gambar 3.3 Tinggi jagaan (<i>freeboard</i>) pada saluran segiempat	27
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	28
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	32
Gambar 5.1 Skema Aliran dan DTA pada Kawasan Penelitian Menggunakan <i>Google Earth</i>	35
Gambar 5.2 DTA Saluran Eksisting	50
Gambar 5.3 Tata Guna Lahan	50
Gambar 5.4 DTA Saluran Rencana dan Eksisting	61
Gambar 5.5 Perencanaan Dimensi dan Tinggi Jagaan Saluran AB	66
Gambar 5.6 Perencanaan Dimensi dan Tinggi Jagaan Saluran CB	67
Gambar 5.7 Perencanaan Dimensi dan Tinggi Jagaan Saluran BE	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Jadwal Rencana Penelitian	74
Lampiran 2 Data Curah Hujan Tahun 2009	75
Lampiran 3 Data Curah Hujan Tahun 2010	76
Lampiran 4 Data Curah Hujan Tahun 2011	77
Lampiran 5 Data Curah Hujan Tahun 2012	78
Lampiran 6 Data Curah Hujan Tahun 2013	79
Lampiran 7 Data Curah Hujan Tahun 2014	80
Lampiran 8 Data Curah Hujan Tahun 2015	81
Lampiran 9 Data Curah Hujan Tahun 2016	82
Lampiran 10 Data Curah Hujan Tahun 2017	83
Lampiran 11 Data Curah Hujan Tahun 2018	84
Lampiran 12 Data Curah Hujan Tahun 2019	85
Lampiran 13 Data Curah Hujan Tahun 2020	86
Lampiran 14 Data Curah Hujan Tahun 2021	87
Lampiran 15 Data Curah Hujan Tahun 2022	88
Lampiran 16 Data Curah Hujan Tahun 2023	89
Lampiran 17 Tabel Nilai KT Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III	90
Lampiran 18 Tabel Nilai Derajat Kepercayaan	91
Lampiran 19 Gambar Saluran Eksisting AB	92
Lampiran 20 Gambar Saluran Eksisting BC	93
Lampiran 21 Gambar Pengukuran Elevasi Saluran Menggunakan <i>Theodolit</i>	94
Lampiran 22 Gambar Data Pengukuran Elevasi Saluran	95

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A = Luas Daerah Tangkapan Air (ha, km²)

A_s = Luas Saluran Drainase (m²)

b = Lebar Saluran (m)

C = koefisien Aliran

C_v = Koefisien Variasi

C_s = Koefisien Skewness

C_k = Koefisien Kurtosis

dk = Derajat Kebebasan

H = Tinggi Saluran (m)

h = Tinggi Muka Air Saluran (m)

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

k = Kelas

K_T = Faktor Frekuensi

L = Panjang Saluran (m, Km)

n = Data Hujan

n_d = Koefisien Manning

P = Keliling Basah (m)

Q_c = Debit Kapasitas Drainase (m³/detik)

QI = Debit Limpasan (m³/detik)

R = Jejari (m)

R_{24} = Curah Hujan Rencana dalam 24 Jam Kala Ulang Tertentu (mm)

s = Standard Deviasi

S_o = Kemiringan Saluran (%)

t_c = Waktu Konsentrasi (jam)

V = Laju Aliran (m/detik)

W = Tinggi Jagaan (m)

X_T = Nilai Hujan Rencana Untuk Periode Ulang Tertentu

\bar{x} = Rerata

χ^2 = Nilai Chi-Kuadrat

Y_T = Nilai Yang di Harapkan Dengan Periode Kala Ulang Tertentu

ABSTRAK

Kawasan Legolan di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta mengalami perkembangan permukiman dan perubahan tata guna lahan yang berdampak pada kinerja sistem drainase. Permasalahan utama adalah belum tersedianya saluran drainase di beberapa ruas jalan seperti Gang Kantil dan Gang Melati yang terhubung dengan Jalan Ngeplak, sehingga menyebabkan genangan air saat hujan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas sistem drainase eksisting, menghitung debit limpasan, serta merencanakan dimensi saluran baru untuk titik-titik yang belum memiliki drainase.

Metode penelitian mencakup analisis hidrologi dan hidraulika. Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan maksimum harian tahunan periode 2009–2023 dari tiga stasiun hujan terdekat. Distribusi frekuensi dilakukan dengan metode Log Pearson Tipe III yang teruji sesuai melalui uji Chi-Kuadrat. Intensitas hujan dihitung dengan rumus Mononobe, dan debit limpasan dihitung dengan metode rasional. Analisis hidraulika meliputi perhitungan kapasitas saluran eksisting berdasarkan dimensi dan kemiringan saluran drainase.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari enam saluran yang ditinjau, tiga saluran yaitu AB, CB, dan BE tidak memiliki drainase sama sekali, sementara tiga saluran lainnya yaitu CD, DE, dan EF memiliki kapasitas yang memadai. Perencanaan dimensi saluran baru untuk saluran AB, CB, dan BE menghasilkan desain dengan lebar masing-masing saluran yaitu 0,32 m, 0,32 m, dan 0,38 m serta kedalaman saluran yaitu 0,44 m, 0,44 m, dan 0,49 m yang telah dilengkapi tinggi jagaan.

Kata kunci: Drainase, Debit Limpasan, Kapasitas Saluran

ABSTRACT

The Legolan area in Sleman Regency, Yogyakarta Special Region, is experiencing organizational development and land use changes that have impacted the performance of the drainage system. The main problem is the lack of drainage channels on several roads, such as Gang Kantil and Gang Melati, which connect to Jalan Ngemplak, causing air to accumulate during rainfall. This study aims to assess the capacity of the existing drainage system, calculate runoff discharge, and plan the dimensions of new channels to address areas lacking drainage.

The research method includes hydrological and hydraulic analysis. The hydrological analysis uses annual daily maximum rainfall data for the period 2009–2023 from three nearby rainfall stations. Frequency distribution was performed using the Log Pearson Type III method, which was tested for suitability through the Chi-Square test. Rainfall intensity was calculated using the Mononobe formula, and runoff discharge was calculated using the rational method. The hydraulic analysis includes calculating the capacity of existing channels based on the dimensions and slope of the drainage channels.

The results of the study showed that of the six channels reviewed, three channels, namely AB, CB, and BE, had no drainage at all, while the other three channels, namely CD, DE, and EF, had adequate capacity. The planning of new channel dimensions for channels AB, CB, and BE resulted in designs with each channel width of 0.32 m, 0.32 m, and 0.38 m and channel depths of 0.44 m, 0.44 m, and 0.49 m, which were equipped with guardrail heights.

Keywords: *Drainage, Runoff Discharge, Channel Capacity*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan Legolan yang berada di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan wilayah yang mengalami perkembangan fisik dan sosial yang cukup pesat seiring dengan meningkatnya pembangunan permukiman dan aktivitas komersial (Pola dkk., 2021). Pada kawasan perkotaan, peningkatan luas lahan terbangun berpengaruh terhadap bertambahnya volume limpasan air permukaan karena berkurangnya daerah resapan air (Siti dkk., 2022).

Sistem drainase merupakan komponen penting dalam infrastruktur perkotaan yang berfungsi untuk mengalirkan air hujan dari permukaan kawasan menuju tempat yang lebih rendah (Hutagaol dkk., 2025). Namun, pada beberapa kawasan, sistem drainase sering kali belum tersedia atau tidak direncanakan dengan baik, sehingga air hujan tidak dapat dialirkan dan meresap ke dalam tanah secara optimal (Nursella & Ariyanto, 2025).

Pada penelitian ini, permasalahan limpasan air hujan yang tidak terkelola secara efektif ditemukan di Gang Kantil, Gang Melati, dan Jalan Ngemplak (Meisila dkk., 2023). Lokasi tersebut berada di wilayah Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, yang letaknya relatif dekat dengan aliran sungai. Ketidakefisienan pengelolaan limpasan air hujan di kawasan tersebut disebabkan oleh minimnya infrastruktur drainase yang memadai, sehingga air hujan tidak dapat dialirkan secara optimal (Nursella & Ariyanto, 2025). Jalan yang tidak tersedia saluran dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Jalan Yang Tidak Tersedia Saluran

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan penilaian ulang terhadap sistem drainase di kawasan penelitian. Evaluasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi, menganalisis kemampuan sistem drainase dalam menampung dan mengalirkan limpasan air hujan, serta memberikan rekomendasi yang sesuai dengan kondisi aktual di lokasi penelitian (Siti dkk., 2022).

1.2 Rumusan Masalah

Berlandaskan konteks seperti sudah dijelaskan di atas, permasalahan studi yang dilakukan dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Berapakah debit kapasitas saluran di sekitar Kawasan Legolan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta?
2. Berapakah besaran debit limpasan pada sistem pengaliran air di Kawasan Legolan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta?
3. Bagaimana rekomendasi perbaikan sistem drainase yang tepat berdasarkan karakteristik Kawasan Legolan, Sleman, DIY?

1.3 Tujuan Penelitian

Berlandaskan konteks penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya, target penelitian ini dapat ditetapkan berikut ini:

1. Menghitung kapasitas saluran air di Kawasan Legolan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

2. Menghitung besaran debit limpasan pada saluran drainase di Kawasan Legolan, Kabupaten Sleman, DIY.
3. Menyusun usulan perbaikan sistem drainase berbasis analisis teknis yang sesuai dengan kondisi lingkungan di lokasi penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang teridentifikasi dalam latar belakang, Adapun manfaat nyata yang dapat diperoleh dari penelitian ini mencakup:

1. Meneliti kondisi aktual jaringan drainase di lingkungan Legolan, Kabupaten Sleman, DIY.
2. Menjadi bahan acuan bagi pemerintah daerah terkait dalam perencanaan dan pengelolaan sistem drainase berkelanjutan.
3. Melengkapi referensi akademik untuk penelitian selanjutnya terkait pengelolaan drainase dan air perkotaan di wilayah Legolan, Sleman, Yogyakarta.

1.5 Batasan Penelitian

Parameter studi yang ditetapkan dalam kajian ini mencakup:

1. Studi ini dilakukan di wilayah Gang Kantil, Gang Melati, dan Jalan Ngemplak Dusun Legolan, Desa Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, DIY.
2. Area penelitian dibatasi pada zona tangkapan air hujan di Gang Kantil, Gang Melati, dan Jalan Ngemplak yang secara signifikan berkontribusi terhadap beban aliran permukaan pada jaringan drainase setempat.
3. Perancangan ulang saluran hanya akan dilakukan pada titik-titik lokasi yang mengalami genangan air dan tidak memiliki drainase yang memadai.
4. Tidak menghitung anggaran biaya.
5. Pemetaan *catchment area* difokuskan pada zona-zona yang secara hidrologis berkontribusi terhadap aliran permukaan ke saluran drainase.
6. Data curah hujan yang digunakan stasiun hujan Bronggang dalam kurun waktu 15 tahun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian sebelumnya

Sebelum melakukan penelitian, salah satu tahapan penting yang dilakukan adalah kajian pustaka terhadap penelitian-penelitian terdahulu. Tahapan ini bertujuan untuk memperoleh landasan teoritis yang kuat serta menghindari terjadinya plagiarisme. Uraian lengkap mengenai penelitian-penelitian terkait akan di bahas pada sub bab berikut:

2.1.1 Analisis Kinerja Saluran Drainase di Wilayah Mayang, Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi (Pratama, 2023).

Pertumbuhan penduduk di Kota Jambi yang meningkat setiap tahun telah mengurangi wilayah resapan air dan menurunkan efektivitas sistem drainase. Hal ini menyebabkan sering terjadinya genangan dan banjir di Kawasan Mayang, Kecamatan Kota Baru, terutama saat hujan dengan intensitas tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting, mengidentifikasi penyebab genangan, serta memberikan solusi perbaikan melalui perubahan dimensi saluran dan peningkatan perawatan (Pratama, 2023). Lokasi penelitian di Mayang, Kecamatan Kota Baru ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta Lokasi Daerah Mayang

(Sumber: Pratama, 2023)

Metode penelitian meliputi analisis hidrologi dan evaluasi kapasitas saluran. Data curah hujan harian maksimum periode 2010–2019 dari Stasiun BMKG Sultan Thaha dianalisis dengan distribusi Log Pearson Tipe III untuk memperoleh hujan rancangan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Distribusi frekuensi diuji menggunakan metode Chi-Kuadrat. Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe, dan debit banjir rancangan ditentukan dengan metode rasional. Evaluasi kapasitas saluran eksisting dilakukan dengan membandingkan debit rancangan terhadap kapasitas saluran berdasarkan persamaan Manning, dengan mempertimbangkan dimensi, kemiringan, dan koefisien kekasaran saluran.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa dari 28 saluran yang ditinjau, terdapat 10 saluran tidak aman pada periode ulang 2 tahun, 13 saluran tidak aman pada *periode* ulang 5 tahun, dan 16 saluran tidak aman pada *periode* ulang 10 tahun. Saluran utama mengalami ketidakmampuan menampung debit puncak, terutama akibat dimensi yang tidak memadai dan kurangnya perawatan. Redimensi saluran dilakukan dengan memperlebar dan memperdalam saluran, menghasilkan peningkatan kapasitas

2.1.2 Analisis Kapasitas dan Kinerja Sistem Drainase pada Kawasan Perumahan Dasana Indah di Kabupaten Tangerang (Widiastomo dkk., 2022).

Banjir menjadi masalah serius di kawasan padat penduduk seperti Perumahan Dasana Indah, Kabupaten Tangerang, yang kerap mengalami genangan akibat curah hujan tinggi. Dampaknya mengganggu aktivitas masyarakat serta menimbulkan kerugian sosial, ekonomi, dan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas sistem drainase eksisting dalam menampung debit banjir rencana periode ulang 5 tahun, serta memberikan solusi perencanaan ulang dimensi saluran apabila kapasitas tidak mencukupi (Widiastomo dkk., 2022). Wilayah tangkapan air (*catchment area*) divisualisasikan dalam Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 *Cathment Area* Pada Perumahan Dasana Indah

(Widiastomo dkk., 2022)

Metode penelitian meliputi analisis hidrologi dan hidraulika. Analisis hidrologi dilakukan dengan pengolahan data curah hujan harian maksimum dari dua stasiun (Budiarto dan Tangerang Selatan) selama 10 tahun. Distribusi frekuensi diuji menggunakan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov, dengan distribusi Gumbel terpilih sebagai yang paling sesuai. Intensitas hujan dihitung dengan metode Mononobe, waktu konsentrasi dengan pendekatan *Kirpich*, dan debit banjir rencana diestimasi menggunakan metode Rasional. Analisis hidraulika kapasitas saluran eksisting dilakukan dengan persamaan Manning, sedangkan perencanaan ulang dimensi saluran dilakukan dengan dua pendekatan yaitu penampang ekonomis dan penampang kondisional.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh saluran yang ditinjau tidak mampu menampung debit banjir rencana 5 tahun. Debit saluran eksisting (QS) lebih kecil dari debit rencana (QT), yaitu pada saluran 1 ($2,081 \text{ m}^3/\text{s} < 3,231 \text{ m}^3/\text{s}$), saluran 2 ($2,161 \text{ m}^3/\text{s} < 4,331 \text{ m}^3/\text{s}$), dan saluran 3 ($2,135 \text{ m}^3/\text{s} < 4,525 \text{ m}^3/\text{s}$). Solusi perencanaan ulang dimensi menghasilkan dua alternatif: (1) penampang ekonomis dengan pelebaran saluran, dan (2) penampang kondisional dengan peningkatan kedalaman saluran tanpa mengubah lebar eksisting, disertai penguatan badan saluran dan pengerukan berkala. Kedua alternatif tersebut secara hidraulik telah terhitung mampu mengalirkan debit rencana.

2.1.3 Evaluasi Kinerja Drainase Perkotaan di Jalan Lingsat – Kota Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan (Singal & To, 2023).

Perkembangan infrastruktur dan perubahan tata guna lahan di Kota Tanjung Selor, terutama di Jalan Lingsat, telah menurunkan kinerja sistem drainase. Permasalahan utama adalah seringnya terjadi genangan dan banjir di jalan tersebut saat intensitas hujan tinggi, yang disebabkan oleh kapasitas saluran eksisting yang tidak memadai serta pendangkalan akibat sedimentasi dan sampah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting di Jalan Lingsat dalam menampung dan mengalirkan debit air hujan, serta menentukan penanganan yang tepat berupa normalisasi atau perencanaan ulang dimensi saluran, desain sistem drainase dan pola aliran air di Kota Tanjung Selor (Singal & To, 2023). Lokasi lokasi evaluasi di Jalan Lingsat yang ditandai dengan garis hitam dapat dilihat pada Gambar 2.3 sebagai berikut.



Gambar 2.3 Peta Drainase Kota Tanjung Selor

(Sumber: Singal & To, 2023)

Metode penelitian mencakup analisis hidrologi dan hidraulika dengan pendekatan evaluatif. Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan harian maksimum tahunan periode 2012–2021 dari Stasiun BMKG Tanjung Harapan.

Distribusi frekuensi diuji dengan empat metode (Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel), dan metode Log Normal terpilih sebagai yang paling sesuai setelah melalui uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Intensitas hujan dihitung dengan rumus Mononobe untuk *periode* ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun, sementara debit banjir rencana diestimasi menggunakan metode Rasional. Analisis hidraulika meliputi perhitungan kapasitas saluran eksisting (Q_s) dengan persamaan Manning berdasarkan dimensi aktual saluran trapesium, kemudian dibandingkan dengan debit rencana (Q_r) *periode* ulang 10 tahun.

Hasil penelitian mengidentifikasi bahwa dari 23 saluran yang dianalisis, sebanyak 15 saluran dikategorikan tidak aman ($Q_r > Q_s$) sementara 8 saluran lainnya dalam kondisi aman ($Q_r < Q_s$). Saluran yang tidak aman terletak di sisi kanan (S1 hingga S8 Kanan) dan kiri (S1 hingga S7 Kiri), sedangkan saluran yang aman berada di sisi kanan (S9 hingga S12 Kanan) serta kiri (S8 hingga S11 Kiri). Sebagai upaya penanganan, disarankan normalisasi saluran untuk bagian yang aman, sementara saluran tidak aman memerlukan perancangan ulang dimensi. Desain baru menghasilkan saluran trapesium dengan kapasitas Q_s baru = 0,848 m³/det yang mampu menampung debit rencana maksimal $Q_r = 0,599$ m³/det pada semua titik, sehingga seluruh saluran dinyatakan memenuhi kriteria keamanan.

2.1.4 Evaluasi Fungsi Sistem Drainase di Jalan Pemda Pangkalan Kota Kerinci (Rahmat Tisnawan dkk., 2024).

Pesatnya pembangunan di pusat Kota Pangkalan Kerinci, khususnya di Jalan Pemda, tidak diiringi dengan peningkatan dimensi saluran drainase dan telah mengurangi area resapan akibat perubahan tata guna lahan. Permasalahan utama adalah seringnya terjadi genangan air di beberapa titik sepanjang jalan tersebut, yang disebabkan oleh ketidakmampuan saluran eksisting menampung debit air hujan serta penyumbatan oleh sampah dan sedimentasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja dan kapasitas sistem drainase eksisting di Jalan Pemda, serta mengevaluasi apakah saluran masih mampu menampung debit banjir rencana (Rahmat Tisnawan dkk., 2024).

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan data curah hujan harian maksimum tahunan periode 2014–2023 dari BWSS III. Distribusi frekuensi diuji dengan tiga metode (Normal, Log Pearson III, dan Gumbel), di mana metode Gumbel terpilih sebagai yang paling sesuai setelah uji kecocokan distribusi. Intensitas hujan dihitung berdasarkan curah hujan rencana, dan debit banjir rancangan (Q_r) untuk periode ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun diestimasi menggunakan metode Rasional. Analisis hidraulika dilakukan dengan menghitung kapasitas tampung saluran eksisting (Q_t) berdasarkan dimensi aktual yang diukur di tujuh titik (STA), kemudian dibandingkan dengan debit rancangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh saluran drainase di tujuh titik yang ditinjau tidak mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 2 tahun ($Q_r = 0,696 \text{ m}^3/\text{dtk}$). Kapasitas tampung saluran eksisting (Q_t) berkisar antara 0,042 hingga 0,3985 m^3/dtk , yang seluruhnya lebih kecil dari Q_r . Debit banjir rencana untuk periode ulang yang lebih panjang bahkan jauh lebih besar ($Q_5 = 2,848 \text{ m}^3/\text{dtk}$; $Q_{10} = 4,273 \text{ m}^3/\text{dtk}$; $Q_{25} = 6,073 \text{ m}^3/\text{dtk}$). Penurunan kapasitas saluran terutama disebabkan oleh sedimentasi dan tumpukan sampah. Rekomendasi penanganan adalah rehabilitasi menyeluruh melalui normalisasi (pembersihan sedimen dan sampah) serta standarisasi dimensi saluran minimal menjadi 0,9 m x 0,7 m untuk memastikan kapasitas tampung yang memadai.

2.1.5 *Assessment of a City Drainage Network in a Major Urban Area (Prayogo dkk., 2023)*

Pertumbuhan populasi di Kota Medan yang pesat, terutama di kawasan padat penduduk seperti Jalan Taduan, Kecamatan Medan Tembung, telah meningkatkan limpasan air hujan dan volume air limbah domestik yang masuk ke saluran drainase. Kondisi ini diperparah dengan berkurangnya daerah tangkapan air akibat perubahan lahan dan sedimentasi di saluran, yang menyebabkan banjir rutin dengan genangan mencapai 20-80 cm. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas sistem drainase eksisting di Jalan Taduan dan menentukan apakah saluran masih mampu

berfungsi melayani masyarakat dalam 10, 20, dan 30 tahun ke depan dengan mempertimbangkan gabungan debit limpasan (*runoff*) dan air limbah domestik (Prayogo dkk., 2023). Lokasi penelitian di Jalan Taduan, Kota Medan ditampilkan pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Lokasi penelitian di Jalan Taduan, Kota Medan

(Sumber: Prayogo dkk., 2023)

Metodologi penelitian mencakup analisis hidrologi-terpadu dan evaluasi kapasitas. Analisis hidrologi menggunakan data curah hujan maksimum bulanan periode 2012–2021 dari Stasiun BMKG Sampali Medan, dengan distribusi frekuensi menggunakan metode Log Pearson Tipe III yang teruji memenuhi kriteria. Intensitas hujan dihitung dengan rumus Mononobe, dan debit limpasan diestimasi dengan metode Rasional.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume drainase eksisting (1.188 m^3) dengan sedimentasi $595,95 \text{ m}^3$ sudah tidak mampu menampung gabungan debit limpasan dan limbah domestik, bahkan untuk periode 10 tahun ke depan (2032).

Pada tahun 2032, total debit yang harus ditampung ($1,8256 \text{ m}^3/\text{s}$) jauh melebihi kapasitas saluran ($0,33 \text{ m}^3/\text{s}$). Kondisi serupa terjadi untuk proyeksi 20 dan 30 tahun ke depan. Intensitas hujan maksimum diproyeksikan meningkat dari $64,91 \text{ mm/jam}$ (2032) menjadi $72,46 \text{ mm/jam}$ (2052), sementara debit limbah domestik meningkat seiring pertumbuhan penduduk.

2.2 Perbandingan Dengan Penelitian – Penelitian Sebelumnya

Perbandingan antara penelitian ini dengan studi-studi terdahulu disajikan secara lengkap perhatikan Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Widiastomo dkk (2022)	Pratama (2023)	Singal & To (2023)	Prayogo dkk (2023)	Rahmat dkk (2024)	Fajri (2025)
Jenis	Jurnal	Tugas Akhir	Jurnal	Jurnal Internasional	Jurnal	Tugas Akhir
Judul	Analisis Kapasitas dan Kinerja Sistem Drainase pada Kawasan Perumahan Dasana Indah di Kabupaten Tangerang	Analisis Kinerja Saluran Drainase di Wilayah Mayang, Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi	Evaluasi Kinerja Drainase Perkotaan di Jalan Lintas – Kota Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan	<i>Assessment of a City Drainage Network in a Major Urban Area</i>	Evaluasi Fungsi Sistem Drainase di Jalan Pemda Pangkalan Kota Kerinci	Evaluasi Sistem Drainase di Sekitar Kawasan Legolan, Sleman, Yogyakarta
Lokasi	Perumahan Dasana Indah berada di Kecamatan Kelapa Dua Kabupaten Tangerang	Kawasan Mayang, Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi, Provinsi Jambi.	Jalan Lintas, wilayah perkotaan Tanjung Selor	Jalan Taduan, Kecamatan Medan Tembung, Kota Medan	Jalan Pemda Pangkalan Kota Kerinci	Gang Kantil, Gang Melati yang terhubung dengan Jalan Ngemplak
Intensitas Hujan Rencana Periode Kala Ulang	10 Tahun	2,5 dan 10 tahun	2,5,10 dan 20 tahun	10,20 dan 30 tahun	2,5,10 dan 25 tahun	2 tahun
Distribusi Frekuensi	Gumbel	Log Pearson III	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel	Log Pearson III
Uji Sebaran Statistik	Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov	Chi Kuadrat	Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov	Tidak menerapkan pengujian sebaran statistik	Tidak menerapkan pengujian sebaran statistik	Chi Kuadrat
Metode debit Aliran Permukaan	Rasional	Rasional	Rasional	Rasional	Rasional	Rasional
Hasil Penelitian	Semua saluran tidak aman terhadap debit banjir 5 tahun ($Q_5 < Q_T$). Diusulkan dua solusi redimensi: pelebaran saluran atau penambahan kedalaman tanpa pelebaran.	Hasil evaluasi menunjukkan 28 saluran ditinjau. Jumlah saluran tidak aman meningkat seiring periode ulang: (2 tahun),(5 tahun) dan (10 tahun).	Hasil analisis 23 saluran menunjukkan 15 saluran tidak aman dan 8 aman. Saluran tidak aman perlu didesain ulang, sedangkan yang aman cukup dinormalisasi.	Kapasitas drainase eksisting sudah tidak memadai untuk menampung debit gabungan limpasan dan limbah domestik dalam 10 tahun ke depan.	Semua saluran di ketujuh titik tidak mampu menampung debit banjir rencana periode 2 tahun ($Q_r = 0,696 \text{ m}^3/\text{det}$), karena kapasitas eksisting lebih rendah. Penurunan kapasitas disebabkan sedimentasi dan sampah.	Penelitian menunjukkan tiga saluran perlu didesain ulang karena belum memiliki drainase, sementara tiga saluran lainnya aman karena kapasitasnya melebihi debit limpasan.

BAB III

LANDASAN TEORI

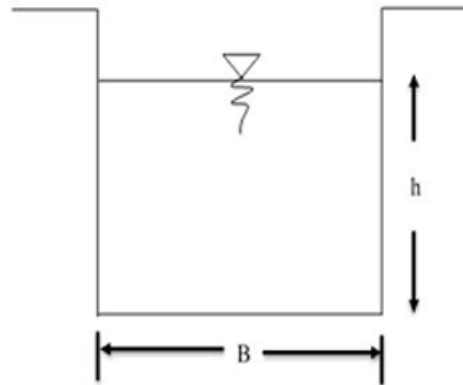
3.1 Drainase

Sistem drainase merupakan jaringan aliran air yang memiliki peran dalam mengeringkan, membuang, atau mengalihkan aliran air. Pada dasarnya, drainase adalah suatu sistem infrastruktur hidrolik yang berperan dalam menurunkan dan mengalirkan volume air berlebih dari suatu kawasan, guna memungkinkan pemanfaatan ruang yang efektif. Selain itu, drainase pula berkaitan dengan pengelolaan kualitas air tanah untuk menjaga kebersihan lingkungan dan kesehatan masyarakat dari dampak lingkungan yang berbahaya. Dengan demikian, drainase tidak sekadar mengelola air permukaan, melainkan juga berperan dalam pengaturan air tanah (Suripin, 2004).

3.2 Bentuk Saluran Drainase

Desain saluran drainase ditetapkan sesuai dengan karakteristik lapangan yang ada. Di samping itu, geometri saluran berpengaruh terhadap kapasitas rencananya, mengingat setiap besaran debit memerlukan dimensi saluran yang berbeda. Apabila dimensi saluran melebihi kebutuhan desain, hal itu tidak efisien secara teknis maupun ekonomis. Sebaliknya jika terlalu kecil, saluran tidak akan mampu menampung debit air atau mengatasi genangan. Dalam penelitian ini, saluran yang diterapkan memiliki penampang berbentuk persegi Panjang (Suripin, 2004).

Tipe pengaliran semacam ini kerap ditemui di lokasi wilayah kota serta zona pemukiman mengingat dimensinya yang efisien dalam pemanfaatan ruang. Sama seperti saluran trapesium, bentuk ini juga bisa mengalirkan volume air yang besar. Namun pada prakteknya, saluran ini lebih sering dipakai di lokasi sempit dengan aliran air kecil sampai sedang. Jenis saluran seperti ini juga umum ditemukan di daerah pinggiran kota atau kawasan non-perumahan. Perhatikan bentuk saluran segiempat yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Drainase segiempat

(Sumber: Suripin, 2004)

3.3 Analisis Hidrologi

Penelitian hidrologi sangat diperlukan dalam merencanakan konstruksi teknik sipil. Apabila perhitungan sistem drainase jalan tidak akurat dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur jalan dan terbentuknya genangan air. Maka dari itu, penelitian hidrologi harus dilakukan sejak awal agar tidak terjadi genangan. Dari analisis ini akan didapatkan nilai aliran limpasan (Q_l). Dalam kondisi tidak tersedianya data debit, analisis debit banjir tetap dapat dilakukan dengan memanfaatkan rekaman hujan harian (Suripin, 2004).

3.4 Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Teknik analisis frekuensi merupakan teknik statistik untuk memprediksi probabilitas terjadinya kembali atau terlampauinya suatu nilai intensitas presipitasi tertentu pada periode waktu mendatang. Metode ini menggunakan data statistik dari kejadian hujan masa lalu guna memprediksi probabilitas curah hujan yang mungkin terjadi. Dalam analisis frekuensi dan probabilitas, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut: (Suripin, 2004)

1. Parameter Statistik

Parameter-parameter statistik ini sangat penting dalam analisis data hidrologi, karena dapat membantu dalam menentukan metode analisis yang tepat, memilih distribusi probabilitas yang sesuai, serta menginterpretasikan hasil pengolahan data dengan lebih akurat. Adapun parameter statistik sebagai berikut: (Suripin, 2004)

a. Nilai Rata Rata

Penelitian ini menggunakan nilai rata-rata yang termuat dalam persamaan 3.1 berikut.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1)$$

Keterangan :

\bar{x} = Rerata

x_i = Data Hujan

n =Jumlah Data Hujan

b. Varians dan Simpangan Baku (s)

Distribusi data bisa dilakukan penghitungan menggunakan persamaan 3.2 di bawah ini.

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.2)$$

c. Koefisien Variasi (C_v)

Koefisien variasi merupakan rasio statistik yang menyatakan perbandingan antara simpangan baku terhadap nilai mean dalam suatu distribusi data. Nilai koefisien variasi yang tinggi mengindikasikan distribusi data yang tidak merata, sementara nilai yang rendah menunjukkan keseragaman data. Nilai koefisien variansi dapat ditentukan melalui persamaan 3.3 berikut.

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (3.3)$$

d. Koefesien *Skewness* (C_s)

Penghitungan nilai kemiringan statistik (*Skewness*) dapat ditentukan melalui persamaan 3.4 di bawah ini.

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (3.4)$$

e. Koefesien *Kurtosis* (C_k)

Perhitungan koefesien kurtosis dapat di lihat pada persamaan 3.5 berikut ini.

$$C_k = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \quad (3.5)$$

2. Distribusi frekuensi

Terdapat sejumlah distribusi probabilitas kontinu yang umum digunakan dalam pemodelan data hidrologis dalam analisis frekuensi. Distribusi-distribusi ini penting untuk memperkirakan probabilitas kejadian hidrologis ekstrem, seperti banjir besar atau kekeringan panjang. Adapun distribusi yang paling umum digunakan sebagai berikut (Suripin, 2004).

a. Distribusi Normal

Distribusi ini dicirikan oleh dua parameter statistik, yaitu nilai rerata dan simpangan baku, sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan 3.6 berikut.

$$X_T = \bar{x} + K_T \times s \quad (3.6)$$

Keterangan :

X_T = Nilai Hujan rencana Untuk Periode Ulang Tertentu

K_T = Faktor Frekuensi

s = Standard Deviasi

b. Distribusi Log Normal

Proses transformasi statistik dilakukan untuk mendapatkan distribusi log-normal dalam sebaran normal melalui konversi variabel x berubah $\ln(x)$, sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan 3.7 di bawah ini.

$$Y_T = \bar{Y} \times K_T \times s \quad (3.7)$$

Keterangan :

Y_T = Nilai Yang di Harapkan Dengan Periode Kala Ulang Tertentu

\bar{Y} = Nilai Rata-Rata Variabel y

K_T = Faktor Frekuensi

s = Standard Deviasi

c. Distribusi Pearson III

Distribusi Pearson III dihasilkan dengan mengekspensialkan data berdistribusi normal, seperti terlihat dalam persamaan 3.8 berikut.

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{x} + K_T \times s \quad (3.8)$$

Keterangan :

$\text{Log } X_T$ = Nilai Logaritmik Pada Priode Ulang Tertentu

$\text{Log } \bar{x}$ = Nilai Rerata dari x

K_T = Faktor Frekuensi

s = Standard Deviasi Logaritmik x

d. Distribusi Gumbel

Parameter distribusi Gumbel dihitung menggunakan persamaan 3.9 berikut.

$$X_T = \bar{x} + K_T \times s \quad (3.9)$$

Keterangan:

X_T = Nilai Hujan rencana Untuk Periode Ulang Tertentu

\bar{x} = Nilai Rata-Rata Hujan

s = Standard Deviasi

K_T = Faktor Frekuensi

Distribusi frekuensi dengan ketentuan statistik perhatikan Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Ketentuan Distribusi

No	Tipe Distribusi	Ketentuan
1	Normal	$C_S \approx 0$
		$C_K \approx 3$
2	Log Normal	$C_S = (3 \times C_V) + (C_V^3)$
		$C_K = (C_V^8) + (6 \times (C_V^6)) + (16 \times (C_V^2)) + 3$
3	Gumbel	$C_S = 1,14$
		$C_K = 5,4$
4	Log Pearson III	Selain nilai diatas

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

3. Pengujian Distribusi Frekuensi

Setelah memilih distribusi yang sesuai, tahap berikutnya adalah menguji jenis distribusi tersebut. Dalam penelitian ini, pengujian distribusi hanya dilakukan dengan metode *Chi-Kuadrat*. Berikut adalah penjelasan mengenai persamaan pengujian distribusi frekuensi yang digunakan (Suripin, 2004).

Metode chi kuadrat bekerja dengan cara mempertentangkan frekuensi yang diamati di lapangan dengan frekuensi yang diharapkan secara teori, sebagai dasar penilaian kesesuaian model distribusi dengan data aktual. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan perbedaan hasil *chi-square* yang didapat dari data sampel terhadap nilai chi-kuadrat kritis berdasarkan tabel distribusi *chi-square*. Dengan jumlah data (n), maka banyaknya kelas (K) dapat dihitung persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$k = 1 + 3,3 \times \log n \quad (3.10)$$

Keterangan :

k = Kelas

n = Jumlah Data

Perhitungan untuk memperoleh nilai derajat kebebasan (Dk) dilakukan dengan menerapkan Persamaan 3.11 yang disajikan di bawah ini.

$$dk = k - (p + 1) \quad (3.11)$$

Keterangan:

dk = Derajat Kebebasan

p = Jumlah parameter distribusi

k = Kelas

Perhitungan nilai chi-kuadrat dilaksanakan memakai persamaan 3.12 berikut.

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.12)$$

Keterangan :

X^2 = Nilai Chi-Kuadrat

G = Jumlah Sub Kelompok

O_i = Jumlah Nilai Pengamatan Pada Sub Kelompok i

E_i = Jumlah Nilai Teoritis Pada Sub Kelompok i

3.5 Kemiringan Saluran

Sesudah diperoleh nilai curah hujan rancangan untuk berbagai *return period* melalui analisis frekuensi, langkah berikutnya adalah menentukan intensitas hujan. Perhitungan intensitas presipitasi membutuhkan parameter waktu konsentrasi yang didefinisikan sebagai durasi aliran air dari titik hidrologis terjauh hingga mencapai *outlet*. Perhitungan waktu konsentrasi dilakukan dengan memperhitungkan parameter kemiringan topografi (*slope*) pada wilayah studi, sehingga data topografi wilayah menjadi penting dalam analisis ini. Perhitungan untuk memperoleh kemiringan saluran dilakukan dengan menerapkan persamaan 3.13 (Suripin, 2004).

$$S_o = \frac{El_1 - El_2}{L} \times 100 \quad (3.13)$$

Keterangan :

S_o = Kemiringan Saluran (%)

El_1 = Elevasi Tertinggi Pada Titik Saluran Yang di Tinjau (m)

El_2 = Elevasi Terkecil Pada Titik Saluran Yang di Tinjau (m)

L = Panjang Saluran (m)

3.6 Waktu Konsentrasi

Konsep waktu konsentrasi (t_c) menjelaskan waktu tempuh aliran air dari lokasi sumber dengan jarak terjauh dalam DAS menuju *outlet* pengamatan pada saluran drainase. Parameter ini memegang peranan penting dalam perencanaan drainase karena secara langsung mempengaruhi perhitungan debit puncak sistem. Nilai waktu konsentrasi yang lebih besar menunjukkan waktu pengaliran yang lebih lama. Beberapa metode perhitungan telah dikembangkan untuk menentukan parameter ini, salah satunya adalah rumus *Kirpich (1940)* dengan persamaan 3.14 berikut (Suripin, 2004).

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (3.14)$$

Keterangan :

t_c = Waktu Konsentrasi (Jam)

L = Panjang saluran (Km)

S = Kemiringan Saluran (m/m)

Waktu konsentrasi (t_c) dihitung tidak hanya menggunakan rumus *Kirpich (1940)*, tetapi juga menggunakan rumus *McDermott dan Pilgrim (1982)* dengan persamaan 3.15 berikut (McDermott & Pilgrim, 1982).

$$t_c = 0,76 \times A^{0,38} \quad (3.15)$$

Keterangan :

t_c = Waktu Konsentrasi (Jam)

A = Luas Daerah Tangkapan Air (km²)

3.7 Analisis Intensitas Hujan

Dr. Monobe mengemukakan bahwa nilai intensitas hujan pada perhitungan persamaan rasional dilakukan melalui persamaan 3.16 di bawah ini (Suripin, 2004).

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (3.16)$$

Keterangan :

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

t_c = Waktu Konsentrasi (jam)

R_{24} = Curah Hujan Rencana dalam 24 Jam Kala Ulang Tertentu (mm)

3.8 Koefisien Pengaliran Metode Rasional

Koefisien *runoff*, yang dalam konteks hidrologi didefinisikan sebagai rasio atau nisbah antara besarnya debit aliran permukaan (*surface runoff*) terhadap total kuantitas curah hujan yang menyebabkannya, merupakan sebuah parameter kunci dalam analisis drainase. Nilai numerik dari koefisien ini tidak bersifat tetap, melainkan sangat dinamis dan bervariasi, terutama didasarkan pada karakteristik penggunaan lahan (*land use*) di suatu daerah kajian. Sebagai contoh, area dengan tutupan lahan kedap air (*impervious surface*) seperti permukaan beton atau aspal akan menghasilkan koefisien *runoff* yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang memiliki kemampuan resapan baik, seperti lahan bervegetasi atau daerah terbuka hijau. Penentuan nilai koefisien *runoff* yang akurat memegang peranan yang sangat krusial. Parameter koefisien pengaliran lihat Gambar 3.2 sebagai berikut (Suripin, 2004).

No.	Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien C
1	Bisnis Perkotaan Pinggiran	0,7 - 0,95
		0,5 - 0,7
2	Perumahan Rumah tinggal Multi unit terpisah, terpisah Multi unit, tergabung Perkampungan Apartemen	0,3 - 0,5
		0,4 - 0,6
		0,6 - 0,75
		0,25 - 0,4
		0,5 - 0,7
3	Industri Ringan Berat	0,5 - 0,8
		0,6 - 0,9
	Perkerasan Aspal dan beton Batu bata, paving	0,7 - 0,95 0,5 - 0,7
	Atap	0,75 - 0,95
	Halaman, tanah berpasir Datar 2% Rata-rata 2-7% Curam 7%	0,5 - 0,1 0,1 - 0,15 0,15 - 0,2
	Halaman, tanah berat Datar 2% Rata-rata 2-7% Curam 7%	0,13 - 0,17 0,18 - 0,22 0,25 - 0,35
	Taman tempat bermain	0,1 - 0,35
	Taman, pekuburan	0,1 - 0,25

Gambar 3.2 Nilai Koefisien Aliran Metode Rasional

(Sumber: Suripin, 2004)

3.9 Debit Limpasan

Debit limpasan merupakan estimasi kapasitas aliran hidrolik yang diantisipasi melalui suatu sistem drainase atau sungai melalui pendekatan analisis frekuensi dengan periode kemunculan T (tahun). Periode ulang ini menunjukkan perkiraan waktu dimana debit sebesar itu mungkin terjadi atau terlampaui meskipun tidak bisa dipastikan terjadi secara teratur setiap periode. Dalam kajian ini, perhitungan Debit limpasan menerapkan teknik metode rasional yang tepat untuk daerah pengaliran dengan luas terbatas. Debit banjir periode ulang dapat diestimasi melalui persamaan 3.17 berikut (Suripin, 2004).

$$QI = 0,002778 \times C \times I \times A \quad (3.17)$$

Keterangan :

QI = Debit Limpasan ($m^3/detik$)

C = koefesien Aliran

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

A = Luas Daerah Tangkapan Air (Ha)

3.10 Analisis Hidrolika

Dalam perancangan sistem drainase, analisis parameter hidrolika menjadi dasar fundamental untuk menentukan dimensi saluran. Analisis hidrolika ini bertujuan untuk menetapkan dimensi saluran drainase berdasarkan parameter debit hasil perhitungan analisis hidrologi sebelumnya. Perhitungan debit aliran dalam saluran drainase dilakukan dengan menerapkan persamaan-persamaan kontinuitas sebagai berikut (Suripin, 2004).

$$A_s = b \times h = (2 \times h)^2 \quad (3.18)$$

$$P = b + (2 \times h) = \frac{h}{2} \quad (3.19)$$

$$R = \frac{A_s}{P} = (4 \times h) \quad (3.20)$$

$$b = 2 \times h \quad (3.21)$$

$$V = \frac{1}{n_d} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (3.22)$$

$$Q_c = A_s \times V \quad (3.23)$$

Keterangan :

Q_c = Debit Aliran ($m^3/detik$)

A_s = Luas saluran Drainase (m^2)

V = Laju Aliran ($m^3/detik$)

n_d = Koefisien Manning

P = Keliling Basah (m)

b = Lebar Saluran (m)

h = Tinggi Muka Air (m)

R = Jari – Jari Hidrolis (m)

S = Kemiringan Saluran (m/m)

Berdasarkan persamaan kontinuitas dan persamaan *Manning*, dimensi saluran drainase direncanakan agar kapasitas alirannya mampu menampung debit rencana hasil analisis hidrologi. Proses perencanaan ini bertujuan untuk menjamin saluran dapat mengalirkan debit puncak yang diperhitungkan. Penentuan lebar (b) dan tinggi aliran (h) dilakukan dengan menyesuaikan nilai koefisien Manning dan kemiringan dasar saluran sesuai kondisi lapangan. Hal ini memastikan rancangan tidak hanya memenuhi kriteria hidraulik, tetapi juga realistis dan ekonomis untuk diterapkan di lokasi yang ditinjau, dengan mempertimbangkan material saluran, topografi, dan batasan ruang yang ada. Tabel 3.2 berikut menyajikan nilai *koefisien Manning* yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.2 Koefisien Manning

Bahan	Koefisien Manning (nd)
Besi tulang dilapis	0,14
Kaca	0,010
Drainase beton	0.013
Bata dilapis mortar	0,015
bata berlapis mortar	0,025
Drainase permukaan	0,022
Drainase tanah	0,030
Drainase berdasar batu dan tebing rumput	0,040

(Sumber: Suripin, 2004)

3.11 Kala Ulang

Parameter T merepresentasikan *interval* waktu statistik untuk kemunculan berulang kejadian *ekstrem* dengan intensitas spesifik, memiliki probabilitas yang terjadi atau terlampaui dalam suatu tahun tertentu. Periode ini dilambangkan dengan (T) tahun, yang menunjukkan selang waktu hipotetik terjadinya hujan dengan besaran tertentu (x_i). Namun, interpretasi ini tidak mengimplikasikan bahwa kejadian ekstrem dengan intensitas setara akan terjadi secara periode setiap T tahun. Dalam perencanaan drainase, pemilihan periode ulang didasarkan pada fungsi saluran yang akan dibangun. Dalam perencanaan sistem drainase, penerapan periode ulang (*return period*) diklasifikasikan berdasarkan empat kategori saluran berikut: (Suripin, 2004)

1. Saluran kwarter di desain untuk menampung aliran periode ulang 1 tahun.
2. Saluran tersier di desain untuk menampung aliran periode ulang 2 tahun.
3. Saluran skunder di desain untuk menampung aliran periode ulang 5 tahun.
4. Saluran primer di desain untuk menampung aliran periode ulang 10 tahun.

Perencanaan sistem drainase memerlukan penentuan yang cermat terhadap periode ulang (*return period*) memasukkan perhitungan luas *catchment area* sebagai parameter sebagai variabel utama. Kriteria penentuan *interval* pengulangan (*return period*) dalam perencanaan sistem drainase lihat Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Periode Ulang di Tentukan Sesuai Klasifikasi Kota

Tipe Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	< 10	10 - 100	101 – 500	> 500
Metropolitan	2 Tahun	2 – 5 Tahun	5 – 10 Tahun	10 -25 Tahun
Besar	2 Tahun	2 – 5 Tahun	5 – 10 Tahun	5 – 20 Tahun
Sedang	2 Tahun	2 – 5 Tahun	5 – 10 Tahun	5 – 10 Tahun
Kecil	2 Tahun	2 Tahun	2 Tahun	2 – 5 Tahun

(Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M 2014)

3.12 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah jarak aman yang disediakan antara permukaan air dalam saluran dengan bagian tepi atas saluran. Dalam penelitian ini, perhitungan tinggi jagaan mengacu pada rumus yang tercantum dalam Pedoman Perencanaan Drainase Jalan Tahun 2006 dari Departemen Pekerjaan Umum. Berikut adalah penjelasan rumus tinggi jagaan pada persamaan 3.23 dan 3.24 berikut (Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \quad (3.24)$$

$$H = h + W \quad (3.25)$$

Keterangan :

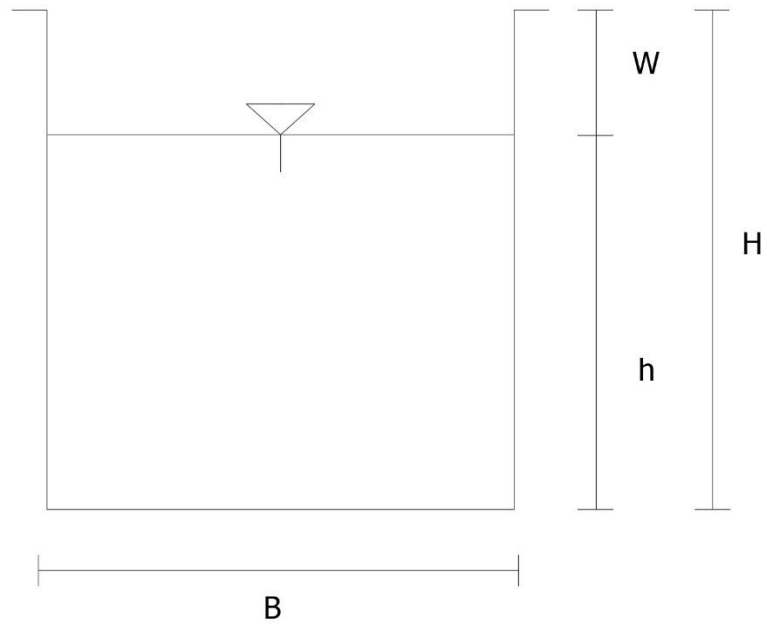
W = Tinggi Jagaan (m)

h = Tinggi Muka Air Saluran (m)

H = Tinggi Saluran (m)

Jarak vertikal antara muka air rencana dan tepi atas dinding saluran, yang berfungsi sebagai ruang pengaman guna mencegah terjadinya limpasan air keluar

dari saluran akibat peningkatan debit aliran. Tinggi jagaan (*freeboard*) pada saluran segiempat sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tinggi jagaan (*freeboard*) pada saluran segiempat

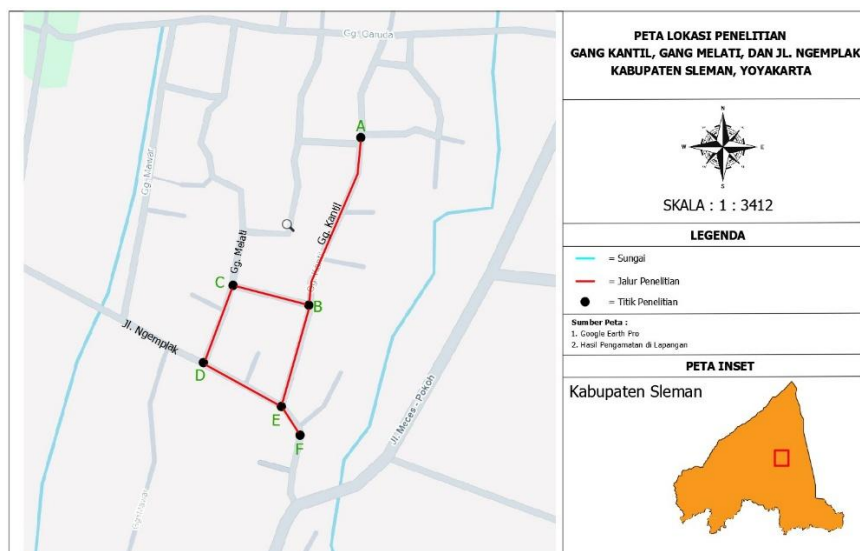
BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Studi ini mengadopsi pendekatan penyajian deskriptif data kuantitatif dengan mengolah data primer maupun sekunder. Proses analisis data dilakukan dengan perhitungan numerik dilanjutkan interpretasi terhadap hasil pengolahan data lapangan. Prosedur penelitian dirancang dengan pendekatan sistematis yang terstruktur, meliputi persiapan, survei saluran eksisting, analisis data, sampai pada tahap penyajian temuan hasil olah data penelitian.

4.2 Lokasi Penelitian

Studi ini dilaksanakan di wilayah Legolan, Sleman, DIY dengan area utama meliputi Gang Kantil, Gang Melati yang terhubung dengan Jalan Ngemplak sebagai lokasi penelitian, seperti ditunjukkan dalam peta lokasi simak Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

(Sumber: *Google Earth*)

4.3 Data Penelitian

Studi ini memerlukan informasi yang akurat dan dapat mewakili kondisi nyata di lokasi. Terdapat dua sumber utama yang diaplikasikan pada pengambilan informasi, meliputi data primer maupun sekunder. Data sekunder curah hujan diperoleh dari institusi terkait termasuk Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) dan berbagai literatur yang relevan. Sementara itu, survei lapangan menjadi sumber utama perolehan data primer, yang mencakup pengukuran elevasi menggunakan alat *theodolite* dan pengukuran dimensi saluran eksisting. Evaluasi terhadap saluran drainase memerlukan beberapa data berikut.

1. Data Hujan

Studi ini memanfaatkan data intensitas hujan yang didapatkan dari pos pengamatan terdekat dengan lokasi penelitian. Informasi yang dipakai mencakup rentang waktu 15 tahun (2000-2015), melebihi persyaratan minimal 10 tahun sesuai yang disebutkan di regulasi bidang pekerjaan umum (Permen PU No. 12/2014). Data harian kemudian diolah untuk menentukan nilai tertinggi tiap hari, yang selanjutnya dikalkulasi menjadi data bulanan dan tahunan.

2. Data Topografi

Untuk menilai sistem drainase yang belum ada, diperlukan pengukuran detail terutama di area dengan luas terbatas. Pengukuran ini bertujuan mengetahui titik tertinggi dan terendah saluran. Data tinggi permukaan ini nantinya akan digunakan untuk menghitung kapasitas saluran yang dibutuhkan. Dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan menggunakan *theodolit* sebagai alat bantu.

3. Data Saluran Drainase

Dalam penelitian ini, data saluran drainase dikumpulkan secara komprehensif meliputi aspek fisik, kinerja hidrolis, dan manajemen operasional. Data fisik mencakup dimensi saluran (lebar, kedalaman, panjang, dan kemiringan), material konstruksi, serta kondisi eksisting. Selain itu, kinerja sistem dievaluasi melalui parameter hidrolis seperti debit aktual, kecepatan aliran, dan kapasitas tampung berdasarkan hasil pengukuran lapangan.

4.4 Tahapan Penelitian

Menghasilkan data penelitian yang akurat dan mencerminkan keadaan sebenarnya di lapangan, metodologi penelitian ini dirancang melalui beberapa tahapan berikut.

1. Persiapan

Tahap persiapan penelitian diawali dengan melakukan kajian pustaka menyeluruh dari berbagai sumber referensi terkait. Peneliti mengumpulkan dan menganalisis berbagai materi akademik mencakup skripsi atau tesis sebelumnya, publikasi jurnal nasional dan internasional, serta buku-buku referensi terkait teknik evaluasi dan analisis sistem drainase.

2. Survey Lokasi

Survei lapangan dilaksanakan dengan dua tujuan pokok. Tahap awal meliputi proses verifikasi dan validasi data sekunder dari instansi terkait untuk menjamin keakuratan data sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Kemudian melakukan pengukuran langsung elevasi saluran drainase untuk memperoleh data teknis yang presisi sebagai dasar analisis.

3. Pengumpulan Data

Studi ini menerapkan dua tipe data sebagai landasan analitis, Data primer menjadi basis utama dalam studi ini. dari pengumpulan lapangan serta data sekunder dari berbagai dokumen pendukung. Data sekunder dalam penelitian ini mencakup berbagai informasi yang telah tersedia, termasuk data curah hujan, parameter hidrologi, dan peta topografi. Data primer dikumpulkan melalui observasi dan pengukuran langsung di lapangan guna memperoleh gambaran kondisi nyata sistem drainase yang ada.

4. Analisis Data Maksium Tahunan

Dalam metode ini, data yang diambil hanyalah curah hujan maksimum tahunan, sehingga hanya ada satu data per tahun. Akibatnya, data curah hujan terbesar kedua pada suatu tahun yang nilainya lebih tinggi daripada data terbesar pada tahun lain tidak akan diikutsertakan dalam analisis. Penelitian ini menggunakan data hujan selama 15 tahun, yaitu dari tahun 2009 hingga 2023.

5. Analisis Distribusi Frekuensi

Dalam analisis frekuensi data hujan untuk menentukan nilai hujan rencana atau debit rencana, umumnya digunakan beberapa distribusi probabilitas seperti Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III. Untuk memilih distribusi yang paling sesuai dengan data, dilakukan pengecekan parameter statistik data terhadap persyaratan setiap distribusi, seperti yang tercantum dalam Tabel 3.1. Parameter yang diperiksa meliputi standar deviasi (S), koefisien variasi (C_v), koefisien kemencengan (C_s), nilai rata-rata (\bar{X}), dan koefisien kurtosis (C_k).

6. Uji Distribusi Frekuensi

Uji distribusi frekuensi bertujuan untuk mengevaluasi apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat secara akurat mewakili distribusi statistik dari sampel data yang dianalisis. Distribusi probabilitas yang lolos uji inilah yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai curah hujan rencana. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan hanya dengan menggunakan Metode Chi-Kuadrat (X^2). Distribusi probabilitas yang digunakan dalam metode ini adalah distribusi yang memiliki simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis. Secara matematis, syaratnya adalah Chi-Kuadrat Terhitung < Chi-Kuadrat Kritis.

7. Analisis Debit limpasan (Q_l)

Data curah hujan yang digunakan merupakan data yang telah lolos Uji Chi-Kuadrat. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Rumus Mononobe untuk menghitung intensitas hujan. Selanjutnya, dilakukan analisis untuk periode ulang 2 tahun serta perhitungan debit limpasan menggunakan Metode Rasional.

8. Analisis Hidraulika (Q_c)

Pada tahap ini dilakukan analisis untuk menentukan kebutuhan kapasitas saluran yang ada berdasarkan persamaan Manning. Tahapan ini juga mencakup penginputan data koefisien pengaliran (C), luas daerah layanan saluran drainase (A), dan waktu konsentrasi (t_c).

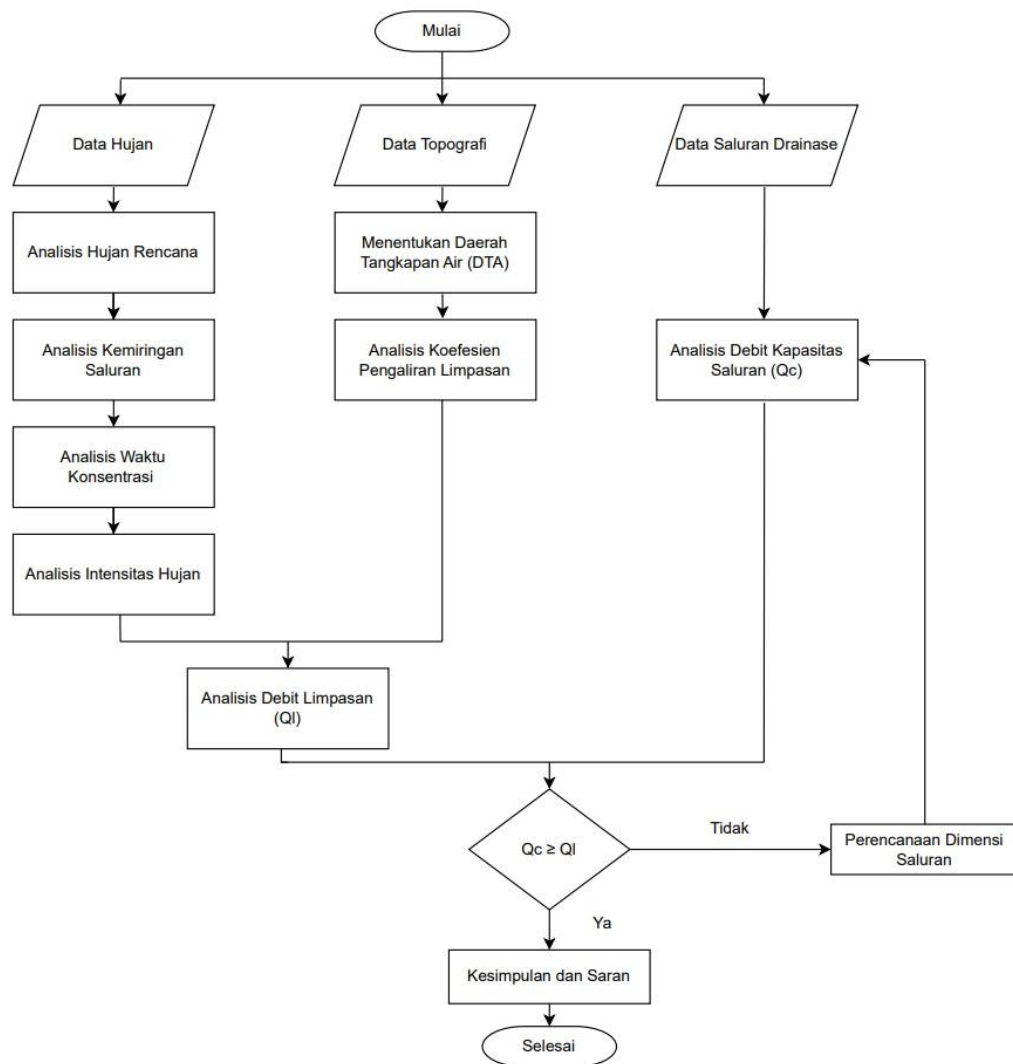
9. Pembahasan

Temuan Setelah seluruh proses analisis selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan pembahasan dan evaluasi terhadap hasil yang diperoleh. Apabila

kapasitas saluran (Q_c) lebih rendah daripada debit limpasan (Q_l), maka diperlukan evaluasi dengan merencanakan ulang dimensi saluran drainase yang disesuaikan, termasuk memperhitungkan tinggi jagaan. Untuk memfasilitasi pemahaman terhadap metodologi penelitian.

4.5 Bagan Alir Tugas Akhir

Adapun tahapan untuk penelitian yang akan dilaksanakan dapat dilihat dalam bagan alir penelitian pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

5.1.1 Data Hujan

Sumber data curah hujan dalam penelitian ini adalah Stasiun Brongang yang merupakan stasiun terdekat dengan lokasi penelitian. Data tersebut di peroleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Opak untuk periode sepuluh tahun, yaitu dari tahun 2009 hingga 2018. Data curah hujan ini di gunakan untuk menghitung hujan kala ulang berdasarkan tahun rencana yang selanjutnya di manfaatkan dalam analisis intensitas hujan serta analisis debit limpasan permukaan. Adapun data curah hujan maksimum tahun 2009 hingga 2023 dapat di lihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Curah Hujan Maksimum Tahun 2009 Sampai 2023

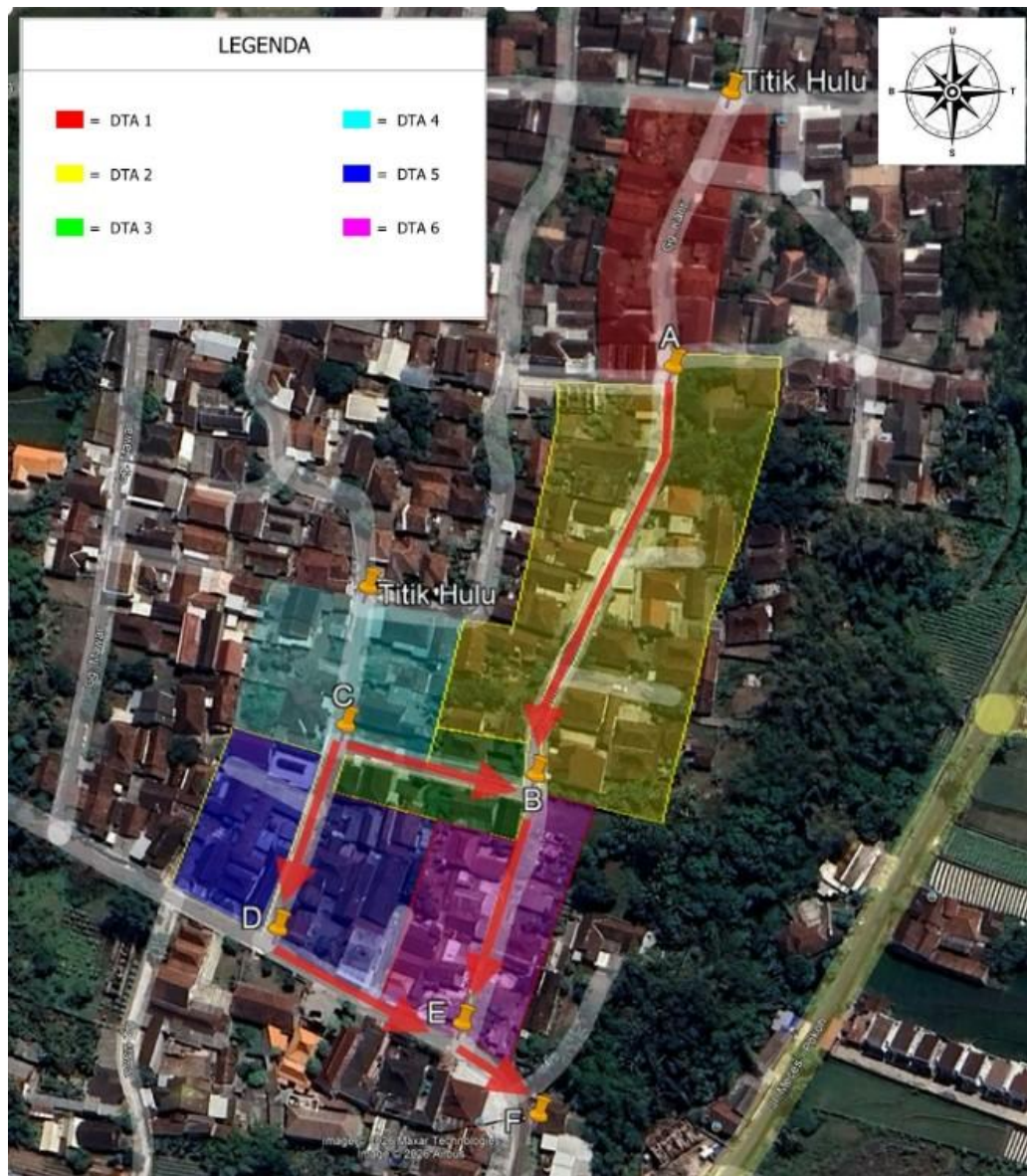
No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
1	2009	79
2	2010	38,7
3	2011	148
4	2012	147
5	2013	96,5
6	2014	105
7	2015	99
8	2016	98,5
9	2017	174,5
10	2018	114,6
11	2019	128
12	2020	95,5
13	2021	70,5
14	2022	90
15	2023	133

5.1.2 Data Topografi

Sumber data topografi dalam penelitian ini di peroleh melalui dua metode, yaitu pengukuran langsung di lapangan menggunakan alat *theodolite* dan pemanfaatan aplikasi *Google Earth*. Data tersebut di gunakan untuk mengidentifikasi elevasi saluran, daerah tangkapan air, serta tata guna lahan pada kawasan penelitian. Data topografi sangat penting dalam analisis hidrologi dan hidrolika karena berpengaruh terhadap arah aliran permukaan, pembentukan daerah tangkapan air, serta kapasitas saluran drainase.

Pengukuran kemiringan saluran di lakukan menggunakan alat *theodolite* untuk menentukan elevasi maksimum dan elevasi minimum pada setiap saluran, sebagaimana tercantum pada Lampiran 22. Selisih elevasi tersebut di bagi dengan panjang saluran untuk memperoleh nilai kemiringan (S), yang memengaruhi kecepatan aliran dan kapasitas debit. Selain itu, data panjang saluran di gunakan dalam perhitungan waktu konsentrasi (t_c) untuk menentukan intensitas hujan rencana dan menghitung debit limpasan.

Sementara itu, penentuan Daerah Tangkapan Air (DTA) di lakukan menggunakan *Google Earth* dengan menganalisis kemiringan lahan dan pola aliran alami air hujan. Identifikasi batas DTA di lakukan dengan menentukan titik-titik tertinggi dan terendah serta memperhatikan arah aliran menuju titik keluaran (*outlet*). Air hujan yang jatuh pada suatu kawasan akan mengalir mengikuti kemiringan lahan, sehingga batas DTA dapat ditentukan berdasarkan arah aliran tersebut. Adapun skema pengaliran air dan DTA pada kawasan penelitian dapat di lihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Skema Aliran dan DTA pada Kawasan Penelitian Menggunakan *Google Earth*.

Berdasarkan gambar tersebut, analisis dilakukan pada dua kondisi saluran, yaitu saluran eksisting dan saluran rencana. Saluran eksisting meliputi CD, DE, dan EF yang telah berfungsi dalam sistem drainase. Sementara itu, saluran AB, CB, dan BE merupakan saluran rencana yang direncanakan untuk melengkapi sistem drainase, mengingat adanya potensi peningkatan kepadatan kawasan pada masa mendatang sehingga diperlukan perencanaan dimensi yang memadai.

5.1.3 Data Dimensi Saluran

Data dimensi saluran pada penelitian evaluasi kapasitas saluran drainase ini di peroleh melalui pengukuran langsung di lapangan. Pengukuran di lakukan untuk mengetahui kondisi eksisting saluran secara aktual, meliputi ukuran penampang dan kondisi fisik saluran, sehingga data yang di gunakan benar-benar merepresentasikan keadaan di lokasi penelitian. Dengan menggunakan data hasil pengukuran lapangan, analisis kapasitas saluran dapat dilakukan secara lebih akurat dan hasilnya dapat mencerminkan kemampuan saluran yang sebenarnya dalam mengalirkan debit limpasan.

Parameter yang di ukur pada saluran berbentuk persegi meliputi lebar (b) dan kedalaman atau tinggi aliran (h), yang di gunakan untuk menghitung luas penampang basah dan keliling basah sebagai dasar dalam analisis kapasitas saluran. Luas penampang berperan dalam menentukan besarnya debit yang dapat di alirkan, sedangkan keliling basah berkaitan dengan interaksi antara aliran dan dinding saluran. Selain itu, dicatat pula kondisi fisik saluran seperti jenis material, kondisi dinding, dan keadaan dasar saluran karena dapat memengaruhi karakteristik aliran, kecepatan, serta debit yang terjadi. Dimensi saluran eksisting pada kawasan penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5 2 Dimensi Saluran Eksisting Pada Kawasan Penelitian

Saluran	b (m)	h (m)
CD	1,0	0,5
DE	0,8	0,5
EF	0,8	0,5

Data dimensi hasil pengukuran lapangan selanjutnya di gunakan dalam perhitungan kapasitas saluran dengan metode hidrolika, seperti persamaan Manning. Melalui data ini dapat diketahui besarnya debit maksimum yang mampu di alirkan oleh saluran eksisting dan di bandingkan dengan debit limpasan hasil analisis hidrologi, sehingga dapat di evaluasi apakah kapasitas saluran masih mencukupi atau tidak mencukupi.

5.2 Analisis Hujan Rencana

5.2.1 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dilakukan untuk memprediksi besaran curah hujan yang mungkin terjadi menggunakan distribusi probabilitas. Analisis ini melibatkan beberapa parameter statistik, seperti nilai rata-rata, simpangan baku (s), koefisien variasi (C_v), koefisien kemencengan (C_s), dan koefisien kurtosis (C_k). Rekapitulasi hasil perhitungan parameter-parameter tersebut disajikan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Perhitungan Parameter Statistik Hujan

No	Tahun	Hujan (x_i)	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^3$	$(x_i - \bar{x})^4$
1	2009	79	-28,85	832,51	-24020,83	693080,97
2	2010	38,7	-69,15	4782,18	-330703,93	22869279,13
3	2011	148	40,15	1611,75	64706,58	2597753,68
4	2012	147	39,15	1532,46	59990,76	2348438,28
5	2013	96,5	-11,35	128,90	-1463,42	16614,74
6	2014	105	-2,85	8,14	-23,23	66,28
7	2015	99	-8,85	78,38	-693,94	6143,66
8	2016	98,5	-9,35	87,48	-818,27	7653,60
9	2017	174,5	66,65	4441,78	296029,71	19729393,38
10	2018	114,6	6,75	45,52	307,09	2071,84
11	2019	128	20,15	405,89	8177,29	164745,21
12	2020	95,5	-12,35	152,60	-1885,18	23288,24
13	2021	70,5	-37,35	1395,27	-52118,04	1946782,59
14	2022	90	-17,85	318,74	-5690,60	101596,15
15	2023	133	25,15	632,35	15901,62	399872,65
Jumlah		1617,8	0,00	16453,977	27695,611	50906780,41

Parameter statistik dapat diperoleh melalui perhitungan dengan persamaan-persamaan berikut.

1. Nilai Rata – Rata

Nilai rata-rata dihitung menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

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

$$\bar{x} = \frac{1}{15} \times (1617,8)$$

$$\bar{x} = 107,85$$

2. Standard Deviasi (s)

Standard deviasi dihitung menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

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

$$s = \sqrt{1175,28}$$

$$s = 34,28$$

3. Koefesien Variasi (C_v)

Koefesien Variasi dihitung menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$C_v = \frac{34,38}{107,85}$$

$$C_v = 0,318$$

4. Koefesien Skewness (C_s)

Koefesien Skewness dihitung menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) s^3}$$

$$C_s = \frac{15 \times 27696,611}{(15 - 1) (15 - 2) 34,28^3}$$

$$C_s = 0,057$$

5. Koefesien Kurtosis (C_k)

Koefesien Kurtosis dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut.

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) s^4}$$

$$C_k = \frac{15^2 \times 50906780,41}{(15 - 1) (15 - 2) (15 - 3) 34,28^4}$$

$$C_k = 3,797$$

Selanjutnya dilakukan pemilihan distribusi frekuensi untuk memperoleh model statistik yang paling sesuai dalam menggambarkan karakteristik data curah hujan, sehingga perhitungan curah hujan rencana, intensitas hujan, dan debit limpasan dapat dilakukan secara lebih akurat sebagai dasar dalam menilai apakah

kapasitas saluran mampu menampung debit yang terjadi. Pemilihan distribusi dilakukan dengan mempertimbangkan empat jenis distribusi, yaitu Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III. Penentuan distribusi yang digunakan mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam Tabel 3.1, yang memuat kriteria parameter statistik untuk menentukan kesesuaian masing-masing distribusi terhadap data yang dianalisis. Persyaratan pengujian yang spesifik dan menjadi acuan dalam penelitian ini untuk masing-masing keempat distribusi tersebut telah dirangkum dan dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Persyaratan Parameter Statistik Distribusi

Distribusi	Persyaratan		Hasil	Keterangan
Normal	$C_S \approx 0$	0	0,057	Tidak
	$C_K \approx 3$	3	3,797	Memenuhi
Log Normal	$C_S = (3 \times C_V) + (C_V^3)$	-1,2	0,237	Tidak Memenuhi
	$C_K = (C_V^8) + (6 \times (C_V^6)) + (16 \times (C_V^2)) + 3$	6,019	3,100	
Gumbel	$C_S = 1,14$	1,14	0,057	Tidak Memenuhi
	$C_K = 5,4$	5,4	3,797	
Log Pearson III	Selain nilai diatas			Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan dan uji persyaratan distribusi, Distribusi **Log Pearson Tipe III** terpilih untuk digunakan dalam analisis ini.

Selanjutnya perhitungan hujan rencana dilakukan dengan menerapkan Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III, suatu metode statistik yang umum digunakan dalam hidrologi untuk memperkirakan intensitas hujan dengan periode ulang tertentu. Metode ini dipilih karena mampu mengakomodasi sifat kemencengan (*skewness*) dari data curah hujan, sehingga menghasilkan estimasi yang lebih akurat. Data yang digunakan dalam perhitungan tersebut, berupa data curah hujan maksimum harian tahunan dalam satu periode observasi, disajikan secara lengkap pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Perhitungan Variabel Log Pearson Tipe III

No	Tahun	Rmax	Ri	Log Ri	(Ri - Rt)	(Ri - Rt)	(Ri - Rt) ³	(Ri - Rt) ⁴
1	2009	79	174,5	2,24	0,23	0,0543	0,012647	0,00294645
2	2010	38,7	148	2,17	0,16	0,0261	0,004208	0,00067943
3	2011	148	147	2,17	0,16	0,0251	0,003982	0,00063121
4	2012	147	133	2,12	0,12	0,0132	0,001522	0,00017514
5	2013	96,5	128	2,11	0,10	0,0097	0,000953	0,00009374
6	2014	105	114,6	2,06	0,05	0,0025	0,000128	0,00000644
7	2015	99	105	2,02	0,01	0,0002	0,000002	0,00000002
8	2016	98,5	99	2,00	-0,01	0,0002	-0,000002	0,00000003
9	2017	174,5	98,5	1,99	-0,02	0,0002	-0,000004	0,00000006
10	2018	114,6	96,5	1,98	-0,02	0,0006	-0,000014	0,00000035
11	2019	128	95,5	1,98	-0,03	0,0008	-0,000024	0,00000069
12	2020	95,5	90	1,95	-0,05	0,0030	-0,000162	0,00000887
13	2021	70,5	79	1,90	-0,11	0,0124	-0,001374	0,00015282
14	2022	90	70,5	1,85	-0,16	0,0258	-0,004144	0,00066563
15	2023	133	38,7	1,59	-0,42	0,1773	-0,074672	0,03144458
Jumlah		1617,8	1617,8	30,1322	0,0000	0,3514	-0,0570	0,0368

Parameter statistik untuk Distribusi Log Pearson Tipe III dihitung berdasarkan data yang telah disajikan dalam Tabel 5.4. Metode perhitungannya mengacu pada Persamaan 5.1 hingga Persamaan 5.5. Hasil dari perhitungan parameter statistik tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

1. Rata – Rata (\bar{x}) = 2,01
2. Standard Deviasi (s) = 0,16
3. Koefesien Variasi (C_v) = 0,079
4. Koefesien Skewness (C_s) = - 1,2
5. Koefesien Kurtosis (C_k) = 6,019

Faktor frekuensi (K_T) diperoleh dari tabel pada Lampiran 17. Dengan nilai K_T tersebut, curah hujan rencana periode ulang 2 tahun kemudian dihitung memakai Persamaan 3.8 berikut.

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{x} + K_T \times s$$

$$\text{Log } X_T = 2,01 + (0,195 \times 0,16)$$

$$X_T = 110 \text{ mm}$$

Rekapitulasi hasil nilai K_T pada Distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Nilai K_T Untuk Distribusi Log Pearson III

Tahun	K_T	X_T (mm)
2	0,195	110

Berdasarkan tabel di atas, periode ulang hujan yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu 2 tahun karena luas daerah yang di analisis berskala kecil dengan luas DTA total yaitu 2 ha. Nilai ini ditetapkan sesuai dengan klasifikasi kota setempat, sebagaimana dapat dilihat pada acuan Tabel 3.3.

5.2.2 Uji Distribusi

Pada Penelitian ini menerapkan uji Chi-Kuadrat untuk mengevaluasi apakah suatu persamaan uji distribusi dapat merepresentasikan sampel data yang dianalisis. Prosedur pengujian di lakukan dengan menggunakan persamaan analisis uji distribusi.

Perhitungan uji Chi-Kuadrat dalam penelitian ini menggunakan rumus pada Persamaan 3.22, dengan data hujan (x_i) sebanyak 15 tahun. Pengujian dilakukan pada derajat kepercayaan 5%. Prosedur perhitungan di uraikan berikut ini.

1. Pengurutan data pengamatan

Data hujan diurutkan (dari besar ke kecil). Pengurutan data hujan dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Pengurutan Data Hujan

No	x_i (mm)
1	174,5
2	148
3	147
4	133
5	128

Lanjutan Tabel 5.7 Pengurutan Data

6	114,6
7	105
8	99
9	98,5
10	96,5
11	95,5
12	90
13	79
14	70,5
15	38,7

2. Menghitung jumlah kelas

Dengan jumlah data (n) sebanyak 15, maka banyaknya kelas (k) dapat dihitung dengan persamaan 3.10 berikut.

$$k = 1 + 3,3 \times \text{Log } n$$

$$k = 1 + 3,3 \times \text{Log } (15)$$

$$k = 5$$

3. Menghitung derajat kebebasan (dk)

Perhitungan untuk memperoleh nilai derajat kebebasan (dk) dilakukan dengan menerapkan Persamaan 3.11 di bawah ini.

$$dk = k - (p + 1)$$

$$dk = 5 - (2 + 1)$$

$$dk = 2$$

Maka $\alpha = 5\%$, maka berdasarkan tabel distribusi (χ^2) didapat nilai Chi Kuadrat kritis = 5,991.

4. Menghitung kelas distribusi

Persentase untuk kelas distribusi pertama dihitung sebesar 20% dengan perhitungan $(1/5) \times 100\%$. Dengan menerapkan metode yang sama, diperoleh nilai persentase untuk seluruh kelas distribusi, yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%.

Periode ulang (T) untuk setiap kelas distribusi dihitung dengan rumus $T = 1/P(x)$. Untuk probabilitas kumulatif 0.20, diperoleh periode ulang 5 tahun. Dengan metode yang sama, di hasilkan periode ulang untuk seluruh kelas, yaitu 5 tahun, 2.5 tahun, 1.7 tahun, 1.3 tahun, dan 1 tahun. Rekapitulasi hasil kelas distribusi dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Kelas Distribusi

P (%)	T (Tahun)
20	5
40	2,5
60	1,7
80	1,3
100	1

5. Menghitung Interval Kelas

Nilai KT berdasarkan nilai T dari lampiran 2, didapat :

- a. $T = 5$, maka $K = 0,844$
- b. $T = 2,5$, maka $K = 0,303$
- c. $T = 1,7$, maka $K = - 0,217$
- d. $T = 1,3$, maka $K = - 0,732$
- e. $T = 1$, maka $K = - 0,679$

Interval kelas :

$$\text{Log } x_T = \text{Log } \bar{x} + k \times s$$

$$\text{Log } x_T = 2,009 + (5 \times 0,158)$$

$$x_T = 138,8$$

sehingga :

- $X_5 = 138,842$ mm
- $X_{2,5} = 140,983$ mm
- $X_{1,7} = 94,283$ mm
- $X_{1,3} = 78,135$ mm
- $X_1 = 77,088$ mm

6. Nilai KT dihitung berdasarkan nilai $C_s = -1,2$ dan nilai T untuk berbagai periode ulang lihat Lampiran 17.

7. Menghitung X^2 hitung

Berikut contoh perhitungan untuk memperoleh X^2 hitung pada batas kelas $94,283 = 113,983$ dilakukan dengan menerapkan Persamaan 3.12 di bawah ini.

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$X^2 = \frac{(5 - 3)^2}{3}$$

$$X^2 = 1,3$$

Rekapitulasi hasil pengujian kesesuaian distribusi dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Pengujian Kesesuaian Distribusi Log Pearson Tipe III

Nilai Batas Tiap Kelas			Ei	Oi	$((E_i - O_i)^2 / E_i)$
	>	138,842	3	3	0
113,983	=	138,842	3	3	0
94,283	=	113,983	3	5	1,3
78,135	=	94,283	3	2	0,3
	<	78,135	3	2	0,3
Jumlah			15	15	2

8. Perbandingan χ^2 Hitung dan χ^2 Kritis

Berdasarkan hasil evaluasi statistik yang tercantum dalam Tabel 5.8, dapat disimpulkan bahwa Distribusi Log Pearson Tipe III memenuhi persyaratan uji kecocokan (*goodness-of-fit test*) menggunakan metode Chi-Kuadrat. Nilai statistik Chi-Kuadrat hitung (χ^2_{hitung}) yang diperoleh adalah sebesar 2, sementara nilai Chi-Kuadrat kritis (χ^2_{kritis}) pada derajat kebebasan tertentu dan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ adalah sebesar 5,991.

Secara statistik, kondisi dimana nilai χ^2_{hitung} (2) lebih kecil daripada χ^2_{kritis} (5,991) mengindikasikan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara distribusi teoritis (Log Pearson Tipe III) dengan distribusi empiris data observasi. Dengan kata lain, hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa data mengikuti distribusi Log Pearson Tipe III diterima. Hasil ini membuktikan bahwa Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan model distribusi yang layak dan dapat diandalkan untuk menganalisis data dalam penelitian ini, dalam hal ini untuk perhitungan curah hujan rencana.

5.3 Evaluasi Saluran Eksisting

5.3.1 Analisis Kemiringan Saluran Eksisting

Analisis kemiringan saluran eksisting di lakukan berdasarkan data hasil pengukuran lapangan menggunakan alat *theodolite* untuk memperoleh kondisi saluran secara aktual. Pengukuran tersebut meliputi penentuan elevasi maksimum, elevasi minimum, serta panjang masing-masing segmen saluran, sebagaimana disajikan pada Lampiran 22. Data elevasi diambil pada titik-titik tertentu sepanjang saluran untuk memastikan ketelitian hasil pengukuran. Selisih antara elevasi maksimum dan elevasi minimum kemudian dihitung dan dibagi dengan panjang saluran guna memperoleh nilai kemiringan (S) setiap saluran eksisting. Dalam penelitian ini, saluran eksisting yang dianalisis meliputi saluran CD, DE, dan EF sesuai dengan Gambar 5.1. Nilai kemiringan tersebut memengaruhi karakteristik aliran, sehingga menjadi parameter penting dalam analisis hidrologi dan hidrolika.

Berikut adalah perhitungan kemiringan saluran CD dengan menerapkan Persamaan 3.13 di bawah ini.

$$S_o = \frac{El_1 - El_2}{L_s} \times 100$$

$$S_o = \frac{358,33 - 356,68}{52,20} \times 100$$

$$S_o = 3\%$$

Hasil rekapitulasi hasil dari perhitungan kemiringan tanpa saluran dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Kemiringan Saluran Eksisting

Saluran	Elevasi Max (m)	Elevasi Min (m)	Panjang saluran (m)	Kemiringan Saluran (m/m)	So (%)
CD	358,33	356,68	52,20	0,03	3%
DE	356,68	355,38	68,08	0,02	2%
EF	355,38	354,47	32,20	0,03	3%

Nilai kemiringan yang di peroleh selanjutnya di gunakan dalam analisis hidrologi dan hidrolika. Dalam analisis hidrologi, kemiringan saluran berperan dalam perhitungan waktu konsentrasi, yang memengaruhi besarnya intensitas hujan rencana. Intensitas hujan tersebut kemudian di gunakan untuk menghitung debit limpasan pada saluran eksisting. Dengan demikian, analisis kemiringan saluran menjadi tahap penting dalam mengevaluasi kemampuan saluran eksisting dalam menampung debit yang terjadi.

5.3.2 Analisis Waktu Konsentrasi Saluran Eksisting

Analisis waktu konsentrasi (t_c) saluran eksisting di lakukan untuk menentukan waktu yang di butuhkan air hujan mengalir dari titik terjauh daerah tangkapan air (DTA) hingga mencapai titik keluaran saluran. Dalam penelitian ini,

perhitungan waktu konsentrasi menggunakan dua persamaan, yaitu metode *McDermott dan pilgrim (1982)* dan metode *Kirpich (1940)*.

McDermott dan pilgrim (1982) di gunakan untuk menentukan batas waktu konsentrasi kawasan penelitian secara keseluruhan dari bagian hulu hingga titik tinjauan. Nilai ini menggambarkan karakteristik respon hidrologi kawasan terhadap hujan yang terjadi. Sementara itu, metode *Kirpich (1940)* di gunakan untuk menghitung waktu konsentrasi aliran permukaan dari DTA menuju saluran. Contoh perhitungan waktu konsentrasi Titik Hulu – C menggunakan *McDermott dan pilgrim (1982)* dan saluran CB menggunakan *Kirpich (1940)* sebagai berikut.

1. Titik Hulu - C

Batas waktu konsentrasi pada Titik Hulu – C di tentukan dengan persamaan *McDermott dan Pilgrim (1982)* pada Persamaan 3.14. Luas Hulu – C menggunakan DTA 4 berdasarkan Gambar 5.1, dengan nilai luas tercantum pada Tabel 5.17 dalam satuan km² berikut.

$$t_c = 0,76 \times A^{0,38}$$

$$t_c = 0,76 \times 0,0032^{0,38}$$

$$t_{c1} = 0,0854 \text{ Jam}$$

2. Saluran CD

Waktu konsentrasi aliran pada saluran CD dihitung menggunakan persamaan *Kirpich (1940)* pada Persamaan 3.15. ata panjang dan kemiringan saluran hasil pengukuran *theodolite* yang tercantum pada Tabel 5.10 sebagai berikut.

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times 0,052^2}{1000 \times 0,03} \right)^{0,385}$$

$$t_{c2} = 0,0258 \text{ Jam}$$

Karena aliran dari saluran Titik Hulu - C melimpah ke Saluran CD, maka waktu konsentrasi total di tentukan dengan menjumlahkan waktu konsentrasi Hulu - C dan Saluran CD agar mencerminkan kondisi aliran berurutan menuju saluran hilir.

$$t_c \text{ Total} = t_{c1} + t_{c2}$$

$$t_c \text{ Total} = 0,0854 + 0,0258$$

$$t_c \text{ Total} = 0,1112 \text{ Jam}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan waktu konsentrasi menggunakan persamaan *McDermott dan Pilgrim (1982)* dan *Kirpich (1940)*, di rekapitulasi dan di sajikan pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi *McDermott dan Pilgrim (1982)* Saluran Eksisting

Titik	Luas (Km ²)	t _c (Jam)
Titik Hulu - E	0,0123	0,1430
Titik Hulu - C	0,0032	0,0854

Tabel 5.12 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi *Kirpich (1940)* Saluran Eksisting

Saluran	Panjang saluran (Km)	Kemiringan Saluram (m/m)	t _c	t _c (Jam)
CD	0,052	0,03	0,0258	0,1112
DE	0,068	0,02	0,0385	0,1497
EF	0,032	0,03	0,0186	0,3112

Hasil perhitungan waktu konsentrasi dari kedua metode tersebut selanjutnya di gunakan sebagai dasar dalam penentuan intensitas hujan rencana. Nilai intensitas hujan yang di peroleh kemudian di manfaatkan dalam perhitungan debit limpasan untuk mengevaluasi apakah kapasitas saluran eksisting mampu menampung debit limpasan.

5.3.3 Analisis Intensitas Hujan Saluran Eksisting

Analisis intensitas hujan saluran eksisting di lakukan untuk menentukan curah hujan per satuan waktu dalam perhitungan debit limpasan. Intensitas hujan dihitung berdasarkan curah hujan rencana hasil analisis frekuensi dan nilai waktu konsentrasi (t_c) yang telah di peroleh sebelumnya. Pada penelitian ini digunakan curah hujan rencana kala ulang 2 tahun sebesar 110 mm berdasarkan Tabel 5.6, dengan waktu konsentrasi masing-masing saluran eksisting mengacu pada Tabel 5.12. Nilai intensitas hujan tersebut kemudian digunakan untuk mengevaluasi kapasitas saluran eksisting. Berikut perhitungan intensitas hujan kala ulang 2 tahun menggunakan Persamaan 3.16 berikut.

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

$$I = \frac{110}{24} \left(\frac{24}{0,1112} \right)^{2/3}$$

$$I = 164,2625 \text{ mm/jam}$$

Hasil rekapitulasi intensitas hujan kala ulang 2 tahun saluran eksisting di rangkum pada Tabel 5.13 berikut.

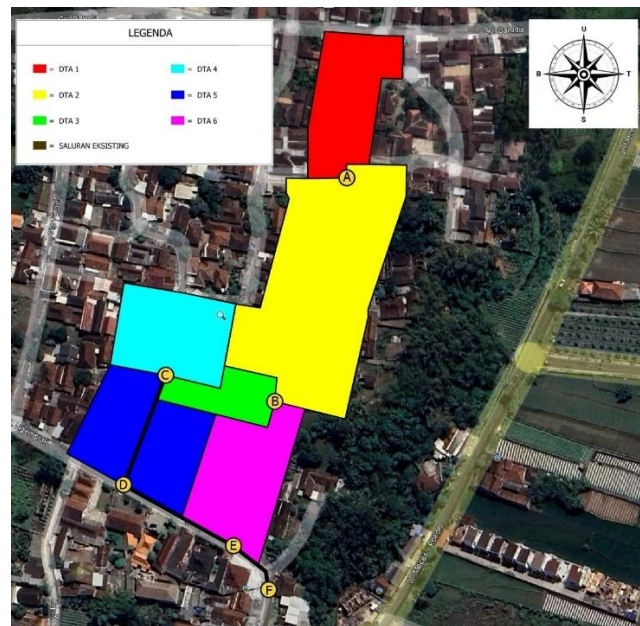
Tabel 5.13 Rekapitulasi Intensitas Hujan Saluran Eksisting

Saluran	t_c (Jam)	Intensitas Hujan Kala Ulang 2 Tahun (mm/jam)
CD	0,1112	164,2625
DE	0,1497	134,7570
EF	0,3112	82,7189

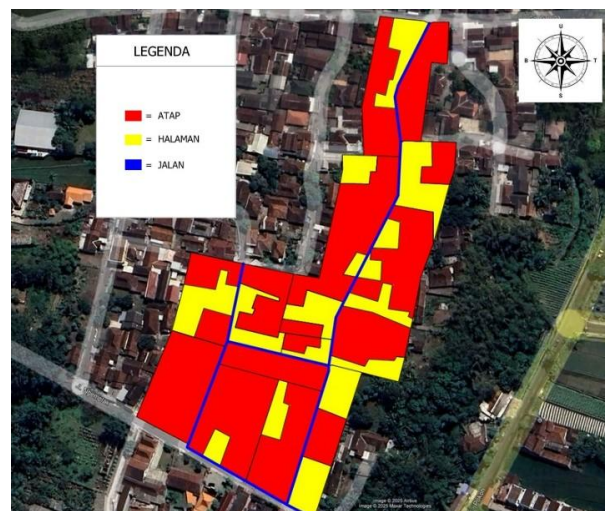
5.3.4 Analisis Koefisien Pengaliran Saluran Eksisting

Analisis koefisien pengaliran (C) saluran eksisting di lakukan untuk menentukan persentase air hujan yang menjadi limpasan permukaan pada daerah tangkapan air (DTA). Nilai C di tetapkan berdasarkan penggunaan lahan, kondisi permukaan tanah, dan kemiringan lahan, dengan mengacu pada Tabel 3.2 Metode

Rasional serta kondisi lapangan. Perhitungan di lakukan sebagai rata-rata tertimbang sesuai luas masing-masing tata guna lahan dalam DTA. Nilai C selanjutnya digunakan untuk menghitung debit limpasan pada evaluasi kapasitas saluran eksisting. Skema DTA dan tata guna lahan dapat di lihat pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3.



Gambar 5.2 DTA Saluran Eksisting



Gambar 5.3 Tata Guna Lahan

Besaran luasan ditentukan dari program *Google Earth* dan DTA yang di gunakan mengacu pada Gambar 5.1. Besaran luasan tersebut digunakan untuk menghitung koefisien pengaliran saluran eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.14, Tabel 5.15, Tabel 5.16, Tabel 5.17, Tabel 5.18 dan Tabel 5.19 sebagai berikut.

Tabel 5.14 Koefisien Limpasan DTA 1

DTA 1			
Penggunaan Lahan	C	A (Ha)	C × A
Jalan Aspal	0,85	0,0255	0,0217
Atap	0,95	0,2464	0,2341
Halaman	0,15	0,0619	0,0093
Total		0,3338	0,2650
C Komposit		0,7940	

Tabel 5.15 Koefisien Limpasan DTA 2

DTA 2			
Penggunaan Lahan	C	A (Ha)	C × A
Jalan Aspal	0,85	0,0387	0,0329
Atap	0,95	0,3775	0,3586
Halaman	0,2	0,0203	0,0041
Total		0,4365	0,3956
C Komposit		0,8321	

Tabel 5.16 Koefisien Limpasan DTA 3

DTA 3			
Penggunaan Lahan	C	A (Ha)	C × A
Jalan Aspal	0,85	0,0180	0,0153
Atap	0,95	0,0974	0,0925
Halaman	0,15	0,0213	0,0032
Total		0,1367	0,1110
C Komposit		0,2477	

Tabel 5.17 Koefisien Limpasan DTA 4

DTA 4			
Penggunaan Lahan	C	A (Ha)	C × A
Jalan Aspal	0,85	0,0231	0,0196
Atap	0,95	0,1745	0,1658
Halaman	0,2	0,1198	0,0240
Total		0,3174	0,2094
C Komposit		0,6596	

Tabel 5.18 Koefisien Limpasan DTA 5

DTA 5			
Penggunaan Lahan	C	A (Ha)	C × A
Jalan Aspal	0,85	0,0261	0,0222
Atap	0,95	0,3775	0,3586
Halaman	0,15	0,0203	0,0030
Total		0,4239	0,3839
C Komposit		0,9055	

Tabel 5.19 Koefisien Limpasan DTA 6

DTA 6			
Penggunaan Lahan	C	A (Ha)	C × A
Jalan Aspal	0,85	0,0161	0,0137
Atap	0,95	0,1819	0,1728
Halaman	0,2	0,1267	0,0253
Total		0,3247	0,2118
C Komposit		0,5365	

Berdasarkan tabel di atas, nilai koefisien pengaliran (C) di tetapkan dengan mengacu pada standar yang tercantum dalam Tabel 3.2 mengenai nilai koefisien pengaliran metode rasional serta di sesuaikan dengan kondisi di lapangan. Penentuan nilai C juga mempertimbangkan kemiringan lahan, yang dalam penelitian ini mengacu pada kemiringan saluran hasil pengukuran lapangan sebagaimana di sajikan pada Tabel 5.10.

5.3.5 Analisis Debit Limpasan Saluran Eksisting

Analisis debit limpasan saluran eksisting di lakukan untuk mengetahui besarnya debit air hujan yang masuk ke saluran berdasarkan luas daerah tangkapan

air (DTA), intensitas hujan (I), dan koefisien pengaliran (C) menggunakan Metode Rasional. Debit limpasan yang di peroleh kemudian di bandingkan dengan kapasitas saluran eksisting untuk menilai apakah saluran mampu menampung debit limpasan. Berikut perhitungan debit limpasan (Ql) dengan metode rasional pada saluran CD.

Diketahui :

$$C = 0,6596 \text{ (Lihat Tabel 5.17)}$$

$$I = 164,2625 \text{ mm/jam (Lihat Tabel 5.13)}$$

$$A = 0,3174 \text{ Ha (Lihat Tabel 5.17)}$$

Maka untuk menghitung debit limpasan (Ql) digunakan rumus Metode Rasional dengan persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$Ql = 0,002778 \times C \times I \times A$$

$$Ql = 0,002778 \times 0,6596 \times 164,2625 \times 0,3174$$

$$Ql = 0,0955 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil rekapitulasi lengkap dari hasil perhitungan debit limpasan (Ql) untuk semua saluran eksisting dapat di lihat pada Tabel 5.20 di bawah ini.

Tabel 5.20 Debit Limpasan Saluran Eksisting

Saluran	Koefisien Pengaliran (C)	Intensitas Hujan (I)	Luas Daerah Aliran (A)	Debit Limpasan (Ql)	Keterangan
		(mm/jam)	(Ha)	(m ³ /detik)	
CD	0,6596	164,262	0,3174	0,0955	DTA 4
DE	0,8003	134,757	0,7413	0,2221	DTA 4 +DTA 5
EF	0,7991	82,719	1,9730	0,3623	Semua DTA

5.3.6 Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

Berdasarkan hasil peninjauan lapangan, terdapat tiga saluran eksisting, yaitu CD, DE, dan EF dapat di lihat pada Gambar 5.1. Dimensi saluran di peroleh dari pengamatan langsung di lapangan dan di sajikan pada Tabel 5.2. Saluran tersebut berfungsi menampung dan mengalirkan debit limpasan dari daerah tangkapan air ke saluran penerima. Kapasitas saluran dievaluasi dengan membandingkan debit kapasitas (Q_c) dan debit limpasan (Q_l). Jika $Q_c > Q_l$, maka saluran di nyatakan aman. Berikut di sajikan contoh perhitungan kapasitas saluran eksisting CD.

Diketahui:

$$b = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

Maka langkah awal yaitu menghitung luas penampang basah (A_s) dengan persamaan 3.18 sebagai berikut.

$$A_s = b \times h$$

$$A_s = 1,0 \times 0,5$$

$$A_s = 0,5 \text{ m}^2$$

Selanjutnya di lakukan perhitungan keliling saluran (P) yang ditinjau yaitu dengan persamaan 3.19 sebagai berikut.

$$P = b + (2 \times h)$$

$$P = 1,0 + (2 \times 0,5)$$

$$P = 2,0 \text{ m}$$

Setelah melakukan perhitungan keliling saluran (P), langkah berikutnya yaitu menghitung jari-jari hidrolis saluran (R) dengan persamaan 3.20 sebagai berikut.

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

$$R = \frac{0,5}{2,0}$$

$$R = 0,25 \text{ m}$$

Maka didapat besaran kecepatan aliran (V) menggunakan rumus Manning dengan persamaan 3.22 sebagai berikut.

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

$$V = \frac{1}{n_d} \times (0,25)^{2/3} \times (0,03)^{1/3}$$

$$V = 5,4275 \text{ m/detik}$$

Jadi, perhitungan kapasitas saluran (Q_c) dengan persamaan 3.23 berikut.

$$Q_c = A_s \times V$$

$$Q_c = 0,50 \times 5,4275$$

$$Q_c = 2,7137 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka didapat kapasitas saluran CD yaitu 2,7137 m³/detik. Adapun perhitungan kapasitas saluran DE dan EF dapat digunakan perhitungan yang sama. Berikut rekapitulasi hasil perhitungan kapasitas saluran eksisting (Q_c) yang dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Saluran	Dimensi Saluran								Debit Saluran
	b	h	A _s	P	R	S _o	n	V (m/det)	Q _c (m ³ /det)
AB	Tidak Tersedia Saluran Drainase								
CB	Tidak Tersedia Saluran Drainase								
CD	1,0	0,5	0,5	2,0	0,25	3%	0,013	5,4275	2,7137
DE	0,80	0,50	0,4	1,8	0,22	2%	0,013	3,8999	1,5599
BE	Tidak Tersedia Saluran Drainase								
EF	0,80	0,50	0,4	1,8	0,22	3%	0,013	4,7444	1,8978

5.3.7 Evaluasai Saluran Eksisting

Setelah menghitung kapasitas saluran eksisting (Q_c) dan debit limpasan (Q_l) untuk saluran CD, DE, dan EF, dilakukan evaluasi dengan membandingkan kedua nilai tersebut. Debit limpasan saluran eksisting di sajikan pada Tabel 5.20. Jika Q_c lebih besar dari Q_l , maka saluran di nyatakan aman. Hasil evaluasi ditunjukkan pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Evaluasi Saluran Eksisting

Saluran	Debit Saluran (Q_c)	Debit Limpasan (Q_l)	Keterangan
CD	2,7137	0,0955	Aman
DE	1,5599	0,2221	Aman
EF	1,8978	0,3623	Aman

Berdasarkan hasil analisis, debit kapasitas saluran eksisting masih mampu menampung debit limpasan yang terjadi pada kondisi saat ini. Namun demikian, pada daerah yang belum memiliki saluran drainase tetap di perlukan perencanaan dimensi saluran. Hal ini di sebabkan kawasan tersebut di perkirakan akan mengalami peningkatan kepadatan pembangunan di masa mendatang, sehingga berpotensi meningkatkan nilai koefisien pengaliran dan debit limpasan. Apabila tidak dilakukan perencanaan dimensi pada area tanpa saluran, di khawatirkan debit limpasan tambahan tersebut akan melampaui kapasitas saluran eksisting dan menyebabkan terjadinya limpasan atau genangan.

5.4 Perencanaan Sistem Drainase Baru

5.4.1 Analisis Kemiringan Saluran Rencana

Analisis kemiringan pada lokasi yang di rencanakan saluran di lakukan berdasarkan hasil pengukuran *theodolite* di lapangan, meliputi elevasi maksimum, elevasi minimum, dan panjang lintasan aliran sebagaimana tercantum pada Lampiran 22. Selisih elevasi di bagi dengan panjang lintasan untuk memperoleh nilai kemiringan (S), yang selanjutnya di gunakan dalam analisis hidrologi. Berikut

di sajikan perhitungan kemiringan saluran rencana AB dengan menggunakan Persamaan 3.13.

$$S_o = \frac{El_1 - El_2}{L_s} \times 100$$

$$S_o = \frac{360,04 - 357,32}{138,29} \times 100$$

$$S_o = 2\%$$

Hasil rekapitulasi hasil dari perhitungan kemiringan saluran rencana dapat di lihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Kemiringan Saluran Rencana

Saluran	Elevasi Max (m)	Elevasi Min (m)	Panjang saluran (m)	Kemiringan Saluran (m/m)	So (%)
AB	360,04	357,32	138,29	0,02	2%
CB	358,33	357,32	64,188	0,02	2%
BE	357,32	355,38	80,375	0,02	2%

Nilai kemiringan lahan saluran rencana di gunakan dalam analisis hidrologi untuk menentukan waktu konsentrasi yang memengaruhi intensitas hujan rencana dan debit limpasan. Oleh karena itu, kemiringan lahan menjadi parameter penting dalam mengevaluasi potensi limpasan pada kondisi saluran rencana.

5.4.2 Analisis Waktu Konsentrasi Saluran Rencana

Analisis waktu konsentrasi (t_c) tanpa saluran di lakukan untuk menentukan waktu yang di butuhkan air hujan mengalir dari titik terjauh daerah tangkapan air (DTA) hingga mencapai titik tinjauan secara alami di atas permukaan lahan. Dalam penelitian ini, perhitungan waktu konsentrasi menggunakan dua persamaan, yaitu metode *McDermott dan Pilgrim (1982)* dan metode *Kirpich (1940)*.

Metode *McDermott dan Pilgrim (1982)* di gunakan untuk menentukan waktu konsentrasi kawasan penelitian secara keseluruhan dari bagian hulu hingga titik

tinjauan, yang menggambarkan respons hidrologi kawasan terhadap hujan. Sementara itu, metode *Kirpich (1940)* digunakan untuk menghitung waktu konsentrasi aliran permukaan saluran rencana, dengan mempertimbangkan panjang lintasan aliran dan kemiringan lahan. Contoh perhitungan waktu konsentrasi Titik Hulu–A menggunakan *McDermott dan Pilgrim (1982)* dan lintasan aliran permukaan A–B menggunakan *Kirpich (1940)* sebagai berikut.

1. Titik Hulu - A

Batas waktu konsentrasi pada Titik Hulu – A di tentukan dengan persamaan *McDermott dan Pilgrim (1982)* pada Persamaan 3.14. Luas Hulu – A menggunakan DTA 1 berdasarkan Gambar 5.1, dengan nilai luas tercantum pada Tabel 5.14.

$$t_c = 0,76 \times A^{0,38}$$

$$t_c = 0,76 \times 0,0033^{0,38}$$

$$t_{c1} = 0,0870 \text{ Jam}$$

2. Saluran AB

Waktu konsentrasi aliran pada saluran AB di hitung menggunakan persamaan *Kirpich (1940)* pada Persamaan 3.15. Data panjang dan kemiringan saluran rencana hasil pengukuran *theodolite* yang tercantum pada Tabel 5.23.

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times 0,138^2}{1000 \times 0,02} \right)^{0,385}$$

$$t_{c2} = 0,0656 \text{ Jam}$$

Karena aliran dari Saluran Titik Hulu - A melimpah ke Saluran AB, maka waktu konsentrasi total ditentukan dengan menjumlahkan waktu konsentrasi Hulu - A dan Saluran AB agar mencerminkan kondisi aliran berurutan menuju saluran hilir.

$$t_c \text{ Total} = t_{c1} + t_{c2}$$

$$t_c \text{ Total} = 0,0870 + 0,0656$$

$$t_c \text{ Total} = 0,1527 \text{ Jam}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan waktu konsentrasi menggunakan persamaan *McDermott dan Pilgrim (1982)* dan *Kirpich (1940)*, di rekapitulasi dan di sajikan pada Tabel 5.24 dan Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.24 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi *McDermott dan Pilgrim (1982)* Saluran Rencana

Titik	Luas (Km ²)	t _c (Jam)
Hulu - A	0,0033	0,0870
Hulu - C	0,0032	0,0854

Tabel 5.25 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi *Kirpich (1940)* Saluran Rencana

Saluran	Panjang saluran (Km)	Kemiringan Saluram (m/m)	t _c	t _c (Jam)
AB	0,138	0,02	0,0656	0,1527
CB	0,064	0,02	0,0396	0,1250
BE	0,080	0,02	0,0399	0,3176

Hasil perhitungan waktu konsentrasi dari kedua metode tersebut selanjutnya di gunakan sebagai dasar dalam penentuan intensitas hujan rencana. Nilai intensitas hujan yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung debit limpasan pada kondisi saluran rencana guna mengetahui besarnya potensi limpasan yang terjadi secara alami di permukaan lahan.

5.4.3 Analisis Intensitas Hujan Saluran Rencana

Analisis intensitas hujan saluran rencana di lakukan untuk menentukan curah hujan per satuan waktu dalam perhitungan debit limpasan pada kondisi alami. Perhitungan di dasarkan pada curah hujan rencana kala ulang 2 tahun sebesar 110

mm dapat di lihat pada Tabel 5.6 dan nilai waktu konsentrasi (t_c) yang mengacu pada Tabel 5.12. Nilai intensitas hujan tersebut di gunakan untuk menghitung potensi aliran permukaan tanpa saluran. Berikut perhitungan intensitas hujan kala ulang 2 tahun menggunakan Persamaan 3.16 berikut.

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

$$I = \frac{110}{24} \left(\frac{24}{0,1527} \right)^{2/3}$$

$$I = 132,9885 \text{ mm/jam}$$

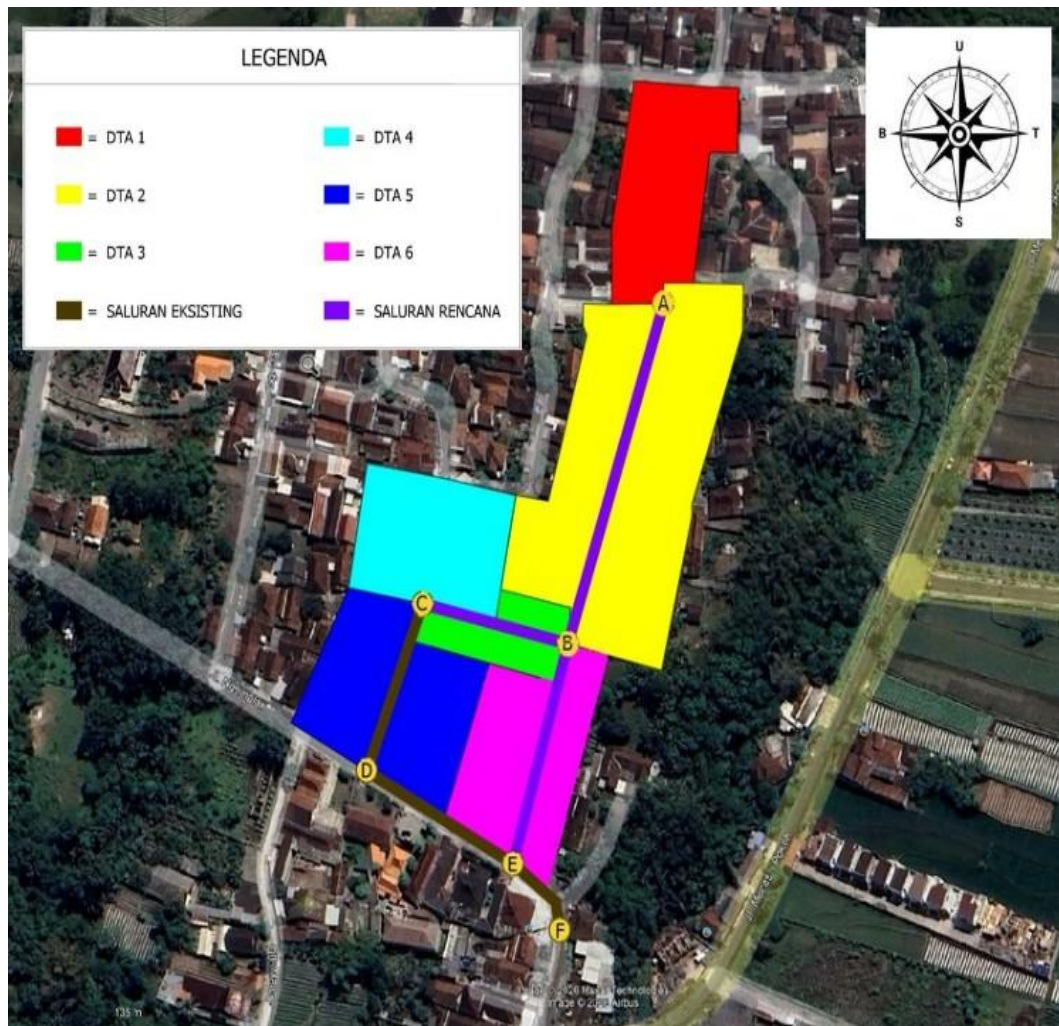
Hasil rekapitulasi intensitas hujan kala ulang 2 tahun saluran rencana di rangkum pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Intensitas Hujan Saluran Rencana

Saluran	t_c (Jam)	Intensitas Hujan Kala Ulang 2 Tahun (mm/jam)
AB	0,1527	132,9885
CB	0,1250	151,9545
BE	0,3176	81,6069

5.4.4 Analisis Koefisien Pengaliran Saluran Rencana

Analisis koefisien pengaliran (C) pada saluran rencana di lakukan untuk mengetahui besarnya limpasan permukaan yang berpotensi masuk saluran rencana. Identifikasi arah dan pola aliran permukaan pada kawasan tanpa saluran di dasarkan pada data topografi serta skema daerah tangkapan air (DTA) yang di tunjukkan pada Gambar 5.1. Berdasarkan informasi tersebut, aliran air hujan akan mengikuti kemiringan alami lahan menuju titik terendah yang terhubung dengan saluran rencana dan memengaruhi kapasitas saluran.



Gambar 5.4 DTA Saluran Rencana dan Eksisting

Besaran luasan tiap jenis tata guna lahan tersebut di gunakan untuk menghitung koefisien pengaliran (C) komposit pada seluruh DTA berdasarkan proporsi luas masing-masing lahan. Hasil perhitungannya di sajikan pada Tabel 5.13 sampai dengan Tabel 5.18.

5.4.5 Analisis Debit Limpasan Saluran Rencana

Analisis debit limpasan saluran rencana di lakukan untuk mengetahui besarnya debit air hujan yang terjadi di permukaan lahan berdasarkan luas daerah tangkapan air (DTA), intensitas hujan (I), dan koefisien pengaliran (C)

menggunakan Metode Rasional. Debit limpasan yang di peroleh menggambarkan potensi aliran permukaan pada kondisi saluran rencana. Berikut perhitungan debit limpasan (Ql) dengan Metode Rasional pada lintasan AB saluran rencana.

Diketahui :

$$C = 0,7940 \text{ (Lihat Tabel 5.13)}$$

$$I = 132,988 \text{ mm/jam (Lihat Tabel 5.26)}$$

$$A = 0,3338 \text{ Ha (Lihat Tabel 5.13)}$$

Maka untuk menghitung debit limpasan (Ql) digunakan rumus Metode Rasional dengan persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$Ql = 0,002778 \times C \times I \times A$$

$$Ql = 0,002778 \times 0,7940 \times 132,988 \times 0,3338$$

$$Ql = 0,0979 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil rekapitulasi lengkap dari hasil perhitungan debit limpasan (Ql) untuk saluran rencana dapat di lihat pada Tabel 5.27 di bawah ini.

Tabel 5.27 Debit Limpasan Rencana

Saluran	Koefisien Pengaliran (C)	Intensitas Hujan (I)	Luas Daerah Aliran (A)	Debit Limpasan (Ql)	Keterangan
		(mm/jam)	(Ha)	(m ³ /detik)	
AB	0,7940	132,988	0,3338	0,0979	DTA 1
CB	0,6596	151,954	0,3174	0,0884	DTA 4
BE	0,8508	81,607	0,9070	0,1749	DTA 1 + DTA 2 + DTA 3

5.4.6 Perencanaan Dimensi Saluran dan Tinggi Jagaan

Perencanaan dimensi saluran drainase di lakukan pada saluran rencana, sehingga aliran limpasan permukaan belum tertampung secara terkontrol. Kondisi ini menyebabkan air limpasan berpotensi meluap dan menimbulkan genangan, sehingga sistem drainase dinilai belum aman. Oleh karena itu, di perlukan perencanaan dimensi saluran drainase yang mampu menampung dan mengalirkan debit limpasan. Penentuan dimensi saluran di lakukan dengan menyesuaikan kapasitas saluran terhadap debit limpasan yang terjadi, sehingga saluran yang di rencanakan mampu berfungsi secara aman dan mencegah terjadinya luapan air. Salah satu upaya yang dapat di lakukan adalah merencanakan dimensi saluran drainase. Berikut adalah perhitungan untuk menentukan dimensi saluran drainase yang di perlukan pada saluran AB, mengingat saluran rencana pada sistem drainase baru.

Diketahui:

$$Q_c = Q_l = 0,0979 \text{ m}^3/\text{detik (Lihat Tabel 5.27)}$$

$$S = 0,02 \text{ m/m (Lihat Tabel 5.23)}$$

$$n_d = 0,013 \text{ (Lihat Tabel 3.2)}$$

Maka untuk menghitung tinggi saluran AB menggunakan persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$Q_c = A_s \times V$$

$$Q_c = A_s \times \frac{1}{n_d} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$Q_c = (2 \times h)^2 \times \frac{1}{n_d} \times \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,0979 = (2 \times h)^2 \times \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} \times (0,02)^{1/2}$$

$$0,0979 = (2 \times h)^2 \times 76,92 \times \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} \times 0,141$$

$$h = 0,16 \text{ m}$$

Selanjutnya melakukan perhitungan lebar saluran AB menggunakan persamaan 3.21 sebagai berikut.

$$b = 2 \times h$$

$$b = 2 \times 0,16$$

$$b = 0,32 \text{ m}$$

Setelah dimensi saluran drainase di rencanakan dan di nyatakan aman, yaitu ketika kapasitas debit saluran lebih besar daripada debit limpasan rencana, langkah selanjutnya adalah merencanakan tinggi jagaan (*freeboard*) saluran. Tinggi jagaan di rencanakan sebagai jarak vertikal antara muka air maksimum dengan tepi saluran untuk mengantisipasi fluktuasi muka air, gelombang, serta ketidakpastian aliran. Dengan adanya tinggi jagaan yang memadai, kinerja saluran drainase yang di rencanakan di harapkan tetap aman dan mampu mencegah terjadinya limpasan air keluar dari saluran. Berikut adalah uraian perhitungan tinggi jagaan pada Saluran AB dengan menggunakan persamaan 3.24 berikut ini.

$$W = \sqrt{0,5 \times h}$$

$$W = \sqrt{0,5 \times 0,16}$$

$$W = 0,28 \text{ m}$$

Jadi tinggi yang di gunakan pada saluran AB dengan menjumlahkan tinggi rencana dan tinggi jagaan menggunakan persamaan 3.25 berikut.

$$H = h + W$$

$$H = 0,16 + 0,28$$

$$H = 0,44 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, tinggi total atau dimensi vertikal pada saluran AB di tentukan dengan menjumlahkan dua komponen utama, yaitu kedalaman air rencana untuk mengalirkan debit air yang di rencanakan dan tinggi jagaan (*freeboard*) sebagai ruang cadangan untuk mengantisipasi luapan muka air. Dari hasil penjumlahan tersebut, di peroleh nilai total 44 meter.

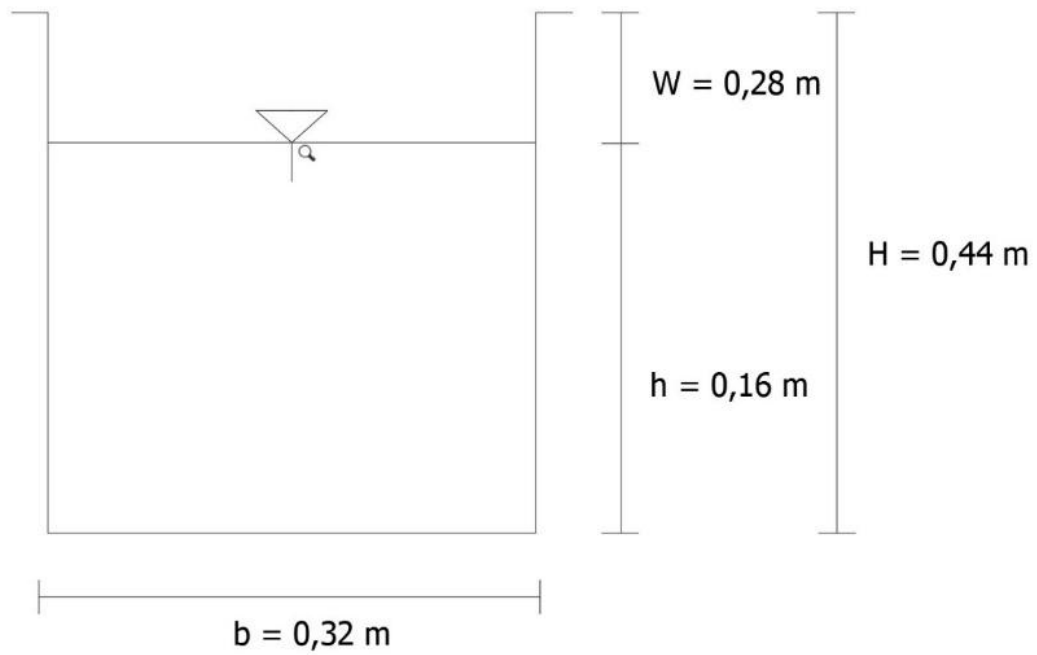
Karena saluran CB dan BE memiliki kondisi yang sama, yaitu belum tersedianya saluran drainase, maka perhitungan dimensi saluran pada kedua saluran tersebut di lakukan dengan metode dan perhitungan yang sama seperti pada saluran AB. Perhitungan tinggi jagaan (*freeboard*) pada saluran CB dan BE mengikuti perhitungan yang sama dengan yang telah di terapkan pada saluran AB. Berikut hasil rekapitulasi dimensi dan tinggi jagaan untuk saluran yang tidak tersedia saluran dapat di lihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Dimensi Saluran danTinggi Jagaan

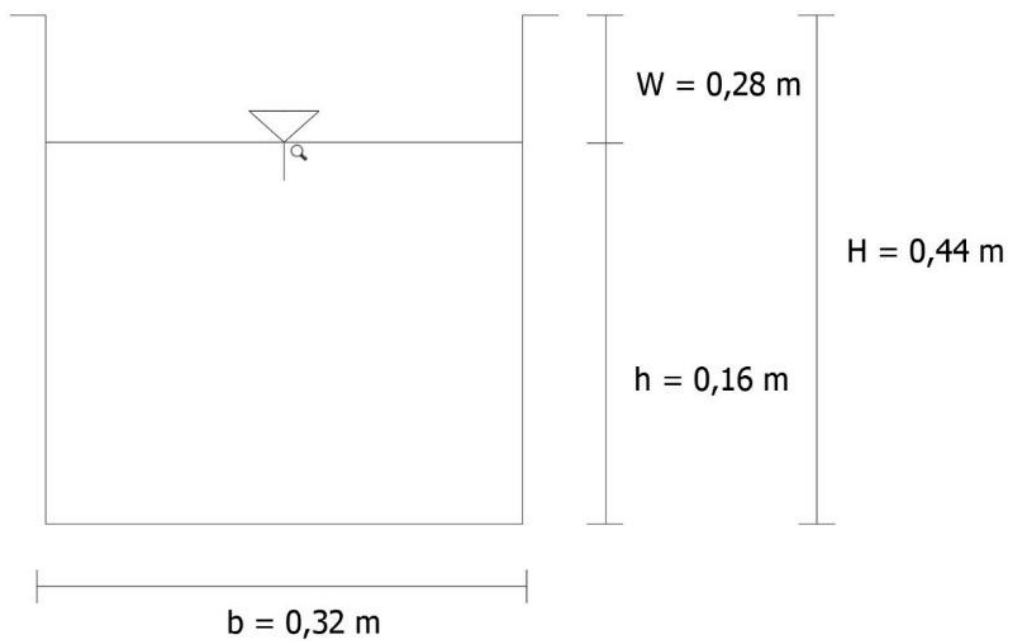
Saluran	Dimensi Saluran		Tinggi Jagaan (m)	H Akhir (m)
	b (m)	h (m)		
AB	0,32	0,16	0,28	0,44
CB	0,32	0,16	0,28	0,44
BE	0,38	0,19	0,31	0,49

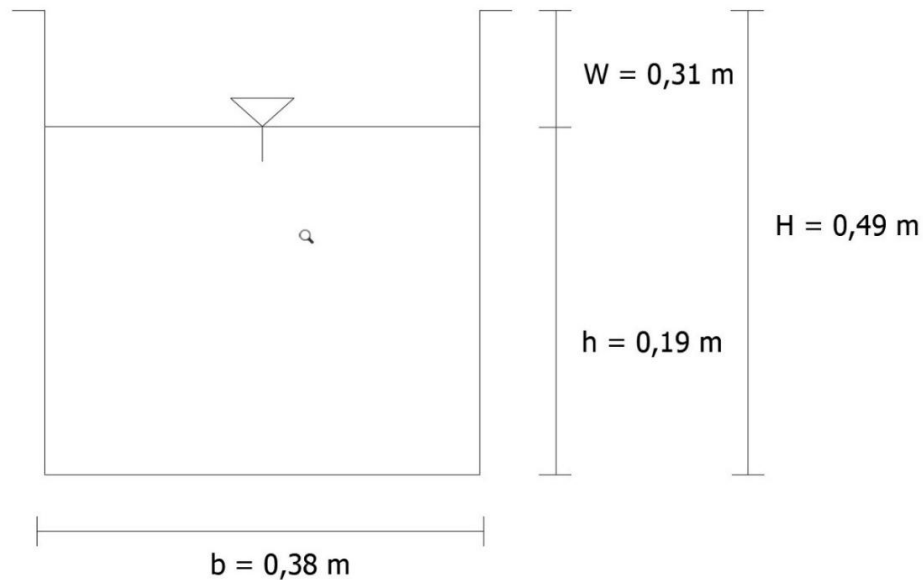
Berdasarkan tabel di atas, di dapatkan hasil perencanaan dimensi saluran baru beserta tinggi jagaan untuk lokasi yang belum memiliki saluran. Perencanaan dimensi dan tinggi jagaan ini bertujuan agar saluran yang di bangun memiliki kapasitas yang aman dan mampu mencegah terjadinya luapan air. Ilustrasi rinci mengenai penempatan tinggi jagaan pada saluran berbentuk segiempat pada saluran

AB, CB, dan BE dapat diamati lebih lanjut pada Gambar 5.5, Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.5 Perencanaan Dimensi dan Tinggi Jagaan Saluran AB



Gambar 5.6 Perencanaan Dimensi dan Tinggi Jagaan Saluran CB**Gambar 5.7 Perencanaan Dimensi dan Tinggi Jagaan Saluran BE**

Perhitungan kapasitas saluran (Q_c) di lakukan dengan menggunakan metode yang sama seperti pada perhitungan sebelumnya. Perbedaan utama pada desain ini terletak pada penyesuaian dimensi saluran, yaitu dengan menambahkan tinggi jagaan (*freeboard*), sehingga kapasitas saluran (Q_c) yang di rencanakan lebih besar daripada debit limpasan rencana (Q_I). Rekapitulasi hasil perhitungan desain ulang dimensi saluran selanjutnya disajikan pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5.29 Rekapitulasi Desain Saluran Drainase

Saluran	Dimensi Saluran								Debit Saluran	Debit Limpasan
	b	h	A_s	P	R	S_o	n_d	V (m/det)	Q_c (m ³ /det)	Q_I (m ³ /det)
AB	0,32	0,44	0,1	1,2	0,117	2%	0,013	2,583	0,3618	0,0979
CB	0,32	0,44	0,1	1,2	0,117	2%	0,013	2,310	0,3236	0,0884
CD	1,00	0,50	0,5	2,0	0,250	3%	0,013	5,427	2,7137	0,0955
DE	0,80	0,50	0,4	1,8	0,222	2%	0,013	3,900	1,5599	0,2221
BE	0,38	0,49	0,2	1,4	0,136	2%	0,013	3,165	0,5892	0,1749
EF	0,80	0,50	0,4	1,8	0,222	3%	0,013	4,744	1,8978	0,3623

Berdasarkan hasil pada Tabel 5.29, dapat di bahas bahwa seluruh saluran drainase yang ditinjau telah memenuhi kriteria keamanan hidraulik. Kapasitas saluran (Q_c) pada setiap segmen terbukti lebih besar daripada debit limpasan rencana (Q_l), yang menunjukkan bahwa sistem yang di rencanakan mampu menampung dan mengalirkan air hujan tanpa terjadi luapan.

Secara khusus, untuk saluran eksisting (CD, DE, dan EF), hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitasnya jauh melebihi kebutuhan. Contohnya, saluran CD memiliki Q_c sebesar $2,7137 \text{ m}^3/\text{detik}$, sementara Q_l hanya $0,0955 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hal ini mengindikasikan bahwa saluran-saluran tersebut masih berfungsi dengan baik dan tidak memerlukan modifikasi atau redesain. Hanya diperlukan pemeliharaan rutin untuk menjaga kinerjanya.

Di sisi lain, untuk saluran baru (AB, CB, dan BE) yang sebelumnya tidak memiliki saluran eksisting, perencanaan dimensi dengan penambahan tinggi jagaan (*freeboard*) telah menghasilkan kapasitas yang aman. Misalnya, saluran AB dengan Q_c sebesar $0,3618 \text{ m}^3/\text{detik}$ sudah lebih dari cukup untuk menampung Q_l sebesar $0,0979 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dengan demikian, desain yang diusulkan dinilai efektif untuk mengatasi permasalahan genangan di lokasi-lokasi tersebut.

Evaluasi sistem drainase di Kawasan Legolan menunjukkan bahwa saluran eksisting (CD, DE, dan EF) masih memiliki kapasitas yang memadai terhadap debit limpasan saat ini. Namun demikian, perencanaan dimensi saluran pada area yang belum memiliki drainase (AB, CB, dan BE) tetap di perlukan. Hal ini karena kawasan tersebut di perkirakan akan mengalami peningkatan kepadatan pembangunan di masa mendatang yang berpotensi meningkatkan nilai koefisien pengaliran dan debit limpasan. Apabila tidak direncanakan sejak dini, tambahan debit tersebut dikhawatirkan akan melampaui kapasitas saluran eksisting dan menimbulkan limpasan atau genangan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi sistem drainase di sekitar Kawasan Legolan, Sleman, Yogyakarta, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan analisis hidraulika, dapat disimpulkan bahwa debit saluran (Q_c) dengan rincian sebagai berikut:
 - a. Saluran AB : $0,3618 \text{ m}^3/\text{detik}$.
 - b. Saluran CB : $0,3236 \text{ m}^3/\text{detik}$.
 - c. Saluran CD : $2,7137 \text{ m}^3/\text{detik}$.
 - d. Saluran DE : $1,5599 \text{ m}^3/\text{detik}$.
 - e. Saluran BE : $0,5892 \text{ m}^3/\text{detik}$.
 - f. Saluran EF : $1,8978 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Berdasarkan perhitungan analisis hidrologi, dapat disimpulkan bahwa debit limpasan (Q_l) dengan rincian sebagai berikut:
 - a. Saluran AB : $0,0979 \text{ m}^3/\text{detik}$.
 - b. Saluran CB : $0,0884 \text{ m}^3/\text{detik}$.
 - c. Saluran CD : $0,0955 \text{ m}^3/\text{detik}$.
 - d. Saluran DE : $0,2221 \text{ m}^3/\text{detik}$.
 - e. Saluran BE : $0,1749 \text{ m}^3/\text{detik}$.
 - f. Saluran EF : $0,3623 \text{ m}^3/\text{detik}$.
3. Untuk mengatasi saluran yang tidak tersedia drainase, direncanakan dimensi saluran baru untuk ketiga saluran AB, CB, dan BE dengan kala ulang 2 tahun. Dimensi yang disarankan sebagai berikut:
 - a. Perencanaan dimensi saluran AB sebesar $b = 0,32 \text{ m}$ dan $H = 0,44 \text{ m}$.
 - b. Perencanaan dimensi saluran CB sebesar $b = 0,32 \text{ m}$ dan $H = 0,44 \text{ m}$.
 - c. Perencanaan dimensi saluran BF sebesar $b = 0,38 \text{ m}$ dan $H = 0,49 \text{ m}$.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan setelah melakukan penelitian evaluasi sistem drainase di sekitar Kawasan Legolan, Sleman, Yogyakarta, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mahasiswa dapat mengembangkan penelitian dengan menambahkan simulasi hidraulika aliran drainase menggunakan perangkat lunak seperti SWMM dan HEC-RAS berdasarkan hasil evaluasi kapasitas saluran. Simulasi ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih visual dan dinamis terkait perilaku aliran, ketinggian muka air, serta potensi terjadinya limpasan pada sistem drainase yang ditinjau.
2. Mahasiswa dapat mengembangkan penelitian dengan menerapkan konsep drainase berwawasan lingkungan, seperti sumur resapan dan biopori, untuk mengurangi debit limpasan dan meningkatkan infiltrasi air hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang, T. (2008). *Hidrologi terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2006). *Pedoman perencanaan sistem drainase jalan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Hutagaol, K., Permatasari, A. I., & Purba, B. D. (2025). Analisis sistem drainase di wilayah Kota Depok. *SENTRI*, 4(7), 827–836.
- Mardiah, A. M., Ainy, C. N., Bagus, M., & Harlan, D. (2018). Study on the effectiveness of infiltration wells to reduce excess surface runoff in ITB. *MATEC Web of Conferences*, 147, 1–5. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814703008>
- McDermott, G. E., & Pilgrim, D. H. (1982). *Design flood estimation for small catchments in New South Wales*. Australia: University of New South Wales. <https://doi.org/10.26190/unsworks/9279>
- Meisila, N., Bobo, P., Bela, P. A., Tjung, L. T., & Oka, I. G. (2023). Manajemen limpasan air hujan pada bangunan hijau (objek studi: Altira Business Park). *Jurnal STUPA*, 5(2), 1989–2000. <https://doi.org/10.24912/stupa.v5i2.24357>
- Nursella, S., & Ariyanto, L. (2025). Evaluasi fungsi dan analisis kapasitas dimensi saluran drainase di kawasan permukiman Kota Bandar Lampung. *Jurnal Konstruksi*, 23(1). <https://doi.org/10.33364/konstruksi.v23i1.2357>
- Pola, A., Permukiman, D. A. N., Wilayah, D. I., Perkotaan, A., & Apy, Y. (2021). Analisis kawasan permukiman perkotaan. *Jurnal Geodesi Undip*, April, 78–87.
- Pratama, M. I. (2023). *Evaluasi saluran drainase pada kawasan Mayang Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi* (Skripsi). Universitas Islam Indonesia. Diakses dari <https://dspace.uui.ac.id/123456789/46469>
- Prayogo, W., Rahmadani, S., Wibowo, H., Fitria, L., Koko, I. W., Panjaitan, N. H., Luthan, P. L. A., & Fitria, N. (2023). Evaluation of an urban drainage system in a big city. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 12(4), 1036–1052. <https://doi.org/10.23960/jtep-1.v12i4.1036-1052>
- Rahmat Tisnawan, Husaini, R. R., Bagio, T. H., & Putra, J. (2024). Analisis kinerja sistem drainase di Jalan Pemda Pangkalan. *JICE*, 4(3), 115–120.
- Singal, R. Z., & To, Y. (2023). Evaluasi saluran drainase perkotaan di Jalan Langsung Kota Tanjung Selor Kabupaten Bulungan. *Buana Engineering*, 7(3), 266–278. <https://doi.org/10.35334/be.v7i3.4174>

- Siti, R., Aprillya, S., & Asyiwati, Y. (2022). Kajian hubungan perubahan penggunaan lahan terhadap air limpasan di Desa Cimekar, Bandung. 33–40.
- Suripin. (2004). *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan* (Edisi pertama). Yogyakarta: Andi.
- Widiastomo, A., Wigati, R., & Priyambodho, B. A. (2022). Analisis dan evaluasi kapasitas sistem drainase di Perumahan Dasana Indah Kabupaten Tangerang. *Fondasi*, 11(2). <https://doi.org/10.36055/fondasi.v11i2.17024>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Jadwal Rencana Penelitian

No.	URAIAN KEGIATAN	Jam Kerja	Mei				Juni				Juli				Agustus				September			
			M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
A Pekerjaan persiapan																						
1	Menentukan Lokasi Penelitian	6.00	3.00	3.00																		
2	Melakukan kajian materi dan studi literatur	12.00		4.00	4.00	4.00																
3	Survey Lokasi	25.00				5.00	5.00	5.00	5.00	5.00												
4	Penulisan Proposal Tugas Akhir	25.00				5.00	5.00	5.00	5.00	5.00												
B Pengumpulan Data																						
1	Pengumpulan Data Curah Hujan	9.00				3.00	3.00	3.00														
2	Pengumpulan Data Topografi	9.00					3.00	3.00	3.00													
3	Pengumpulan Data Dimensi saluran	9.00							3.00	3.00												
C Analisa dan Pembahasan																						
1	Aanlisis Hidrologi	12.00								4.00	4.00	4.00										
2	Aanlisis Frekuensi Hujan	4.00									2.00	2.00										
3	Perhitungan Debit Rencana	6.00										3.00	3.00									
4	Simulasi EPA SWMM 5.2	10.00											5.00	5.00								
5	Running EPA SWMM 5.2	8.00												3.00	5.00							
6	Pembahasan dan Kesimpulan	10.00													5.00	5.00						
D Penyusunan Laporan																						
1	BAB V	12.00													4.00	4.00	4.00					
2	BAB VI	25.00															5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
Rencana Mingguan (Jam)		182.00	3.00	7.00	4.00	17.00	13.00	16.00	13.00	16.00	7.00	9.00	9.00	8.00	8.00	14.00	9.00	9.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Jam Kerja Kumulatif (Jam)		182.00	3.00	10.00	14.00	31.00	44.00	60.00	73.00	89.00	96.00	105.00	114.00	122.00	130.00	144.00	153.00	162.00	167.00	172.00	177.00	182.00

Lampiran 2 Data Curah Hujan Tahun 2009

2009	Bulan											
Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0
2	0	12	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
3	49	42	0	36	0	0	0	0	0	2	0	0
4	0	13	47,5	54	0	12,5	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	6,6
7	0	9,5	12	0	14,5	0	0	0	0	0	0	9
8	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	26,5
9	16	1	7	0	0	7	0	0	0	0	0	1,5
10	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	35	0	0	17	0	0	0	0	0	11,5	0
13	6,5	24	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0
14	27,2	10	0	6	0	0	0	0	0	0	12	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0
17	0	12,5	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	21,5	0	0	0	0	0	0	0	1,7	21	0
19	16,5	12	0	11	54,5	0	0	0	0	0	0	0
20	0,7	0	0	45	0	0	0	0	0	0	51	0
21	0	13	0	79	0	0	0	0	0	0	12,5	0
22	36,5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	11	17,5
23	0	24	20	19,5	0	0	0	0	0	3	3	0
24	0	0	0	0	32	0	0	0	0	12	0	0
25	13	22	0	9,5	0	0	5	0	0	30	0	16
26	43	34	25	0	0	0	0	0	0	19,5	0	31
27	36,8	7	2,2	38,5	8,5	0	0	0	0	0	0	52,5
28	65,5	5,2	0	16,5	0	0	0	0	0	0	36	75,5
29	48,5	0	3	16	0	0	0	0	0	0	70	0
30	8,8		17,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	74,5		37		0		0	0		0		0

Lampiran 3 Data Curah Hujan Tahun 2010

2010	Bulan											
Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,2
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38,7
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,4
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,2
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,6
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,8
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,4
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,7
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,3
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,3
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,3
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,4
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,7
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37,7
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0		0		0		0	0		0		0

Lampiran 4 Data Curah Hujan Tahun 2011

2011 Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	0	45,2	0	20	0	0	0	0	0	9,5	0
2	22,5	0	15,3	8	106	0	0	0	0	0	12,5	0
3	77,8	37	0	0	3	0	0	0	0	0	23,5	78
4	42	0	0	79	82	0	0	0	0	0	0,5	0
5	31	22,5	13,3	0	23,5	0	0	0	0	0	35	0
6	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	64,5
7	23	8	0	4	83,3	0	0	0	0	0	35,6	0
8	0	0	25	8	0	0	0	0	0	0	3,5	0
9	34,5	0	35,2	0	0	0	0	0	0	0	4	8,5
10	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0
11	30	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	16	10	0	0	0	0	0	0	0	19
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,5	0
14	0	0	0	8,2	34	0	0	0	9	0	6	3
15	0	45	15	0	0	0	0	0	0	0	57,5	7
16	0	35,5	0	20	9,5	0	0	0	0	0	0	71,5
17	27	37,2	0	10	17,5	0	0	0	0	0	0	58,5
18	71,5	9	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	35	7	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0
20	45	0	85	0	0	0	0	0	0	0	70	8,5
21	0	0	0	0	19,5	0	0	0	0	30,5	32	8
22	35,5	12,5	0	45	0	0	0	0	0	0	4,5	0
23	15,5	38,5	148	0	0	0	0	0	0	0	8	0
24	34	24	12	13	0	0	0	0	0	0	3	0
25	16	0	35	0	0	0	0	0	0	4,5	5	0
26	17,9	45,9	10	30	0	0	0	0	0	0	0	0
27	24	0	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	15,1	49	0	0	0	21	0	0	0	10	2,5	2,5
29	0	0	7	13	0	0	0	0	0	0	71	12,5
30	0		0	0	0	0	0	0	0	13,5	0	18,5
31	0		0		0		0	0		5,5		21,5

Lampiran 5 Data Curah Hujan Tahun 2012

2012 Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	10	1,5	22	8	77,5	0	0	0	0	0	35,5	0
2	147	31	0,5	4	0	0	0	0	0	0	0	0
3	12	2,5	25,5	0	0	0	0	0	0	0	45	35
4	7	23	0	35,5	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	16,5	6	56	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0,5	8	6	6,5	0	0	0	0	0	0	0
7	4	0	5	0	2,3	3	0	0	0	58,4	0	45
8	42	0	32	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0
9	7,5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	20,5	0	6	0	0	2,5	0	0	0	0	45,5	0
11	18	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	8,5	18
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
13	4,5	17,5	0	0	0	0	0	0	0	20	0	26
14	27	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	20
15	17	0	15,5	20	0	0	0	0	0	6	0	0
16	17,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40,5	0
17	3,5	76,5	0	0	0	0	0	0	0	22,3	34	6
18	16	16,5	0	0	0	0	0	0	0	16	50	0
19	44,5	1,5	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	106	27	0	0	0	0	0	0	11	0	0
21	0	32,5	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	13,5
22	27	93	0	0	0	0	0	0	0	0	72	50,7
23	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95,5	0
24	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	0
25	0	15,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	23,5	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	63,5	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	25,4
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	2,5	95,5
29	5	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	4		0	0	0	0	0	0	0	0	10,5	0
31	2,5		0		0		0	0		15,5		10,9

Lampiran 6 Data Curah Hujan Tahun 2013

2013 Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	15,5	0	10	0	2	15	0	0	0	0	0
2	0	0	0	25	0	12,5	50,5	0	0	0	0	0
3	66	14,5	63	28	0	2	6	0	0	0	0	0
4	22	13,5	19	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
5	17	34	69	7,5	0	37,5	0	0	0	0	0	0
6	0	7	0	8,5	0	0	0	0	0	0	7	0
7	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	50
8	0	0	18	0	1,5	21	0	0	0	0	0	40
9	0	60	0	1,5	0	10	0	0	0	0	0	30
10	0	1	0	0	0	3,5	0	0	0	0	39	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32,5	16
12	20	10,4	0	25,5	0	0	0	0	0	0	1	3
13	24	12,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
14	0	23,2	0	2,5	0	0	0	0	0	0	62	16
15	6	1,5	0	3,5	8,5	0	0	0	0	0	29	10
16	9	6,3	0	0	8	0	0	0	0	3,5	30	72,2
17	0	5,2	0	17,5	43	7,2	30	0	0	0	0	21
18	0	8	70,5	0	43	5	9	0	0	4,5	19	0
19	22,6	13	7	9,5	2	15	0	0	0	0	14,5	55,5
20	47,3	5,5	0	59,5	21,5	14,5	0	0	0	0	6	48
21	7,5	16,5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	10,5
22	20,5	17	0	1	4,5	50	6	0	0	0	0	7
23	33	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	6
24	32	18	0	0	0	0	4	0	0	0	0	21
25	96,5	0	39,5	0	33	0	5,5	0	0	0	21	0
26	0	0	0	0	0	2	0	0	0	10,5	5	0
27	2,5	9,5	16	24	0	0	0	0	0	9	0	0
28	0	0	0	0	12,5	0	0	0	0	11,5	1,5	0
29	0	291,9	16	0	13	0	0	0	0	37	0	0
30	0		14	0	23	0	0	2,5	0	0	0	35
31	0		0		2,5		0	0		0		41

Lampiran 7 Data Curah Hujan Tahun 2014

2014 Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	1	0	4	0	10	0	0	0	1	0	22	16
2	4	27	28	74	0	8	0	0	0	0	18	0
3	85	12	16	38	0	1	0	0	0	0	0	0
4	10	79	2	23	1	6	0	0	0	0	3	0
5	7	90	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	7	1	2	0	2	11	0	0	0	0	0	0
7	9	5	0	15	0	8	0	0	0	0	4	0
8	0	39	0	25	0	0	0	0	0	0	4	0
9	1	4	17	15	0	0	0	0	0	0	0	0
10	48	0	28	17	0	0	0	0	0	0	0	2
11	94	0	0	9	0	0	0	0	0	0	50	114
12	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	4	104
13	0	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	18
14	0	0	33	3	0	0	0	0	0	105	16	0
15	0	0	0	4	3	0	1	0	0	8	0	3
16	1	0	0	1	8	0	0	0	0	8	7	12
17	24	36	2	53	0	0	0	0	0	4	6	0
18	0	20	0	19	0	0	0	0	0	1	0	0
19	20	3	0	0	0	5	0	0	0	0	4	0
20	0	3	32	0	18	0	5	0	0	0	27	0
21	17	27	82	0	0	27	0	0	0	0	0	0
22	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	25	1
23	17	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
24	0	5	33	47	55	0	0	0	0	15	12	2
25	2	39	27	5	1	0	0	0	1	42	0	0
26	10	5	3	3	0	0	0	0	0	65	78	0
27	0	24	8	1	0	0	0	2	0	0	0	1
28	0	0	8	2	0	0	0	0	0	1	6	7
29	1	0	0	0	0	0	15	0	1	5	11	0
30	2		4	0	1	0	5	0	0	5	31	0
31	4		0		0		0	0		0		0

Lampiran 8 Data Curah Hujan Tahun 2015

2015 Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	34	26,5	3	12	7	0	0	0	0	0	0	13
2	14	0	14,5	1,5	32	0	0	0	0	0	0	9,5
3	19	0	19,5	49	1	0	0	0	0	0	0	2,6
4	30	0	6	3	1	0	0	0	0	0	0	6
5	0	5,5	12,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	3,5
6	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	10	16	2,5	0	0	0	0	0	0	20,5	53
8	0	49,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	86,5
9	0	9,5	52,5	5,5	0	0	0	0	0	0	0	5,5
10	0	17	0,5	2	0	0	0	0	0	0	28	0,5
11	9	23	38	3,5	0	0	0	0	0	0	0	2,5
12	44	26	50,5	22	0	0	0	0	0	0	1,5	10
13	60,5	2	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
14	31,5	18	0	6	0	0	0	0	0	0	26,5	11,15
15	10,5	0	7,5	1	0	0	0	0	0	0	0	35
16	0,5	12,5	0	9,5	0	0	0	0	0	0	0	17,5
17	9	34	0	0	0	0	0	0	0	0	2	13,5
18	25	34,5	0	37,5	0	0	0	0	0	0	1,5	3,5
19	0	65	23,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	27,5	0	0	0	0	0	0	0	33
21	33	0	0	42	0	0	0	0	0	0	29,5	0,5
22	8,5	0	23,5	99	0	0	0	0	0	0	1	0
23	65	55,5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0,5
24	3	0	23	37	1,5	0	0	0	0	0	0	9,5
25	31,5	0	28	16	0	0	0	0	0	0	47,5	23,5
26	0	0	0	11,5	18,5	0	0	0	0	0	0	3,5
27	0	1,5	0	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5
28	0	23,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0
29	12,5		5,4	6,5	0	0	0	0	0	0	8	0
30	4,5		0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
31	44		0		3		0	0		0		0

Lampiran 9 Data Curah Hujan Tahun 2016

2016	Bulan											
Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	29,5	0	0	0	0,5	30	0	0	23,5	4	80,5
2	0	59,5	0	0	0	1,5	24	0	0	9	14,5	0
3	0	2,5	5,5	5,5	0	0	14,5	0	0	0	0	27
4	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	11,5	0	0
5	0,5	65	0	0	1	0	0	0	18	1	0	0
6	0	3,5	0	0	0	14,5	0	0,5	1,5	0	0	40,5
7	0	23,5	18	18	16,5	1,5	0	0,4	0	8	0	13
8	25,5	0	26	26	6,5	0	0	0	0,5	18	10,5	30
9	10	26,5	0	0	36,5	30	0	0	0	24,5	86,5	16,5
10	7,5	23	1	1	1,5	0	0	0	0	5	66,5	0
11	0	64	7,5	7,5	0	0	5,5	0	0	18	9,5	0
12	0	0	15,5	15,5	25	0	8,5	0	0	6	5	8
13	0	0	23,5	23,5	1	4	0	0	0	12,5	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	3,9	0	19	38	6
15	0	1	0	0	0	0	17	0	0	0	0	2
16	0	54	22	22	22	0	0	0	6	0	1,5	7,5
17	15	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	16,5
18	25	0	1	1	0	80,5	0	0	0,5	0	5	3
19	1,5	0	8,5	8,5	0	0	0	0	4,5	0	0	6
20	6	21,5	0	0	0	0	0	0	93,5	4,5	4,5	1,5
21	6	0,5	0	0	0	0	10,5	0	0	0	0	0
22	0,5	18	0	0	29,5	22	16,5	0	21,5	0	10	0
23	0	0	0	0	0,5	0	3,5	0	4,5	0	74,5	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	92,5	0	0	0
25	23	5	0	0	0,5	0	0	0	1,5	33,5	0	6,5
26	19	1	0	0	0	0	15	0	1	75,5	93,3	0
27	0	4,5	12	12	0	7	1	0	0	0	0	21
28	1	23	34,5	34,5	0	0	7	0,3	0	0	49,7	0
29	0	5	24	24	37,5	0	0	0	0	8	24	12,5
30	0		2	2	20	0	0	0	0	23	0	98,5
31	20		0		34		0	0		20,5		0,5

Lampiran 10 Data Curah Hujan Tahun 2017

2017 Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	36,5	37,5	0	0	69	0	0	0	0	0	3,5
2	5	11	0	1,5	15	17	0	0	0	0	0,5	0
3	3,5	0	0	20,5	5	0	0	0	0	0	0	0
4	18,5	9,5	28	22	2	2,5	0	0	0	14	13	0
5	7,5	0	0	74	0	0	0	0	0	0	17	0
6	0	6,5	28,5	28	1	0	0	0	0	11	5	0
7	0	2	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
8	12,5	3	0	2	0	0	0	0	0	21	7	0
9	15	23,5	0	1	0	0	5	0	0	0	5	9,5
10	1,5	16,5	0	38,5	0	0	0	0	0	0	0	0
11	12	24,5	3	16	0	0	0	0	0	0	6	21
12	3,5	74	0	0	0	27	0	0	0	0	45	0
13	19,5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	17	28
14	23	23,5	7	0	0	0	0	0	0	12,5	7	0
15	0	16	0	0	0	0	0	0	0	2	0	43
16	0,5	0	6,5	0	0	0	0	0	0	14	18	8
17	9	0	3,5	1,5	0	0	0	0	0	0	72,5	14,5
18	23,5	8,5	28	41,5	0	0	0	0	0	0	6,5	13
19	23	85	4	14	0	0	0	0	0	0	9,3	36,5
20	0	10,5	2,5	0	0	0	0	0	0	0	5	90,5
21	0	16,5	0	58	0	0	0	0	0	0	45,3	10,2
22	13	3	8	23	0	0	0	0	0	0	0	3,5
23	0	0	0	72,5	0	0	0	0	0	46	13	0
24	36	0	22	0	0	0	0	0	0	0	11	0
25	5	40	54	4	0	0	0	0	4,5	0	0	0
26	6	0	22	25	0	23	0	0	0	0	17,5	26
27	28	3	7	3,5	0	0	15,5	0	0	5,5	13	31,5
28	8,3	0	0	0,5	0	0	0	0	174,5	8,5	133	9,5
29	3		0	37	0	0	0	0	1,5	0	36,5	3,5
30	9,5		0	0	3	0	0	0	0	0	3	56
31	53		43		0		0	0		0		0

Lampiran 11 Data Curah Hujan Tahun 2018

2018 Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	26,5	34,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	45,5	40	15	0	0	0	0	0	0	0	0,5
3	89	8,5	25	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5
4	2	51,5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	46
5	47,5	10	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	22
6	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	3,5
7	7	94	95,5	7,5	0	0	0	0	0	0	0	1
8	4	4	18	0	0	0	0	0	0	0	11,5	0
9	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86,5	0
10	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	34
11	31,5	82,5	36	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0
12	0,5	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	39,5	15,5	9	7,5	0	0	0	0	0	0	2,5	0
14	2,5	10	0	1,5	0	0	0	0	0	0	39	7
15	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,2
16	43	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	2
17	0,5	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
18	17,5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
19	0	0	4	0	0	0	0	0	9	0	0	0
20	43	0	89,5	3,5	0	13	0	0	1,5	0	0	32,5
21	9	1	9,5	27	0	0	0	0	0	0	0	4
22	48	0	0	3,5	0	0	0	0	0	0	17	8,5
23	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5
24	77	0	4,5	0	9,5	0	0	0	0	0	0	7,5
25	1	1,5	27	0	21	8	0	0	0	0	28	11
26	7	6,5	9	0	0	0	0	0	0	0	114,6	0
27	11,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0
28	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	9,5	0
30	9,5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	16,5		0		0		0	0		0		0

Lampiran 12 Data Curah Hujan Tahun 2019

2019 Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	4	1	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	18,5	3,5	37	13	14,5	0	0	0	0	0	0	28
3	11,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	14
4	12	26,5	34,5	122,5	0	0	0	0	0	0	1,5	0
5	25,5	0	0	38,5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	10,5	5,5	80	37,5	2,5	0	0	0	0	0	0	40,5
7	54	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
8	0	9	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0
9	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
10	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
11	29,5	0	0	64,5	0	0	0	0	0	0	0	39
12	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,5
13	34,5	10	42	59,5	0	0	0	0	0	0	30	29
14	22,5	4	17,4	0	0	0	0	0	0	0	0	65
15	11,5	8	74	34	0	0	0	0	0	0	0	6,5
16	3,5	56	15	5,5	0	0	0	0	0	0	0	23,5
17	11,5	0	74	0	0	0	0	0	0	0	0	14,5
18	7,5	1,5	8	0	0	0	0	0	0	0	25	27,5
19	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5
20	12,5	51	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	10	29,5	34	0	0	0	0	0	0	0	0	16
22	17	14,5	61	0	0	0	0	0	0	0	4	20
23	46	17,5	26	1,5	0	0	0	0	0	0	19,5	4,5
24	36,5	28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
25	24	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	14	14	7,5	7	0	0	0	0	0	0	0	39
28	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	5,8
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	20	41,5
30	128		0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	10,5
31	0		5,3		0		0	0		0		85

Lampiran 13 Data Curah Hujan Tahun 2020

2020	Bulan											
Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	21,5	26,5	39	39,5	0	0	0	0	0	6,5	12,5	27,5
2	25	4	12,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	47,5
3	37	33	58	44,5	0	0	0	0	22	5,8	13	19,8
4	0	0	95,5	9,5	24,5	0	0	0	0	4,5	1	0
5	9	0	1	16	1	0	0	0	0	2	0	4
6	0	0	3	43	0,5	0	3,5	0	0	0	0	10
7	30	47	27	3	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	11	28,5	41,5	0	0	0	0	0	6,5	10
9	3	18	15	0	66	0	0	0	0	0	0	23
10	15	0	6,5	0	6,5	0	0	0	0	23	11,5	43,5
11	9	75	25	0	17,5	0	0	31	0	0	0	31,5
12	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	54
14	0	34	31,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,5	0
16	8	71,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3
17	0	0	32,5	20	0	0	0	0	0	0	0	42,5
18	0	30,5	1,5	48	0	0	0	0	0	0	0	7
19	0	47	90,1	6	24,5	0	0	0	0	0	0	0
20	0	10	7	0	18,5	0	0	0	0	43	38,8	0
21	0	66	0	6,5	0	14	0	0	0	0	0,7	0
22	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	1	16,5	0
23	0	53	6	41	0	0	0	0	1	1,5	6	0
24	3	37	5,5	0	0	0	0	0	0	0	34	0
25	3,5	47	19	0	0	0	0	0	13,5	4	0	53
26	0	21	0	0	6	0	0	0	5	5	0	34
27	20	49,5	0	0	0	0	0	0	0	18	0	1,5
28	4	20	1	0	0	0	0	0	0	0	53,5	0
29	0,5	9	10,5	0	0	0	0	0	0	0	7,5	25,5
30	4,5		10	0	15,5	0	0	0	0	6	0	40
31	30		63		0		0	0		60		11,8

Lampiran 14 Data Curah Hujan Tahun 2021

2021 Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	9,5	30,5	0	3,5	0	1,5	0	0	0	0	46	0,5
2	0	25,5	13	0	0	0	0	0	0	0	15	0
3	0	48	5,2	0	0	0	0	0	0	0	9	0
4	0	51,5	1,5	36,5	9	0	0	20	0	0	18	7,5
5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	2
6	8	0	16,5	38	0	0	0	0	0	0	10	21
7	12	1,8	20,5	3	0	0	0	0	0	0	1,5	6,5
8	5	7,4	15	0	0	0	0	0	0	0	5	2
9	6	22,5	48	9	0	0	0	0	0	0	1	17,5
10	17,5	2	3	27	0	6	15,5	0	0	0	35	4,5
11	20,5	0	0	0	0	24,5	0	0	41	0	16	0
12	63	3,5	7	2,5	0	2	0	0	23,5	0	0	0
13	34,5	0	0	9,5	0	0	0	20,5	0	0	6	0
14	0	1,5	11,5	13,5	0	0	0	0	3,5	0	20	0
15	0	26,5	9,5	7,5	0	0	0	0	4	0	5,5	0
16	0	7	2,5	0	3	68	0	0	0	0	24	27
17	3	1,5	51	0	0	0	0	0	0	0	27,5	18,6
18	59	1,5	52,5	0	0	0	0	0	0	0	55,5	19
19	17	11	0	0	0	57	0	0	0	0	1,5	33
20	22,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20
21	44	1,5	0	0	49	13	0	0	26,5	27,5	1	1
22	0	0	0	0	0	23,5	0	0	2	29	43	18,5
23	0	3	0	0	0,2	0,5	0	0	3	0	32	60,5
24	4	2	2	0	16	1,5	0	0	8	0	3	0
25	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	24,5	32	0	0	0	0	0	0	2,5	14	40,5	0
27	15	70,5	63	0	0	0	0	0	0	40	11	38
28	7,5	0	0	0	4,3	8,5	0	0	0	7,5	2	38,5
29	1,5		8	0	9	0	0	0	0	25,5	0	0
30	0		48	0	2,5	0	0	0	0	0	3	0
31	54		0		0		0	0		9,8		0

Lampiran 15 Data Curah Hujan Tahun 2022

2022	Bulan											
Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	21	0	3	0	0	0	0	0	0	12,2	2	0
2	0	0	17	30,5	0	0	0	0	0	56	32,5	0
3	0	0	9,5	3	0	6	0	0	0	15,5	0	0
4	0	13,5	4	0,5	0	24,5	0	0	0	0	2,5	10,5
5	0	0	1	23,3	0	1	0	0	0	0	8	3,5
6	0	16,5	5,5	3	15	1,5	9,9	1	0	4,5	34	34
7	0	0,5	1	2,5	15,3	0	0	0	6,8	1	66	14
8	0	0	3,5	o	1,2	1,5	0	0,5	3	12,5	6,7	0
9	5,5	0	18,5	0	0	0	0	0	13	33	6	39
10	3,5	46	23	25	1,5	3,3	0	0	53	1,5	1,2	0
11	20	67,5	17,	0	2,5	33,5	6,5	0	0	25	0	22
12	2,5	6,5	38	0	0	9	0	0,5	0	0	72,5	0
13	0	56	3	0	15,5	8	0	7	0	14	0	46
14	2,8	11	53,3	0	18,5	0	0	7,5	0	4,5	30	38
15	0	4,5	3,8	0	0	0	11	10	0	1	13,5	3,7
16	0	51	24,5	0	0	4,7	0	0	0	0	4	8
17	39,5	0	0	29	0	32	0	0	0	40	3	0
18	10,5	0	18,5	38,5	0	14,5	0	1	0	4,5	36	0
19	68,5	0	2,5	75,5	13,5	1	0	0	0	90	2,3	3
20	18	0	0	13,5	10	13	0	0	0	14	0	0
21	5	0	2,5	23,5	1,5	0	0	0	0	16	0	2
22	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52,5
23	0	0	32	23,5	0	14	0	0	18	0	10	57,5
24	0	0	0	8,55	0	0,5	0	0	0	0	5,5	21,5
25	0	3	13,5	7,5	0	0	0	0	0	49	7,5	3,5
26	36,5	8,5	35,5	21,5	0	47	0	0	0	17	4,5	42
27	5	18,5	20	0,5	0	0	0	0	0	0	5	0
28	13	8	11	5	0	0	0	0	3,5	0	0	1,5
29	1		21,5	0	0	0	0	0	0	0	23	0
30	0		5,5	0	0	0	0	0	24,6	0	6	0
31	0,5		8,5		0		0	0		0		13,5

Lampiran 16 Data Curah Hujan Tahun 2023

2023	Bulan											
Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	34,5	23,5	30,5	12,5	0	0	0	0	0	0	5,5
2	0	38	14	13,5	0	0	3,5	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	41
4	8,5	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	9,5
5	10	0	0	0	43	0	0	0	0	0	7	0
6	8	0	0	0	68	0	0	0	0	0	0	0
7	0	46,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	11,5	38	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	65,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	6	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
11	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	5	0
12	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0
13	0	38,5	0	4	0	0	0	0	0	0	15	0
14	0	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	33,5	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	18,5	39,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	21	0	0	8,7	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	40,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5	0
20	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	22	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	28,5	0	30,5	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	43	1,5	13,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	42,5	37	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	16	23	0	0	0	0	0	0	3,8	4
28	17	38	0,5	0	0	0	0	0	0	0	18	26
29	5,5		30	2	0	0	0	0	0	0	3	0
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	133	34
31	1,5		0		0		0	0		0		2

Lampiran 17 Tabel Nilai K_T Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

Koef Penyimpangan (CS)	Peluang (%)							
	99.01	50	20	10	5	4	2	1
	Return Period : Tr (Tahun)							
	1.01	2	5	10	20	25	50	100
1.0	-1.5580	-0.1640	0.758	1.340	1.809	2.043	2.542	3.022
0.9	-1.6600	-0.1480	0.769	1.339	1.792	2.018	2.498	2.957
0.8	-1.7730	-0.1320	0.780	1.336	1.774	1.993	2.453	2.891
0.7	-1.8060	-0.1160	0.790	1.333	1.756	1.967	2.407	2.824
0.6	-1.8800	-0.0990	0.800	1.328	1.735	1.939	2.359	2.755
0.5	-1.9550	-0.0830	0.803	1.323	1.714	1.910	2.231	2.686
0.4	-2.0290	-0.0660	0.816	1.317	1.692	1.880	2.261	2.615
0.3	-2.1040	-0.0500	0.824	1.309	1.669	1.849	2.211	2.544
0.2	-2.1780	-0.0330	0.830	1.301	1.646	1.818	2.159	2.472
0.1	-2.2520	-0.0170	0.836	1.292	1.621	1.785	2.107	2.400
0.0	-2.3260	0.0000	0.842	1.282	1.595	1.751	2.054	2.326
-0.01	-2.4000	0.0170	0.846	1.270	1.567	1.716	2.000	2.252
-0.02	-2.4720	0.0330	0.850	1.258	1.539	1.680	1.945	2.178
-0.03	-2.5440	0.0500	0.853	1.245	1.510	1.643	1.890	2.104
-0.04	-2.6150	0.0660	0.855	1.231	1.481	1.606	1.834	2.029
-0.05	-2.6860	0.0830	0.856	1.216	1.450	1.567	1.777	1.955
-0.06	-2.7550	0.0990	0.857	1.200	1.419	1.528	1.720	1.880
-0.07	-2.8240	0.1160	0.857	1.183	1.386	1.488	1.663	1.806
-0.08	-2.8910	0.1320	0.856	1.166	1.354	1.448	1.606	1.733
-0.09	-2.9570	0.1480	0.854	1.147	1.120	1.107	1.549	1.660
-1.0	-3.0220	0.1640	0.852	1.128	1.287	1.366	1.492	1.588
-1.1	-3.0220	0.1800	0.848	1.107	1.252	1.324	1.435	1.518
-1.2	-3.1490	0.1950	0.844	1.086	1.217	1.282	1.379	1.449
-1.3	-3.2110	0.2100	0.838	1.064	1.181	1.240	1.324	1.383
-1.4	-3.2710	0.2250	0.832	1.041	1.146	1.198	1.270	1.318
-1.5	-3.3300	0.2400	0.825	1.018	1.108	1.157	1.217	1.256
-1.6	-3.3880	0.2540	0.817	0.994	1.075	1.116	1.166	1.197
-1.7	-3.4440	0.2680	0.808	0.970	1.040	1.075	1.116	1.140
-1.8	-3.4990	0.2820	0.799	0.945	1.005	1.035	1.069	1.087
-1.9	-3.5530	0.2940	0.788	0.920	0.971	0.996	1.023	1.037
-2.0	-3.0650	0.3070	0.777	0.895	0.938	0.959	0.980	0.990
-2.1	-3.6560	0.3190	0.765	0.869	0.905	0.923	0.939	0.946
-2.2	-3.7050	0.3300	0.752	0.844	0.873	0.888	0.900	0.905
-2.3	-3.7530	0.3410	0.739	0.819	0.843	0.855	0.864	0.867
-2.4	-3.8000	0.3510	0.725	0.795	0.814	0.823	0.830	0.832
-2.5	-3.8450	0.3600	0.711	0.771	0.786	0.793	0.798	0.799
-2.6	-3.8890	0.3680	0.696	0.747	0.758	0.764	0.768	0.769
-2.7	-3.9320	0.3760	0.681	0.724	0.733	0.738	0.740	0.740
-2.8	-3.9730	0.3840	0.666	0.702	0.709	0.712	0.714	0.714
-2.9	-4.0130	0.3900	0.651	0.681	0.682	0.683	0.689	0.690
-3.0	-4.0510	0.3960	0.636	0.660	0.664	0.666	0.666	0.667

(Sumber : Soewarno, 1993)

Lampiran 18 Tabel Nilai Derajat Kepercayaan

dk	Derajat kepercayaan (α)							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,388	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,448	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,114	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,733	46,979	50,892	53,672

(Sumber: Kamiana, 2011)

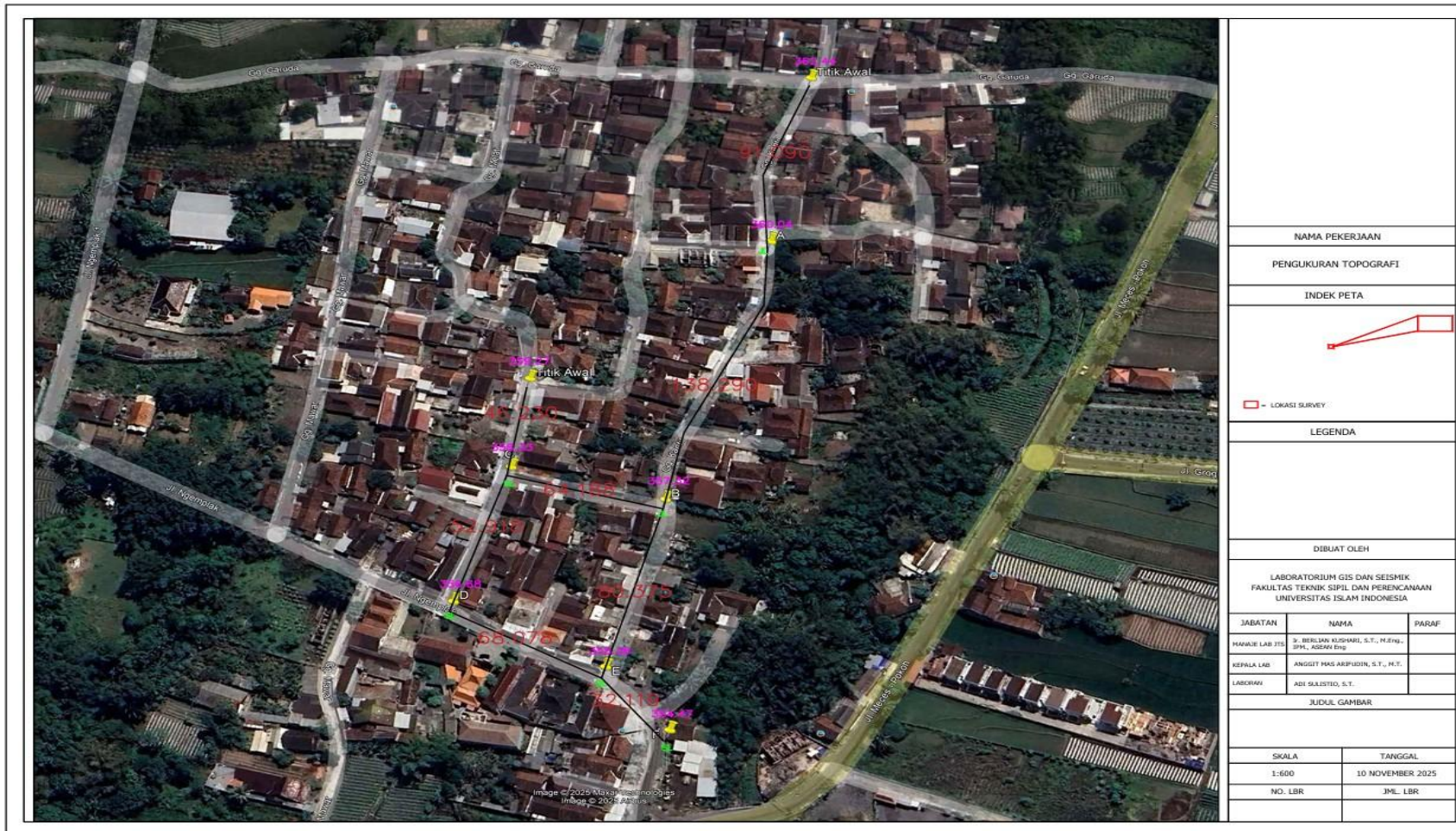
Lampiran 19 Gambar Saluran Eksisting AB



Lampiran 20 Gambar Saluran Eksisting BC

Lampiran 21 Gambar Pengukuran Elevasi Saluran Menggunakan *Theodolit*



Lampiran 22 Gambar Data Pengukuran Elevasi Saluran



NAMA PEKERJAAN		
PENGUKURAN TOPOGRAFI		
INDEK PETA		
		
 - LOKASI SURVEY		
LEGENDA		
DIBUAT OLEH		
LABORATORIUM GIS DAN SEISMIK FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA		
JABATAN	NAMA	PARAF
KAWALAU LAR 375	S. BERILIAN KUSHARI, S.T., M.Eng., SPM., ASEAN Eng	
KEPALA LAB	ANGGIT HAS ARIFUDIN, S.T., M.T.	
LABORAN	ADI SULESTIO, S.T.	
JUDUL GAMBAR		
SKALA	TANGGAL	
1:600	10 NOVEMBER 2025	
NO. LBR	JML. LBR	