TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN KAJIAN SALURAN DRAINASE PADA JALAN LINGKAR SELATAN STA 3+350 S/D STA 4+850, CILEGON DENGAN SNI 03-3424-1994 DAN PERSAMAAN KIRPICH

(COMPARISON OF DRAINAGE ON SOUTH RING ROAD STA 3+350 TO STA 4+850, CILEGON CITY WITH SNI 03-3424-1994 AND EQUATION BY KIRPICH)

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



Muhammad Rizki Alfikar

18511194

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - PROGRAM SARJANA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2025

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN KAJIAN SALURAN DRAINASE PADA JALAN LINGKAR SELATAN STA 3+350 S/D STA 4+850, CILEGON DENGAN SNI 03-3424-1994 DAN PERSAMAAN KIRPICH

(COMPARISON OF DRAINAGE ON SOUTH RING ROAD STA 3+350 TO STA 4+850, CILEGON CITY WITH SNI 03-3424-1994 AND EQUATION BY KIRPICH)

Disusun Oleh:

Muhammad Rizki Alfikar
18511194

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

Diuji pada tanggal
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji 1	Penguji 2
Sri Amini Yuni Astuti, Dr. Ir., M.T.	**Dinia Anggraheni S.T., M.Eng.**	**Astriana Hardawati S.T., M.Eng.**
NIK: 885110101	**NIK: 165110105**	**NIK: 165111301**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini, saya menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai bagian dari persyaratan penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia adalah hasil karya saya sendiri. Setiap bagian dalam laporan ini yang berasal dari karya orang lain telah dicantumkan sumbernya secara jelas, sesuai dengan kaidah dan etika penulisan ilmiah yang berlaku. Jika di kemudian hari terbukti bahwa seluruh atau sebagian isi laporan ini bukan hasil karya saya sendiri atau terdapat unsur plagiasi, saya siap menerima sanksi yang berlaku, termasuk pencabutan gelar akademik, sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 25 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan



Muhammad Rizki Alfikar

(18511194)

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan rasa syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Perbandingan Kajian Saluran Drainase Pada Jalan Lingkar Selatan Sta 3+350 S/D Sta 4+850, Cilegon dengan SNI 03-3424-1994 dan Persamaan Kirpich". Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menerima banyak bantuan dari berbagai pihak, baik dalam bentuk bimbingan, dukungan, saran, maupun kritik yang membangun. Atas segala bantuan tersebut, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Sri Amini Yuni Astuti, Dr. Ir., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan serta masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dinia Aggraheni S.T., M.Eng. dan Ibu Astriana Hardawati S.T.,M.Eng. selaku dosen penguji 1 dan penguji 2 yang telah memberi masukan baik itu kritik, saran, dan evaluasi sehingga Tugas Akhir ini menjadi lebih baik.
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. Selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Orang tua penulis Bapak Mariyono, dan Ibu tercinta Juliah yang telah membesarkan penulis hingga saat ini dan selalu memberikan doa kasih sayang, serta selalu membimbing dalam hal apapun sehingga penulis tidak menyerah untuk terus maju dan semangat.
5. Adik penulis Wildan Muzakki yang sudah membuat penulis menjadi tambah semangat untuk selalu menjadi sukses.

6. Putri Nabila Muchtar yang hadir menjadi penyemangat bagi penulis disaat masa sulit.
7. Keluarga Teknik Sipil Angkatan 2018 yang sudah membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuan sehingga penulis dapat menyeleseikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Wassalamualikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 25 Agustus 2025



Muhammad Rizki Alfikar

(18511194)

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR i

LEMBAR PENGESAHAN II

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI III

KATA PENGANTAR IV

DAFTAR ISI VI

DAFTAR TABEL IX

DAFTAR GAMBAR XI

DAFTAR LAMPIRAN XII

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN XIII

ABSTRAK XV

ABSTRACT XVI

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Manfaat Penelitian 2

1.5 Batasan Penelitian 2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4

2.1 Tinjauan Umum 4

2.2 Penelitian Terdahulu 4

2.2.1 Evaluasi Fungsi Saluran Drainase di Jalan Gajayana dan Jalan Sumbersari Kota Malang 4

2.2.2 Evaluasi Saluran Drainase untuk Pengendalian Banjir di Jalan Sukowati Sragen **Error! Bookmark not defined.**

2.2.3 Evaluasi Saluran Drainase Pada Jalan Lingkar Selatan STA 3+350 s/d STA 4+850, Cilegon 6

2.2.4 Evaluasi Sistem Drainase terhadap Genangan Air pada Ruas Jalan Malangbong-Wado di Kabupaten Garut 6

2.3 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya 7
BAB III LANDASAN TEORI 10
3.1 Drainase 10
3.2 Hidrologi 10
3.2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) 10
3.2.2 Curah Hujan 11
3.3 Distribusi Probabilitas 12
3.3.1 Distribusi Normal 13
3.3.2 Distribusi Log Normal 13
3.3.3 Distribusi *Log Pearson III* 14
3.3.4 Distribusi Gumbel 14
3.4 Pengujian Distribusi 15
3.5 Intensitas Curah Hujan 16
3.6 Koefisien Pengaliran (*Runoff*) 18
3.7 Debit Banjir Rencana 19
3.8 Analisis Hidraulika 20
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 22
4.1 Jenis Penelitian 22
4.2 Lokasi Penelitian 22
4.3 Pengumpulan Data 22
4.5 Bagan Alir Tugas Akhir 24
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 26
5.1 Data Penilitian 26
5.5.1 Bagan Saluran Drainase 26
5.1.2 Dimensi Saluran Eksisting 29
5.1.3 Tata Guna Lahan 30
5.1.4 Data Curah Hujan 33
5.2 Analisis Kapasitas Saluran Drainase Eksisting 34
5.3 Analisis Frekuensi 38
5.3.1 Hujan Rancangan 38
5.3.2 Intensitas Hujan 49

5.3.3 Koefisien Aliran 57
5.3.4 Debit Rancangan 60
5.4 Analisis Kecukupan 62
5.5 Pembahasan 63
5.6 Solusi 63
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 68
6.1 Kesimpulan 68
6.2 Saran 68
DAFTAR PUSTAKA 69
LAMPIRAN 71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu 9
Tabel 3. 1 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota 12
Tabel 3. 2 Periode Ulang Debit Rencana 12
Tabel 3. 3 Parameter Statis untuk Pemilihan Jenis Distribusi 13
Tabel 3.4 Koefisien Hambatan 17
Tabel 3. 5 Koefisien Pengaliran (C) 19
Tabel 3. 6 Nilai Koefisien Manning 21
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Pada Kelompok Saluran Drainase 29
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Tata Guna Lahan Pada Lokasi Penelitian 32
Tabel 5. 3 Data Curah Hujan Maksimum Tahun 2010 s/d 2021 33
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Perhitungan Kemiringan Pada Saluran 36
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Kecepatan Aliran Pada Saluran 37
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Debit Kapasitas Pada Saluran 38
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Perhitungan Pada Standar Deviasi 39
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Perhitungan Pada Koefisien Skewness 40
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perhitungan Pada Koefisien Kuortosis 41
Tabel 5. 10 Persyaratan Parameter Statistik Distribusi 42
Tabel 5. 11 Nilai Pada Chi Kuadrat 43
Tabel 5. 12 Perhitungan Nilai x^2 45
Tabel 5. 13 Distribusi Frekuensi Distribusi Log Pearson III 47
Tabel 5. 14 Interpolasi Nilai KT Distribusi Log Pearson III 48
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Kala Ulang 49
Tabel 5. 16 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi dengan SNI 03-3424-1994 52
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi dengan Rumus Kirpich 53
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Intensitas Hujan dengan tc dari Perhitungan SNI 03 - 3424 -1994 56
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Intensitas Hujan dengan tc dari Perhitungan Rumus Kirpich 56

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Koefisien Limpasan Komposit 59
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan dengan I dari Perhitungan SNI 03-3424-1994 61
Tabel 5. 22 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan dengan I dari Perhitungan Rumus Kirpich 61
Tabel 5. 23 Rekapitulasi Analisi Kecukupan dengan Perhitungan SNI 03-3424-1994 63
Tabel 5. 24 Rekapitulasi Analisi Kecukupan dengan Perhitungan Rumus Kirpich 63
Tabel 5. 25 Rekapitulasi Desain Ulang Pada Saluran 67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian 22
Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian 25
Gambar 5. 1 Skema Layanan Saluran Drainase 27
Gambar 5. 2 Saluran Drainase Kelompok 1 28
Gambar 5. 3 Saluran Drainase Kelompok 2 28
Gambar 5. 4 Saluran Drainase Kelompok 3 28
Gambar 5. 5 Saluran Drainase Kelompok 4 29
Gambar 5. 6 Dimensi Pada Saluran Eksisting 30
Gambar 5. 7 Tata Guna Lahan Pada Lokasi Penelitian 31
Gambar 5. 8 Daerah Tangkapan Air 57
Gambar 5. 9 Ilustrasi Penampang Saluran Segi Empat 63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal Tugas Akhir 72
Lampiran 2. Tabel Faktor Frekuensi K_T Distribusi Log Pearson III 73
Lampiran 3. Tabel Nilai Chi Kuadrat Kritik 74

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$Q_{eksisting}$	=	Debit air yang dapat ditampung oleh saluran yang ada
Q_{banjir}	=	Debit banjir rencana yang didapat dari analisis menggunakan metode rasionalis
DAS	=	Daerah aliran sungai
BMKG	=	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
$\bar{x}$	=	Nilai rata-rata
x_i	=	Nilai pengukuran curah hujan bulan ke-i
n	=	Jumlah data
S_d	=	Standar deviasi
C_v	=	Koefisien variasi dari data curah hujan
C_k	=	Koefisien kurtosis dari data curah hujan
C_s	=	Koefisien kemencengan dari data curah hujan
X_T	=	Perkiraan besar nilai kedalaman hujan yang terjadi para periode ulang T-tahunan
K_T	=	Faktor frekuensi
Y_T	=	Perkiraan besar nilai kedalaman hujan yang terjadi para periode ulang T-tahunan
$\bar{Y}$	=	Nilai rata rata logaritmik kedalaman hujan X
Y_n	=	Nilai yang tergantung pada jumlah sampel-n
I	=	Intensitas hujan
t_c	=	Waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir dari titik terjauh lahan hingga titik akhir saluran
t_1	=	Waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir dari titik tejauh lahan menuju saluran *inlet* (*inlet time*)
t_2	=	Waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir dari awal saluran hingga akhir saluran.
R_{24}	=	Curah hujan maksimum harian (mm)

S_0	=	Kemiringan rata-rata saluran yang ada
C	=	Koefisien limpasan
A	=	Luas daerah tangkapan air
A_s	=	Luas penampang basah saluran
V	=	Kecepatan aliran dalam saluran
R	=	Jari-jari hidrolik
P	=	Keliling basah
H	=	Tinggi saluran
B	=	Lebar saluran
Δh	=	Beda elevasi (hulu – hilir)
x^2	=	Nilai chi kuadrat
L_o	=	Panjang aliran dari titik air hujan jatuh terjauh lahan hingga inlet saluran
L	=	Panjang saluran
n_d	=	Koefisien hambatan

ABSTRAK

Jalan Lingkar Selatan Cilegon memiliki peran penting sebagai jalur logistik, akses kawasan industri, pariwisata Anyer, serta jalur evakuasi bencana. Namun, pada beberapa titik ruas jalan, khususnya di STA 3+350 sampai STA 4+850, sering terjadi genangan air hingga setinggi betis saat hujan deras. Kondisi ini menyebabkan terganggunya arus lalu lintas serta kerusakan perkerasan jalan. Genangan tersebut dipicu oleh perubahan tata guna lahan di sekitar jalan yang mengurangi daerah resapan serta menurunkan kinerja sistem drainase eksisting. Oleh karena itu, dilakukan kajian terhadap kapasitas saluran drainase pada lokasi tersebut untuk menilai apakah masih mampu menampung debit limpasan air hujan. Apabila kapasitas saluran lebih kecil dibandingkan debit rencana, maka diperlukan perencanaan ulang sistem drainase yang sesuai. Penelitian ini juga menerapkan analisis waktu konsentrasi menggunakan metode SNI 03-3424-1994 serta metode Kirpich sebagai perbandingan.

Evaluasi kapasitas drainase dilakukan dengan membandingkan antara debit kapasitas saluran yang ada dengan debit banjir rencana. Perhitungan waktu konsentrasi (tc) menggunakan rumus yang tercantum dalam SNI 03-3424-1994 serta metode Kirpich. Kapasitas saluran eksisting dianalisis secara hidraulis dengan menghitung kecepatan aliran menggunakan persamaan Manning. Sementara debit banjir rencana diperoleh dengan metode rasional, dan intensitas hujan dihitung pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun menggunakan persamaan Mononobe. Suatu saluran drainase dianggap aman apabila kapasitas debitnya lebih besar atau sama dengan debit banjir rencana. Jika debit banjir rencana melebihi kapasitas saluran, maka saluran tersebut dikategorikan tidak aman atau berpotensi melimpas.

Hasil dari penelitian menunjukkan adanya perbedaan antara perhitungan dari SNI 03-3424-1994 dengan Kirpich. Q rancangan pada kala ulang 50 tahun yang diperoleh dengan metode Kirpich lebih kecil dengan angka tertinggi yang dimilikinya sebesar 1,1157 m^3/det berbanding dengan SNI 03-3424-1994 sebesar 4,1467 m^3/det. Pada metode Kirpich secara keseluruhan saluran berada pada kondisi aman, sedangkan pada perhitungan SNI 03-3424-1994 dari 8 saluran yang dianalisis tidak satu pun saluran dalam kondisi yang aman. Hal itu disebabkan Q eksisting dengan rentang 0,7389 m^3/det s/d 1,7074 m^3/det tidak mampu menampung Q rancangan pada perhitungan SNI 03-3424-1994 dengan rentang 0,4526 m^3/det s/d 4,1467 m^3/det.

Kata Kunci: Drainase Jalan, Debit Rencana, SNI 03-3424-1994, Rumus Kirpich.

ABSTRACT

The Cilegon South Ring Road plays a crucial role as a logistics route, access to industrial areas, and the Anyer tourism area, as well as a disaster evacuation route. However, several points along the road, particularly at STA 3+350 to STA 4+850, frequently experience calf-deep flooding during heavy rain. This disrupts traffic flow and damages the road pavement. These floodings are triggered by changes in land use around the road, which reduce infiltration areas and reduce the performance of the existing drainage system. Therefore, a study was conducted on the drainage channel capacity at the location to assess whether it is still capable of accommodating rainwater runoff. If the channel capacity is smaller than the planned discharge, appropriate drainage system redevelopment is required. This study also applied a time-of-concentration analysis using the SNI 03-3424-1994 method and the Kirpich method for comparison.

Drainage capacity evaluation is conducted by comparing the existing channel capacity with the planned flood discharge. The time of concentration (tc) calculation uses the formula listed in SNI 03-3424-1994 and the Kirpich method. The existing channel capacity is analyzed hydraulically by calculating the flow velocity using the Manning equation. Meanwhile, the planned flood discharge is obtained using the rational method, and rainfall intensity is calculated at return periods of 2, 5, 10, 25, and 50 years using the Mononobe equation. A drainage channel is considered safe if its discharge capacity is greater than or equal to the planned flood discharge. If the planned flood discharge exceeds the channel capacity, the channel is categorized as unsafe or has the potential to overflow.

The results of the study showed a difference between the calculations of SNI 03-3424-1994 and Kirpich. The design Q at a 50-year return period obtained by the Kirpich method was smaller with the highest number it had of 1.1157 m^3/sec compared to SNI 03-3424-1994 of 4.1467 m^3/sec. In the Kirpich method, the channel as a whole was in a safe condition, while in the calculation of SNI 03-3424-1994, none of the 8 channels analyzed were in a safe condition. This was because the existing Q with a range of 0.7389 m^3/sec to 1.7074 m^3/sec was unable to accommodate the design Q in the calculation of SNI 03-3424-1994 with a range of 0.4526 m^3/sec to 4.1467 m^3/sec.

Keywords: *Road Drainage, Design Discharge, SNI 03-3424-1994, Kirpich Formula.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan Lingkar Selatan Cilegon adalah sebuah jalan yang dibangun untuk mengurai kemacetan di pusat kota Cilegon dan juga sebagai jalur logistik serta akses menuju ke kawasan industry dan pariwisata Anyer. Jalan ini juga diproyeksikan sebagai jalur evakuasi bencana dan mendukung pembangunan pada Jembatan Selat Sunda. Jalan tersebut dikenal dengan tingkat mobilitasnya yang sangat tinggi, sehingga pada tahun 2022 jalan tersebut diganti statusnya oleh pemerintah Cilegon menjadi jalan nasional.

Pada tahun 2023 terjadi genangan air setinggi betis di Jalan Lingkar Selatan Cilegon yang disebabkan oleh hujan. Dikarenakan genangan yang cukup tinggi, arus lalu lintas di jalan tersebut jadi terganggu. Seiring sering terjadinya hujan jalan tersebut menjadi rusak serta mengganggu aktivitas kendaraan yang melalui jalan tersebut. Adanya perubahan lahan terbuka di sisi jalan yang menyebabkan munculnya genangan ketika hujan turun dikarenakan drainase eksisting yang sudah tidak mampu menampung serta mengaliri air hujan.

Berdasarkan uraian studi kasus di atas, maka dilakukan penelitian kajian saluran drainase di Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon STA 3+350 s/d 4+850. Lokasi tersebut dipilih karena sering terjadi genangan sepanjang 50 meter dan datanya tersedia. Evaluasi atau kajian sistem drainase tersebut diperlukan untuk mengetahui kapasitas saluran drainase di jalan tersebut sudah memadai atau tidak dalam mengalirkan limpasan air hujan. Jika kapasitas pada saluran eksisting lebih kecil dari pada debit limpasan, maka akan direncanakan ulang sistem saluran drainase yang sesuai dengan kapasitas debit rencana. Pada penelitian ini juga melihat penggunaan rumus waktu konsentrasi (t_c) dengan metode SNI 03-3424-1994 dan rumus waktu konsentrasi (t_c) Kirpich.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa debit limpasan atau debit banjir rencana pada Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon dengan rumus waktu konsentrasi SNI dan rumus Kirpich ?
2. Apakah kapasitas pada saluran drainase eksisting pada Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon dapat menampung debit rencana ?
3. Apakah saluran drainase pada Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon perlu didesain ulang agar mampu menampung debit banjir rencana ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yang berdasarkan rumusan masalah diatas adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui berapa debit limpasan atau debit banjir rencana saluran drainase pada Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon dengan menggunakan rumus SNI 03-3424-1994 dan rumus Kirpich.
2. Mengetahui apakah kapasitas eksisting saluran drainase pada Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon mampu menampung debit rencana.
3. Mengetahui apakah saluran drainase pada Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon perlu didesain ulang atau tidak.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengetahui penyebab terjadinya genangan air pada Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon dapat bermanfaat dalam perencanaan drainase bagi pemerintah setempat.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan-batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kajian sistem drainase dilakukan di Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon STA 3+350 s/d STA 4+850.
2. Data curah hujan diambil dari Stasiun Meteorologi Maritim Serang BMKG Kota Serang tahun 2010 s/d 2021.
3. Debit banjir rencana dihitung menggunakan metode Rasional.

4. Perhitungan kapasitas saluran eksisting dan perencanaan ulang dimensi menggunakan rumus Manning.
5. Tidak menghitung RAB.
6. Koefisien aliran didapatkan dari penelitian terdahulu.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Dalam suatu penelitian, tinjauan pustaka atau kajian pustaka merupakan suatu tahapan untuk meninjau atau mengkaji kembali berbagai literatur yang telah dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya terkait dengan topik yang akan diteliti. Tinjauan pustaka dilakukan agar dapat memperoleh informasi yang relevan terkait permasalahan dari penelitian sejenis yang akan dilakukan sebagai gambaran dalam pelaksanaan penelitian, serta agar penelitian dapat dilakukan seilmiah mungkin dengan metode – metode yang tepat dan terhindar dari plagiasi.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang akan digunakan sebagai gambaran penelitian bersumber dari karya ilmiah yang dipublikasikan melalui jurnal, maupun skripsi terkait dengan evaluasi saluran drainase. Adapun penelitian terdahulu dapat dilihat pada sub-bab sebagai berikut.

2.2.1 Evaluasi Fungsi Saluran Drainase di Jalan Gajayana dan Jalan Sumbersari Kota Malang

Jifa dkk. (2015), perkembangan pesat Kota Malang menyebabkan berkurangnya lahan resapan sehingga sering terjadi genangan atau banjir. Kondisi tersebut diperparah oleh menurunnya fungsi saluran drainase akibat sedimentasi, penyumbatan sampah, serta dimensi saluran yang tidak memadai. Penelitian mereka bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting saluran drainase di Jalan Gajayana dan Jalan Sumbersari, merancang ulang dimensi saluran berdasarkan hujan rancangan dengan kala ulang 25 tahun, serta menilai kemampuan saluran eksisting dalam menampung debit banjir rencana pada kala ulang 10 dan 25 tahun.

Metode yang digunakan berupa metode deskriptif evaluatif melalui pengumpulan data primer (pengukuran saluran eksisting) dan data sekunder (curah

hujan, tata guna lahan, peta wilayah). Analisis hidrologi dilakukan menggunakan uji konsistensi data, distribusi Log Pearson III, rumus Mononobe untuk intensitas hujan, dan metode Rasional untuk debit banjir rencana. Kapasitas saluran kemudian dihitung dengan rumus Manning dan dibandingkan dengan hasil perencanaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa saluran di Jalan Gajayana masih mampu menampung debit banjir hingga kala ulang 25 tahun, sedangkan saluran di Jalan Sumbersari tidak mencukupi sehingga memerlukan redesign dimensi. Peneliti juga menekankan perlunya perawatan rutin, seperti pengerukan sedimentasi dan pembersihan sampah, agar fungsi drainase tetap berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan pentingnya evaluasi kapasitas saluran drainase secara berkala, khususnya pada kawasan dengan perubahan tata guna lahan yang pesat.

2.2.2 Evaluasi Saluran Drainase untuk Pengendalian Banjir di Jalan Sukowati Sragen

Wijayanti dkk. (2022) melakukan penelitian mengenai evaluasi saluran drainase untuk pengendalian banjir di Jalan Sukowati, Sragen. Lokasi ini kerap mengalami banjir dan genangan pada musim hujan karena kapasitas saluran eksisting tidak mampu menampung debit banjir rencana. Penelitian bertujuan mengevaluasi kondisi saluran eksisting dan membandingkannya dengan kapasitas rencana untuk mengetahui kebutuhan perencanaan ulang.

Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis hidrologi dan analisis hidraulika. Analisis hidrologi dilakukan dengan menghitung hujan rencana berdasarkan data curah hujan maksimum tahunan periode 2001–2020 dari Stasiun Batu Jamus. Distribusi frekuensi curah hujan dianalisis menggunakan metode Log Pearson Type III setelah diuji dengan Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Selanjutnya, debit banjir rencana ditentukan dengan Metode Rasional untuk kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Analisis hidraulika dilakukan dengan menghitung kapasitas saluran eksisting menggunakan persamaan Manning, kemudian dibandingkan dengan debit rencana untuk mengetahui kecukupan kapasitas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas saluran eksisting lebih kecil dibandingkan debit banjir rencana, baik pada sisi selatan (1,27 m^3/s < 1,40 m^3/s)

maupun sisi utara (0,54 m^3/s < 0,95 m^3/s). Dengan demikian, saluran drainase tidak mampu menampung debit banjir rencana sehingga diperlukan perencanaan ulang dimensi saluran. Redesign saluran yang disarankan adalah berukuran 1,14 m × 0,57 m di bagian selatan dan 1,42 m × 0,71 m di bagian utara. Penelitian ini menegaskan bahwa evaluasi sistem drainase secara berkala sangat penting, terutama untuk menyesuaikan kapasitas saluran dengan perubahan tata guna lahan dan peningkatan limpasan permukaan.

2.2.3 Evaluasi Saluran Drainase Pada Jalan Lingkar Selatan STA 3+350 s/d STA 4+850, Cilegon

Mus'ab (2024) melakukan penelitian tentang evaluasi saluran drainase di Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon pada STA 3+350 s/d STA 4+850 yang bertujuan untuk mengetahui penyebab adanya genangan air sepanjang 50 meter. Namun pada daerah sekitar saluran pembuang atau saluran outlet belum pernah terjadi genangan, sehingga evaluasi yang dilakukan sangat penting agar nantinya dapat dilakukan penanganan yang tepat dalam mengatasi genangan air yang akan muncul.

Penentuan kapasitas pada saluran drainase eksisting menggunakan analisis hidraulika dengan perhitungan perhitungan kecepatan aliran pada saluran menggunakan rumus *manning*, sedangkan debit rencana menggunakan metode rasional dengan intensitas hujan dihitung pada kala ulang 2 hingga 50 tahun dengan menggunakan rumus *monobe*. Kemudian dalam menentukan debit puncak hujan rencana pada perencanaan saluran drainase menggunakan metode Rasional. Kemampuan pada saluran drainase dalam mengalirkan air dengan debit tertentu dapat diketahui dengan membandingkan kapasitas pada saluran drainase eksisting dengan debit rencana maksimum dari penggunaan rumus Rasional.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa terjadi limpasan pada saluran eksisting dengan kala ulang 50 tahun. Saluran eksisting yang tidak dapat menampung debit banjir rencana dilakukan desain ulang dengan memperbesar dimensi penampang pada saluran.

2.2.4 Evaluasi Sistem Drainase terhadap Genangan Air pada Ruas Jalan Malangbong-Wado di Kabupaten Garut

Fitriyadi dan Permana (2024) melakukan penelitian mengenai evaluasi sistem drainase pada ruas Jalan Malangbong–Wado di Kabupaten Garut, yang sering mengalami genangan akibat tingginya curah hujan dan menurunnya fungsi saluran. Permasalahan diperburuk oleh adanya penyumbatan sampah, sedimentasi, serta berkurangnya lahan resapan di sekitar jalan.

Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis hidrologi, analisis hidraulika, dan simulasi perangkat lunak. Analisis hidrologi dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun (2012–2021) yang diuji dengan distribusi probabilitas Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III. Berdasarkan uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov, distribusi Log Pearson III dipilih sebagai distribusi yang paling sesuai. Intensitas hujan rencana dihitung dengan rumus Mononobe, sedangkan debit banjir rencana diperoleh dengan metode Rasional pada periode ulang 5 tahun. Analisis hidraulika digunakan untuk menghitung kapasitas saluran eksisting melalui persamaan debit saluran ($Q = A \times V$). Selain itu, digunakan simulasi SWMM 5.1 untuk memodelkan aliran dan mengevaluasi kinerja saluran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa saluran eksisting (J1, J2, J3, dan J5) memiliki kapasitas yang lebih kecil dibandingkan debit banjir rencana ($Qs < Qr$), sehingga tidak mampu menampung limpasan hujan. Oleh karena itu, dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran, dan diperoleh rancangan optimal berbentuk persegi dengan ukuran lebar 0,8 m dan tinggi 1,0 m (termasuk tinggi jagaan 0,2 m). Hasil simulasi SWMM membuktikan bahwa saluran dengan dimensi tersebut mampu menampung debit banjir rencana sehingga dapat mengurangi potensi genangan.

2.3 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan, semuanya hampir memiliki jenis topik yang sama yaitu mengenai evaluasi saluran drainase dan juga kesamaan dalam penggunaan metode. Walaupun terdapat beberapa kesamaan pada akhirnya akan memiliki hasil yang berbeda karena dipengaruhi oleh lokasi yang ditinjau, hal tersebut menimbulkan perbedaan dalam topografi, hidrologi, geologi,

klimatologi, dan berbagai macam faktor pendukung yang ada disekitar lokasi penelitian. Adapun persamaan dan perbedaan dapat dilihat lebih rinci pada Tabel 2.1. di halaman selanjutnya.

Tabel 2. 1 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Jifa dkk (2015)	Wijayanti dkk (2022)	Mus'ab (2024)	Fitriyadi & Permana (2019)	Muhammad Rizki Alfikar (2025)
Karya Tulis	Jurnal	Tugas Akhir	Tugas Akhir	Tugas Akhir	Tugas Akhir
Judul	Evaluasi Fungsi Saluran Drainase di Jalan Gajayana dan Jalan Sumbersari Kota Malang	Evaluasi Saluran Drainase untuk Pengendalian Banjir di Jalan Sukowati Sragen	Evaluasi Saluran Drainase Pada Jalan Lingkar Selatan STA 3+350 s/d STA 4+850, Cilegon	Evaluasi Sistem Drainase terhadap Genangan Air pada Ruas Jalan Malangbong-Wado di Kabupaten Garut	Perbandingan Kajian Saluran Drainase Pada Jalan Lingkar Selatan STA 3+350 s/d STA 4+850, Cilegon dengan SNI 03-3424-1994 dan Persamaan Kirpich
Lokasi	di Jalan Gajayana dan Jalan Sumbersari Kota Malang	di Jalan Sukowati Sragen	Jalan Lingkar Selatan STA 3+350 s/d STA 4+850 Cilegon, Banten	Jalan Malangbong-Wado di Kabupaten Garut	Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon STA 3+350 s/d STA 4+850, Cilegon, Banten
Intensitasi Hujan Maksimum Kala Ulang	2, 5, 10, dan 25 tahun	2, 5, dan 10 tahun	2, 5, 10, 25, dan 50 tahun	2, dan 5 Tahun	2, 5, 10, 25, dan 50 Tahun
Metode Distribusi Sebaran	Log Pearson III	Log Pearson III	Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson III	Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson III	Log Pearson III
Uji Distribusi Sebaran	Tidak Memakai Uji Distribusi Sebaran	Chi Kuadrat dan Smirnov Kormogorov	*Chi Kuadrat*	*Chi Kuadrat* dan *Smirnov Kormogorov*	*Chi Kuadrat*
Debit Rencana	Metode Rasional	Metode Rasional	Metode Rasional	Metode Rasional	Metode Rasional

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Drainase

Drainase diartikan sebagai rangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang limpasan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai upaya pengendalian kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Drainase merupakan suatu sistem untuk menyalurkan air hujan. Sistem ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam menciptakan lingkungan yang sehat, apalagi di daerah dengan populasi yang padat seperti perkotaan. Evaluasi saluran drainase diperlukan untuk mengetahui kapasitas penampang dengan menghitung debit banjir rencana.

3.2 Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang air di bumi, termasuk pergerakan, distribusi, dan kualitasnya. Hidrologi mencakup beberapa aspek seperti siklus air, sumber daya air, dan interaksi air dengan lingkungan dan kehidupan. Siklus hidrologi merupakan proses berkelanjutan pada pergerakan air dari permukaan bumi ke atmosfer dan kembali lagi, yang melibatkan penguapan (evaporasi), transpirasi, kondensasi, presipitasi (hujan, salju), limpasan permukaan (runoff), dan perembesan (infiltrasi).

3.2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut *Dictionary of Scientific and Technical Term* (Lapedes et al., 1974) daerah aliran sungai (DAS) diartikan sebagai suatu kawasan yang mengalirkan air ke satu sungai utama. Dikemukakan oleh Manan (1978) bahwa daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah penerima air hujan yang dibatasi oleh punggung bukit atau gunung, dimana semua curah hujan yang jatuh diatasnya akan mengalir di sungai utama dan akhirnya bermuara ke laut. Penentuan klasifikasi DAS dilakukan

berdasarkan beberapa kriteria di antaranya kondisi lahan itu sendiri dan pemanfaatan ruang wilayahnya menggunakan peta topografi yang memiliki garis garis kontur. Garis kontur memiliki fungsi yaitu dapat menentukan arah limpasan permukaan. Arah limpasan bermula dari titik elevasi tertinggi kemudian mengalir ke titik elevasi yang lebih rendah.

3.2.2 Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu parameter cuaca yang mana datanya sangat penting diperoleh untuk kepentingan badan meteorologi, klimatologi, dan geofisika (BMKG) dan masyarakat yang memerlukan data hujan tersebut. Curah hujan yang diperoleh berkaitan dengan besarnya limpasan air yang terjadi pada daerah aliran sungai (DAS). Suatu daerah umumnya memliki satu stasiun hujan bahkan bisa memiliki lebih dari satu stasiun hujan dalam satu daerah. Penentuan DAS dalam suatu daerah yang memiliki lebih dari stasiun hujan memakai data rerata kedalaman hujan disetiap stasiun hujan di sekitar wilayah tersebut.

Menurut Sasrodarsono (2003) curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah selama periode tertentu yang di ukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Dalam penjelasan lain curah hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Penentuan kedalaman hujan rerata pada daerah yang mempunyai lebih dari satu stasiun hujan dapat dilakukan dengan analisis menggunakan beberapa metode seperti metode poligon Thiessen, metode isohyet, dan metode rerata aljabar. Pada penelitian ini curah hujan wilayah diperoleh dari Stasiun Brongang, Stasiun Prumpung dan Stasiun Kemput.

Dalam menentukan tingkat curah hujan digunakan periode kala ulang. Penentuan kala ulang yang dipakai diambil dari Peraturan Menteri PU No. 12 Tahun 2014 dan Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 23/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Drainase Jalan (Pedoman Nomor 15/P/BM/2021) yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

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

(Sumber: Peraturan Menteri PU No. 12, 2014)

Tabel 3. 2 Periode Ulang Debit Rencana

Kelas dan/atau Fungsi Jalan	Periode Ulang (Tahun)
Jalan Tol	100
Jalan Arteri	50
Jalan Kolektor	50
Jalan Lokal	25

(Sumber: Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 23/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Drainase Jalan)

3.3 Distribusi Probabilitas

Dalam menentukan perkiraan besarnya intensitas curah hujan pada periode kala ulang tertentu, maka perlu dilakukan pendekatan statistik dengan metode distribusi probabilitas. Terdapat beberapa metode distribusi seperti distribusi normal, log normal, log pearson III, dan gumbel. Dalam menentukan jenis distribusi menyesuaikan dengan beberapa parameter dalam analisis statistik seperti deviasi standar, koefisien varian, rerata, koefisien kemencengan, dan koefisien kurtosis. Parameter tersebut dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \quad (3.1)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left(\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2\right)} \quad (3.2)$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2){S_d}^3}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^3 \quad (3.3)$$

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3){S_d}^3}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^4 \quad (3.4)$$

$$C_v = \frac{S_d}{\overline{X}} \quad (3.5)$$

Keterangan:

$\overline{X}$ = rata-rata data

X_i = data hujan atau debit ke-i

n = jumlah data

S_d = standar deviasi

C_v = koefisien varian

C_s = koefisien *skewness* atau koefisien kemencengan

C_k = koefisien kuortosis

Parameter statistik yang sudah dihitung kemudian digunakan dalam pemilihan jenis distribusi dengan melihat ketentuan yang telah ditetapkan pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Parameter Statis untuk Pemilihan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3
2	Log Normal	Cs = $Cv^3 + 3Cv$ Ck = $Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4
4	*Log Pearson III*	Selain dari data diatas

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

3.3.1 Distribusi Normal

Distribusi normal dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$X_T = \bar{X} + K_T \, . \, S_d \quad (3.6)$$

Keterangan :

X_T = Perkiraan nilai kedalaman hujan yang diharapkan terjadi pada periode kala ulang T-tahunan

$\bar{X}$ = Nilai rerata hitung variat

K_T = Faktor frekuensi

S_d = Standar deviasi

3.3.2 Distribusi Log Normal

Distribusi log normal dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \,.\, S_{dy} \quad (3.7)$$

$$Y_T = \log X_T \quad (3.8)$$

Keterangan:

Y_T = Perkiraan nilai log kedalaman hujan yang diharapkan terjadi pada periode kala ulang T-tahunan

$\bar{Y}$ = Nilai rerata hitung variat

K_T = Faktor frekuensi

S_{dy} = Standar deviasi Y

3.3.3 Distribusi *Log Pearson III*

Pada perhitungan distribusi Log Pearson III dihitung menggunakan beberapa persamaan sebagai berikut.

$$Y_i = \log X_i \quad (3.9)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{n} \quad (3.10)$$

$$S_{dy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (3.11)$$

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \,.\, S_{dy} \quad (3.12)$$

$$C_S = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^3 \quad (3.13)$$

Keterangan :

$\bar{Y}$ = nilai rata rata logaritmik X_i

n = jumlah data

Y_i = $\log X_i$

S_{dy} = standar deviasi dari nilai y

K_T = faktor frekuensi berdasarkan Cs

3.3.4 Distribusi Gumbel

Pada distribusi gumbel menggunakan persamaan pada SNI 03-3424-1994 sebagai berikut.

$$X_T = \bar{X} + \frac{S_d}{S_n}(Y_T + Y_n) \quad (3.14)$$

Keterangan :

X_T = Besarnya curah hujan untuk periode ulang T tahun (mm/jam)

$\bar{X}$ = Nilai rata rata aritmatik hujan komulatif

S_d = Standar deviasi

S_n = Standar deviasi fungsi dari n

Y_T = Variasi yang merupakan fungsi periode ulang

Y_n = Nilai yang tergantung pada n

3.4 Pengujian Distribusi

Pada jenis distribusi yang telah dipilih perlu dilakukan lagi pengujian distribusi, untuk mengetahui jenis distribusi yang digunakan sudah dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang akan dianalisis. Pada penelitian ini pengujian distribusi menggunakan satu metode yaitu metode *Chi Kuadrat.*

Pengujian distribusi metode *Chi Kuadrat* didasarkan pada jumlah pengamatan yang dibagi beberapa kelas kemudian ditentukan jumlah data pengamatan yang ada di dalam kelas. Nilai dari pengujian *Chi Kuadrat* ditandai dengan menggunakan nilai X^2, kemudian nilai pada *Chi Kuadrat* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$X^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (3.15)$$

Keterangan:

X^2 = nilai *Chi Kuadrat* terhitung

E_f = frekuensi banyak pengamatan yang diharapkan

O_f = frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

n = jumlah kelas

Distribusi dapat dikatakan mewakili jika nilai $X^2 \leq {X^2}_{cr}$. Besar nilai ${X^2}_{cr}$ dipengaruhi oleh derajat nyata dan derajat kebebasan (DK). Menurut Triatmodjo (2008) derajat nyata yang sering digunakan adalah sebesar 5%. Derajat kebebasan (DK) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad (3.16)$$

$$K = 1 + 3{,}3 \log n \quad (3.17)$$

Keterangan:

DK = derajat kebebasan

K = banyak kelas

α = banyaknya keterikatan, besarnya nilai untuk uji *Chi Kuadrat* yaitu 2

3.5 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi. Intensitas curah hujan di Indonesia dapat bervariasi secara signifikan tergantung pada lokasi geografis dan waktu dalam tahun. Intensitas hujan mengacu pada seberapa banyak curah hujan turun dalam periode waktu tertentu, biasanya diukur dalam milimeter per jam atau per hari. Intensitas hujan dihitung dengan menggunakan persamaan mononobe sebagai berikut.

$$\mathrm{I} = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t_c}\right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.18)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian (mm)

Terdapat dua faktor yang dapat mempengaruhi besarnya intensitas hujan selama waktu konsentrasi yaitu curah hujan maksimum harian (R_{24}) dan waktu konsentrasi (t_c). Curah hujan maksimum harian (R_{24}) diperoleh dari curah hujan maksimum harian pada kala ulang yang digunakan. Waktu konsentrasi (t_c) diperoleh dari dua komponen yaitu waktu *inlet* dan waktu aliran. Waktu konsentrasi (t_c) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan yang dikutip dari SNI 03-3424-1994 dapat dilihat pada Persamaan 3.19, Persamaan 3.20, Persamaan 3.21 sebagai berikut.

$$t_c = t_1 + t_2 \quad (3.19)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \cdot 3{,}28 \cdot L_o \cdot \frac{nd}{\sqrt{S}}\right)^{0{,}167} \quad (3.20)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \cdot V} \quad (3.21)$$

Keterangan:

t_c = waktu konsentrasi atau waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik Terjauh lahan hingga ke titik keluaran saluran (menit)

t_1 = waktu *inlet* atau waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik jatuh air terjauh pada lahan sampai ke saluran terdekat (menit)

t_2 = waktu aliran atau waktu perjalanan air mengalir dari titik awal pada saluran sampai ke titik keluaran saluran (menit)

L_o = panjang dari titik jatuh air terjauh pada lahan sampai ke saluran (m)

L = Panjang lintasan mengalirnya air pada saluran (m)

V = kecepatan aliran pada saluran (m)

nd = koefisien hambatan

S = kemiringan saluran

Tabel 3.4 Koefisien Hambatan

Bahan	Koefisien Hambatan (nd)
Lapisan semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,020
Permukaan licin dan kokoh	0,100
Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
Padang rumput dan rerumputan	0,400
Hutan gundul	0,600
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,800

(Sumber: SNI 03-3424-1994)

Menurut Kirpich waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari titik terjauh di suatu daerah aliran sungai (DAS) menuju hilir. Persamaan waktu konsentrasi dengan rumus Kirpich dapat dilihat pada Persamaan sebagai berikut.

$$t_c = \frac{0{,}06628L^{0{,}77}}{S^{0{,}385}} \quad (3.22)$$

dengan:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau (km)

S = kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum

3.6 Koefisien Pengaliran (*Runoff*)

Koefisien pengaliran atau koefisien *runoff* adalah rasio atau perbandingan antara aliran air hujan yang meluap di atas permukaan jalan menuju ke saluran dengan jumlah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah aliran sungai (DAS). Perubahan tata guna lahan yang disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan sektor pembangunan yang meningkat dalam suatu kawasan DAS terutama di daerah hulu mempunyai dampak yang signifikan terhadap nilai limpasan permukaan, sehingga secara langsung mengakitbatkan peningkatan pada nilai koefisien pengaliran (C). Intensitas hujan yang tinggi menjadikan debit limpasan permukaan dari air hujan semakin besar, sehingga mengakibatkan banjir.

Perbandingan antara besarnya laju permukaan terhadap intensitas hujan disebut dengan koefisien pengaliran (C). Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Pada DAS yang baik, harga C mendekati nol dan semakin rusak suatu DAS maka nilai C mendekati 1, (Suripin, 2004). Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan, penutup lahan, dan intensitas hujan. Adapun faktor lain yang dapat mempengaruhi nilai C adalah air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah, dan simpanan depresi.

Koefisien *runoff* ditentukan berdasarkan tata guna lahan yang ada pada daerah atau *catchment area* yang ditinjau. Banyaknya tata guna lahan yang berbeda menyebabkan adanya perbedaan besaran koefisien *runoff*, oleh karena itu maka dibutuhkan koefisien *runoff* gabungan atau koefisien *runoff* komposit. Koefisien *runoff* komposit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_{komposit} = \frac{C_1A_1+C_2A_2+\ldots+C_nA_n}{\sum A_n} \quad (3.23)$$

Keterangan:

$C_1, C_2, , C_n$ = koefisien pengaliran sesuai jenis tata guna lahan

$A_1, A_2, , A_n$ = luas daerah pengaliran sesuai jenis tata guna lahan

Nilai koefisien pengaliran bergantung pada jenis permukaan atau tata guna lahan yang dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3. 5 Koefisien Pengaliran (C)

Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95
Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
Bahu jalan : - Tanah berbutir halus - Tanah berbutir kasar - Batuan masif keras - Batuan masif lunak	 0,40 – 0,65 0,10 – 0,20 0,70 – 0,85 0,60 – 0,75
Daerah perkotaan	0,70 – 0,95
Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70
Daerah industri	0,60 – 0,90
Pemukiman padat	0,40 – 0,60
Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60
Taman dan kebun	0,20 – 0,40
Persawahan	0,45 – 0,60
Perbukitan	0,70 – 0,80
Pegunungan	0,75 – 0,90

(Sumber: SNI 03-3424-1994)

3.7 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan debit maksimum rencana di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas sungai. Tingginya angka debit banjir rencana dipengaruhi oleh intensitas hujan, luas daerah pengaliran, dan karakteristik pengaliran. Pada penelitian ini menggunakan metode rasional dalam menghitung debit banjir rencana. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan

persamaan yang diambil dari SNI 03-3424-1994 dapat dilihat pada Persamaan 3.23 sebagai berikut.

$$Q = \frac{1}{3,6}.C.I.A \quad (3.24)$$

Keterangan:

Q = debit banjir rencana (m^3/det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km^2)

$\frac{1}{3,6}$ = faktor koreksi satuan

3.8 Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika bertujuan untuk mengetahui acuan yang digunakan dalam menentukan dimensi hidraulik saluran drainase dan bangunan bantu lainnya dimana aliran air dalam suatu saluran dapat berupa saluran terbuka atau saluran tertutup. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi besarnya debit air mengalir yang akan dialihkan melalui saluran, dimensi menjadi salah satu faktor yang harus diperhatikan pada saluran.

Menurut Suripin (2004) aliran dengan saluran tertutup maupun terbuka yang mempunyai permukaan bebasa disebut aliran permukaan bebas atau aliran saluran terbuka. Untuk mengetahui kapasitas saluran drainasi diperlukan analisis hidraulika dengan menggunakan persamaan Manning yang dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut.

$$Q = V \,.A_s \quad (3.25)$$

$$V = \frac{1}{n} \,.R^{\frac{2}{3}} \,.S_o{}^{\frac{1}{2}} \quad (3.26)$$

Keterangan:

Q = debit banjir rancangan (m^3/det)

A_s = luas penampang basah (m^2)

V = kecepatan aliran (m/det)

R = jari jari hidrolik (m)

S_o = kemiringan saluran dasar

n = koefisien kekasaran *Manning*

Besarnya nilai koefisien *Manning* tergantung pada jenis dinding saluran yang digunakan, nilai koefisien *Manning* dapat dilihat pada Tabel 3.6 sebagai berikut.

Tabel 3. 6 Nilai Koefisien Manning

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
	Saluran Terbuka				
1	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus teratur	0,023	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diletakkan, ada tumbuh tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
	Saluran Alam				
8	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8 tapi ada tumbuhan, atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang, dan berdinding pasir	0,033	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no.10 dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no.10 berbatu dan ada tumbuh tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11 sebagian berbatu	0,040	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuhan, dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
16	Saluran pasangan batu tanpa finishing	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16 tapi dengan finishing	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus, dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,080

(Sumber: SNI 03-3424-1994)

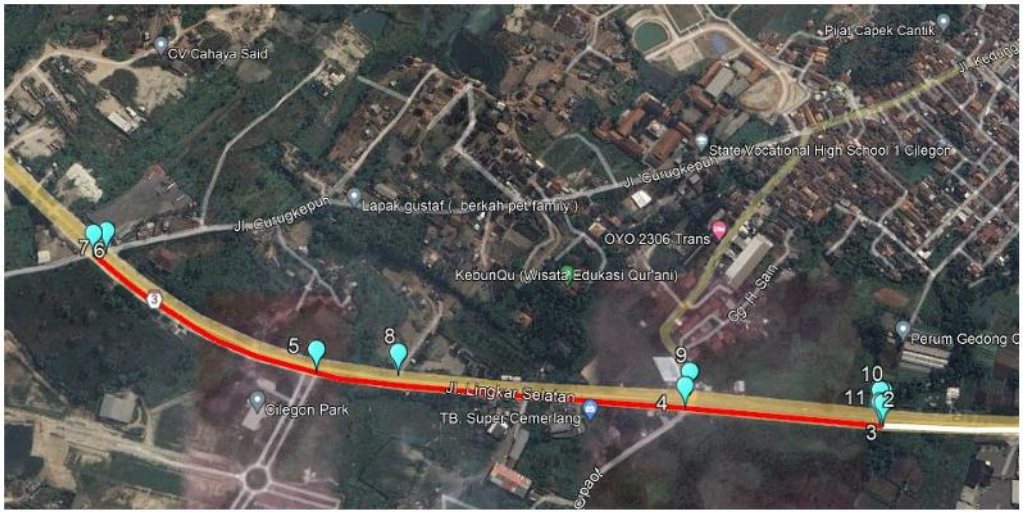
BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Secara umum terdapat dua tipe peneltian yang dilakukan para akademisi yaitu penelitian secara kualitatif dan penelitian secara kuantitatif. Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian deskriptif kuantitatif. Dalam penelitian yang sifatnya deskriptif kuantitatif untuk mendapatkan hasil dibutuhkan analisis perhitungan dan penjabaran dari suatu objek atau fenomena yang diteliti.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon STA 3+350 s/d STA 4+850 seperti yang terlampir pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian

(Sumber: Penelitian terdahulu)

4.3 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, data yang digunakan yaitu data sekunder. Data sekunder yaitu data yang diperoleh dari pihak kedua, seperti jurnal atau penelitian sebelumnya dan data dari suatu instansi. Data yang digunakan pada penelitian ini

diperoleh dari peneletian Mus'ab Abdullah yang berjudul Evaluasi Saluran Drainase Pada Jalan Lingkar Selatan STA 3+350 sampai dengan STA 4+850, Cilegon.

Terdapat beberapa analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Analisis Frekuensi Hujan

   Setelah memperoleh data curah hujan dari stasiun hujan, dilakukan analisis dengan cara menghitung parameter distribusi probabilitas. Kemudian bandingkan hasil yang diperoleh dari perhitungan parameter distribusi probabilitas dengan ketentuan pada jenis distribusi yang ada. Hasil akhir dari analisis frekuensi hujan berupa data hujan maksimum pada kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun berdasarkan jenis distribusi yang terpilih.

2. Koefisien Limpasan (C)

   Pada dasarnya nilai pada koefisien limpasan (C) berbeda beda di setiap wilayah, maka diperlukan analisis koefisien limpasan pada sebuah daerah aliran sungai (DAS) untuk memperoleh koefisien limpasan total dari daerah tersebut. Data luas daerah aliran sungai (DAS) yang diperoleh dari peta topografi dan klasifikasi tata guna lahan diperlukan untuk proses analisis koefisien limpasan. Data hasil dari analisis diperoleh dengan menjumlahkan hasil perkalian dari koefisien (C) dengan luas masing masing daerah kemudian dibagi dengan luas total DAS.

3. Debit Banjir Rencana

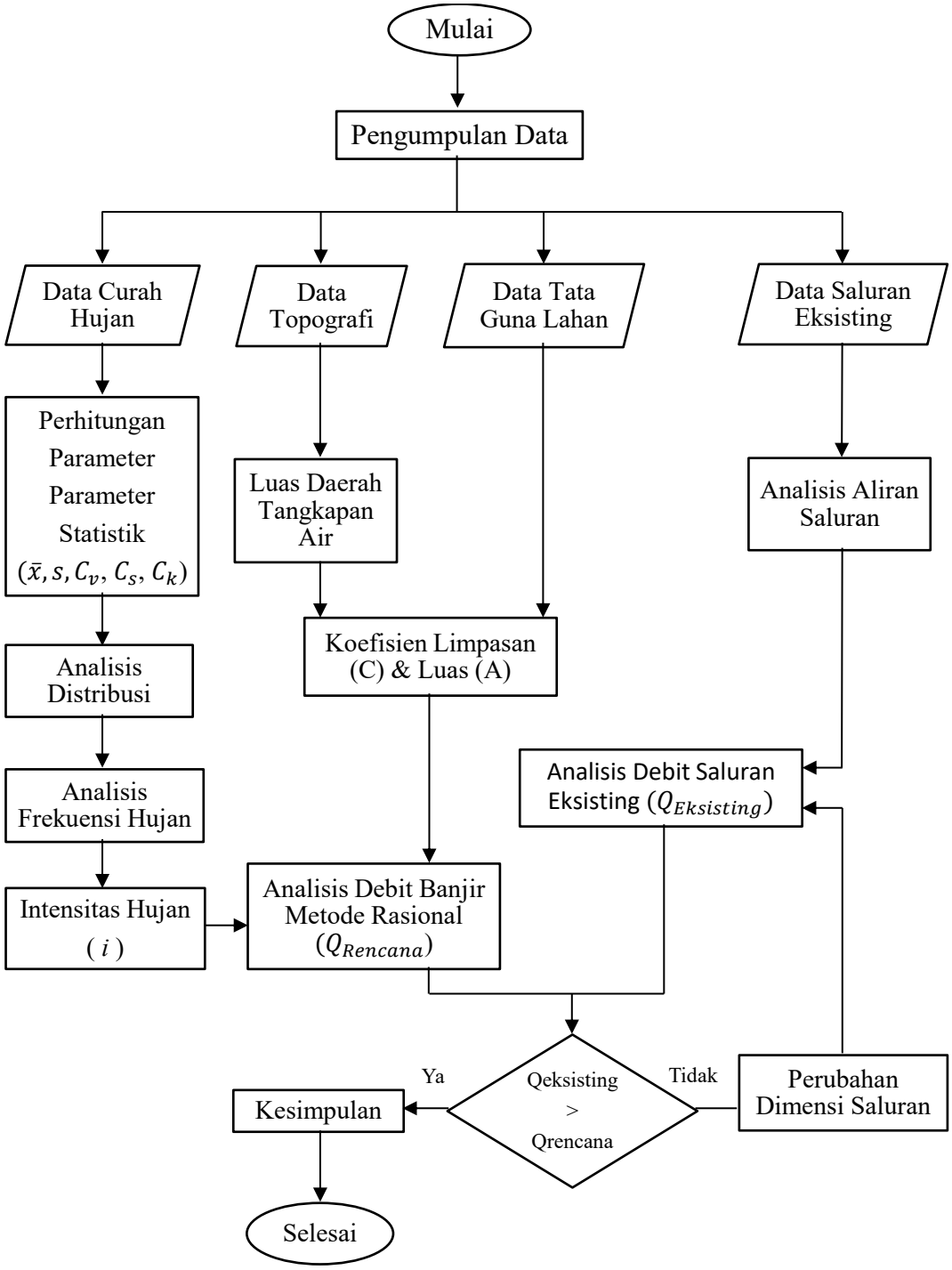
   Debit banjir rencana diperoleh dengan menggunakan metode rasional. Terdapat tiga faktor yang dibutuhkan dalam metode rasional diantaranya luas daerah tangkapan (A), koefisien limpasan (C) dan intensitas hujan (I). luas daerah tangkapan (A) dan koefisien limpasan (C) diperoleh dari analisis sebelumnya pada poin kedua, kemudian untuk komponen intensitas hujan (I) diperoleh dengan menggunakan persama *Mononobe*. Kemudian dikalikan ketiga faktor tersebut sehingga dideapatkan debit banjir rencana.

4. Evaluasi Saluran Drainase

Evaluasi saluran drainase berfungsi untuk mengetahui keberadaan saluran eksisting berfungsi dengan baik atau tidak dengan cara membandingkan debit banjir rencana dengan debit kapasitas tampung saluran eksisting. Saluran eksisting dapat berfungsi dengan baik jika nilai kapasitas tampung saluran eksisting lebih besar dari debit banjir rencana. Sedangkan jika nilai kapasitas tampung saluran eksisting memiliki nilai yang lebih kecil dari debit banjir rencana, maka saluran eksisting tersebut dapat dikatakan tidak aman atau memungkinkan terjadinya peluapan pada saluran eksisting tersebut. Pada saluran eksisting yang tidak aman atau dapat terjadi peluapan diperlukan perencanaan ulang. Untuk ukuran saluran eksisting akan dilakukan pengukuran secara langsung di lokasi.

4.5 Bagan Alir Tugas Akhir

Bagan alir atau *flowchart* adalah suatu diagram dengan simbol yang menggambarkan rangkaian langkah atau alur dari suatu proses penelitian yang memiliki hubungan dari satu proses ke proses lainnya dalam satu rangkaian. Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut.



Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian

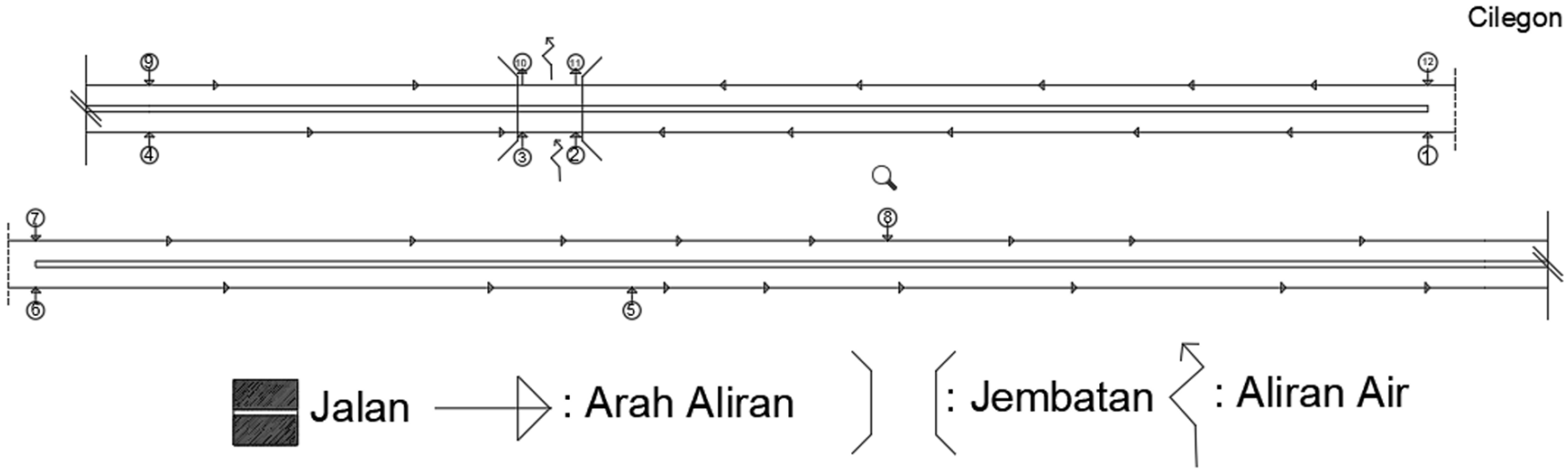
BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penilitian

Data yang akan digunakan pada penelitian kali ini berupa data sekunder. Data sekunder merupakan data yang sudah tersedia dan dikumpulkan oleh pihak lain. Data sekunder pada penelitian ini bersumber dari Tugas Akhir Mus'ab Abdullah yang berjudul Evaluasi Saluran Drainase Pada Jalan Lingkar Selatan STA 3+350 sampai dengan STA 4+850, Cilegon.

5.5.1 Bagan Saluran Drainase

Bagan saluran drainase yang dikenal dengan sebutan sistem drainase atau jaringan drainase merupakan rangkaian skema aliran yang dimulai dari saluran awal menuju ke saluran akhir. Pada penelitian kali ini memiliki 8 saluran yang dibagi menjadi 4 kelompok saluran. Untuk skema layanan saluran drainase dapat diliat pada Gambar 5.1 yang terletak di halaman selanjutnya.



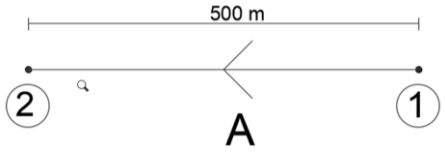
Gambar 5. 1 Skema Layanan Saluran Drainase

Sumber: Penelitian Terdahulu Mus'ab Abdullah (2024)

Kemudian untuk pengelompokan saluran yaitu sebagai berikut.

1. Kelompok 1

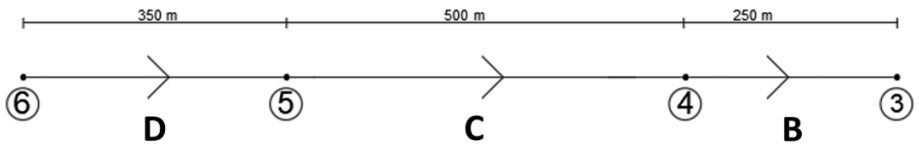
   Saluran drainase pada kelompok 1 hanya terdiri dari satu saluran yaitu saluran A dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5. 2 Saluran Drainase Kelompok 1

2. Kelompok 2

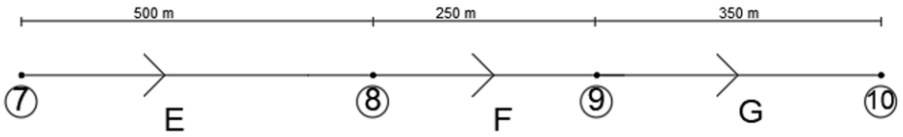
   Saluran drainase pada kelompok 2 terdiri dari tiga saluran yaitu Saluran D, Saluran C, dan Saluran B dapat diliat pada gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 5. 3 Saluran Drainase Kelompok 2

3. Kelompok 3

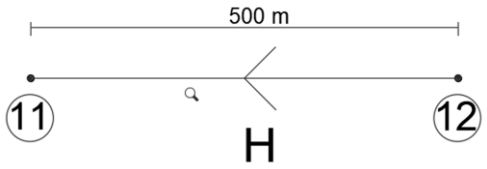
   Saluran drainase pada kelompok 3 terdiri dari tiga saluran yaitu Saluran E, Saluran F, dan Saluran G dapat diliat pada gambar 5.4 sebagai berikut.



Gambar 5. 4 Saluran Drainase Kelompok 3

4. Kelompok 4

   Saluran drainase pada kelompok 4 hanya terdiri diri satu saluran yaitu Saluran G yang dapat diliat pada Gambar 5.5 sebagai berikut.



Gambar 5. 5 Saluran Drainase Kelompok 4

Di bawah ini merupakan rekapitulasi dari pengelompokan saluran yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

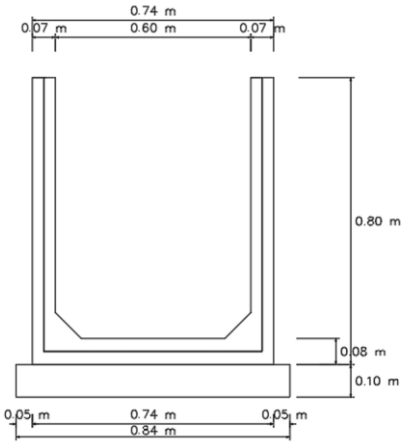
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Pada Kelompok Saluran Drainase

Kelompok	Saluran	Aliran	Titik	Elevasi	L	A	A Kumulatif
					m	km^2	km^2
1			1	25,386			
	A	2←1			500	0,0737	0,0737
			2	21,096			
2			6	40,038			
	D	6→5			350	0,0510	0,0510
			5	30,349			
	C	5→4			500	0,0789	0,1300
			4	22,903			
	B	4→3			250	0,0830	0,2129
			3	21,096			
3			7	40,062			
	E	7→8			500	0,0389	0,0389
			8	26,14			
	F	8→9			250	0,0595	0,0984
			9	22,96			
	G	9→10			350	0,0367	0,1351
			10	21,135			
			12	25,403			
4	A	11←12			500	0,1295	0,1295
			11	21,496			

Sumber: Penelitian Terdahulu Mus'ab Abdullah (2024)

5.1.2 Dimensi Saluran Eksisting

Dimensi saluran eksisting sendiri diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Cilegon. Pada penelitian kali ini untuk saluran yang ditinjau yaitu saluran yang terletak pada STA 3+350 sampai dengan STA 4+850, kemudian hanya terdapat satu dimensi saluran pada lokasi penelitian dapat diliat pada Gambar 5.6 sebagai berikut.

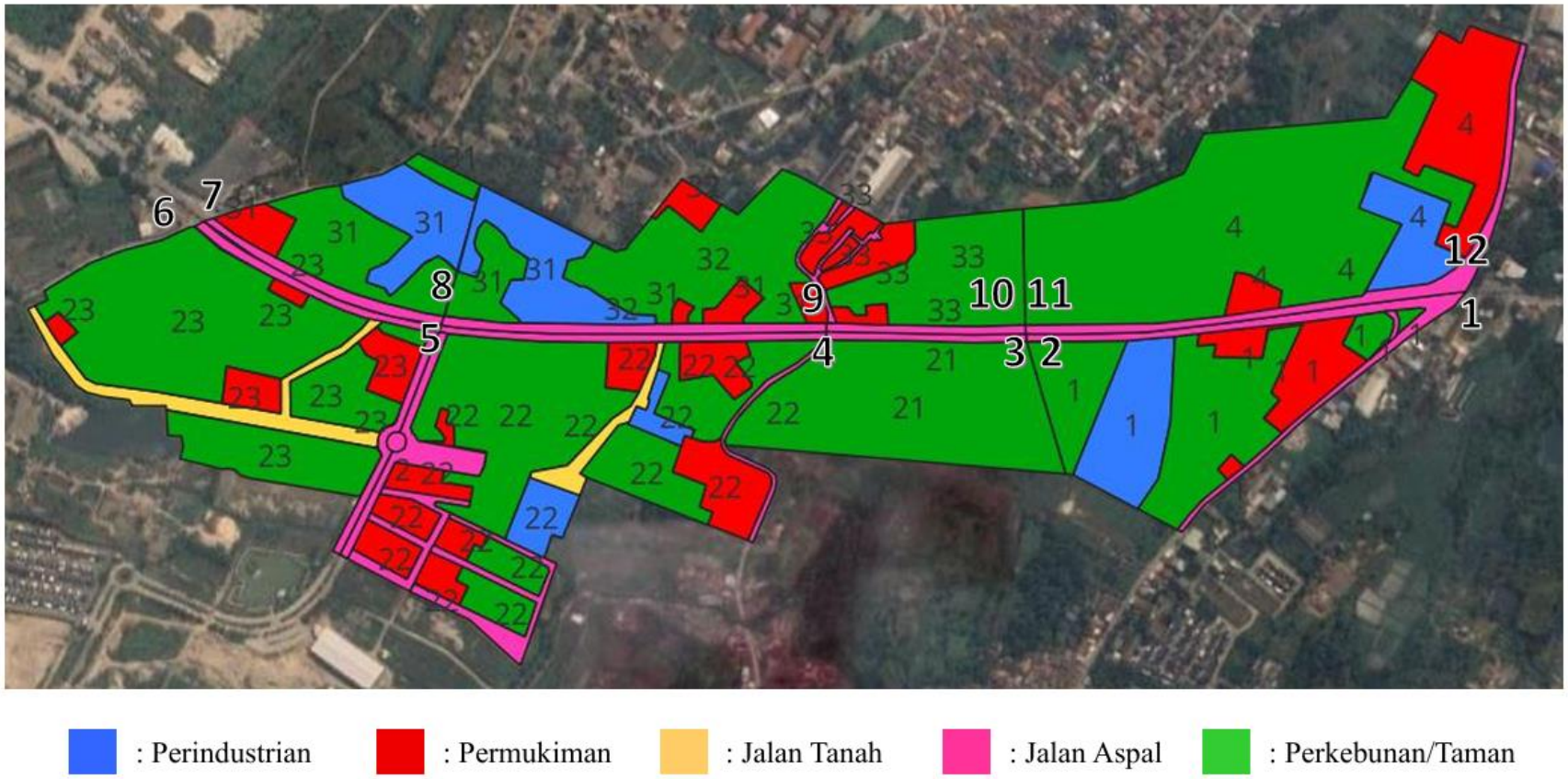


Gambar 5. 6 Dimensi Pada Saluran Eksisting

Maka diperoleh dimensi dari saluran eksisting dengan lebar saluran 0,6 m dan tinggi saluran 0,72 m.

5.1.3 Tata Guna Lahan

Tata guna lahan memiliki peran penting dalam menentukan nilai koefisien. Pada drainase khususnya dalam kasus daerah tangkapan air ini mempunyai tata guna lahan yang berbeda beda. Untuk tata guna lahan pada lokasi penelitian dapat diliat pada Gambar 5.7 pada halaman selanjutnya.



Gambar 5. 7 Tata Guna Lahan Pada Lokasi Penelitian

Dibawah ini merupakan rekapitulasi dari tata guna lahan pada lokasi penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Tata Guna Lahan Pada Lokasi Penelitian

Kelompok	Saluran	Tata Guna Lahan		Luas Lahan
		Jenis	Luas (km^2)	
1	A	Permukiman	0,0117	0,0737
		Perkebunan/Taman	0,0368	
		Jalan Tanah	0,0000	
		Jalan Aspal	0,0091	
		Perindustrian	0,0160	
2	D	Permukiman	0,0000	0,0510
		Perkebunan/Taman	0,0487	
		Jalan Tanah	0,0000	
		Jalan Aspal	0,0023	
		Perindustrian	0,0000	
	C	Permukiman	0,0287	0,0789
		Perkebunan/Taman	0,0287	
		Jalan Tanah	0,0037	
		Jalan Aspal	0,0103	
		Perindustrian	0,0075	
	B	Permukiman	0,0087	0,0830
		Perkebunan/Taman	0,0579	
		Jalan Tanah	0,0101	
		Jalan Aspal	0,0062	
		Perindustrian	0,0000	
3	E	Permukiman	0,0034	0,0389
		Perkebunan/Taman	0,0188	
		Jalan Tanah	0,0000	
		Jalan Aspal	0,0038	
		Perindustrian	0,0129	
	F	Permukiman	0,0066	0,0595
		Perkebunan/Taman	0,0322	
		Jalan Tanah	0,0000	
		Jalan Aspal	0,0055	
		Perindustrian	0,0152	

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Tata Guna Lahan Pada Lokasi Penelitian

Kelompok	Saluran	Tata Guna Lahan		Luas Lahan
		Jenis	Luas (km^2)	
3	G	Permukiman	0,0090	0,0367
		Perkebunan/Taman	0,0228	
		Jalan Tanah	0,0000	
		Jalan Aspal	0,0049	
		Perindustrian	0,0000	
4	H	Permukiman	0,0240	0,1295
		Perkebunan/Taman	0,0861	
		Jalan Tanah	0,0000	
		Jalan Aspal	0,0094	
		Perindustrian	0,0100	

5.1.4 Data Curah Hujan

Pada penelitian ini data curah hujan yang digunakan berupa data curah hujan maksimum selama 15 tahun yaitu dari tahun 2010 sampai dengan 2024. Lokasi penelitian memiliki keterbatasan dalam keberadaan stasiun hujan, oleh karena itu data curah hujan maksimum yang diperoleh hanya menggunakan satu stasiun saja yaitu Stasiun Meteorologi Maritim Serang. Pemilihan dalam penggunaan data curah hujan diambil dari yang paling besar atau maksimum yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5. 3 Data Curah Hujan Maksimum Tahun 2010 s/d 2024

No	Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm)	Tanggal
1	2010	70	14 Juli
2	2011	68	10 Januari
3	2012	58	27 Februari
4	2013	130	23 Desember
5	2014	61	14 Juli
6	2015	60,8	1 Januari
7	2016	89,6	26 Februari
8	2017	78,5	1 Desember
9	2018	68,8	5 Maret
10	2019	64,9	22 Januari

Lanjutan Tabel 5.3 Data Curah Hujan Maksimum Tahun 2010 s/d 2021

11	2020	94	3 Desember
12	2021	105,8	14 September
13	2022	180,4	1 Maret
14	2023	128,2	5 April
15	2024	65,1	24 Mei

Maka didapatkan rata-rata nilai curah hujan harian maksium selama 15 tahun sebesar 88,21 mm. Menurut data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika menyatakan curah hujan dengan nilai rata rata 0 hingga 100 m masuk ke dalam kategori rendah, sehingga untuk curah hujan kota Cilegon masuk dalam kategori rendah.

5.2 Analisis Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Analisis kapasitas saluran drainase eksisting adalah proses mengevaluasi kemampuan saluran drainase yang sudah ada dalam menampung aliran air. Tujuan dari menganalisis kapasitas saluran drainase eksisting yaitu untuk mengetahui apakah saluran tersebut cukup untuk mengalirkan air hujan dan dapat mencegah terjadinya banjir. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas dari saluran diantaranya luas penampang pada saluran, serta kecepatan aliran pada saluran. Untuk mengetahui perhitungan kapasitas dari saluran eksisting dapat dilihat sebagai berikut.

1. Luas dan Keliling Penampang Saluran

   Luas dan keliling penampang pada saluran eksisting diperlukan untuk menghitung kecepatan pada saluran. dimensi saluran eksisting pada penelitian ini hanya terdapat satu saluran seperti yang sudah dijelaskan pada 5.1.2. Untuk perhitungan luas dan keliling penampang pada saluran eksisting yaitu sebagai berikut.

   $A \quad = b \,.\, h$

   $= 0{,}6\ m \,.\, 0{,}72\ m$

   $= 0{,}432\ m^2$

   $P \quad = b + (2 \,.\, h)$

$= 0{,}6 + (2 \,.\, 0{,}72)$

$= 2{,}04\ m$

2. Kemiringan Saluran

Kemiringan pada saluran drainase merupakan perbandingan antara elevasi awal dan elevasi akhir pada saluran dengan panjang saluran yang bertujuan untuk mengetahui persentase dari kemiringan pada saluran. Untuk perhitungan kemiringan pada Saluran A dapat dilihat sebagai berikut.

$\Delta h = h_{hulu} - h_{hilir}$

$= 25{,}39 - 21{,}10$

$= 4{,}29\ m$

$l = 500\ m$

$S_o = \frac{\Delta h}{l}$

$= \frac{4{,}29}{500}$

$= 0{,}0086$

Untuk perhitungan pada saluran yang lain juga sama seperti perhitungan pada Saluran A. rekapitulasi perhitungan kemiringan pada saluran dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Perhitungan Kemiringan Pada Saluran

Kelompok	Saluran	Aliran	Titik	Elevasi	L	Δh	So
					m	m	
1	A		1	25,39			
		2←1			500	4,29	0,0086
			2	21,10			
2			6	40,04			
	D	6→5			350	9,69	0,0277
			5	30,35			
	C	5→4			500	7,45	0,0149
			4	22,90			
	B	4→3			250	1,81	0,0072
			3	21,10			
3			7	40,06			
	E	7→8			500	13,92	0,0278
			8	26,14			
	F	8→9			250	3,18	0,0127
			9	22,96			
	G	9→10			350	1,83	0,0052
			10	21,14			
4			12	25,40			
	H	11←12			500	3,91	0,0078
			11	21,50			

3. Kecepatan Aliran Pada Saluran

Untuk menghitung kecepatan aliran pada saluran dapat menggunakan perhitungan pada Persamaan 3.25 perhitungan kecepatan aliran pada saluran dapat dilihat sebagai berikut.

A = 0,432 m^2

P = 2,04 m

S_o = 0,0086

n = 0,015

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

$= \frac{0,432}{2,04}$

$= 0,2118\ m$

$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S_o{}^{\frac{1}{2}}$

$= \frac{1}{0,015} \cdot 0,2118^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0086^{\frac{1}{2}}$

$= 2,1939\ {}^{m}/_{S}$

Untuk perhitungan pada saluran yang lain juga sama seperti perhitungan pada Saluran A. rekapitulasi perhitungan kecepatan aliran pada saluran dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Kecepatan Aliran Pada Saluran

Saluran	Aliran	So	n	A saluran	P	R	V
				m^2	M	m	m/s
A	2←1	0,0086	0,015	0,432	2,04	0,2118	2,1939
D	6→5	0,0277	0,015	0,432	2,04	0,2118	3,9408
C	5→4	0,0149	0,015	0,432	2,04	0,2118	2,8904
B	4→3	0,0072	0,015	0,432	2,04	0,2118	2,0137
E	7→8	0,0278	0,015	0,432	2,04	0,2118	3,9522
F	8→9	0,0127	0,015	0,432	2,04	0,2118	2,6713
G	9→10	0,0052	0,015	0,432	2,04	0,2118	1,7103
H	11←12	0,0078	0,015	0,432	2,04	0,2118	2,0937

4. Debit Kapasitas Pada Saluran

Untuk menghitung debit kapasitas pada saluran dapat menggunakan perhitungan pada Persamaan 3.24. Di bawah ini merupakan perhitungan untuk debit kapasitas pada saluran A sebagai berikut.

$A = 0,432\ m^2$

$V = 2,1939\ {}^{m}/_{S}$

$Q_{eksisting} = A\ .\ V$

$= 0{,}432 \,.\, 2{,}1939$

$= 0{,}9478 \ m^3/s$

Untuk perhitungan pada saluran yang lain juga sama seperti perhitungan pada Saluran A. rekapitulasi hasil perhitungan debit kapasitas pada saluran dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Debit Kapasitas Pada Saluran

Saluran	Aliran	A Saluran	V	Qeksisting
		m^2	m/s	m^3/s
A	2←1	0,432	2,1939	0,9478
D	6→5	0,432	3,9408	1,7024
C	5→4	0,432	2,8904	1,2486
B	4→3	0,432	2,0137	0,8699
E	7→8	0,432	3,9522	1,7074
F	8→9	0,432	2,6713	1,1540
G	9→10	0,432	1,7103	0,7389
H	11←12	0,432	2,0937	0,9045

5.3 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi diperlukan untuk mengetahui kemungkinan besaran terjadinya hujan melalui distribusi probabilitas.

5.3.1 Hujan Rancangan

Dalam mencari nilai hujan rancangan dapat dilakukan dengan metode distribusi. Metode distribusi merupakan suatu cara dalam memprediksi hujan dengan kala ulang tertentu dengan pendekatan statistik mengikuti data curah hujan yang telah diperoleh dari tahun sebelumnya.

1. Parameter Statistik Pada Curah Hujan Maksimum

   Dalam statistik umumnya digunakan beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data distribusi rata-rata, derajat kemencengan, koefisien *skewness* atau kemencengan (C_s), standar deviasi (S_d), koefisien varian (C_v) dan koefisien kuortosis (C_k). Perhitungan dalam analisis frekuensi dapat dilihat sebagai berikut.

a. Nilai rata-rata ($\bar{x}$)

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

$$= \frac{1}{15} \cdot 1323{,}1$$

$$= 88{,}21\ mm$$

Maka diperoleh nilai rata rata dari curah hujan maksimum selama 15 tahun sebesar mm, sehingga curah hujan di kota Cilegon masuk dalam kategori rendah.

b. Standar deviasi (S_d)

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left(\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{15-1}(16882{,}31)}$$

$$= 34{,}73$$

Untuk rekapitulasi perhitungan pada standar deviasi dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Perhitungan Pada Standar Deviasi

No	Tahun	Hujan (x)	$\bar{X}$	$(xi - \bar{x})^2$	S_d
1	2010	70	88,21	331,48	34,73
2	2011	68	88,21	408,31	34,73
3	2012	58	88,21	912,44	34,73
4	2013	130	88,21	1746,68	34,73
5	2014	61	88,21	740,20	34,73
6	2015	60,8	88,21	751,13	34,73
7	2016	89,6	88,21	1,94	34,73
8	2017	78,5	88,21	94,22	34,73
9	2018	68,8	88,21	376,62	34,73
10	2019	64,9	88,21	543,20	34,73
11	2020	94	88,21	33,56	34,73
12	2021	105,8	88,21	309,53	34,73
13	2022	180,4	88,21	8499,61	34,73
14	2023	128,2	88,21	1599,47	34,73
15	2024	65,1	88,21	533,92	34,73
Total		1323,1		16882,31	

c. Koefisien varian (C_v)

$C_v = \frac{S_d}{\overline{X}}$

$= \frac{34,73}{88,21}$

= 0,3937

d. Koefisien *skewness*

$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_d{}^3} \sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^3$

$= \frac{15}{(15-1)(15-2)()^3} \cdot (810425,22)$

= 1,3318

Untuk rekapitulasi perhitungan pada koefisien *skewness* dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Perhitungan Pada Koefisien *Skewness*

No	Tahun	Hujan (x)	$\bar{X}$	$(xi - \bar{x})^3$	C_s
1	2010	70	88,21	-6035,20	1,5951
2	2011	68	88,21	-8250,57	1,5951
3	2012	58	88,21	-27561,85	1,5951
4	2013	130	88,21	72999,69	1,5951
5	2014	61	88,21	-20138,45	1,5951
6	2015	60,8	88,21	-20585,84	1,5951
7	2016	89,6	88,21	2,70	1,5951
8	2017	78,5	88,21	-914,56	1,5951
9	2018	68,8	88,21	-7308,91	1,5951
10	2019	64,9	88,21	-12660,20	1,5951
11	2020	94	88,21	194,44	1,5951
12	2021	105,8	88,21	5445,58	1,5951
13	2022	180,4	88,21	783607,44	1,5951
14	2023	128,2	88,21	63968,01	1,5951
15	2024	65,1	88,21	-12337,07	1,5951
Total		949,4		810425,22	

e. Koefisien kuortosis

$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d{}^4} \sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^4$

$$= \frac{15^2}{(15-1)(15-2)(15-3)()^4} \cdot (80901605{,}54)$$

$$= 5{,}7316$$

Untuk rekapitulasi perhitungan pada koefisien kuortosis dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perhitungan Pada Koefisien Kuortosis

No	Tahun	Hujan (x)	$\bar{X}$	$(xi - \bar{x})^4$	C_k
1	2010	70	88,21	109880,79	5,7316
2	2011	68	88,21	166716,55	5,7316
3	2012	58	88,21	832551,70	5,7316
4	2013	130	88,21	3050900,49	5,7316
5	2014	61	88,21	547900,05	5,7316
6	2015	60,8	88,21	564189,33	5,7316
7	2016	89,6	88,21	3,77	5,7316
8	2017	78,5	88,21	8877,2911	5,7316
9	2018	68,8	88,21	141841,65	5,7316
10	2019	64,9	88,21	295067,01	5,7316
11	2020	94	88,21	1126,46	5,7316
12	2021	105,8	88,21	95805,96	5,7316
13	2022	180,4	88,21	72243382,24	5,7316
14	2023	128,2	88,21	2558293,76	5,7316
15	2024	65,1	88,21	285068,48	5,7316
Total		1323,1		80901605,54	

2. Penentuan distribusi

Penentuan distribusi didapatkan dengan memperhatikan parameter parameter statistik yang telah dihitung. Distribusi yang digunakan terdapat 4 jenis yaitu distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel, dan distribusi Log Pearson III.

Tabel 5. 10 Persyaratan Parameter Statistik Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3	1,5951 5,7316	Tidak Memenuhi
2	Log Normal	Cs = $Cv^3 + 3Cv$ Ck = $Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	1,0366 3,7375	Tidak Memenuhi
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4	1,5951 5,7316	Tidak Memenuhi
4	Log Pearson III	Cs ≠ 0		Dipilih

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Berdasarkan Tabel 5.10 diatas, hanya terdapat satu distribusi yang masuk dalam persyaratannya yaitu distribusi Log Pearson III.

3. Pengujian chi-kuadrat

Pengujian data dilakukan untuk mengetahui data yang akan dipakai sudah dapat mewakili pengujian atau tidak. Perhitungan uji chi-kuadrat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.15, 3.16, dan 3.17 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5. 11 Nilai Pada Chi Kuadrat

DK	Distribusi x^2											
	0,990	**0,950**	**0,900**	**0,800**	**0,700**	**0,500**	**0,300**	**0,200**	**0,100**	**0,050**	**0,010**	**0,001**
1	0,000	0,004	0,016	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2	0,020	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	9,210	13,815
3	0,115	0,352	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	11,345	16,628
4	0,297	0,711	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	13,277	18,465
5	0,554	1,145	1,610	2,343	3,000	4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	15,086	20,517
6	0,872	1,635	2,204	1,070	3,828	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	16,812	22,457
7	1,239	2,167	2,833	3,822	4,671	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	18,475	24,322
8	1,646	2,733	3,890	4,594	5,527	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	20,090	26,425
9	2,088	3,325	4,168	5,380	6,393	8,343	10,656	12,242	14,684	16,919	21,666	27,877
10	2,558	3,940	6,179	6,179	7,267	9,342	11,781	13,442	15,987	18,307	23,209	29,588
11	3,053	4,575	5,578	6.989	8,148	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
12	3,571	5,226	6,304	7,807	9,034	11,340	14,011	15,812	18,549	21,026	26,217	32,909
13	4,107	5,892	7,042	8,634	9,926	12,340	15,119	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14	4,660	6,571	7,790	9,467	10,821	13,339	16,222	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15	5,229	7,261	8,547	10,307	11,721	14,339	17,322	19,311	22,307	24,996	30,578	37,697
16	5,812	7,962	9,312	11,152	12,624	15,338	18,418	20,465	23,542	26,296	32,000	39,252
17	6,408	8,672	10,085	12,002	13,531	16,338	19,511	21,615	24,769	27,587	33,409	40,790
18	7,015	9,390	10,085	12,857	14,440	17,338	20,601	22,760	25,989	28,869	34,805	42,312
19	7,633	10,117	11,651	13,716	15,352	18,338	21,689	23,900	27,204	30,144	36,191	43,820
20	8,260	10,851	12,443	14,578	16,266	19,377	22,775	25,038	28,412	31,410	37,566	45,315

Lanjutan Tabel 5.11 Nilai Pada Chi Kuadrat

DK	Distribusi x^2											
	0,990	**0,950**	**0,900**	**0,800**	**0,700**	**0,500**	**0,300**	**0,200**	**0,100**	**0,050**	**0,010**	**0,001**
21	8,897	11,501	13,240	15,445	17,182	20,377	23,858	26,171	29,615	32,671	38,932	46,797
22	9,542	12,338	14,041	16,314	18,101	21,337	24,939	27,301	30,813	33,924	40,289	48,268
23	10,196	13,091	14,848	17,187	19,021	22,337	26,018	28,429	32,007	35,172	41,638	49,728
24	10,856	13,848	15,659	18,062	19,943	23,337	27,096	29,553	33,196	36,415	42,980	51,179
25	11,524	14,611	16,473	18,940	20,867	24,337	28,172	30,367	34,382	37,652	44,314	52,620
26	12,198	15,379	17,292	19,820	21,792	25,336	29,246	31,795	35,563	38,886	45,642	54,052
27	12,879	16,151	18,114	20,703	22,719	26,336	30,319	32,912	36,741	40,113	46,963	55,476
28	13,565	16,928	18,939	21,588	23,647	27,336	31,391	34,027	37,916	41,337	48,278	56,893
29	14,256	17,708	19,768	22,475	24,577	28,336	32,461	35,139	39,087	42,557	49,588	58,302
30	14,953	19,493	20,599	23,364	25,508	29,336	33,530	36,250	40,256	43,773	50,892	59,703

Untuk menentukan derajat kebebasan dalam mencari nilai x^2 dapat dilhat sebagai berikut.

K = 1 + 3,22 Log n
= 1 + 3,22 Log 15
= 4,78701 (dibulatkan)
= 5 kelas

α = Banyaknya keterikatan atau parameter, dalam pengujian Chi Kuadrat yaitu 2 (*limantara*)

DK = K – (α + 1)
= 5 – (2+1)
= 2

Ketika nilai x^2 didapatkan perlu memiliki nilai yang kurang dari nilai $x^2{}_{kritis}$ (Chi Kuadrat kritik), diambil seringnya yaitu 5% dalam sebuah derajat nyata (*limantara*). Digunakan nilai x^2 untuk pengujian Chi Kuadrat yang didapatkan dari persamaan di bawah.

$$X^2 = \sum_{t=1}^{N} \frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$$

$$Ef = \frac{n}{K}$$

Nilai $x^2{}_{kritis}$ yang diambil 5,991 diperoleh dari tabel nilai chi kuadrat kritik yang tersedia pada lampiran. Perhitungan nilai x^2 dapat dilihat pada Tabel 5.12 sebagai berikut.

Tabel 5. 12 Perhitungan Nilai x^2

Kelas			Of	Ef	Of-Ef	$(Of-Ef)^2$	$(Of-Ef)^2/Ef$
	>	119,556	3	3	0	0	0,0000
95,219	-	119,556	1	3	-2	4	1,3333
77,114	-	95,219	3	3	0	0	0,0000
63,469	-	77,114	5	3	2	4	1,3333
	<	63,469	3	3	0	0	0,0000
Jumlah			15	15	x^2		2,6667

Dari tabel 5.12 diperoleh nilai x^2 sebesar 2,6667 dan nilai x^2_{kritis} sebesar 5,9991. Dari perhitungan metode chi-kuadrat didapatkan nilai x^2 lebih kecil sama dengan dari pada x^2_{kritis} dan dapat diambil Kesimpulan bahwa pada data sudah dapat mewakili pengujian.

4. Hujan Rancangan

Dalam melakukan perancangan hujan dapat dilakukn dengan menganalisis menggunakan pendekatan statistik dengan metode distribusi probabilitas, berdasarkan pada Tabel 5.3 untuk distribusi yang akan digunakan ialah distribusi Log Pearson III. Data dari banten.bps.go.id, 2024 menyebutkan Cilegon memiliki populasi sebanyak 476.870 jiwa sehingga Cilegon masuk ke dalam kategori kota besar. Mengikuti Peraturan Menteri PU No.12 tahun 2014 maka kala ulang yang digunakan sebagai tipologi kota besar dan daerah tangkapan air sebesar 10 sampai dengan 100 Ha menggunakan kala ulang 2 tahun dan 5 tahun. Berdasarkan pada Tabel 3.2 kala ulang yang digunakan pada jalan nasional masuk dalam kategori jalan kolektor makamenggunakan kala ulang 50 tahun. Sehingga kala ulang yang digunakan yaitu kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun. Perhitungan statistik distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 5.13 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5. 13 Distribusi Frekuensi Distribusi Log Pearson III

Tahun	Xi	Y=Log Xi	(Yi-Y)^2	(Yi-Y)^3
2012	58	1,763	0,033	-0,006
2015	60,8	1,784	0,026	-0,004
2014	61	1,785	0,026	-0,004
2019	64,9	1,812	0,018	-0,002
2024	65,1	1,814	0,017	-0,002
2011	68	1,833	0,013	-0,001
2018	68,8	1,838	0,012	-0,001
2010	70	1,845	0,010	-0,001
2017	78,5	1,895	0,003	0,000
2016	89,6	1,952	0,000	0,000
2020	94	1,973	0,001	0,000
2021	105,8	2,024	0,006	0,000
2023	128,2	2,108	0,026	0,004
2013	130	2,114	0,028	0,005
2022	180,4	2,256	0,097	0,030
Jumlah		28,797	0,315	0,017

Untuk perhitungan pada hujan rancangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang dapat dilihat pada Persamaan 3.12 sebagai berikut.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \, . \, S_{dy}$$

Nilai K_T diperoleh dengan melihat pada tabel nilai k distribusi Pearson III dan Log Pearson III pada lampiran. Nilai K_T didasarkan dari koefisien *skewness* atau koefisien kemencengan (C_s) dan periode kala ulang, untuk nilai C_s yang tidak terlampir pada tabel nilai k maka dilakukan interpolasi sehingga nilai K_T dapat diketahui. Untuk perhitungan interpolasi nilai k pada ulang 2 tahun sebagai berikut.

$$K_T = K_1 + (X - X_1).\frac{K_2 - K_1}{X_2 - X_1}$$

$$= -0{,}225 + (1{,}332 - 1{,}3).\frac{(-0{,}225)-(-0{,}21)}{1{,}4 - 1{,}3}$$

$$= -0{,}215$$

Untuk interpolasi nilai K_T kala ulang 5 tahun dilakukan dengan perhitungan yang sama dapat dilihat pada Tabel 5.14 di halaman selanjutnya.

Tabel 5. 14 Interpolasi Nilai KT Distribusi Log Pearson III

C_s	Periode Kala Ulang (Tahun)				
	2	5	10	25	50
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780
1,595	-0,253	0,676	1,329	2,162	2,778
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706

Sehingga untuk perhitungan pada hujan rancangan sebagai berikut.

1. Hujan rancangan kala ulang 2 tahun

$\bar{y}$ = 1,9198

S_{dy} = 0,1501

C_s = 1,595

K_T = -0,253

$Y_t = \bar{Y} + K_T \,.\, S_{dy}$

$= 1{,}9198 + (-0{,}253 \,.\, 0{,}1501)$

= 1,8817

$X_{2\ tahun} = 10^{Y_t}$

$= 10^{1{,}8817}$

= 76,1636 mm

2. Hujan rancangan kala ulang 5 tahun

$\bar{y}$ = 1,9198

S_{dy} = 0,1501

C_s = 1,595

K_T = 0,676

$Y_t = \bar{Y} + K_T \,.\, S_{dy}$

$= 1{,}9198 + (0{,}676 \,.\, 0{,}1501)$

= 2,0212

$X_{5\ tahun} = 10^{Y_t}$

$= 10^{2,0212}$

$= 105,0046$

Pada perhitungan kala ulang yang lain dihitung dengan menggunakan persamaan yang sama. Untuk rekapitulasi perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.15 sebagai berikut.

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Kala Ulang

T (tahun)	$\bar{y}$	S_{dy}	K_T	Y_t	Xt
2	1,9198	0,1501	-0,253	1,8817	76,1636
5	1,9198	0,1501	0,676	2,0212	105,0046
10	1,9198	0,1501	1,329	2,1193	131,6140
25	1,9198	0,1501	2,162	2,2443	175,5248
50	1,9198	0,1501	2,778	2,3368	217,1775

5.3.2 Intensitas Hujan

Intensitas hujan yaitu besaran kedalaman suatu hujan di suatu daerah selama waktu tertentu. Intensitas hujan dipengaruhi oleh dua komponen yaitu hujan rancangan dan waktu konsentrasi. Perhitungan waktu konsentrasi dan intensitas hujan sebagai berikut.

1. Waktu konsentrasi (t_c)

   Menurut SNI 03-3424-1994 perhitungan pada waktu konsentrasi dipengaruhi oleh dua faktor yaitu waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik jatuh air terjauh menuju ke saluran terdekat (t_1), dan waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik awal saluran hingga ke titik pembuangan saluran (t_2). Sedangkan menurut Kirpich adalah waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh di daerah aliran sungai (DAS) menuju titik kontrol atau biasanya hilir. Untuk perhitungan waktu menggunakan Persamaan 3.19, 3.20, dan 3.21. Berikut untuk perhitungan waktu konsentrasi pada saluran AB, BC, CD, dan DE.

   1. Saluran D dengan SNI 03-3424-1994

      L_o = 239 m

      L = 350 m

n_d = 0,013

S_o = 0,0277

$V_{(D)}$ = 3,9408

$t_{c(D)} = t_{1(D)} + t_{2(D)}$

$t_{1(D)} = (\frac{2}{3} \cdot 3{,}28 \cdot L_o \cdot \frac{nd}{\sqrt{s}})^{0,167}$

$= (\frac{2}{3} \cdot 3{,}28 \cdot 239 \cdot \frac{0{,}013}{\sqrt{0{,}0277}})^{0,167}$

= 1,8682 menit

$t_{2(D)} = \frac{L}{60\ x\ V}$

$= \frac{350}{60\ x\ 3{,}9408}$

= 1,4802 menit

$t_{c(D)} = t_{1(D)} + t_{2(D)}$

= 3,3485 menit ≈ 0,0558 jam

2. Saluran C dengan SNI 03-3424-1994

L_o = 368 m

L = 850 m

n_d = 0,013

S_o = 0,0213

$V_{(C)}$ = 2,8904

$t_{c(C)} = t_{1(C)} + t_{2(C)}$

$t_{1(C)} = (\frac{2}{3} \cdot 3{,}28 \cdot L_o \cdot \frac{nd}{\sqrt{s}})^{0,167}$

$= (\frac{2}{3} \cdot 3{,}28 \cdot 368 \cdot \frac{0{,}013}{\sqrt{0{,}0213}})^{0,167}$

= 2,0411 menit

$t_{2(C)} = \frac{L}{60\ x\ V}$

$= \frac{850}{60\ x\ 2{,}8904}$

$= 4{,}9013$ menit

$t_{c(C)1} = t_{1(c)} + t_{2(c)}$

$= 6{,}9425$ menit

$t_{c(C)2} = t_{c(d)} + t_{2(c)}$

$= 8{,}2498$ menit $\approx 0{,}1375$ jam

3. Saluran D dengan Rumus Kirpich

$S_o = 0{,}02768$

$L = 350$ m

$$t_{c(D)} = \frac{0{,}06628 \,.\, L^{0{,}77}}{S^{0{,}385}}$$

$= 23{,}992$ menit $\approx 0{,}3999$ jam

Untuk perhitungan waktu konsentrasi pada saluran yang lain dilakukan dengan perhitungan yang sama. Waktu konsentrasi pada setiap saluran dapat dilihat pada Tabel 5.16 untuk perhitungan dengan SNI 03-3424-1994 dan pada Tabel 5.17 untuk perhitungan dengan Rumus Kirpich pada halaman selanjutnya.

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi dengan SNI 03-3424-1994

Saluran	L	Kemiringan	nd	Lo	V	t_1	t_2	t_c	t_c pakai	t_c pakai
	m	S		(m)	m/s	menit	menit	menit	menit	jam
A	500	0,0086	0,013	239	2,1939	2,0489	3,7984	5,8473	5,8473	0,0975
D	350	0,0277	0,013	247	3,9408	1,8682	1,4802	3,3485	3,3485	0,0558
C	850	0,0213	0,013	368	2,8904	2,0411	4,9013	6,9425	8,2498	0,1375
								8,2498		
B	1100	0,0166	0,013	162	2,0137	1,8171	9,1045	10,9216	17,3543	0,2892
								16,0469		
								17,3543		
E	500	0,0278	0,013	184	3,9522	1,7777	2,1085	3,8862	3,8862	0,0648
F	750	0,0203	0,013	162	2,6713	1,787	4,6794	6,4664	8,5656	0,1428
								8,5656		
G	1100	0,0153	0,013	211	1,7103	1,9125	10,7193	12,6318	19,2849	0,3214
								17,1856		
								19,2849		
H	500	0,0078	0,013	211	2,0937	2,0224	3,9802	6,0026	6,0026	0,1

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Waktu Konsentrasi dengan Rumus Kirpich

Saluran	L	Kemiringan	t_c pakai	t_c pakai
	m	S	menit	Jam
A	500	0,0086	49,567	0,8261
D	350	0,0277	23,992	0,3999
C	850	0,0213	52,566	0,8761
B	1100	0,0166	70,551	1,1759
E	500	0,0278	31,504	0,5251
F	750	0,0203	48,634	0,8106
G	1100	0,0153	72,877	1,2146
H	500	0,0078	51,385	0,8564

2. Intensitas hujan

Intensitas hujan dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.18 sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t_c}\right]^{\frac{2}{3}}$$

Untuk perhitungan intensitas pada saluran A kala ulang 2 tahun dan 5 tahun sebagai berikut.

a. Saluran A kala ulang 2 tahun dengan tc hasil dari perhitungan SNI 03-3424-1994. Perhitungan saluran A dengan kala ulang 2 tahun sebagai berikut.

R_{24} = 76,16 mm

$t_{c(A)}$ = 0,0975 Jam

$$I_{(A)2\ tahun} = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t_c}\right]^{\frac{2}{3}}$$

$$= \frac{76,16}{24} \cdot \left[\frac{24}{0,0975}\right]^{\frac{2}{3}}$$

= 118,94 mm/jam

b. Saluran A kala ulang 5 tahun dengan tc hasil perhitungan dari Rumus Kirpich. Perhitungan saluran A dengan kala ulang 5 tahun sebagai berikut.

R_{24} = 105 mm

$t_{c(A)}$ = 0,8261 jam

$$I_{(A)5\ tahun} = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t_c}\right]^{\frac{2}{3}}$$

$$= \frac{105}{24} \cdot \left[\frac{24}{0,8261}\right]^{\frac{2}{3}}$$

= 36,21 mm/jam

Untuk perhitungan intensitas hujan dengan kala ulang 10, 25, dan 50 tahun pada saluran A serta pada saluran yang lain juga dihitung dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti diatas. Rekapitulasi perhitungan intensitas hujan bisa dilihat pada Tabel 5.18 dengan tc hasil

perhitungan dari SNI 03-3424-1994 dan Tabel 5.19 dengan tc hasil perhitungan dari Rumus Kirpich pada halaman selanjutnya.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Intensitas Hujan dengan tc dari Perhitungan SNI 03-3424-1994

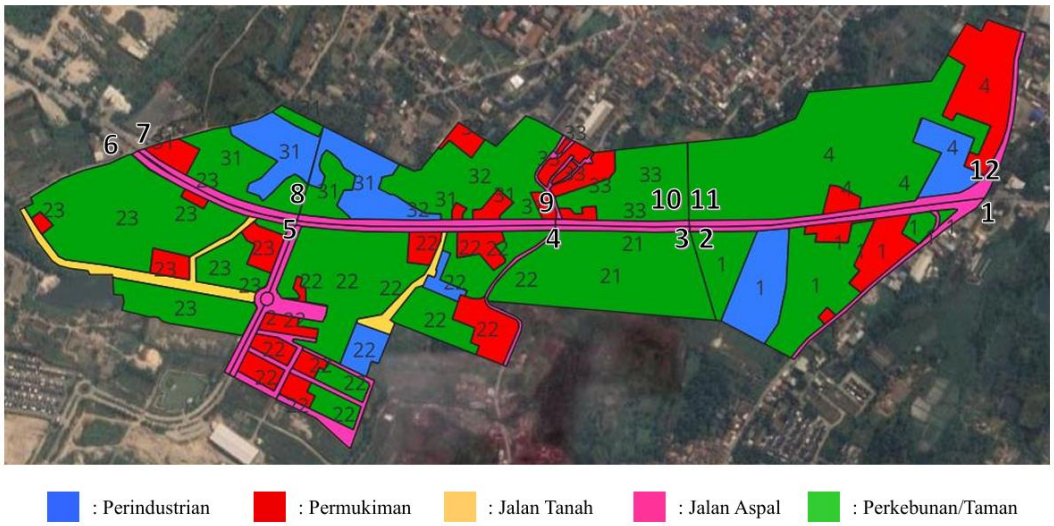
Saluran	R_{24} (mm)					t_c	Intensitas Hujan (mm/jam)				
	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	jam	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn
A	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,0975	124,68	171,90	215,46	287,34	355,53
D	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,0558	180,81	249,27	312,44	416,68	515,56
C	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,1375	99,12	136,65	171,28	228,42	282,63
B	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,2892	60,37	83,23	104,33	139,13	172,15
E	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,0648	163,72	225,71	282,91	377,30	466,83
F	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,1428	96,67	133,27	167,04	222,77	275,64
G	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,3214	56,27	77,58	97,24	129,69	160,46
H	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,1000	122,52	168,92	211,72	282,36	349,37

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Intensitas Hujan dengan tc dari Perhitungan Rumus Kirpich

Saluran	R_{24} (mm)					t_c	Intensitas Hujan (mm/jam)				
	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	jam	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn
A	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,8261	29,99	41,35	51,82	69,11	85,52
D	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,3999	48,65	67,07	84,07	112,11	138,72
C	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,8761	28,84	39,76	49,83	66,46	82,23
B	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	1,1759	23,70	32,68	40,96	54,62	67,58
E	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,5251	40,57	55,93	70,11	93,50	115,68
F	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,8106	30,37	41,87	52,49	70,00	86,61
G	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	1,2146	23,19	31,98	40,08	53,45	66,14
H	76,16	105,00	131,61	175,52	217,18	0,8564	29,28	40,37	50,60	67,48	83,49

5.3.3 Koefisien Aliran

Dapat dilihat pada Gambar 5.8 bahwa terdapat klasifikasi yang berbeda beda tiap sisinya. Hal tersebut yang menyebabkan nilai koefisien yang akan digunakan koefisien komposit atau koefisien gabungan.



Gambar 5. 8 Daerah Tangkapan Air

Untuk mencari nilai koefisien komposit menggunakan Persamaan 3.22 sebagai berikut.

1. Saluran A

$$C_{(A)komposit} = \frac{\sum(C \cdot A)}{\sum A}$$

$$= \frac{(0,4.0,0117)+(0,2.0,0368)+(0.8.0,0091)+(0,6.0.0160)}{0,0737}$$

$$= 0,3930$$

2. Saluran D

$$C_{(D)komposit} = \frac{\sum(C \cdot A)}{\sum A}$$

$$= \frac{(0,2.0,0487)+(0,8.0,0023)}{0,0510}$$

$$= 0,2270$$

Koefisien limpasan komposit pada saluran yang lain juga dihitung dengan persamaan yang sama, untuk rekapitulasi nilai koefisien limpasan komposit saluran dapat dilihat pada Tabel 5.20 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Koefisien Limpasan Komposit

Kel	Sal	Tata Guna Lahan		C	Luas Lahan Kumulatif	C x A	C Komposit
		Jenis	Luas (km^2)				
1	A	Permukiman	0,0117	0,4	0,0737	0,0047	0,3930
		Perkebunan/Taman	0,0368	0,2		0,0074	
		Jalan Tanah	0,0000	0,4		0,0000	
		Jalan Aspal	0,0091	0,8		0,0073	
		Perindustrian	0,0160	0,6		0,0096	
2	D	Permukiman	0,0000	0,4	0,0510	0,0000	0,2270
		Perkebunan/Taman	0,0487	0,2		0,0097	
		Jalan Tanah	0,0000	0,4		0,0000	
		Jalan Aspal	0,0023	0,8		0,0018	
		Perindustrian	0,0000	0,6		0,0000	
	C	Permukiman	0,0287	0,4	0,0789	0,0115	0,3986
		Perkebunan/Taman	0,0287	0,2		0,0057	
		Jalan Tanah	0,0037	0,4		0,0015	
		Jalan Aspal	0,0103	0,8		0,0083	
		Perindustrian	0,0075	0,6		0,0045	
	B	Permukiman	0,0087	0,4	0,0830	0,0035	0,2903
		Perkebunan/Taman	0,0579	0,2		0,0116	
		Jalan Tanah	0,0101	0,4		0,0040	
		Jalan Aspal	0,0062	0,8		0,0050	
		Perindustrian	0,0000	0,6		0,0000	
3	E	Permukiman	0,0034	0,4	0,0389	0,0014	0,4086
		Perkebunan/Taman	0,0188	0,2		0,0038	
		Jalan Tanah	0,0000	0,4		0,0000	
		Jalan Aspal	0,0038	0,8		0,0030	
		Perindustrian	0,0129	0,6		0,0077	
	F	Permukiman	0,0066	0,4	0,0595	0,0026	0,3798
		Perkebunan/Taman	0,0322	0,2		0,0064	
		Jalan Tanah	0,0000	0,4		0,0000	
		Jalan Aspal	0,0055	0,8		0,0044	
		Perindustrian	0,0152	0,6		0,0091	
	G	Permukiman	0,0090	0,4	0,0367	0,0036	0,3294
		Perkebunan/Taman	0,0228	0,2		0,0046	
		Jalan Tanah	0,0000	0,4		0,0000	
		Jalan Aspal	0,0049	0,8		0,0039	
		Perindustrian	0,0000	0,6		0,0000	
4	H	Permukiman	0,0240	0,4	0,1295	0,0096	0,3115
		Perkebunan/Taman	0,0861	0,2		0,0172	
		Jalan Tanah	0,0000	0,4		0,0000	
		Jalan Aspal	0,0094	0,8		0,0075	
		Perindustrian	0,0100	0,6		0,0060	

5.3.4 Debit Rancangan

Debit rancangan dianalisis dengan menggunakan metode rasional. Kemudian dihitung menggunakan Persamaan 3.23. untuk perhitungannya sebagai berikut.

a. Saluran D dengan *I* hasil perhitungan dari SNI 03-3424-1994

$A_{(D)}$ = 0,051 km^2

$C_{komposit(D)}$ = 0,22703

$I_{SNI(D)2\ tahun}$ = 180,81 mm/jam

$Q_D = \frac{1}{3,6} \cdot C_{komposit(AB)} \cdot I_{(AB)2\ tahun} \cdot A$

$= \frac{1}{3,6} \cdot 0,22703 \cdot 180,81 \cdot 0,051$

= 1,4542 m^3/det

b. Saluran C dengan *I* hasil perhitungan dari Rumus Kirpich

$A_{(C)}$ = 0,0789 km^2

$C_{komposit(C)}$ = 0,39861

$I_{Kirpich(C)2\ tahun}$ = 28,84 mm/jam

$Q_C = \frac{1}{3,6} \cdot C_{komposit(BC)} \cdot I_{(BC)2\ tahun} \cdot A$

$= \frac{1}{3,6} \cdot 0,39861 \cdot 28,84 \cdot 0,0789$

= 0,2320 m^3/det

Untuk perhitungan debit kapasitas saluran eksisting yang lain dan kala ulang lainnya juga dihitung dengan menggunakan persamaan yang sama. Rekapitulasi debit rancangan dapat dilihat pada Tabel 5.13 dengan *I* hasil perhitungan dari SNI 03-3424-1994 dan Tabel 5.14 dengan *I* hasil perhitungan dari Rumus Kirpich pada halaman selanjutnya.

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan dengan I dari Perhitungan SNI 03-3424-1994

Saluran	C	*I* (mm/jam)					A	Q (m^3/det)				
	Komposit	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	km^2	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn
A	0,39296	124,68	171,90	215,46	287,34	355,53	0,0737	1,0028	1,3826	1,7329	2,3111	2,8596
D	0,22703	180,81	249,27	312,44	416,68	515,56	0,0510	1,4542	2,0049	2,5130	3,3514	4,1467
C	0,39861	99,12	136,65	171,28	228,42	282,63	0,0789	0,7972	1,0991	1,3776	1,8372	2,2732
B	0,29035	60,37	83,23	104,33	139,13	172,15	0,0830	0,4856	0,6695	0,8391	1,1191	1,3846
E	0,40858	163,72	225,71	282,91	377,30	466,83	0,0389	1,3168	1,8154	2,2755	3,0346	3,7548
F	0,37978	96,67	133,27	167,04	222,77	275,64	0,0595	0,7775	1,0719	1,3435	1,7918	2,2170
G	0,32939	56,27	77,58	97,24	129,69	160,46	0,0367	0,4526	0,6240	0,7821	1,0431	1,2906
H	0,31149	122,52	168,92	211,72	282,36	349,37	0,1295	0,9855	1,3586	1,7029	2,2711	2,8100

Tabel 5. 22 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan dengan I dari Perhitungan Rumus Kirpich

Saluran	C	*I* (mm/jam)					A	Q (m^3/det)				
	Komposit	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	km^2	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn
A	0,39296	29,99	41,35	51,82	69,11	85,52	0,0737	0,2412	0,3326	0,4168	0,5559	0,6878
D	0,22703	48,65	67,07	84,07	112,11	138,72	0,0510	0,3913	0,5395	0,6762	0,9017	1,1157
C	0,39861	28,84	39,76	49,83	66,46	82,23	0,0789	0,2320	0,3198	0,4008	0,5345	0,6614
B	0,29035	23,70	32,68	40,96	54,62	67,58	0,0830	0,1906	0,2628	0,3294	0,4393	0,5436
E	0,40858	40,57	55,93	70,11	93,50	115,68	0,0389	0,3263	0,4499	0,5639	0,7520	0,9304
F	0,37978	30,37	41,87	52,49	70,00	86,61	0,0595	0,2443	0,3368	0,4221	0,5630	0,6966
G	0,32939	23,19	31,98	40,08	53,45	66,14	0,0367	0,1866	0,2572	0,3224	0,4299	0,5320
H	0,31149	29,28	40,37	50,60	67,48	83,49	0,1295	0,2355	0,3247	0,4069	0,5427	0,6715

5.4 Analisis Kecukupan

Analisis kecukupan merupakan suatu tindakan yang dilakukan guna mengetahui nilai dari kapasitas saluran drainase yang sudah ada sehingga dapat mengalirin air debit rancangan. Analisis ini diperoleh dengan membandingkan debit kapasitas saluran eksisting dengan debit rancangan. Saluran eksisting dikatakan dapat mengaliri debit rancangan ketika debit kapasitas saluran eksisting lebih besar dari pada debit rancangan. Rekapitulasi analisis kecukupan dapat dilihat pada Tabel 5.23 dengan perhitungan SNI 03-3424-1994 dan Tabel 5.24 dengan perhitungan Rumus Kirpich pada halaman selanjutnya.

Tabel 5. 23 Rekapitulasi Analisis Kecukupan dengan Perhitungan SNI 03-3424-1994

Saluran	Dimensi Eksisting		Q	Q Kala Ulang					Keterangan				
	B	H	Eksisting	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn
A	0,6	0,72	0,9478	1,0028	1,3826	1,7329	2,3111	2,8596	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
D	0,6	0,72	1,7024	1,4542	2,0049	2,5130	3,3514	4,1467	AMAN	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
C	0,6	0,72	1,2486	0,7972	1,0991	1,3776	1,8372	2,2732	AMAN	AMAN	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
B	0,6	0,72	0,8699	0,4856	0,6695	0,8391	1,1191	1,3846	AMAN	AMAN	AMAN	Tidak Aman	Tidak Aman
E	0,6	0,72	1,7074	1,3168	1,8154	2,2755	3,0346	3,7548	AMAN	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
F	0,6	0,72	1,1540	0,7775	1,0719	1,3435	1,7918	2,2170	AMAN	AMAN	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
G	0,6	0,72	0,7389	0,4526	0,6240	0,7821	1,0431	1,2906	AMAN	AMAN	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
H	0,6	0,72	0,9045	0,9855	1,3586	1,7029	2,2711	2,8100	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman

Tabel 5. 24 Rekapitulasi Analisis Kecukupan dengan Perhitungan Rumus Kirpich

Saluran	Dimensi Eksisting		Q	Q Kala Ulang					Keterangan				
	B	H	Eksisting	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn
A	0,6	0,72	0,9478	0,2412	0,3326	0,4168	0,5559	0,6878	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
D	0,6	0,72	1,7024	0,3913	0,5395	0,6762	0,9017	1,1157	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
C	0,6	0,72	1,2486	0,2320	0,3198	0,4008	0,5345	0,6614	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
B	0,6	0,72	0,8699	0,1906	0,2628	0,3294	0,4393	0,5436	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
E	0,6	0,72	1,7074	0,3263	0,4499	0,5639	0,7520	0,9304	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
F	0,6	0,72	1,1540	0,2443	0,3368	0,4221	0,5630	0,6966	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
G	0,6	0,72	0,7389	0,1866	0,2572	0,3224	0,4299	0,5320	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN
H	0,6	0,72	0,9045	0,2355	0,3247	0,4069	0,5427	0,6715	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN

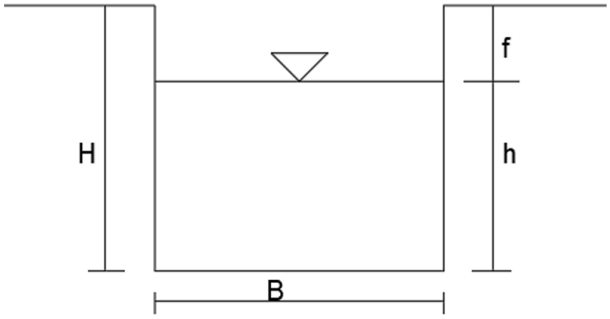
Berdasarkan Tabel 5.23 dan Tabel 5.24 diatas diketahui bahwa pada kala ulang 50 tahun dengan SNI 03-3424-1994 terdapat beberapa saluran yaitu saluran A, saluran D, dan saluran H dalam kondisi tidak aman.

5.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis diperoleh adanya perbedaan yang cukup mencolok. Pada penentuan waktu konsentrasi, terdapat selisih yang cukup besar antara metode SNI 03-3424-1994 dan metode Kirpich. Waktu konsentrasi tertinggi menurut SNI 03-3424-1994 adalah 0,3214 jam, sedangkan dengan metode Kirpich mencapai 0,8761 jam. Perbedaan waktu konsentrasi ini berpengaruh terhadap intensitas hujan, intensitas hujan yang dihitung menggunakan metode Kirpich menghasilkan nilai lebih rendah dibandingkan dengan SNI 03-3424-1994. Kemudian pada perhitungan debit banjir rencana dengan kala ulang 50 tahun, semua saluran berdasarkan metode Kirpich dinyatakan dalam kondisi aman, sedangkan dengan metode SNI 03-3424-1994 dari 8 saluran tidak satu pun aman.

5.6 Solusi

Desain ulang merupakan opsi yang diambil dalam penelitian kali ini ketika saluran drainase yang diteliti tidak aman pada kala ulang 50 tahun. Desain ulang hanya berlaku pada saluran yang tidak aman dengan tidak mengubah bentuk pada penampangnya. Di bawah ini merupakan ilustrasi penampang pada saluran yang didesain ulang dapat dilihat pada Gambar 5.9 sebagai berikut.



Gambar 5. 9 Ilustrasi Penampang Saluran Segi Empat

Beton *precast* dipilih sebagai jenis saluran drainase yang didesain ulang dengan menggunakan koefisien *Manning* sebesar 0,014. Saluran drainase dengan penampang berbentuk persegi yang ekonomis lebar salurannya (B) diasumsikan dengan 2h. Di bawah ini merupakan perhitungan desain ulang pada saluran D sebagai berikut.

$Q_{(D)50\ tahun}$ = 4,1467 $m^3/_{det}$

S_O = 0,0277

Luas Penampang (A_s) = (B x h)

= (2h x h)

= $2h^2$

Berdasarakan SNI 03-3424-1994 nilai B (lebar dasar saluran) diasumsikan sebesar 2h dikarenakan keterbatasan lahan sehingga dipilih perbandingan yang proporsional sesuai kebutuhan hidrologis.

Keliling Basah (P) = (B + 2h)

= (2h + 2h)

= 4h

Radius Hidrolik (R) = $\frac{As}{P}$

= $\frac{2h^2}{4h}$

= $\frac{1}{2}h$

V = $\frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S_O{}^{\frac{1}{2}}$

= $\frac{1}{0{,}014} \cdot (\frac{1}{2}h)^{\frac{2}{3}} \cdot 0{,}0277^{\frac{1}{2}}$

= $5{,}9422h^{\frac{2}{3}}$

Suatu saluran mampu menampung debit banjir rancangan ketika

Q_{Banjir} = $Q_{Saluran}$

4,1467 = $A_S \, . V$

4,1467 = $2h^2 . 5{,}9422h^{\frac{2}{3}}$

4,1467 = $11{,}8844^{\frac{2}{3}}$

$\frac{4{,}1467}{11{,}8844}$ = $h^{\frac{8}{3}}$

0,3489 = $h^{\frac{8}{3}}$

$0{,}3489^{\frac{3}{8}}$ = h

0,6738 m = h

f = $30\% \, . h$

= $30\% \, . 0{,}6738$

= 0,2021 m

H = $f + h$

= $0{,}2021 + 0{,}6738$

= 0,8759 m

B = 2h

= 2 x 0,4893

= 1,3476 m

Seluruh saluran dihitung dengan cara yang sama, kecuali pada saluran C dan B nilai B dianggap 1,5h mengingat keterbatasan lahan. Di bawah ini rekapitulasi untuk desain ulang pada saluran yang tidak aman dapat dilihat pada Tabel 5.25 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5. 25 Rekapitulasi Desain Ulang Pada Saluran

Saluran	Qbanjjir	B	H	B pakai	H pakai
	m^3/det	m	m	m	m
A	2,8596	1,4602	0,9491	1,5	1,2
D	4,1467	1,3476	0,8759	1,5	1
C	2,2732	0,8474	0,7344	1	1
B	1,3846	0,7372	0,6389	1	1
E	3,7548	1,2969	0,8430	1,5	1
F	2,2170	1,1295	0,7342	1,2	1
G	1,2906	0,9727	0,6322	1,2	1
H	2,8100	1,4763	0,9596	1,5	1,2

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis dan perhitungan dari evaluasi kapasitas pada saluran drainase di Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon STA 3+350 s/d 4+850 disimpulkan bahwa.

1. $Q_{rancangan}$ dengan SNI 03-3424-1994 sebesar antara 0,4526 m^3/det s/d 4,1467 m^3/det, sedangkan dengan rumus Kirpich sebesar antara 0,1866 m^3/det s/d 1,1157 m^3/det.
2. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa $Q_{eksisting}$ pada Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon tidak dapat menampung debit rencana secara optimal khususnya pada penggunaan SNI 03-3424-1994. Kondisi ini berpotensi menimbulkan genangan atau banjir, sehingga dilakukan perencanaan ulang atau perbaikan dimensi saluran agar sesuai dengan kebutuhan hidrologis kawasan.
3. Hasil analisis menunjukkan bahwa $Q_{eksisting}$ pada Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon tidak mampu menampung $Q_{rancangan}$ dengan perhitungan SNI 03-3424-1994. Oleh karena itu, saluran drainase pada kawasan tersebut perlu dilakukan redesign agar dapat mengalirkan debit banjir sesuai perhitungan hidrologis dan mengurangi risiko genangan maupun banjir.

6.2 Saran

Adapan saran yang dapat peniliti berikan sebagai perbaikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Diperlukan adanya pembanding dengan penelitian yang sejenis sehingga dapat dengan cepat dalam menanganinya.
2. Penanganan genangan banjir dapat diperhatikan dengan aspek lain seperti ekonomis sehingga dapat memperoleh hasil yan optimal dalam proses penanganannya.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, F. dan Sulwan, P. 2024. Evaluasi Sistem Drainase terhadap Genangan Air pada Ruas Jalan Malangbong-Wado di Kabupaten Garut. *Journal Of Civil Engineering And Infrastructure Technology*. Vol.1 No.1. Surakarta.

Ani, A. dan Tahadjuddin. 2019. Analisis Hidrolika untuk Saluran Drainase Perumahan. *Jurnal Student Teknik Sipil*. Vol.1 No.1. Sukabumi.

Arnold, A. M. Elisabeth, T. dan Penina, I. 2023. Analisa Sistem Drainase Jalan dalam Upaya Penanggulangan Genangan di Kawasan Jalan Merpati Kelurahan Rijali Kota Ambon. *Jurnal Simetrik*. Vol.XII No.2. Ambon.

Azarine, N. J. Liliya, D. S. dan Alexander, T. S. H. 2015. Evaluasi Saluran Drainase untuk Pengendalian Banjir di Jalan Sukowati Sragen. *Jurnal Teknik Sipil*. Vol.20 No.2. Garut.

Fitri, H. Rahmania, H. Indra, A. Sadtim. dan Hartati. 2020. Studi Penentuan Nilai Koefisien Pengaliran DAS Batang Arau di Kota Padang. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*. Vol.XV No.2. Padang.

Gita, R. 2024. Analisis Intensitas Curah Hujan dan Kurva IDF (*Intensity-Duration-Frequency*) Metode Mononobe di Kota Salatiga. *Jurnal Ilmiah Teknik*. Vol.III No.3. Sragen.

Habib, K. W. Prastowo. Asep, S. dan Nora, H. P. 2014. Analisis Kriteria Rancangan Hidraulika Pada Pemanfaatan Air Limpasan untuk Air Baku di Kawasan Perumahan. *Jurnal Teknik Hidraulik*. Vol.V No.1:57-58. Bogor.

Ida, B. S. Anak, A. R. R. W. dan I Made, P. W. 2023. Analisis Hidrolika Pada Saluran Drainase di Daerah Seminyak Kecamatan Kuta Kabupaten Badung. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*. Vol.XII No.1. Bali.

Mus'ab, A. 2024. Evaluasi Saluran Drainase Pada Jalan Lingkar Selatan STA 3+350 s/d STA 4+850. *Tugas Akhir.* Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Pasca, W. Gunarso. Teguh,Y. dan Amin, A. A. 2022. Evaluasi Saluran Drainase di Jalan Gajayana dan Jalan Sumbersari Kota Malang. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Vol.XV No.2. Malang.

Putu, D. H. A. Ketut, S. I Gede, A. W. dan I Wayan, D. 2021. Analisis Debit Banjir Rancangan di Daerah Aliran Sungai Tukad Mati. *Jurnal Teknik Gradien*. Vol.XIV No.2:58-70. Bali.

Riyo, A. Y. Dyah, I. K. dan Subuh, T. 2015. Analisis Hidrologi dan Hidrolika Saluran Drainase *Box Culvert* di Jalan Antasari Bandar Lampung

Menggunakan Program HEC-RAS. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*. Vol.III No.1:1-12. Bandar Lampung.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal Tugas Akhir

Uraian Kegiatan	Jam Kerja (Jam)	Bulan ke-1			
		1	2	3	4
Persiapan					
Testing Alat	2	2			
Tinjauan Pustaka	24	24			
Dst					
Pengumpulan Data					
Pengambilan Data Lapangan	8	8			
Pengambilan Data Stasiun Hujan	8	8			
Dst	6	6			
Analisis dan Pembahasan					
Analisis Frekuensi Hujan	24		24		
Analisis Koefisien Limpasan	24		24		
Analisis Debit Banjir Rencana	24		24		
Evaluasi Saluran Drainase	24			24	
Dst	6			6	
Penyusunan Laporan					
Laporan Sementara	18			18	
Laporan Akhir	18				18
Dst	6				6
Jumlah Total	**192**				
Rencana Mingguan (Jam)		48	72	48	24
Jam Kerja Kumulatif (Jam)		48	120	168	192

Lampiran 2. Tabel Faktor Frekuensi K_T Distribusi Log Pearson III

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.977	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.328	3.828	5.110
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-0.164	0.758	1.400	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.180	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.318	1.880	2.261	2.615	2.949	3.677
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-0.170	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	0.170	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	3.950
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.678
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.134	2.209	2.220	2.540
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.773	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Sumber : Hidrologi Jilid 1 (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data), hal 219

Lampiran 3. Tabel Nilai Chi Kuadrat

DK	Distribusi X^2											
	0,99	**0,95**	**0,90**	**0,80**	**0,70**	**0,50**	**0,30**	**0,20**	**0,10**	**0,05**	**0,01**	**0,001**
1	0,000	0,004	0,018	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2	0,020	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	9,210	13,815
3	0,115	0,352	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	11,345	16,268
4	0,297	0,711	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	13,277	18,465
5	0,554	1,145	1,610	2,343	3,000	4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	15,086	20,517
6	0,872	1,635	2,204	1,070	3,828	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	16,812	22,457
7	1,239	2,167	2,833	3,822	4,671	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	18,457	24,322
8	1,646	2,733	3,890	4,594	5,527	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	20,090	26,425
9	2,088	3,325	4,168	5,380	6,393	8,343	10,656	12,424	14,684	16,919	21,666	27,877
10	2,558	3,940	6,179	6,179	7,267	9,342	11,781	13,242	15,987	18,307	23,209	29,588
11	3,053	4,575	5,578	6,989	8,148	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
12	3,571	5,226	6,304	7,807	9,034	11,340	14,011	15,812	18,549	21,026	26,217	32,909
13	4,107	5,892	7,042	8,634	9,926	12,340	15,119	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14	4,660	6,571	7,790	9,467	10,821	13,339	16,222	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15	5,229	7,261	8,547	10,307	11,721	14,339	17,322	19,311	22,307	24,996	30,578	37,697
16	5,812	7,962	9,312	11,152	12,624	15,338	18,418	20,465	23,542	26,296	32,000	39,252
17	6,408	8,672	10,085	12,002	13,531	16,338	19,511	21,615	24,769	27,587	33,409	40,790
18	7,015	9,390	10,865	12,857	14,440	17,338	20,601	22,760	25,989	28,869	34,805	42,312
19	7,633	10,117	11,651	13,716	15,352	18.338	21,689	23900	27,204	30,144	36,191	43,820
20	8,260	10,851	12,443	14,578	16,266	19,377	22,775	25.038	28,412	31,410	37,566	45,315
21	8,897	11,501	13,240	15,445	17,182	20,377	23,858	26,171	29,615	32,671	38,932	46,797
22	9,542	12,338	14,041	16,314	18,101	21,337	24,939	27,301	30,813	33,924	40,289	48,268
23	10,196	13,091	14,484	17,187	19,021	22,337	26,018	28,429	32,007	35,172	41,638	49,728
24	10,856	13,848	15,659	18,062	19,943	23,337	27,096	29,553	33,196	36,415	42,980	51,179
25	11,524	14,611	16,473	18,940	20,867	24,337	28,172	30,675	34,382	37,652	44,314	52,620
26	12,198	15,379	17,292	19,820	21,792	25,336	29,246	31,795	35,563	38,886	45,642	54,052
27	12,879	16,151	18,114	20,703	22,719	26,336	30,319	32,912	36,741	40,113	46,963	55,476
28	13,565	16,928	18,939	21,588	23,647	27,336	31,391	34,027	37,916	41,337	48,278	56,893
29	14,256	17,708	19,768	22,475	24,577	28,336	32,461	35,139	39,087	42,557	49,588	58,302
30	14,53	18,493	20,599	23,364	25,508	29,336	33,530	36,250	40,256	43,773	50,892	59,703