

# **EVALUASI SISTEM DRAINASE DALAM PENANGANAN GENANGAN DENGAN MODEL EPA SWMM VERSI 5.1**

## **SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam  
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Sastra Satu  
Universitas Medan Area**

**Oleh:**

**ANNISA WAHYUNI  
188110142**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 7/6/23

Access From (repository.uma.ac.id)7/6/23

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**EVALUASI SISTEM DRAINASE DALAM PENANGANAN GENANGAN**  
**DENGAN MODEL EPA SWMM VERSI 5.1**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam  
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Sastra Satu  
Universitas Medan Area

Disusun Oleh:

**ANNISA WAHYUNI**  
188110142

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Ir. Nurmaidah, M.T**  
NIDN: 0108016101

**Rizky Franchitika, S.T, M.Eng**  
NIDN: 0106028901

Mengetahui:



**Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom**  
NIDN: 0105058804



Ketua Program Studi Teknik Sipil  
**Hermansyah, S.T. M.T**  
NIDN: 0106088004

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 7/6/23

Access From (repository.uma.ac.id)7/6/23

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah ini:

Nama : Annisa Wahyuni

NPM : 188110142

Jurusan : Teknik Sipil

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Sistem Drainase Dalam Penanganan Genangan Dengan Model EPA SWMM Versi 5.1.

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan apabila kelak dikemudian hari ternyata pernyataan ini tidak benar (skripsi plagiat) maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar kesarjanaan atau sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 16 Mei 2023  
Yang Membuat Pernyataan



Annisa Wahyuni  
188110142



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Annisa Wahyuni

NPM : 188110142

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-Exclusive Royalty-Free Right) atas karya saya yang berjudul: Evaluasi Sistem Drainase Dalam Penanganan Genangan Dengan Model EPA SWMM Versi 5.1 beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 16 Mei 2023  
Yang membuat pernyataan

  
Annisa Wahyuni  
188110142

## ABSTRAK

Genangan air hujan di badan jalan mengganggu kenyamanan pengendara dan mempengaruhi lalu lintas serta merusak badan jalan. Jalan Gatot Subroto merupakan jalan utama yang menghubungkan Kota Medan dengan Kota Binjai yang kerap kali terdapat genangan di beberapa titik ruas jalannya. Mengetahui kondisi tersebut, maka perlu diadakan penelitian sistem drainase. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir rencana dan waktu konsentrasi pada daerah tangkapan air dan memberi solusi pada permasalahan genangan. Sehingga genangan dan banjir yang diakibatkan oleh hujan tidak lagi menggenangi permukaan jalan dan pemukiman sekitarnya. EPA SWMM (*Environment Protection Agency Storm Water Management Model*) mampu memodelkan permasalahan kuantitas limpasan daerah perkotaan dan kondisi yang terjadi di lapangan dengan memasukkan parameter yang tercatat dalam kondisi sesungguhnya. Dalam penelitian ini, juga mengevaluasi suatu sistem drainase jalan yang telah ada dan faktor-faktor yang mempengaruhi genangan dan banjir. Metode yang digunakan antara lain distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel dan distribusi Log Pearson Tipe III serta Uji kecocokan data menggunakan Uji Smirnov-Kolmogorof dan uji Chi Kuadrat. Hasil perhitungan debit puncak banjir rencana pada periode 5 tahun adalah 2.813 m<sup>3</sup>/det dan pada periode 10 tahun sebesar 3.121 m<sup>3</sup>/detik sedangkan dan waktu konsentrasi pada daerah tangkapan air adalah 9,345 menit atau 0,156 jam. Perbandingan kapasitas eksisting saluran dan debit banjir rencana maka didapat bahwa saluran eksisting yang ada tidak dapat menampung debit banjir rencana, sehingga perlu dilakukan perencanaan kembali pada saluran drainase. Berdasarkan hasil perhitungan debit rencana periode kala ulang 10 tahun diperoleh, perencanaan ulang dimensi saluran yaitu segmen2 dengan kedalaman 0,746 m dan lebar 1,492 m; segmen3 dengan kedalaman 0,868 m dan lebar 1,737 m; segmen4 dengan kedalaman 0,567 m dan lebar 1,134 m; segmen5 dengan kedalaman 0,604 m dan lebar 1,208 m; segmen7 dengan kedalaman 0,583 m dan lebar 1,165 m.

**Kata Kunci :** Drainase Perkotaan, Genangan, Metode, EPA SWMM 5.1

## ABSTRACT

*Stagnant rainwater on the road disturbs the comfort of motorists and affects traffic and damages the road body. Gatot Subroto Street is the main road that connects Medan City and Binjai City which often has puddles at several points on its roads. Knowing these conditions, it is necessary to conduct drainage system research. This study aims to determine the planned flood discharge and concentration time in the water catchment area and provide solutions to the inundation problem. So that inundation and flooding caused by rain will no longer inundate the road surface and surrounding settlements. EPA SWMM (Environment Protection Agency Storm Water Management Model) is able to model the problem of quantity of runoff in urban areas and conditions that occur in the field by entering parameters recorded in real conditions. In this study, also evaluate an existing road drainage system and the factors that affect inundation and flooding. The methods used include the Normal distribution, Log Normal distribution, Gumbel distribution and Pearson Log Type III distribution and data compatibility test using the Smirnov-Kolmogorof test and Chi Square test. The results of the calculation of the planned flood peak discharge in the 5 year period is 2,813 m<sup>3</sup>/s and in the 10 year period it is 3,121 m<sup>3</sup>/sec while the concentration time in the water catchment area is 9.345 minutes or 0.156 hours. Comparison of the existing capacity of the channel and the planned flood discharge, it is found that the existing channel cannot accommodate the planned flood discharge, so it is necessary to re-plan the drainage channel. 0.746 m deep and 1.492 m wide; segment 3 with a depth of 0.868 m and a width of 1.737 m; segment 4 with a depth of 0.567 m and a width of 1.134 m; segment 5 with a depth of 0.604 m and a width of 1.208 m; segment 7 with a depth of 0.583 m and a width of 1.165 m.*

**Keywords:** *Urban Drainage, Puddle, Method, EPA SWMM 5.1*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi penulis dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penelitian yang berjudul **“Evaluasi Sistem Drainase Dalam Penanganan Genangan Dengan Model EPA SWMM Versi 5.1.”**

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa apa yang penulis sampaikan dalam skripsi ini masih ada kekurangannya. Hal ini karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan ilmiah penulis, sehingga dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Hermansyah, S.T, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area yang banyak membantu penulis di dalam dan di luar waktu mengajar.



4. Ibu Ir. Nurmaidah, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar telah membimbing dan memberikan ilmu serta waktu yang sangat berharga bagi penulis.
5. Ibu Rizky Franchitika S.T, M.Eng selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan, dukungan, waktu dan ilmu yang telah diberi kepada penulis.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang selalu membantu penulis dalam pengajaran dan segala urusan serta administrasi.
7. Terkhusus kepada kedua orang tua saya, Ayah dan Bunda serta saudara-saudari saya yang telah memberi doa, dukungan, bantuan dan semangat baik material maupun spiritual, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
8. Group Kuyang, Dilla, Ifan, Bagus, Dwi, Dinda dan teman-teman seperjuangan di kelas malam dan pagi serta Mahasiswa/I Teknik Sipil Angkatan 2018 Universitas Medan Area yang telah banyak memberi bantuan, dukungan dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa skripsi ini dapat diselesaikan, kepada Allah yang Maha Esa semua dikembalikan.

Medan, 16 Mei 2023



Annisa Wahyuni  
188110142



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

RIWAYAT HIDUP

KATA PENGANTAR.....i

ABSTRAK .....iii

*ABSTRACT* .....iv

DAFTAR ISI.....v

DAFTAR GAMBAR.....viii

DAFTAR TABEL ..... x

**BAB I PENDAHULUAN ..... 1**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Maksud dan Tujuan..... 3

1.3 Rumusan Masalah ..... 3

1.4 Batasan Masalah ..... 3

1.5 Manfaat Penelitian..... 4

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 5**

2.1 Penelitian Terdahulu ..... 5

2.2 Uraian Umum..... 9

2.3 Fungsi Drainase ..... 9

2.4 Sistem Drainase ..... 10

2.5 Genangan..... 10

2.6 Analisis Hidrologi .....	11
2.6.1 Analisis Frekuensi .....	12
2.6.2 Periode Kala Ulang Curah Hujan .....	17
2.6.3 Uji Kecocokan.....	18
2.6.4 Intensitas Hujan .....	21
2.6.5 Koefisien Pengaliran .....	22
2.6.6 Debit Rencana .....	23
2.6.7 Waktu Konsentrasi .....	24
2.7 Analisa Hidrolika .....	26
2.7.1 Penampang Saluran .....	26
2.7.2 Kekasaran Saluran .....	26
2.7.3 Kecepatan Aliran .....	27
2.7.4 Kapasitas Saluran Drainase .....	28
2.8 Pemodelan Drainase menggunakan SWMM .....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	33
3.2 Sistematika Penelitian.....	34
3.2.1 Persiapan .....	34
3.2.2 Mengumpulkan Data .....	34
3.2.3 Survei Lapangan .....	35
3.2.4 Analisis Hidrologi.....	37
3.2.5 Pemodelan menggunakan SWMM.....	46
3.3 Flow Chart.....	47
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>48</b>

4.1 Hasil Penelitian .....	48
4.1.1 Uji Distribusi Probabilitas .....	48
4.1.2 Metode Uji Chi-Kuadrat .....	48
4.1.3 Metode Uji Smirnov-Kolmogorov .....	56
4.2 Pembahasan Penelitian .....	60
4.2.1 Analisa Debit Rencana.....	60
4.2.2 Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting.....	63
4.2.3 Kalibrasi SWMM.....	74
4.2.4 Perencanaan Desain Ulang Saluran Drainase Eksisting.....	82
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>90</b>
5.1 Kesimpulan.....	90
5.2 Saran.....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>92</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Jalan Gatot Subroto km 7,5 .....	33
Gambar 3.2	Dimensi saluran eksisting .....	36
Gambar 3.3	Pengukuran level air pada saluran.....	36
Gambar 3.4	Diagram Alir Penelitian .....	47
Gambar 4.1	Grafik <i>Intensity Duration Frequency</i> .....	62
Gambar 4.2	Drainase Eksisting.....	63
Gambar 4.3	Potongan Melintang Segmen 1 .....	64
Gambar 4.4	Potongan Melintang Segmen 2 .....	65
Gambar 4.5	Potongan Melintang Segmen 3 .....	66
Gambar 4.6	Potongan Melintang Segmen 4 .....	67
Gambar 4.7	Potongan Melintang Segmen 5 .....	68
Gambar 4.8	Potongan Melintang Segmen 6 .....	70
Gambar 4.9	Potongan Melintang Segmen 7.....	71
Gambar 4.10	Saluran Drainase.....	75
Gambar 4.11	Jendela <i>Run Status</i> .....	75
Gambar 4.12	Saluran hasil simulasi.....	76
Gambar 4.13	Jendela <i>Summary Results</i> untuk <i>Sub-catchment Run-off</i> .....	76
Gambar 4.14	Rangkuman perolehan simulasi kedalaman air drainase .....	77
Gambar 4.15	<i>Summary Results</i> pada simulasi untuk genangan air pada node ...	77
Gambar 4.16	Rangkuman hasil simulasi untuk aliran di saluran.....	78
Gambar 4.17	Rangkuman hasil simulasi untuk genangan di saluran .....	78
Gambar 4.18	Grafik aliran pada saluran CON1, CON2, CON3, CON4 dan CON5 .....	79



Gambar 4.19	Profil aliran dari JUN1, JUNC2, JUNC3, JUNC4, JUN5 dan OUT1 pada selang waktu 1 jam 15 menit (air tidak mengalami peluapan) .....	80
Gambar 4.20	Profil aliran dari JUN1, JUNC2, JUNC3, JUNC4, JUN5 dan OUT1 pada selang waktu 2 jam (air mengalami peluapan) .....	80
Gambar 4.21	<i>Link Flow</i> dalam bentuk tabel .....	81
Gambar 4.22	Luapan terlihat pada <i>Map Query</i> .....	82
Gambar 4.23	Jendela <i>Summary Results</i> .....	85
Gambar 4.24	Rangkuman hasil simulasi untuk kedalaman air pada drainase ....	86
Gambar 4.25	Rangkuman hasil simulasi untuk aliran di saluran.....	86
Gambar 4.26	<i>Summary results</i> simulasi untuk genangan di saluran.....	87
Gambar 4.27	Grafik aliran pada saluran CON1, CON2, CON3, CON4 dan CON5 .....	87
Gambar 4.28	Profil aliran dari JUN1, JUNC2, JUNC3, JUNC4, JUN5 dan OUT1 pada selang waktu 1 jam 15 menit (air tidak mengalami peluapan) .....	88
Gambar 4.29	Profil aliran dari JUN1, JUNC2, JUNC3, JUNC4, JUN5 dan OUT1 pada selang waktu 2 jam (air tidak mengalami peluapan) .....	88
Gambar 4.30	<i>Link Flow</i> dalam bentuk tabel .....	89

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Variabel Reduksi Gauss .....	13
Tabel 2.2	Nilai KT untuk Distribusi Log Normal .....	14
Tabel 2.3	Nilai k untuk distribusi Log-Pearson III .....	15
Tabel 2.4	<i>Reduced Mean</i> ( $Y_n$ ) untuk Distribusi Gumbel .....	16
Tabel 2.5	<i>Reduced Variate</i> ( $Y_{TR}$ ) sebagai Fungsi Periode Ulang Gumbel.....	16
Tabel 2.6	<i>Reduced Standar Deviation</i> ( $S_n$ ) untuk Distribusi Gumbel.....	17
Tabel 2.7	Nilai Periode ulang untuk perencanaan saluran .....	17
Tabel 2.8	Nilai Kritis $D_o$ untuk Uji <i>Chi-Square</i> .....	20
Tabel 2.9	Nilai Kritis $D_o$ untuk Uji Smirnov-Kolmogorov.....	21
Tabel 2.10	Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan dan Tata Guna Lahan.....	23
Tabel 2.11	Unsur-Unsur Geometris Penampang Saluran .....	26
Tabel 2.12	Nilai koefisien Kekasaran Manning ( $n$ ) .....	27
Tabel 3.1	Curah Hujan Harian Maks Stasiun BBMKG Wilayah I Medan .....	35
Tabel 3.2	Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi) .....	37
Tabel 3.3	Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Gumbel.....	39
Tabel 3.4	Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Gumbel.....	40
Tabel 3.5	Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Log Normal .....	40
Tabel 3.6	Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Log Normal .....	41
Tabel 3.7	Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Log Pearson III .....	42
Tabel 3.8	Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Log Pearson III..	43
Tabel 3.9	Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Normal .....	43
Tabel 3.10	Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Normal.....	44

Tabel 3.11	Rekapitulasi Analisa Curah Hujan Rencana Maksimum .....	45
Tabel 4.1	Parameter Pemilihan Distribusi Data Debit .....	48
Tabel 4.2	Probabilitas Curah Hujan .....	49
Tabel 4.3	Perhitungan Kelas Interval untuk Distribusi Gumbel .....	50
Tabel 4.4	Perhitungan Nilai Parameter Chi Square untuk Distribusi Gumbel	50
Tabel 4.5	Perhitungan Kelas Interval untuk Distribusi Normal.....	51
Tabel 4.6	Perhitungan Nilai Parameter Chi Square untuk Distribusi Normal .	52
Tabel 4.7	Perhitungan Nilai Parameter Chi Square untuk Distribusi Log Normal.....	53
Tabel 4.8	Perhitungan Nilai Parameter Chi Square untuk Distribusi Log Normal.....	53
Tabel 4.9	Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Log Pearson III .....	54
Tabel 4.10	Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Log Pearson III .....	55
Tabel 4.11	Rekapitulasi Hasil Uji <i>Chi Square</i> .....	55
Tabel 4.12	Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Gumbel ...	56
Tabel 4.13	Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Normal....	57
Tabel 4.14	Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Log Normal .....	58
Tabel 4.15	Hitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Log Pearson III .....	59
Tabel 4.16	Rekapitulasi Hasil Smirnov-Kolmogorov.....	59
Tabel 4.17	Rekapitulasi Hasil Uji Chi-Square dan Sminov-Kolmogorov .....	60

Tabel 4.18	Analisis Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Log Normal .....	60
Tabel 4.19	Intensitas Hujan Kala Ulang 2, 5, 1, 25 dan 50 tahun.....	61
Tabel 4.20	Hasil Perhitungan Intensitas Hujan.....	63
Tabel 4.21	Data Drainase <i>Eksisting</i> .....	72
Tabel 4.22	Perhitungan Debit Banjir Rencana pada tiap Periode Ulang .....	73
Tabel 4.23	Debit Curah Hujan Rencana.....	74
Tabel 4.24	Dimensi Rencana Saluran Drainase .....	85





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketika memasuki musim penghujan genangan banyak ditemukan di berbagai kota metropolitan di Indonesia. Kerugian materil yang ditimbulkan dan masalah penyakit serius yang memerlukan penanganan secepatnya. Menurut Permen PUPR No.: 14/PRT/M/2010 Tahun 2010 mengenai petunjuk teknis, genangan (*inundation*) merupakan luapan air yang merendam suatu wilayah penduduk dengan kedalaman 30 cm dengan kurun waktu 2 jam lebih dan terjadi dalam durasi lebih dari 2 kali dalam setahun. Genangan atau limpasan ialah air hujan yang terjebak pada suatu cekungan atau daerah rendah dan tidak dapat menghalau air ke saluran air paling dekat (drainase).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Medan, letak geografis Kota Medan adalah 3°30'- 3°43' Lintang Utara dan 98°35'-98°44' Bujur Timur. Luas wilayah sekitar 265,10 km<sup>2</sup>, dengan jumlah penduduknya mencapai 2.435.252 jiwa (2020). Kecamatan Medan Sunggal merupakan salah satu dari 21 Kecamatan di Kota Medan, Sumatera Utara. Kecamatan Medan Sunggal berada pada bagian sisi Barat Kabupaten Deli Serdang dan terletak pada sisi Timur Medan Baru. Sisi Selatan Medan Selayang dan Medan Helvetia di sisi Utara.

Kecamatan Medan Sunggal berada pada jalan lintas, berbatasan dengan Kota Medan dan Kota Binjai. Jika hendak bertujuan ke kota Binjai harus melalui Kecamatan ini, demikian pula sebaliknya apabila bertujuan ke arah kota Medan. Tetapi beberapa ruas jalan di kota Medan seringkali terdapat genangan hingga mengalami banjir. Badan jalan raya Gatot Subroto Km. 7 adalah salah satu

tempat yang kerap kali terdapat genangan air saat musim hujan yang diakibatkan oleh saluran air atau drainase yang tidak dapat menampung aliran air hujan.

Berdasarkan pengamatan lapangan, genangan dapat ditemukan pada pertiga jalan SMK 9 sampai ke SPBU sebelum Lotte Mart, Medan. Genangan terjadi disebabkan air hujan yang melimpah dari drainase dan menggenang di sepanjang jalan Gatot Subroto Km 7. Sehingga genangan memenuhi badan jalan selama sekitar 30-45 menit.

Genangan air hujan di badan jalan tersebut mengganggu kenyamanan pengendara dan mempengaruhi lalu lintas serta merusak jalan. Jalan Gatot Subroto merupakan jalan utama yang menghubungkan Kota Medan dengan Kota Binjai dan Aceh. Kendaraan berat juga menggunakan jalan ini. Berdasarkan kondisi tersebut, maka pentingnya untuk melakukan penelitian sistem drainase.

Pemodelan perangkat lunak EPA SWMM (*Environment Protection Agency Storm Water Management Model*) dipergunakan dalam penelitian untuk mencoba mencegah banjir. Dengan memasukkan hasil pengukuran yang dilakukan pada kondisi aktual, software pemodelan EPA SWMM mampu memodelkan masalah besaran genangan di perkotaan maupun kondisi terkini di lapangan.

Program pemodelan EPA SWMM 5.1 juga berguna dalam mengkaji sistem saluran drainase eksisting dan unsur-unsur yang menyebabkan munculnya genangan dan banjir pada badan jalan. Sehingga permukaan jalan dan pemukiman di sekitarnya tidak lagi terendam banjir dan genangan air hujan.

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari penelitian ini ialah agar mampu menentukan unsur-unsur penyebab terjadinya genangan pada Jalan Gatot Subroto Km. 7,5 Medan.

Tujuan dari penelitian ini adalah agar mengetahui debit banjir rancangan dan waktu konsentrasi pada daerah tangkapan air dan memberi solusi pada permasalahan genangan.

## 1.3 Rumusan Masalah

Masalah yang menjadi pembahasan penelitian ini yaitu mengenai bagaimana mengevaluasi debit banjir rencana di kawasan Sunggal, kota Medan. Apakah penampang aliran yang ada masih layak digunakan dan dapat memuat debit banjir rencana pada kawasan Sunggal, kota Medan.

## 1.4 Batasan Masalah

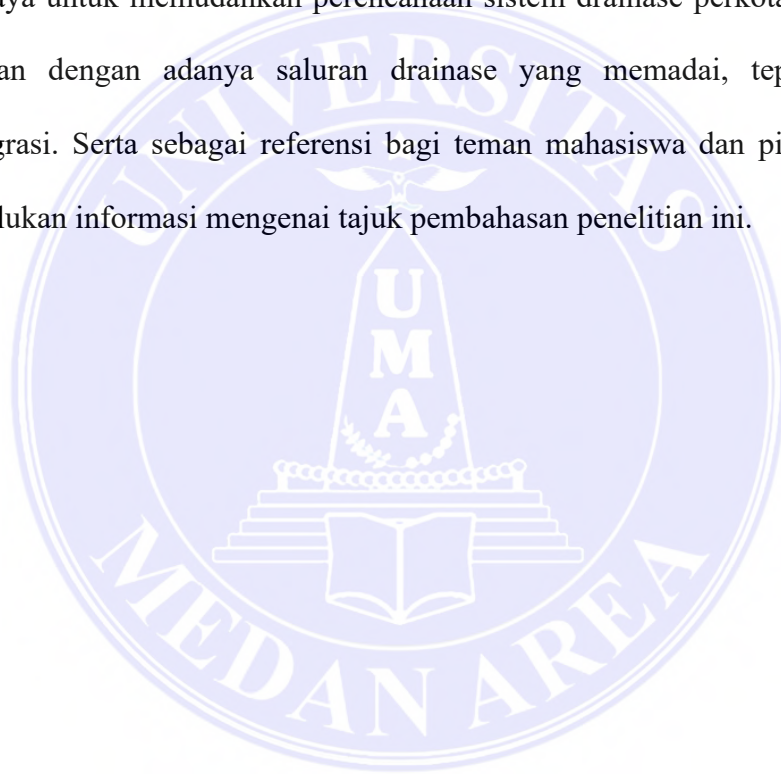
Ruang lingkup dan pembatasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Area yang dikaji yakni pada wilayah Jalan Gatot Subroto km. 7 sampai km. 8.
2. *Software* permodelan yang diterapkan yaitu *Storm Water Management Model (SWMM)*.
3. Lokasi tangkapan air yang diteliti merupakan daerah limpasan yang mengalir ke Daerah Aliran Sungai Kampung Lalang.
4. Pada simulasi SWMM, endapan di dalam saluran diabaikan.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini barangkali dapat membantu sebagai pengetahuan dalam proses pembelajaran dalam penanggulangan masalah drainase di Kota Medan, terutama Kecamatan Medan Sunggal.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan hasil yang mampu menyampaikan penilaian dan informasi kepada para pihak terkait mengenai kondisi jalan raya untuk memudahkan perencanaan sistem drainase perkotaan khususnya berkaitan dengan adanya saluran drainase yang memadai, tepat guna dan terintegrasi. Serta sebagai referensi bagi teman mahasiswa dan pihak lain yang memerlukan informasi mengenai tajuk pembahasan penelitian ini.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Metode	Kesimpulan	Link
R. Faizal, N. Prsetya, Zikri	Evaluasi Sistem Drainase	SWMM 5.1, Metode	Sistem drainase di Tarakan terutama di jalan Mulwarman sudah tidak dapat lagi	<a href="http://jur.nal.borneo.ac.id/index.php/borneoengine/ering/article/view/1177/846">http://jur.nal.borneo.ac.id/index.php/borneoengine/ering/article/view/1177/846</a>
Alstony, et al. (2019)	Menggunakan <i>Storm Water Management Model</i> (SWMM)	Gumbel, Log Pearson III, Log Normal, Normal	menampung limpasan yang ada hal ini dipengaruhi dimensi saluran dan tebalnya endapan sedimen yang menutupi saluran drainase sehingga daya tampung berkurang. Dalam mengatasi genangan air di Kota Tarakan perlu dilakukan perubahan dimensi saluran dan melakukan pengerukan endapan sedimen yang menutupi saluran drainase di beberapa titik.	

L. Lindawati,	Evaluasi Sistem	SWMM 5.1,	Berdasarkan hasil evaluasi dan pemodelan sistem	<a href="https://jurnal.u">https://jurnal.u</a>
P. Irawan,	Drainase	Metode	drainase menggunakan	<a href="http://nsil.ac.i">nsil.ac.i</a>
R. Nursani (2021)	Dalam Upaya Penggulang an Banjir Di Jalan A.H Nasution Kota Tasikmalay a Menggunak an Program EPA SWMM 5.1	Gumbel, Log Pearson III, Log Normal, Normal	<i>software</i> EPA SWMM 5.1 di Jalan A.H Nasution Kota Tasikmalaya terhadap banjir dapat disimpulkan bahwa: Intensitas hujan terbesar terjadi pada jam pertama dan kemudian menurun pada jam selanjutnya. Nilai intensitas terbesar untuk berbagai periode ulang diantaranya PUH 2 tahun = 141 mm/jam; PUH 5 tahun = 176 mm/jam; PUH 10 tahun = 190 mm/jam; PUH 25 tahun = 203 mm/jam; PUH 50 tahun = 210 mm/jam. Debit banjir rencana terbesar pada saluran SO1c karena menerima debit limpasan dari saluran-saluran sebelumnya. Debit limpasan tersebut diambil dari hasil <i>running</i>	<a href="http://d/index.php/jss">d/index .php/jss</a> <a href="http://ainstek/">ainstek/</a> <a href="http://article/download/4027">article/ downlo ad/4027</a> <a href="http://1931">/1931</a>

			<i>simulation</i> dengan PUH 5 tahun sebesar 12,820 m <sup>3</sup> /detik.	
L. Kartiko,	Analisis	Metode	Simulasi telah dilakukan	<a href="https://r">https://r</a>
R. Wasposito (2018)	Kapasitas Saluran Drainase	Distribusi Log Normal,	menggunakan EPA SWMM 5.1 dengan curah hujan rencana sebesar 147.2 mm dan intensitas hujan jam puncak sebesar 38.27 mm/jam. Hasil simulasi menunjukkan terdapat 37 saluran yang perlu dilakukan perbaikan. Sebanyak 20 saluran terjadi limpasan, 6 saluran berpotensi besar terjadi limpasan, dan 11 saluran yang juga perlu dilakukan perbaikan karena pengaruh perubahan dimensi saluran di sekitarnya.	<a href="https://epositor.y.ipb.ac.id/han">epositor</a> <a href="https://y.ipb.ac.id/han">y.ipb.ac</a> <a href="https://id/han">.id/han</a> <a href="https://dile/123">dile/123</a> <a href="https://456789">456789</a> <a href="https://96228">/96228</a>
	Menggunakan Program SWMM 5.1	Metode Distribusi Normal, Di Perumahan Tasmania Bogor, Jawa Barat	Metode Distribusi Log Pearson Type III, Metode Distribusi Gumbel, EPA SWMM 5.1	

---

- 0.4 m lebar dan 0.4 - 0.8 m

dalam. Tidak ditemukan saluran bermasalah setelah dilakukan simulasi ulang menggunakan dimensi saluran perbaikan, sehingga dimensi saluran setelah perbaikan dianggap aman.

M. Putra, U. Andawayan ti, R.Lufira (2022)	Studi Evaluasi dan Penanganan Genangan Menggunakan Aplikasi SWMM 5.1 pada Sistem Drainase Darmo Kali Kota Surabaya	SWMM 5.1, Metode Monobe, RMSE	Dari hasil analisis eksisting saluran untuk segi dimensi terdapat 6 saluran yang terjadi genangan diantaranya saluran C16, C19, C20, C24, dan C33. Dan saluran yang mengalami kekurangan kapasitas terbesar yaitu pada C19 dengan total debit sebesar 2,60 m <sup>3</sup> /dtk. Untuk total keseluruhan debit yang tidak tertampung pada lokasi studi sebesar 8,96 m <sup>3</sup> /dtk.	<a href="https://jt.resda.ub.ac.id/index.php/jtresda/article/view/128/268">https://jt.resda.ub.ac.id/index.php/jtresda/article/view/128/268</a>
--	--	-------------------------------	---	---

## 2.2 Uraian Umum

Menurut Haryono (Drainase Perkotaan, M. Haryono, 1999) drainase merupakan suatu ilmu untuk mengeringkan tanah. Drainase (*drainage*) berasal dari kata kerja 'to drain' yang memiliki arti mengeringkan atau penyaluran air, merupakan istilah yang dipakai untuk menyatakan sistem yang berhubungan dengan penyelesaian masalah kelebihan air di atas permukaan ataupun di bawah permukaan.

Tidak banyak sistem drainase tertutup yang dapat di temukan di lokasi tersebut karena memerlukan biaya untuk membuat resapan, sedangkan sistem saluran drainase terbuka tidak memerlukan tempat penampungan resapan. Pada ruas Jalan Gatot Subroto Sunggal, Kota Medan, sistem drainase yang di pakai adalah sistem saluran drainase terbuka. Di sekitar area drainase, tata guna lahan mencakup lahan penduduk yang memiliki kemungkinan dapat menjadi penyebab terjadinya genangan air di dekat saluran saat hujan deras. Perihal ini dikarenakan daerah tangkapan air tidak dapat menampung volume debit air yang ada.

## 2.3 Fungsi Drainase

Adapun kegunaan drainase, yaitu:

- a. Mengeringkan daerah ruas jalan kota yang tergenang oleh air.
- b. Menghalau air permukaan yang melimpah di drainase dengan cepat sehingga tidak menggenangi ruas jalan yang berpotensi mengganggu bangunan perkotaan.
- c. Mengontrol sebagian air permukaan yang disebabkan hujan dan mampu digunakan teruntuk ketersediaan air dan ekosistem akuatika
- d. Sebagai resapan air dalam melindungi konservasi air tanah.



## 2.4 Sistem Drainase

Sistem Drainase merupakan deretan struktur air yang bertujuan agar menyurutkan serta mengeluarkan air berlebih dari satu wilayah atau lahan, sehingga mampu bekerja dengan maksimal.

## 2.5 Genangan

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia, kata “Genangan” yang artinya berhenti mengalir. Oleh karena itu, istilah "air yang tergenang" mengacu pada air yang terhambat atau berhenti mengalir pada lokasi yang bukan merupakan badan air atau lokasi yang terdapat air. Tetapi, baik genangan maupun banjir identik dengan istilah banjir bagi masyarakat umum.

Banjir dan genangan yang berlangsung di suatu tempat disebabkan akibat faktor-faktor diantaranya:

- 1) Faktor eksternal:
  - Transformasi tata guna lahan
  - Membuang limbah sembarangan
  - Daerah kotor area pinggiran sungai ataupun drainase
  - Penurunan permukaan tanah
  - Perencanaan sistem banjir kurang efisien
  - Tidak berfungsinya sistem drainase lahan
  - Struktur pengendali banjir mengalami kerusakan
- 2) Faktor alami:
  - Longsor dan endapan
  - Curah hujan
  - Dampak evolusi bentuk lahan sungai

- Daya tampung sungai dan drainase yang tidak mencukupi
- Dampak pasang laut
- Subsidence tanah

## 2.6 Analisis Hidrologi

Untuk keperluan perencanaan peningkatan sistem drainase, diperlukan tindakan analisa hidrologi sebagai penentuan nilai intensitas curah hujan yang diperlukan untuk memperkirakan debit rencana kawasan. Analisa hidrologi yang digunakan merupakan rentang periode ulang curah hujan 1, 2, 5, dan 10 tahun dalam mengkaji serta merencanakan drainase. Tindakan ini bermanfaat dalam menganalisa rencana hidraulika drainase, yang mana debit rencana (debit maksimum) diperlukan untuk memastikan bahwa desain drainase memenuhi kebutuhan debit yang direncanakan.

Tahapan mendapatkan debit dengan tahun perencanaan dilakukan dalam analisis hidrologi, berupa:

- a. Mengumpulkan data curah hujan
- b. Menganalisa frekuensi
- c. Menganalisa periode kala ulang curah hujan
- d. Menganalisa intensitas dan waktu hujan
- e. Menganalisa debit rancangan

Menurut (Harto 1992) perolehan analisis hidrologi dapat digunakan dalam bentuk perkiraan atau prakiraan banjir rencana untuk merancang struktur hidrolis khusus dengan optimal serta tepat guna.

### 2.6.1 Analisis Frekuensi

Analisis statistik dibutuhkan untuk menginterpretasikan hujan atau debit pada tahun-tahun berikutnya karena dibutuhkan prediksi debit maksimum yang direncanakan pada saat merancang struktur drainase. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa rancangan struktur drainase andal dalam memuat air limpasan saat terjadi limpasan debit tertinggi.

Sifat statistik dari data curah hujan sebelumnya adalah dasar untuk interpretasi statistik curah hujan atau debit yang akan datang untuk menentukan kemungkinan curah hujan mendatang. Penggunaan taksiran data perihal curah hujan di masa lalu akan menunjukkan karakteristik statistik yang sama dengan masa depan. Distribusi normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson Tipe III adalah metode yang dipergunakan pada penelitian ini. Parameter statistik yang dipergunakan yaitu:(Suripin 2004)

#### A. Distribusi Normal

Berikut rumus dalam menganalisa frekuensi curah hujan menggunakan metode persebaran Normal:

$$X_T = \underline{X} + K_T \cdot S \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

$X_T$  = curah hujan rencana kala ulang T tahun

$\underline{X}$  = Mean data

$X_T$  = Variabel standar

S = Standar simpangan

Tabel 2.1 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode ulang, T	Peluang	KT
1	1.001	0.999	-3.05
2	1.005	0.995	-2.58
3	1.010	0.990	-2.33
4	1.050	0.952	-1.64
5	1.110	0.901	-1.28
6	1.250	0.800	-0.84
7	1.330	0.752	-0.67
8	1.430	0.699	-0.52
9	1.670	0.599	-0.25
10	2.000	0.500	0
11	2.500	0.400	0.25
12	3.330	0.300	0.52
13	4.000	0.250	0.67
14	5.000	0.200	0.84
15	10.000	0.100	1.28
16	20.000	0.050	1.64
17	50.000	0.020	2.05
18	100.000	0.010	2.33
19	200.000	0.005	2.58
20	500.000	0.002	2.88
21	1000.000	0.001	3.09

Sumber: (Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan, Suripin 2004)

## B. Distribusi Log Normal

Persamaan persebaran Log Normal menggunakan rumus yang sama dengan Log Pearson III, menggunakan angka koefisien asimetris  $g$  log

$$x = 0$$

Tabel 2.2 Nilai  $K_T$  untuk Distribusi Log Normal

No	Periode ulang, T	Peluang	$K_T$
1	1.001	0.999	-3.05
2	1.005	0.995	-2.58
3	1.010	0.990	-2.33
4	1.050	0.952	-1.64
5	1.110	0.901	-1.28
6	1.250	0.800	-0.84
7	1.330	0.752	-0.67
8	1.430	0.699	-0.52
9	1.670	0.599	-0.25
10	2.000	0.500	0
11	2.500	0.400	0.25
12	3.330	0.300	0.52
13	4.000	0.250	0.67
14	5.000	0.200	0.84
15	10.000	0.100	1.28
16	20.000	0.050	1.64
17	50.000	0.020	2.05
18	100.000	0.010	2.33
19	200.000	0.005	2.58
20	500.000	0.002	2.88
21	1000.000	0.001	3.09

Sumber: (Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan, Suripin 2004)

C. Distribusi Log Pearson III

Menurut metode Log Pearson III untuk memperhitungkan curah hujan digunakan rumus antara lain:

- Nilai *mean*

$$\log x = \frac{\sum_{i=0}^n \log x_i}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

- Standar Deviasi

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (\log x_1 - \log x)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.3)$$

- Koefisien Kepencengan

$$G = \frac{\sum_{i=0}^n (\log x_1 - \log x)^3}{(n-1).(n-2)(s_1)^3} \dots\dots\dots (2.4)$$



Dengan pengertian:

$n$  = total tahun

$s_i$  = standar penyimpangan

$G$  = koefisien kemiringan

Nilai  $K$  pada distribusi Log-Pearson III dijabarkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.3 Nilai  $k$  untuk distribusi Log-Pearson III

Koef, $G$	Interval kejadian ( <i>Recurrence Interval</i> ), tahun (periode ulang)							
	1.0101	1.2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	-2.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-2.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.6	-2.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.6	-3.880	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.0	-7.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667

Sumber: (*Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan, Suripin 2004*)

#### D. Distribusi Gumbel

Metode Gumbel dalam menghitung curah hujan rencana menggunakan persamaan seperti:

Tabel 2.4 *Reduced Mean* ( $Y_n$ ) untuk Distribusi Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5400	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

Sumber: (Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan, Suripin 2004)

Tabel 2.5 *Reduced Variate* ( $Y_{TR}$ ) sebagai Fungsi Periode Ulang Gumbel

No.	Periode ulang, T (tahun)	<i>Reduced variate</i> ( $Y_T$ )
1	2	0.3668
2	5	1.5004
3	10	2.251
4	20	2.9709
5	25	3.1993
6	50	3.9028
7	75	4.3117
8	100	4.6012
9	200	5.2969
10	250	5.5206
11	500	6.2149
12	1000	6.9087
13	5000	8.5188
14	10000	9.2121

Sumber: (Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan, Suripin 2004)

Tabel 2.6 *Reduced Standar Deviation (Sn)* untuk Distribusi Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2081	1.2084	1.2084	1.2090	1.2093	1.2096

Sumber: (Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan, Suripin 2004)

### 2.6.2 Periode Kala Ulang Curah Hujan

Langkah awal dalam melakukan analisa intensitas curah hujan, perlu menentukan nilai periode kala ulang curah hujan untuk wilayah tersebut. Periode ulang (*return periode*) ialah waktu hipotetik dimana hujan pada suatu nilai tertentu akan tersamai atau terlampaui. (Suripin 2004)

Periode ulang yang dipergunakan dalam perencanaan saluran drainase tergantung pada fungsi saluran, masa manfaat bangunan dan daerah tangkapan hujan yang dialirkan. Menurut (Wesli 2008), perencanaan saluran berdasarkan fungsi saluran adalah sebagai terlampir:

Tabel 2.7 Nilai Periode ulang untuk perencanaan saluran

Saluran	Periode Ulang (tahun)
Kwarter	1
Tersier	2
Sekunder	5
Primer	10

Sumber: (Drainase Perkotaan, Wesli 2008)

Periode ulang 5 tahun digunakan dalam analisis ini karena saluran yang digunakan adalah saluran sekunder. Hitungan logaritma banjir atau hujan selama kala ulang T digunakan persamaan:

$$\log x_r = \text{Log } X + K \cdot S_i \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan pengertian:

XT = Curah hujan rencana periode ulang T tahun

X = Nilai *mean* data

K = Standar nilai berdasarkan koefisien kemiringan (*koefisien skewness*)  
(acuan tabel 2.1 Nilai K distribusi Log-Person III)

Si = Standar simpangan

### 2.6.3 Uji Kecocokan

Pengukuran data perolehan uji metode-metode analisis frekuensi yang akan digunakan untuk memperkirakan intensitas hujan penting untuk diperiksa. Terdapat dua metode berbeda yang biasa dipakai dalam menguji contoh persebaran frekuensi, yakni:

#### 1). Uji Chi-Kuadrat

Perhitungan metode Uji Chi Kuadrat memakai persamaan antara lain:

$$X^2 = \sum_{i=0}^n \frac{(O_i \cdot E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

X<sup>2</sup> = parameter *chi square*

n = banyaknya sub grup

O<sub>i</sub> = banyaknya total tinjauan sub grup ke-i

E<sub>i</sub> = banyaknya total teoritis pada sub grup ke-i

Tahapan pada percobaan uji chi kuadrat:

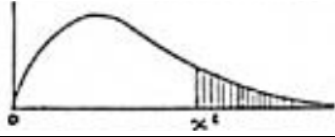
- 1) Menyusun data tinjauan mulai nilai terbesar sampai yang terkecil dan sebaliknya.
- 2) Membagi dalam beberapa kelompok data K sub group, setiap sub group paling sedikit empat data tinjauan.
- 3) Menjumlahkan data tinjauan setiap sub kelompok
- 4) Setiap subgroup dihitung nilai:  $O_i - E_i$  dan
- 5) Menjumlahkan total K sub kelompok
- 6) Menetapkan derajat kebebasan  $dk = K-R-1$  (nilai  $R = 2$ , pada persebaran Normal dan Binomial, dengan  $R = 1$ , pada persebaran *poisson*).

Penjelasan pada perolehan yang didapat yaitu:

- Jika probabilitas di atas 5%, sehingga persamaan distribusi teoritis yang dipakai bisa disetujui.
- Jika probabilitas di bawah 5%, sehingga persamaan distribusi teoritis yang dipakai tidak bisa disetujui,
- Jika probabilitasnya kurang dari 1 – 5%, tidak dapat ditarik kesimpulan, atau diperlukan penambahan data.



Tabel 2.8 Nilai Kritis Do untuk Uji *Chi-Square*

Degrees of Freedom				Probability of viation grether	
	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
1	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	3.219	4.605	5.991	9.210	13.815
3	4.642	6.251	7.815	11.345	16.265
4	5.989	7.779	9.488	13.277	18.465
6	8.558	10.645	12.592	16.812	22.547
7	9.803	12.017	14.067	18.475	24.322
8	11.030	13.362	15.507	20.090	26.125
9	12.242	14.684	16.919	21.666	27.877
10	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	14.631	17.275	19.675	24.725	31.264
12	15.812	18.549	21.026	26.217	32.909
13	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	19.311	22.307	24.996	30.578	37.697
16	20.465	23.542	26.296	32.000	39.262
17	21.615	24.769	27.587	33.409	40.790
18	22.760	25.989	28.869	34.805	42.312
19	23.900	27.204	30.144	36.191	43.620
20	25.038	28.412	31.410	37.566	45.315

Sumber: (Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data, Soewarno 1995)

## 2). Uji Smirnov-Kolmogorov

Menguji persebaran menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan tahapan antara lain:

- Pengurutan data mulai nilai paling besar sampai yang kecil dan sebaliknya.
- Menetapkan peluang empiris dari setiap data yang telah disusun menggunakan persamaan.
- Menetapkan peluang teoritis dari setiap data yang telah disusun tergantung oleh rumus distribusi persebaran yang digunakan.
- Hitung perbandingan ( $\Delta P_1$ ) kemungkinan pengamatan dengan teoretis pada tiap-tiap data yang telah disusun.

- e. Menetapkan jika  $\Delta P1 < \Delta P$  kritis, apabila “tidak” menyiratkan bahwa persebaran kemungkinan terpilih tidak disetujui, begitu pula sebaliknya.

Tabel 2.9 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	$\alpha$			
	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$\frac{1.07}{N^{0,5}}$	$\frac{1.22}{N^{0,5}}$	$\frac{1.36}{N^{0,5}}$	$\frac{1.63}{N^{0,5}}$

Sumber: (Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data, Soewarno 1995)

#### 2.6.4 Intensitas Hujan

Pada rancangan bangunan badan air, dibutuhkan data debit (Q) maksimal rembesan air yang akan melampaui saluran drainase, dengan maksud untuk mendesain bentuk dan dimensi penampang saluran drainase, sementara debit rencana maksimum ditentukan oleh intensitas hujan.

Bila data hujan jangka pendek tidak diperoleh, dan hanya tersedia data hujan harian, sehingga intensitas hujan mampu diperhitungkan menggunakan rumus Mononobe. (Suripin 2004)

$$it = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24^{\frac{2}{3}}}{t_c} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan pengertian:

It = Intensitas hujan t (mm/jam)

tc = Waktu konsentrasi (jam)

$R_{24}$  = Curah hujan tertinggi dalam 24 jam (mm)

### 2.6.5 Koefisien Pengaliran

Koefisien aliran permukaan (C) merupakan selisih antara puncak aliran permukaan dengan intensitas hujan. Terdapat beberapa penyebab yang menimbulkan efek besaran koefisien aliran permukaan (C) antara lain kemiringan lahan, intensitas hujan, tanaman penutup tanah dan laju infiltrasi tanah. (Suripin 2004)

Agar dapat menetapkan nilai koefisien aliran suatu wilayah meliputi berbagai golongan tata guna lahan yang bisa ditetapkan dengan mencari kadar *mean* koefisien pengaliran pada tiap-tiap tata guna lahan, yakni dengan menghitung nilai setiap bidang menyesuaikan luas area. (Suhardjono 1984)

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=0}^n A_i} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan pengertian:

$A_i$  = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i

$E_i$  = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

N = Jumlah jenis penutup lahan

Koefisien aliran dipengaruhi oleh beberapa faktor yang jumlahnya diperoleh dengan menggunakan beberapa metode tergantung pada tata guna lahan dan tipe permukaan yang ditunjukkan pada tabel 2.10 di bawah ini:

Tabel 2.10 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan dan Tata Guna Lahan

Jenis Permukaan / Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)
• Rerumputan	
○ Tanah pasir, datar, 2%	0,05 - 0,10
○ Tanah pasir, rata-rata, 2 - 7%	0,10 - 0,15
○ Tanah pasir, curam, 7%	0,15 - 0,20
○ Tanah gemuk, datar, 2%	0,13 - 0,17
○ Tanah gemuk, rata-rata, 2 - 7%	0,17 - 0,22
○ Tanah gemuk, curam, 7%	0,25 - 0,35
• Perdagangan	
○ Daerah kota	0,75 - 0,95
○ Daerah pinggiran	0,50 - 0,70
• Perumahan	
○ Kepadatan < 20 rumah / ha	0,50 - 0,60
○ Kepadatan 20 - 60 rumah / ha	0,60 - 0,80
○ Kepadatan 60 - 160 rumah / ha	0,70 - 0,90
• Perindustrian	
○ Industri ringan	0,50 - 0,80
○ Industri berat	0,60 - 0,90
• Pertanian	
• Perkebunan	
• Pertanaman, kuburan	
• Tempat bermain	
• Jalan	
○ Beraspal	0,70 - 0,95
○ Beton	0,80 - 0,95
○ Batu	0,70 - 0,85
• Daerah yang tidak dikerjakan	
0,10 - 0,30	

Sumber: (Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air, Subarkah 1978)

### 2.6.6 Debit Rencana

Pada tahap awal perencanaan ukuran saluran drainase, diperlukan perkiraan debit (Q) air rembesan yang akan disalurkan melalui saluran tersebut. Hal ini dilakukan agar saluran drainase yang akan dirancang mampu memuat debit air limpasan yang melewati saluran tersebut.

Metode yang dipakai dalam memperkirakan debit yang bermula dari limpasan air hujan yang mengganggu saluran drainase dalam penelitian ini yaitu metode rasional dikarenakan luas area pengaliran lebih kecil dari 0,80  $km^2$ . (Subarkah 1978)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung debit (Q) rencana sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan pengertian:

- Q = Debit ( $m^3/detik$ )
- C = Koefisien pengaliran
- I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi ( $mm/jam$ )
- A = Luas daerah pengaliran ( $km^2$ )

### 2.6.7 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu.

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan untuk air memasuki aluran drainase ke arah saluran *outlet*. Waktu konsentrasi ditentukan dengan membaginya dalam dua bagian, yaitu waktu yang diperlukan air mengalir dipermukaan lahan ke saluran terdekat ( $t_o$ ) dan waktu pergerakan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran ( $t_d$ ). Sehingga waktu konsentrasi dapat diperhitungkan mempergunakan persamaan yang dikembangkan oleh Kirpich (Kirpich 1940)



$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan pengertian:

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$t_o$  = Waktu yang dibutuhkan air untuk mencapai inlet (jam)

$t_d$  = Waktu aliran sesuai panjang saluran (jam)

Dimana,

$$t_c = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{s}}\right) \dots\dots\dots(2.11)$$

Dan,

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan pengertian:

$n$  = Koefisien hambatan

$s$  = Kemiringan lahan

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

$L_s$  = Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)

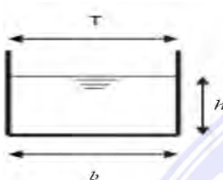

$V$  = Kecepatan aliran rata-rata pada saluran (m/detik)

## 2.7 Analisa Hidrolika

### 2.7.1 Penampang Saluran

Untuk mendesain penampang drainase dipakai persamaan terlampir:

Tabel 2.11 Unsur-Unsur Geometris Penampang Saluran

Bentuk Penampang	Luas (A)	Keliling Basah (P)	Jari-jari hidrolis (R)	Lebar puncak (T)	Kedalaman hidrolis (D)
 <p>Persergi Panjang</p>	$b \cdot h$	$b + 2 \cdot h$	$\frac{b \cdot h}{b + 2h}$	$b$	$H$
 <p>Trapesium</p>	$(b + zh) \cdot h$	$\frac{b + 2h}{\sqrt{1 + z^2}}$	$\frac{(b + zh)h}{b + 2h\sqrt{1 + z}}$	$b + 2 \cdot zh$	$\frac{(b + 2h)h}{b + 2zh}$

Sumber: (Hidrologi Saluran Terbuka, Chow 1992)

### 2.7.2 Kekasaran Saluran

Menurut (Fasdarsyah 2017), berdasarkan teori koefisien kekasaran *manning* mempengaruhi kelajuan dan debit aliran, apabila nilai hambatan besar, maka kecepatan dan debit aliran akan menurun. Karena itu, kecepatan aliran air akan dipengaruhi bahan pembentuk saluran. Jika saluran dilapisi oleh tanah yang butiran-butirannya terdiri dari lempung atau lanau maka efek hambatannya akan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan bahan kasar seperti batu atau kerikil.

Tabel 2.12 Nilai koefisien Kekasaran Manning (n)

No.	Tipe saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	• Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	• Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
	• Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	• Salursan pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2	Tanah, lurus dan seragam			
	• Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	• Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	• Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	• Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3	Saluran alam			
	• Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	• Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	• Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	• Dataran banjir berumput pendek - tinggi	0,025	0,030	0,035
	• Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

Sumber: (Hidrologi Saluran Terbuka, Chow 1992)

### 2.7.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam saluran umumnya sangat beragam dari satu titik ke titik lainnya. Keadaan ini terjadi karena tegangan geser pada bagian bawah dan dinding saluran serta adanya permukaan bebas. (Suripin 2004)

Laju aliran sebaiknya dipertimbangkan sehingga tidak terlampaui cepat dan terlalu lambat, jika laju aliran terlalu cepat maka air bisa mempersingkat masa penampang saluran, sementara jika terlampaui lambat maka menimbulkan pengendapan yang dibawa air juga tumbuhnya tanaman gulma.

Berikut rumus perhitungan kecepatan aliran pada sistem aliran terbuka:

$$V = \frac{1}{N} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan pengertian:

V = kecepatan aliran dalam saluran (m/det)

n = koefisien kekasaran Manning

R = radius hidrolis saluran (m)

S = kemiringan saluran

#### 2.7.4 Kapasitas Saluran Drainase

Berikut persamaan yang digunakan untuk mencari kapasitas saluran drainase:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan pengertian:

Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/det)

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/det)

A = Penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)

### 2.8 Pemodelan Drainase menggunakan SWMM

Debit banjir dapat diperhitungkan menggunakan program EPA SWMM (Lembaga Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat untuk Model Manajemen Air Hujan) Versi 5.1. Pemodelan EPA SWMM merupakan model dinamis untuk mensimulasikan hubungan antara hujan dan aliran air (*rainfall-runoff*), terutama di daerah perkotaan. Aliran permukaan yang diperoleh dari area tangkapan air yang menerima hujan. Muatan aliran permukaan kemudian disalurkan menggunakan sistem saluran pipa, saluran terbuka, tempat penampungan, pompa, dan lain-lain. SWMM memperkirakan kuantitas dan kualitas aliran permukaan di tiap-tiap daerah tangkapan hujan serta debit, kedalaman, dan parameter lainnya dalam tiap saluran

selama periode simulasi dengan tahapan waktu tertentu. (Al Amin 2020)

Program SWMM dapat diunduh dan digunakan secara bebas (*public domain*) dan versi terakhirnya yakni versi 5.1.014 telah diedarkan semenjak 18 Februari 2020 lalu. File instalasi SWMM dapat diunduh pada laman resmi *United States Environmental Protection Agency (US EPA)*. SWMM memiliki kemampuan untuk menghitung baik aspek hidrologi maupun hidrolika dari suatu sistem drainase.

Adapun data yang dibutuhkan untuk menyimulasikan limpasan yang berlangsung pada saluran yaitu:

a. *Rain Gage*

*Rain gage* mampu menyediakan informasi curah hujan untuk satu atau lebih *subcatchment area* pada suatu daerah penelitian. Parameter yang diperlukan merupakan data curah hujan dapat seperti intensitas, volume, kumulatif volume, dan waktu interval (per jam, 5 menit dan lain-lain). (*Manual EPA SWMM*)

b. *Subcatchment*

*Subcatchment* merupakan daerah yang terkena hujan dan mengalami infiltrasi atau mengubahnya menjadi limpasan (*SWMM User's Manual*). Data yang dimasukkan dalam *subcatchment* adalah sebagai berikut:

- a) *Rain gage* (nama *rain gage* yang digunakan)
- b) *Outlet* (nama *node* yang menerima *run off subcatchment*)
- c) *Area* (luas *subcatchment*)
- d) *Width* (panjang pengaliran)
- e) *% Slope* (persentase kemiringan *subcatchment*)
- f) *% Imperv* (persentase kedap air)



- g) *N-Imperv* (nilai *n manning* untuk aliran permukaan di daerah *impervious*)
- h) *N-Perviousness* (nilai *n manning* untuk aliran permukaan di daerah *perviousousness*)
- i) % *Zero imperviousness* (presentase dari *impervious area* tanpa *depression storage*)
- j) *Infiltration* (pilihan untuk metode perhitungan infiltrasi dan parameternya)

c. *Nodes/Links*

*Nodes/Links* merupakan unit yang dimodelkan sebagai penerima *inflow* dan limpasan dari *subcatchment*. Data yang dimasukkan pada *nodes/links* adalah sebagai berikut:

- a) *Node Invert*
- b) *Node Max Depth*
- c) *Node Pounded Area*
- d) *Conduit Length*
- e) *Conduit Geometry*
- f) *Conduit Roughness*
- g) *Flow Units*
- h) *Link Offset*
- i) *Routing Method*

d. *Junction*

*Junction* menandai titik temu saluran permukaan, lubang saluran dari sistem pengeluaran, atau pipa pembuangan yang bertindak menyatukan satu saluran

dengan lainnya. (Manual EPA SWMM)

e. *Outfalls*

*Outfalls* adalah titik berhenti air pada sistem drainase yang digunakan sebagai batas hilir seperti akhir sistem drainase ataupun sungai. (Manual EPA SWMM)

f. *Divider*

*Divider* bertugas sebagai pembatas aliran air ke saluran tersendiri yang dimanfaatkan selaku penggantian alternatif *junction* apabila aliran air mengalir ke percabangan saluran. (Manual EPA SWMM)

Pengaliran *divider* dihitung menggunakan rumus:

$$Q_{div} = C_w (fH_w)^{1,5} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan pengertian:

$Q_{div}$  = Debit yang dialihkan

$C_w$  = Koefisien *weir*

$H_w$  = Tinggi *weir*

$f$ , dihitung menggunakan persamaan:

$$f = \frac{Q_{in} - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan pengertian:

$Q_{in}$  = *inflow* yang menuju *divider*

$Q_{min}$  = aliran dimana pengalihan dimulai

$Q_{max}$  =  $C_w H_w^{1,5}$

g. *Conduit*

*Conduit* merupakan pemipaan atau saluran yang mengaitkan dua titik atau *node* pada sistem. Bentuk saluran dapat beragam, mulai dari geometri terbuka

hingga tertutup, sesuai dengan standar yang dipilih. Menurut Manual EPA SWMM memakai rumus *manning* dalam menghitung debit air yang berlangsung pada seluruh fungsi sistem tersebut.

$$Q = 1,49/n.A.R^3S^2 \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)

μ = koefisien *manning*

A = luas (m<sup>2</sup>)

R = penampang basah (m)

S = Kemiring lahan

Agar mendapatkan nilai peresapan tanah pada simulasi, digunakan metode *SCS Curve Number*. Metode ini, yang ditingkatkan oleh Lembaga Departemen Pertanian Amerika Serikat yaitu Layanan Konservasi Sumber Daya Alam, memperhitungkan karakteristik lahan dan tanah, serta jenis tata guna lahan untuk memperkirakan tingkat infiltrasi. Informasi yang dibutuhkan untuk perhitungan ini disediakan dalam bentuk tabel.

$$Q = \frac{(P-1)^2}{P-1} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan pengertian:

Q = Debit Limpasan

P = Curah hujan

I = Infiltrasi

S = Kadar air maksimal tanah

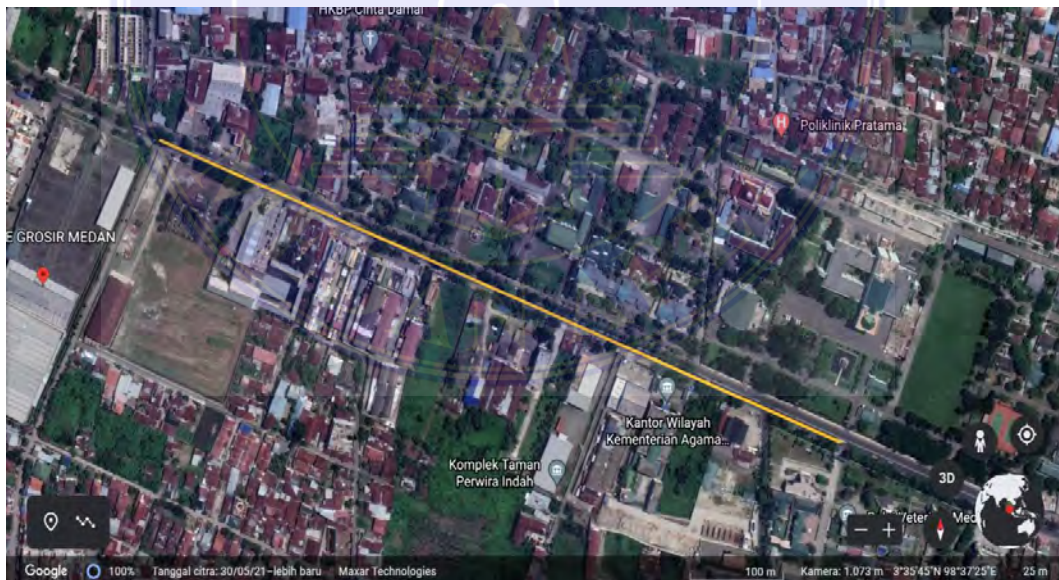
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah suatu pembahasan tentang tahapan-tahapan secara sistematis, mulai dari pengolahan data hingga penarikan kesimpulan. Bagan alur metodologi penelitian ditunjukkan di Gambar 3.2

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Tempat pengamatan berada di Jalan Gatot Subroto Km 7 Kecamatan Sunggal Kabupaten Medan Sunggal, Sumatera Utara. Untuk Jalan Gatot Subroto Km 7 ditandai dengan garis kuning. Awal mula pengerjaan penelitian saat bulan Desember 2021 hingga penyelesaian penyusunan tugas akhir. Tempat penelitian diperlihatkan di gambar 3.1.



Gambar 3.1 Jalan Gatot Subroto km 7,5  
Sumber : (Google Earth 2021)

## 3.2 Sistematika Penelitian

Sistematika adalah urutan semua tindakan dari permulaan penelitian hingga proses data penyimpulan serta solusi masalah. Adapun urutan pada penelitian ini yaitu:

### 3.2.1 Persiapan

- a. Mempelajari literatur yang berkaitan dengan tajuk penelitian dan mengetahui teori yang akan dipergunakan.
- b. Pengajuan surat izin dari pihak terkait dengan agar mendapatkan data sekunder yang diperlukan.
- c. Menyediakan beberapa hal yang akan dipakai untuk mendapatkan data primer/survei seperti alat pengukur, kamera, alat tulis, total stasion, kamera dan lainnya.

### 3.2.2 Mengumpulkan Data

#### a. Identifikasi Lokasi Tinjauan

Mengidentifikasi lokasi tinjauan bermaksud agar memastikan markah yang terdapat genangan serta situasi di lapangan untuk memperkirakan alternatif solusi genangan.

#### b. Data Sekunder

Data yang tersedia atau data yang didapat dari penelitian lainnya atau sumber yang telah diterbitkan. Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini yakni:



## 1. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang didapat dari badan terkait dengan suatu penelitian. Data yang didapat merupakan data curah hujan harian maksimal selama 10 tahun akhir 2012 s/d 2021 dari stasiun BBMKG Wilayah I Medan.

Tabel 3.1 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun BBMKG Wilayah I Medan

Tahun	Curah Hujan (mm)												Maks
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des	
2012	53	29	70	54	56	27	56	46	71	100	92	40	100
2013	16	14	73	29	25	36	25	39	82	68	43	98	98
2014	5	14	51	35	66	33	10	64	31	78	63	112	112
2015	74	64	32	60	46	33	46	58	53	98	107	29	107
2016	66	99	102	44	63	49	46	48	159	73	60	62	159
2017	97	63	94	45	55	51	73	63	92	63	63	201	201
2018	91	13	33	64	62	54	160	33	102	151	30	71	160
2019	50	96	33	55	127	74	29	32	118	78	65	81	127
2020	52	23	56	84	131	95	63	47	76	74	55	89	131
2021	109	24	86	90	32	58	45	59	85	75	85	60	109

Sumber: dataonline Stasiun BBMKG Wilayah I Medan

## 2. Peta

Peta diperoleh dari *Google Map* dan *Google Earth* lalu menggunakan skala 1:1, agar panjang dan luasan mencapai tidak jauh dari skala faktual.

### 3.2.3 Survei Lapangan

Pengumpulan data secara langsung di lapangan berupa topografi lokasi penelitian dengan melakukan pengukuran kontur saluran yang diteliti berupa bentuk saluran, ketinggian alir air dalam kondisi diam serta laju alir. Sebagai tambahan, dibutuhkan data tata guna lahan yang akan dipakai untuk penentuan koefisien pengaliran dalam perhitungan.(Widyanarko 2015)



Gambar 3.2 Dimensi saluran eksisting  
*Sumber: Dokumentasi Pribadi*



Gambar 3.3 Pengukuran level air pada saluran  
*Sumber: Dokumentasi Pribadi*

a. Survei Topografi

Sebagai dasar informasi sudut kemiringan saluran maupun permukaan lahan lokasi penelitian.

b. Survei Dimensi Saluran

Survei dimensi penampang saluran sebagai dasar informasi penyesuaian bentuk penampang eksisting pada lokasi penelitian.

### 3.2.4 Analisis Hidrologi

Analisa hidrologi berguna dalam menghitung curah hujan rencana. Metode yang dipakai merupakan Analisa frekuensi yang mana dalam analisa frekuensi penentuan metode terunggul yang akan dipakai pada perhitungan berikutnya. Setelah itu, hitungan selanjutnya adalah memperhitungkan periode kala ulang menyesuaikan keperluan penampang baik primer, sekunder maupun tersier. Perolehan akhirnya yaitu berupa debit curah hujan menggunakan kala ulang tersendiri.

A. Analisa frekuensi dipergunakan agar memperoleh curah hujan rencan dengan periode kala ulang tertentu. Metode yang dipakai yaitu metode distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel

#### 1. Analisis Frekuensi Data Curah Hujan

Perhitungan yang dipakai pada analisis ini yaitu *mean*, standar simpangan, koefisien *skewness*, koefisien variasi dan koefisien kurtosis.

Perolehan hitungan dijabarkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)

No	Tahun	Curah hujan X	$(X - \bar{X})$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})^3$	$(X - \bar{X})^4$
1	2012	100.00	-30.22	913.25	-27598.37	834022.64
2	2013	98.00	-32.22	1038.13	-33448.50	1077710.57
3	2014	112.00	-18.22	331.97	-6048.46	110203.02
4	2015	106.70	-23.52	553.19	-13011.04	306019.62
5	2016	158.50	28.28	799.76	22617.17	639613.50
6	2017	201.00	70.78	5009.81	354594.24	25098180.20
7	2018	160.10	29.88	892.81	26677.29	797117.55
8	2019	126.50	-3.72	13.84	-51.48	191.50
9	2020	130.90	0.68	0.46	0.31	0.21
10	2021	108.50	-21.72	471.76	-10246.59	222555.99
	Jumlah	1302.20	0.00	10024.98	313484.58	29085614.81

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Jumlah data } (n) &= 10 \\
 2. \text{ Nilai mean } (\bar{X}) &= \frac{\Sigma}{n} \\
 &= \frac{1302.20}{10} = 130.22 \text{ mm} \\
 3. \text{ Standar deviasi } (Sd) &= \sqrt{\frac{\Sigma (Xi - \bar{X})^2}{n - 1}} \\
 &= \sqrt{\frac{10024.98}{10 - 1}} = 33.37 \\
 4. \text{ Koef. Variasi } (Cv) &= \frac{S}{\bar{X}} \\
 &= \frac{33.37}{130.22} = 0.256 \\
 5. \text{ Koef Skewness } (Cs) &= \frac{\Sigma (Xi - \bar{X})^3 \cdot n}{(n-1)(n-2)S^3} \\
 &= \frac{313484.58 \cdot 10}{(9) \cdot (8)(33.37)^3} = 1.171 \\
 6. \text{ Koef Kurtosis } (Ck) &= \frac{\frac{1}{n} \Sigma (Xi - \bar{X})^4}{S^4} \\
 &= \frac{\frac{1}{10} 29085614.81}{33.37^4} = 4.651
 \end{aligned}$$



## 2. Analisa Distribusi Frekuensi

### A. Distribusi Probabilitas Gumbel

Tabel 3.3 Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Gumbel

No	Tahun	Curah hujan X	$(X - \bar{X})$	$(X - \bar{X})^2$
1	2012	100.00	-30.22	913.25
2	2013	98.00	-32.22	1038.13
3	2014	112.00	-18.22	331.97
4	2015	106.70	-23.52	553.19
5	2016	158.50	28.28	799.76
6	2017	201.00	70.78	5009.81
7	2018	160.10	29.88	892.81
8	2019	126.50	-3.72	13.84
9	2020	130.90	0.68	0.46
10	2021	108.50	-21.72	471.76
Jumlah		1302.20	0.00	10024.98

Sumber: Hasil Perhitungan

Perolehan hitungan data-data di atas didapatkan:

1. Jumlah data (n) = 10

2. Mean data ( $\bar{X}$ ) =  $\frac{1302.20}{10} = 130.22$  mm

3. Standar deviasi (Sd) =  $\sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10024.98}{10-1}} = 33.37$

Sesudah diperoleh nilai *mean* curah hujan dan simpangan deviasi, selanjutnya diperoleh nilai *Reduced Mean* ( $Y_n$ ) pada tabel 2.4, *Reduced Standard Deviation* ( $S_n$ ) pada tabel 2.6 dan *Reduced Variate* ( $Y_{tr}$ ) pada tabel 2.5.



Tabel 3.4 Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Gumbel

No	Kala Ulang (T)	Reduced variate (Y <sub>T</sub> )	Reduced mean (Y <sub>n</sub> )	Reduced standart deviation (S <sub>n</sub> )	$\bar{X}$	Simpangan baku (S)	Faktor frekuensi Gumbel (K)	Hujan rencana (X)
1	2	0.3668	0.4952	0.9496	130.220	33.375	-0.135	125.707
2	5	1.5004	0.4952	0.9496	130.220	33.375	1.059	165.549
3	10	2.2510	0.4952	0.9496	130.220	33.375	1.849	191.930
4	25	3.1993	0.4952	0.9496	130.220	33.375	2.848	225.259
5	50	3.9028	0.4952	0.9496	130.220	33.375	3.588	249.985

Sumber: Hasil Perhitungan

Perolehan analisa curah hujan rencana menggunakan Distribusi Gumbel, sebagai berikut:

Pada periode kala ulang (T) 2 Tahun:

$$Y_{TR} = 0.3668$$

$$K = \frac{Y_{TR} - Y_n}{S_n} = \frac{0.3668 - 0.4952}{0.9496} = -0.135$$

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S = 130.220 + (-0.135 \times 33.375) = 125.707 \text{ mm}$$

#### B. Distribusi Probabilitas Log Normal

Tabel 3.5 Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Log Normal

No	Tahun	Curah hujan X	Log X	(Log X - Log $\bar{X}$ )	(Log X - Log $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
1	2012	100.00	2.0000	-0.1031	0.0106
2	2013	98.00	1.9912	-0.1118	0.0125
3	2014	112.00	2.0492	-0.0539	0.0029
4	2015	106.70	2.0282	-0.0749	0.0056
5	2016	158.50	2.2000	0.0970	0.0094
6	2017	201.00	2.3032	0.2001	0.0401
7	2018	160.10	2.2044	0.1013	0.0103
8	2019	126.50	2.1021	-0.0010	0.0000
9	2020	130.90	2.1169	0.0139	0.0002
10	2021	108.50	2.0354	-0.0676	0.0046
	Jumlah	1302.20	21.0307	0.0000	0.0961

Sumber: Hasil Perhitungan

Perolehan hitungan distribusi log normal:

$$\text{Jumlah data (n)} = 10$$

$$\text{Nilai mean data (Log } \bar{X}) = \frac{21.0307}{10} = 2.10 \text{ mm}$$

$$\text{Standar deviasi (S Log X)} = \sqrt{\frac{\sum \text{Log (X} - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0.0961}{10-1}} = 0.10$$

Tabel 3.6 Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Log Normal

No	Kala Ulang (T)	Faktor frekuensi Gumbel (K)	Log $\bar{X}$	Simpangan baku (S Log $\bar{X}$ )	Log $X_T$	Curah Hujan ( $X_T$ ) mm
1	2	0.000	2.103	0.103	2.103	126.785
2	5	0.842	2.103	0.103	2.190	154.913
3	10	1.282	2.103	0.103	2.236	172.013
4	25	1.751	2.103	0.103	2.284	192.324
5	50	2.054	2.103	0.103	2.315	206.703

Sumber: Hasil Perhitungan

Perolehan analisa curah hujan rencana menggunakan Distribusi Log Normal, sebagai berikut:

Untuk periode kala ulang (T) 2 Tahun:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T \cdot S$$

$$\text{Log } X_T = 2.103 + (0.000 \times 0.103)$$

$$X_T = 126.785 \text{ mm}$$

Untuk Periode ulang (T) 5, 10, 25 dan 50 tahun dijabarkan dalam tabel

3.7.

## C. Distribusi Probabilitas Log Pearson III

Tabel 3.7 Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	Curah hujan X	Log X	(Log X-Log $\bar{X}$ )	(Log X-Log $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	(LogX - Log $\bar{X}$ ) <sup>3</sup>
1	2012	100.00	2.0000	-0.1031	0.0106	-0.0011
2	2013	98.00	1.9912	-0.1118	0.0125	-0.0014
3	2014	112.00	2.0492	-0.0539	0.0029	-0.0002
4	2015	106.70	2.0282	-0.0749	0.0056	-0.0004
5	2016	158.50	2.2000	0.0970	0.0094	0.0009
6	2017	201.00	2.3032	0.2001	0.0401	0.0080
7	2018	160.10	2.2044	0.1013	0.0103	0.0010
8	2019	126.50	2.1021	-0.0010	0.0000	0.0000
9	2020	130.90	2.1169	0.0139	0.0002	0.0000
10	2021	108.50	2.0354	-0.0676	0.0046	-0.0003
Jumlah		1302.20	21.0307	0.0000	0.0961	0.0066

Sumber: Hasil Perhitungan

Perolehan hitungan data di atas didapatkan:

1. Jumlah data (n) = 10
2. Mean data (Log  $\bar{X}$ ) =  $\frac{21.0307}{10} = 2.10$  mm
3. Standar deviasi (S LogXi) =  $\sqrt{\frac{\sum \text{Log} (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.0961}{10-1}} = 0.10$
4. Koefisien Kemiringan =  $\frac{n \sum_{i=1}^n \text{Log} (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{10 \times (0.0066)}{9 \times 8 \times 0.01^3} = 0.0000984$

Hasil yang diperoleh koefisien kemiringan (G) senilai 0.0000984 dengan pembulatan 0.000. sehingga nilai kala ulang T terlihat di Tabel 2.3.

Tabel 3.8 Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Log Pearson III

No	Kala Ulang (T)	KT	Log X	Simpangan baku (S)	Log XT	Curah Hujan (XT) mm
1	2	0.000	2.103	0.103	2.103	126.785
2	5	0.842	2.103	0.103	2.190	154.913
3	10	1.282	2.103	0.103	2.236	172.013
4	25	1.751	2.103	0.103	2.284	192.324
5	50	2.054	2.103	0.103	2.315	206.703

Sumber: Hasil Perhitungan

Perolehan analisa curah hujan rencana menggunakan Distribusi Log Pearson III, sebagai berikut:

Untuk periode kala ulang (T) 2 Tahun:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \underline{X} + K_T \cdot S$$

$$\text{Log } X_T = 2.103 + (0.000 \times 0.103)$$

$$X_T = 126.785 \text{ mm}$$

Untuk Periode ulang (T) 5, 10, 25 dan 50 tahun dijabarkan dalam tabel 3.9.

#### D. Distribusi Probabilitas Normal

Tabel 3.9 Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Normal

No	Tahun	Curah hujan X	(X - $\bar{X}$ )	(X - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
1	2012	100.00	-30.22	913.25
2	2013	98.00	-32.22	1038.13
3	2014	112.00	-18.22	331.97
4	2015	106.70	-23.52	553.19
5	2016	158.50	28.28	799.76
6	2017	201.00	70.78	5009.81
7	2018	160.10	29.88	892.81
8	2019	126.50	-3.72	13.84
9	2020	130.90	0.68	0.46
10	2021	108.50	-21.72	471.76
Jumlah		1302.20	0.00	10024.98

Sumber: Hasil Perhitungan

Perolehan hitungan data di atas didapatkan:

$$1. \text{ Mean data } (\bar{X}) = \frac{1302.20}{10} = 130.22 \text{ mm}$$

$$2. \text{ Standar deviasi } (Sd) = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10024.98}{10-1}} = 33.37$$

Maka, dapat dihitung banjir puncak dengan variabel reduksi *Gauss* pada Tabel 2.1:

Tabel 3.10 Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Normal

No	Kala Ulang (T)	Xrata-rata (X)	Simpangan baku (S)	Faktor frq Gumbel (K)	Hujan rencana (X)
1	2	130.220	33.375	0.000	130.220
2	5	130.220	33.375	0.842	158.322
3	10	130.220	33.375	1.282	173.007
4	25	130.220	33.375	1.751	188.660
5	50	130.220	33.375	2.054	198.772

Sumber: Hasil Perhitungan

Perolehan analisa curah hujan rencana menggunakan Distribusi Normal, sebagai berikut:

Pada periode kala ulang (T) 2 Tahun:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S$$

$$X_T = 130.220 + 0.000 \times 33.375$$

$$X_T = 130.220$$

Untuk Periode ulang (T) 5, 10, 25 dan 50 tahun dijabarkan dalam tabel

3.11.



Perolehan analisis frekuensi curah hujan rancangan pada rentang waktu kala ulang dengan distribusi frekuensi Metode Distribusi Gumbel, Metode Distribusi Log Normal, Metode Distribusi Log Pearson III, dan Metode Distribusi Normal sebagai terlampir:

Tabel 3.11 Rekapitulasi Analisa Curah Hujan Rencana Maksimum

No	Periode Ulang (T)	Gumbel	Log Normal	Log Pearson III	Normal
1	2	125.707	126.785	126.785	130.220
2	5	165.549	154.913	154.913	158.322
3	10	191.930	172.013	172.013	173.007
4	25	225.259	192.324	192.324	188.660
5	50	249.985	206.703	206.703	198.772

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 3.11 didapat kala ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun dengan beberapa metode distribusi. Analisis selanjutnya adalah meliputi pengujian tiap-tiap metode distribusi yang mewakilkan distribusi selaku tujuan analisis hitungan berikutnya, yakni Chi Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov.

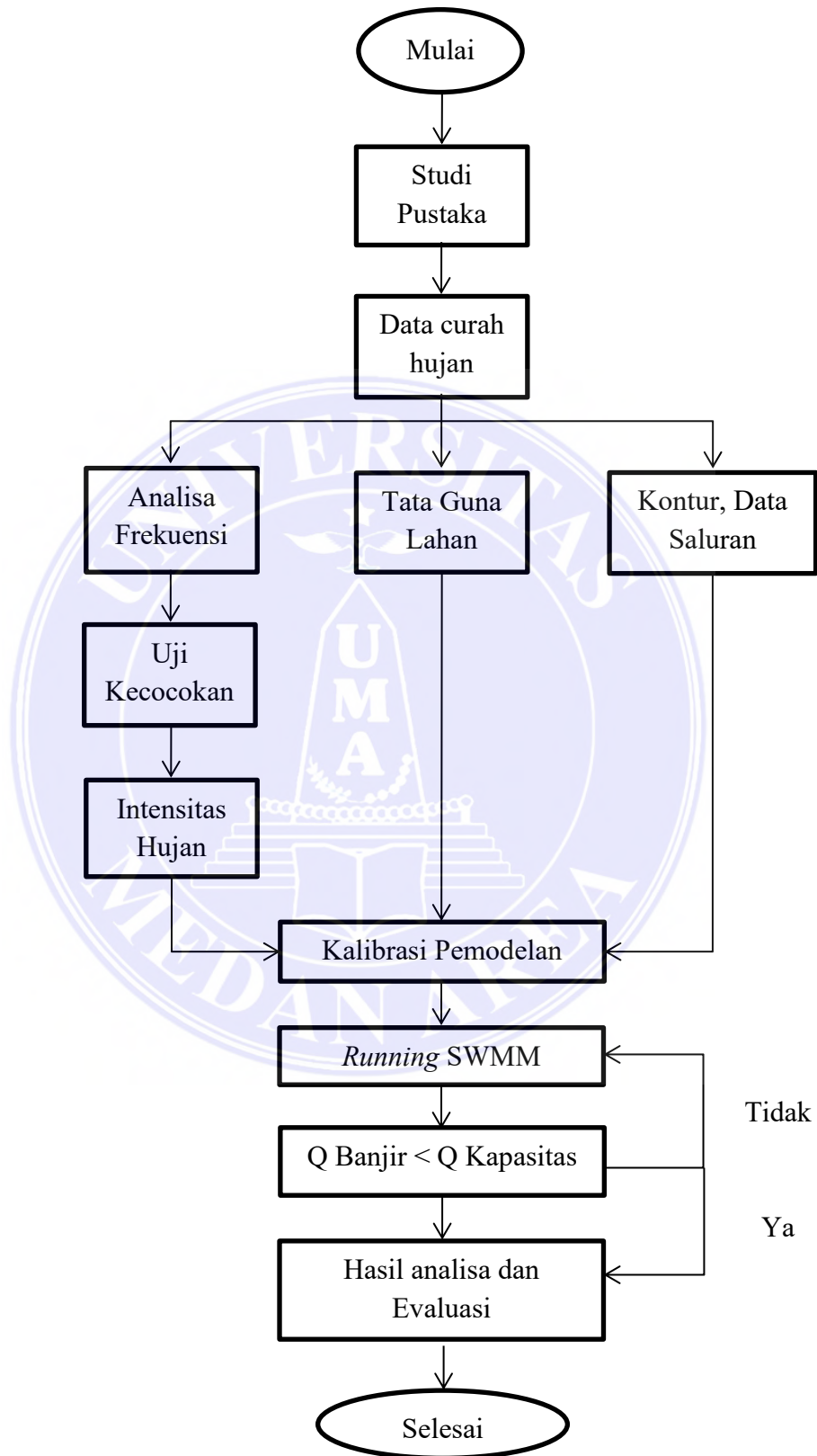
- B. Penguji kecocokan data memakai Uji Smirnov-Kolmogorof dan uji Chi Kuadrat.
- C. Memperhitungkan kala ulang menyesuaikan rencana drainase
- D. Perolehan akhir yaitu berupa debit curah hujan dan kala ulang tersendiri yang dipergunakan untuk memasukkan nilai *rain gage* dalam program EPA SWMM.

### 3.2.5 Pemodelan menggunakan SWMM

Pemodelan SWMM dilaksanakan sesudah semua data terkumpul, yakni *rain gage, subcatchment, conduit, junction outfalls* dan *divider*. Tahapan pemodelannya adalah sebagai berikut:

- a) *Setting Project Setup Default*, agar mempermudah mencantumkan data pada tiap objek dalam sistem.
- b) *Backdrop Map*. tahap ini dilakukan agar mempermudah pembuatan gambar objek berikutnya. Citra satelit yang telah menyesuaikan dengan skala nisbah 1:1 memakai program *CAD*, lalu di *import* dengan menu *backdrop*.
- c) Penggambaran Obje, sesudah data survei lapangan tersusun, tahap berikutnya yaitu membuat gambar objek, yaitu *subcatchment, junction, conduit, divider* dan *outfalls*.
- d) *Edit Object Properties*, pada pengaturan manualnya SWMM menetapkan besaran *default* pada setiap objek, jika ingin mengubahnya pilih kotak *property editor* menyesuaikan pada keadaan tiap-tiap objek.
- e) *Running SWMM*, selesai memasukkan seluruh data, tahap berikutnya yaitu melakukan simulasi. Pilih *Object* dan jalankan simulasi. Jika proses berhasil, simulasi ditinjau pada menu *report* lalu memilih *status*.
- f) Penampang yang terlampa dievaluasi dan direncanakan kembali dengan mengganti luasan penampang hingga tidak mengalami peluapan.
- g) Selesai.

### 3.3 Flow Chart



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berlandaskan perolehan penelitian “Evaluasi Sistem Drainase dalam Penanganan dengan Model SWMM versi 5.1” dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Perolehan hitungan debit puncak banjir rancangan pada kurun waktu 5 tahun adalah 2.813 m<sup>3</sup>/det dan pada periode 10 tahun sebesar 3.121 m<sup>3</sup>/detik sedangkan dan waktu konsentrasi pada daerah tangkapan air adalah 9,345 menit atau 0,156 jam.
2. Berlandaskan pada hasil komparasi daya tampung saluran saat ini dengan debit banjir yang direncanakan, disimpulkan bahwa parit yang telah ada tidak mampu memuat debit banjir yang direncanakan, maka diperlukan upaya perencanaan kembali pada saluran drainase.
3. Berdasarkan hasil perhitungan debit rencana periode kala ulang 10 tahun diperoleh, perencanaan ulang dimensi saluran yaitu segmen2 dengan kedalaman 0,746 m dan lebar 1,492 m; segmen3 dengan kedalaman 0,868 m dan lebar 1,737 m; segmen4 dengan kedalaman 0,567 m dan lebar 1,134 m; segmen5 dengan kedalaman 0,604 m dan lebar 1,208 m; segmen7 dengan kedalaman 0,583 m dan lebar 1,165 m.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran pada penelitian, “Evaluasi Sistem Drainase dalam Penanganan Genangan dengan Model SWMM versi 5.1” yakni:

1. Dilakukan perencanaan saluran yang tersedia dengan memperbesar penampang aliran sehingga berfungsi secara optimal dan tidak terjadi genangan banjir maka diperlukan juga pemeliharaan dan pengangkatan sedimen, sampah yang menumpuk, tanah dan tumbuhan pengganggu secara berkala.
2. Bahwasannya data bisa lebih pangah, jika memakai data curah hujan per jam dari tiga stasiun hujan atau lebih.
3. Perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut agar menghasilkan data lebih detail dan bisa disajikan menjadi dasar untuk mengatasi masalah drainase di kawasan jalan Gatot Subroto.
4. Perlunya pengkajian dan pembenahan saluran-saluran yang ada pada jalan kawasan Medan Sunggal serta kerjasama antara pemerintah kota Medan dengan masyarakat untuk pembangunan drainase yang lebih dan saling menjaga kebersihan saluran.



## DAFTAR PUSTAKA

- Al Amin, M. Baitullah. 2020. *Permodelan Sistem Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM*. Pertama. Yogyakarta: Deepublish.
- Chow, Ven Te. 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Faizal, Rahmat, Noerman Adi Prsetya, Zikri Alstony, and Aditya Rahman. 2019. "Evaluasi Sistem Drainase Menggunakan Storm Water Management Model (SWMM) Dalam Mencegah Genangan Air Di Kota Tarakan." *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil* 3.
- Fasdarsyah, Fasdarsyah. 2017. "Analisis Karakteristik Sedimen Dasar Sungai Terhadap Parameter Kedalaman." *TERAS JURNAL* 6(2): 91.
- Documentation Google Earth, 2021. (<https://earth.google.com/>, diakses 6 Januari 2022)
- Harto, Sri. 1992. *Hidrologi Buku 1*. Banjarmasin: Depdikbud Univ. Lampung FT.
- Haryono, M.S. 1999. *Drainase Perkotaan*. Jakarta: Pradnya Paramitha.
- Kartiko, Luthfi, and Roh Santoso Budi Waspodo. 2018. "Analisis Kapasitas Saluran Drainase Menggunakan Program SWMM 5.1 Di Perumahan Tasmania Bogor, Jawa Barat." *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* 3(3): 133–48.
- Kirpich. 1940. *Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds*. Civil Engineering.
- Lindawati, Lina, Pengki Irawan, and Rosi Nursani. 2021. "Evaluasi Sistem Drainase Dalam Upaya Penggulangan Banjir Di Jalan a . H Nasution Kota Tasikmalaya Menggunakan Program Epa Swmm 5.1." *Jurnal Siliwangi* 7(2): 41–51.
- Putra, Muhammad Alfyan Rachmana, Ussy Andawayanti, and Rahmah Dara Lufira. 2022. "Studi Evaluasi Dan Penanganan Genangan Menggunakan Aplikasi Swmm 5.1 Pada Sistem Drainase Darmo Kali Kota Surabaya." *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air* 2(2): 141.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Jilid 1. ed. Collection. Bandung: Nova.
- Subarkah, Imam. 1978. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Suhardjono. 1984. *Drainasi*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Suripin. 2004. *Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

**PELAYANAN JASA INFORMASI KLIMATOLOGI**  
**DATA CURAH HUJAN MAXIMUM BULANAN (MILIMETER)**  
**SUMATERA UTARA**

Nama Kabupaten : Kota Medan

Nama Stasiun : BBMKG Wil I Medan

Tahun : 2012 Sd Tahun 2021

Tahun	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sept		Okt		Nov		Des		M a x / Tahun	
	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl	CH	Tgl
2012	53	3	29	28	70	3	54	10	56	6	27	29	56	7	46	29	71	9	100	4	92	20	40	19	100	04-Oct-12
2013	47	15	73	28	56	24	38	29	26	15	36	2	31	3	94	18	82	12	68	16	58	8	98	19	98	19-Dec-13
2014	5	14	14	21	51	3	35	4	66	15	33	11	64	31	0	0	49	20	78	3	63	3	112	25	112	25-Dec-24
2015	74	10	64	8	32	21	60	8	46	9	33	19	46	3	59	3	57	12	98	19	107	24	29	19	107	24-Nov-15
2016	66	3	99	11	102	27	44	26	99	19	49	3	46	28	48	18	159	9	83	18	60	23	62	12	159	09-Sep-16
2017	36	15	63	2	61	5	45	6	55	7	51	25	73	5	63	11	92	2	63	2	63	4	201	9	201	06-Dec-17
2018	91	27	13	22	23	29	64	22	62	25	54	25	160	9	33	10	102	16	151	6	30	24	71	29	160	09-Jul-18
2019	51	28	96	18	33	31	55	5	127	5	74	20	37	26	32	26	118	12	78	10	65	12	81	18	127	05-May-19
2020	52	29	23	11	56	22	84	26	131	11	95	18	63	27	47	12	76	30	74	5	55	7	89	26	131	11-May-20
2021	109	19	24	9	86	24	90	15	32	2	58	13	45	2	59	23	85	2	75	18	85	23	60	22	109	19-Jan-21

## UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 7/6/23

Access From (repository.uma.ac.id)7/6/23



## FOTO DOKUMENTASI



## UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 7/6/23

Access From (repository.uma.ac.id)7/6/23