

**EVALUASI EFEKTIVITAS SISTEM DRAINASE
PERKOTAAN DALAM PENANGANAN GENANGAN DI
KAWASAN KELURAHAN SARI REJO DENGAN MODEL
EPA SWMM 5.1**

SKRIPSI

OLEH:

**ABDILLAH ANANDA SIPAHUTAR
218110044**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

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 16/2/26

Access From (repositori.uma.ac.id)16/2/26

EVALUASI EFEKTIVITAS SISTEM DRAINASE PERKOTAAN DALAM PENANGANAN GENANGAN DI KOTA MEDAN

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

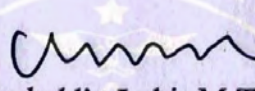
**ABDILLAH ANANDA SIPAHUTAR
218110044**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Evaluasi Efektivitas Sistem Drainase Perkotaan dalam
Penanganan Genangan di Kawasan Kelurahan Sari Rejo
dengan Model EPA SWMM 5.1
Nama : Abdillah Ananda Sipahutar
NPM : 218110044
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Ir Kamaluddin Lubis M.T
Pembimbing



Tanggal Lulus : 1 September 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 1 September 2025



Abdillah Ananda Sipahutar
218110044

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

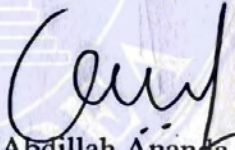
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abdillah Ananda Sipahutar
NPM : 218110044
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Evaluasi Efektivitas Sistem Drainase Perkotaan dalam Penanganan Genangan di Kota Medan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 1 September 2025
Yang menyatakan


(Abdillah Ananda Sipahutar)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Rantauprapat Pada tanggal 11 Desember 2002 dari Ayah Abdul Rasyid dan Ibu Yusnaini Penulis merupakan putra ke 5 dari 4.bersudara. Tahun 2021 Penulis lulus dari SMAN 3 RANTAU UTARA dan pada tahun 2021 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2024 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di RSU MADANI Jl. Arief Rahman Hakim No.168, Sukaramai I, Kec. Medan Area, Kota Medan.



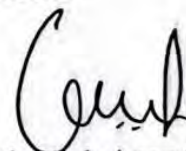
KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, dan kekuata-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Adapun tema yang diangkat dalam penelitian ini adalah Hidrologi, dengan judul “Evaluasi Efektivitas Sistem Drainase Perkotaan dalam Penanganan Genangan di Kawasan Kelurahan Sari Rejo dengan Model EPA SWMM 5.1”. Dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, M.T. Selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, dan berbagi pengetahuan dengan penuh kesabaran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T, M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan dukungan, arahan, serta motivasi selama masa perkuliahan. Terima kasih pula kepada seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area atas ilmu dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama ini. Rasa terima kasih yang paling dalam penulis persembahkan kepada Ayah saya Abdul Rasyid Sipahutar dan Ibu tercinta saya Yusnaini atas doa yang tak pernah terputus, kasih sayang tulus, dan dukungan yang menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah. Dari kalian, penulis belajar arti kesabaran, ketulusan, dan cinta yang tak mengenal lelah.

Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Abang saya bang idom, bang doli, bang epong dan Kakak saya kak ayu yang selalu memberikan semangat, perhatian, serta doa di setiap waktu. Kehangatan dan dukungan kalian menjadi penyemangat tersendiri dalam perjalanan panjang ini. Tidak lupa, penghargaan tulus penulis tunjukkan kepada kawan-kawan perantauan dan kawan stambuk 21 yang telah menemani dalam suka dan duka selama penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas kebersamaan, tawa, dan dukungan yang menjadikan setiap proses terasa lebih ringan dan bermakna.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Akhir kata, atas segala doa ayah dan ibuku dalam hal yang sudah aku perjuangkan, ketidaksempurnaan dan gagal akan kujadikan pelajaran. Jika nantinya kemenangan dan kebahagiaan berpihak kepadaku, Sekecil apapun itu aku sangat bersyukur dan bangga kepada diriku sendiri.

Penulis



(Abdillah Ananda Sipahutar)

ABSTRAK

Kota Medan sebagai salah satu kota metropolitan di Indonesia menghadapi berbagai permasalahan perkotaan, salah satunya adalah genangan air yang kerap terjadi di beberapa kawasan saat musim hujan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas sistem drainase perkotaan dalam menangani genangan air dikawasan Kelurahan Sari Rejo, Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan. Permasalahan genangan yang terjadi di wilayah ini diduga disebabkan oleh kapasitas saluran drainase yang tidak memadai dalam menampung debit air hujan. Melalui pendekatan survei lapangan dan analisa hidrologi dilakukan analisis terhadap kondisi eksisting serta simulasi terhadap sistem drainase yang ideal. Hasil simulasi menunjukkan bahwa debit puncak banjir rencana untuk periode ulang 5 tahun adalah sebesar 2,479 m³/detik dan untuk periode ulang 10 tahun sebesar 2,946 m³/detik, dengan waktu konsentrasi sebesar 9,598 menit (0,159 jam). Berdasarkan perbandingan antara kapasitas saluran eksisting dan debit banjir rencana, diketahui bahwa sistem drainase yang ada saat ini tidak mampu menampung debit tersebut. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan ulang sistem saluran drainase agar mampu mengurangi resiko genangan secara optimal di kawasan penelitian.

Kata Kunci: Drainase, Genangan Air, SWMM 5.1,

ABSTRACT

Medan City as one of the metropolitan cities in Indonesia faces various urban problems, one of which is waterlogging that often occurs in several areas during the rainy season. This research aims to evaluate the effectiveness of the urban drainage system in handling waterlogging in the Sari Rejo Sub-district, Medan Selayang District, Medan City. The waterlogging problem that occurs in this area is suspected to be caused by the inadequate capacity of the drainage channels to accommodate the rainwater discharge. Through a field survey approach and hydrological analysis, an analysis was conducted on the existing conditions and a simulation of the ideal drainage system. The results of the simulation showed that the design flood peak discharge for a 5-year return period was 2.479 m³/second and for a 10-year return period was 2.946 m³/second, with a concentration time of 9.598 minutes (0.159 hours). Based on the comparison between the capacity of the existing channel and the design flood discharge, it was found that the current drainage system was not able to accommodate the discharge. Therefore, redesigning the drainage channel system is necessary to optimally reduce the risk of waterlogging in the research area.

Keywords: Drainage, Waterlogging, SWMM 5.1



DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGHANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Umum	8
2.3 Hidrologi.....	9
2.4 Siklus Hidrologi.....	10
2.5 Hujan.....	12
2.5.1 Hujan Buatan	12
2.5.2 Analisa Frekuensi Curah Hujan	13
2.5.3 Koefisien Pengaliran (C)	13
2.5.4 Intesitas Curah Hujan	15
2.5.5 Debit Aliran Rencana	16
2.5.6 Metode Rasional.....	17

2.6 Drainase	19
2.7 Klasifikasi Drainase	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1 Deskripsi Penelitian	29
3.2 Lokasi Penelitian.....	30
3.3 Pengumpulan Data	30
3.3.1 Data Primer.....	31
3.3.2 Data Sekunder	31
3.4 Metode Penelitian	31
3.5 Metode Pengolahan Data	31
3.5.1 Pemodelan menggunakan SWMM.....	32
3.6 Kerangka Berfikir	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Data Curah Hujan	34
4.2 Analisis Hidrologi.....	34
4.2.1 Analisa Frekuensi Data Curah Hujan.....	35
4.2.2 Analisa Distribusi Frekuensi Probabilitas Gumbel	36
4.2.3 Distribusi Probabilitas Log Normal	39
4.2.4 Distribusi Probabilitas Log Pearson III	41
4.2.5 Distribusi Probabilitas Normal	44
4.2.6 Uji Distribusi Probabilitas	48
4.3 Metode Uji Chi-Kuadrat (<i>Chi Square Test</i>).....	48
4.3.1 Distribusi Gumbel	50
4.3.2 Distribusi Normal	51
4.3.3 Distribusi Log Normal.....	52
4.3.4 Distribusi Log Pearson III	54
4.4 Metode Uji Smirnov-Kolmogorov.....	56
4.4.1 Distribusi Gumbel	56
4.4.2 Distribusi Normal	57
4.4.3 Distribusi Log Normal.....	58
4.4.4 Distribusi Log Pearson III	59
4.5 Pembahasan Penelitian	61

4.5.1 Analisa Debit Rencana	61
4.5.1.1 Intensitas Curah Hujan Rencana dan Waktu Konsentrasi	61
4.5.2 Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting	65
4.5.3 Kalibrasi SWMM	71
4.5.3.1 Simulasi EPA SWMM 5.1	72
4.5.3.2 Rangkuman Simulasi (<i>Summary Results</i>)	73
4.5.3.3 Hasil Simulasi dalam Grafik	75
4.5.3.4 Hasil Simulasi dalam Profil Aliran	76
4.5.3.5 Hasil Simulasi dalam bentuk Tabel	77
4.5.4 Perencanaan Desain Ulang Saluran Drainase Eksisting	78
4.5.4.1 Perhitungan Saluran Drainase	79
4.5.4.2 Hasil Simulasi EPA SWMM Perencanaan Ulang Saluran Drainase Eksisting	82
4.5.4.3 Hasil Menggunakan Grafik	84
4.5.4.4 Hasil Menggunakan Profil Aliran	84
4.5.4.5 Hasil Menggunakan Tabel	86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	90

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Koefisien Aliran Permukaan (C)	14
Tabel 2 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan	17
Tabel 3 Data Curah Hujan.....	34
Tabel 4 Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)	35
Tabel 5 Analisa Curah Hujan Dengan Distribusi Gumbel.....	36
Tabel 6 Nilai <i>Reduced Mean</i> (Y_n)	37
Tabel 7 <i>Reduced Variate</i> (Y_{TR}) sebagai Fungsi Periode Ulang Gumbel.....	38
Tabel 8 <i>Reduced Standart Deviation</i> (S_n) untuk Distribusi Gumbel.....	38
Tabel 9 Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Gumbel	39
Tabel 10 Analisa Curah Hujan Dengan Distribusi Log Normal	40
Tabel 11 Analisa Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Log Normal.....	40
Tabel 12 Analisa Curah Hujan Dengan Distribusi Log Pearson III.....	41
Tabel 13 Nilai K untuk Distribusi Log-Pearson III	42
Tabel 14 Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Log-Pearson III.....	44
Tabel 15 Analisa Curah Hujan dengan Distribusi Normal	44
Tabel 16 Nilai Variabel Reduksi <i>Gauss</i>	45
Tabel 17 Analisa Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Normal.....	46
Tabel 18 Rekapitulasi Analisa Curah Hujan Rencana Maksimum	47
Tabel 19 Parameter Pemilihan Distribusi Data Debit	48
Tabel 20 Probabilitas Curah Hujan	49
Tabel 21 Perhitungan Kelas Interval untuk Distribusi Gumbel	50
Tabel 22 Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Gumbel.....	51
Tabel 23 Perhitungan Kelas Interval untuk Distribusi Normal.....	51
Tabel 24 Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Normal	52
Tabel 25 Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Log Normal	53
Tabel 26 Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Log Normal	53
Tabel 27 Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Log Pearson III.....	54
Tabel 28 Perhitungan Nilai Parameter <i>Chi Square</i> untuk Distribusi Log Pearson III.....	55
Tabel 29 Rekapitulasi Hasil Uji <i>Chi Square</i>	55
Tabel 30 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Gumbel.....	56
Tabel 31 Nilai Kritis Do untuk Uji <i>Chi Square</i>	57
Tabel 32 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Normal	58
Tabel 33 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Log Normal	59
Tabel 34 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Log Pearson III.....	60
Tabel 35 Rekapitulasi Hasil Smirnov-Kolmogorov	60
Tabel 36 Rekapitulasi Hasil Uji <i>Chi-Square</i> dan Smirnov-Kolmogorov.....	61
Tabel 37 Analisis Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Gumbel	61
Tabel 38 Intensitas Hujan Kala Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahun	62
Tabel 39 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan	64
Tabel 40 Perhitungan Debit Banjir Rencana Pada Tiap Periode Ulang.....	70
Tabel 41 Debit Curah Hujan Rencana.....	71
Tabel 42 Dimensi Rencana Saluran Drainase	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Siklus Hidrologi	10
Gambar 2 Ilustrasi Drainase Bawah Permukaan	23
Gambar 3 Bentuk-Bentuk Umum Saluran Terbuka	24
Gambar 4 Jaringan Drainase Alamiah.....	26
Gambar 5 Jaringan Drainase Siku	26
Gambar 6 Jaringan Drainase Paralel	27
Gambar 7 Jaringan Drainase <i>Grid Iron</i>	27
Gambar 8 Jaringan Drainase Radial	28
Gambar 9 Jaringan Drainase Jaring-Jaring	28
Gambar 10 Peta Lokasi Penelitian	30
Gambar 11 Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 12 Grafik Intensitas Curah Hujan	63
Gambar 13 Segmen 1	65
Gambar 14 Segmen 2	66
Gambar 15 Segmen 3	67
Gambar 16 Segmen 4	69
Gambar 17 Saluran Drainase.....	72
Gambar 18 Jendela <i>Run Status</i>	72
Gambar 19 Saluran Hasil Simulasi	73
Gambar 20 Jendela <i>Summary Result</i> untuk <i>Sub-catchment Run-off</i>	73
Gambar 21 Rangkuman Hasil Simulasi untuk Kedalaman Air Pada Drainase	74
Gambar 22 <i>Summary Results</i> Pada Simulasi Untuk Genangan Air Pada <i>Node</i>	74
Gambar 23 Rangkuman Hasil Simulasi Untuk Aliran Di Saluran.....	75
Gambar 24 Rangkuman Hasil Simulasi Untuk Genangan Di Saluran.....	75
Gambar 25 Grafik Aliran Pada Saluran CON1, CON2, CON3, CON4 Dan CON5	76
Gambar 26 Profit Aliran Dari JUN2, JUN1 dan OUT1 pada selang waktu 2 jam (Air mengalami peluapan)	77
Gambar 27 Profit Aliran Dari JUN3 dan JUN1 pada selang waktu 2 jam (Air mengalami peluapan).....	77
Gambar 28 <i>Link Flow</i> Dalam Bentuk Tabel.....	78
Gambar 29 Luapan terlihat pada Map <i>Query</i>	79
Gambar 30 Jendela <i>Summary Results</i>	82
Gambar 31 Rangkuman Hasil Simulasi untuk Kedalaman Air Pada Drainase	83
Gambar 32 Rangkuman Hasil Simulasi untuk Aliran Di Saluran.....	83
Gambar 33 <i>Summary Results</i> Simulasi untuk Genangan Di Saluran.....	83
Gambar 34 Grafik Aliran pada Saluran CON1, CON2, CON3, CON4.....	84
Gambar 35 Profit Aliran JUN2,JUN1 DAN OUT1 pada selang waktu 2 jam lebih	85
Gambar 36 Profit Aliran dari JUN3 dan JUN1 pada selang waktu 2 jam.....	85
Gambar 37 Link Flow dalam bentuk tabel	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pelayanan Pelayanan Jasa Informasi Klimatologi Data Curah Hujan Maximum Bulanan (Milimeter) Sumatera Utara	91
Lampiran 2 Foto Dokumentasi Lapangan	92



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem drainase merupakan salah satu komponen vital dalam infrastruktur perkotaan, yang berfungsi untuk mengendalikan aliran air permukaan akibat hujan. Kota Medan, sebagai salah satu kota besar di Indonesia, kerap menghadapi permasalahan genangan air yang signifikan, terutama pada musim hujan. Kondisi ini diperparah oleh pertumbuhan urbanisasi yang pesat, sehingga meningkatkan aliran air permukaan dan beban pada sistem drainase yang ada. Menurut Bisri, M. (2013), peningkatan area kedap air akibat pembangunan perkotaan berdampak langsung pada sistem drainase yang kurang mampu menampung limpasan air secara optimal.

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kegiatan pembangunan, sistem drainase di Kota Medan mengalami tekanan yang lebih besar. Hal ini mengakibatkan seringnya terjadi genangan, terutama di kawasan-kawasan padat penduduk dan area pusat kota. Menurut studi yang dilakukan oleh ASNAWI, A. (2023), salah satu penyebab utama genangan di Medan adalah kurang optimalnya perencanaan dan pemeliharaan drainase perkotaan. Banyak saluran drainase yang tersumbat oleh sampah atau tidak mampu menampung debit air yang besar akibat curah hujan yang tinggi.

Evaluasi efektivitas sistem drainase di Kota Medan sangat penting dilakukan mengingat dampak genangan air tidak hanya mempengaruhi kenyamanan penduduk, tetapi juga berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi dan sosial. Dalam beberapa kasus, genangan air yang berkepanjangan dapat

menyebabkan kerusakan infrastruktur jalan, menurunkan produktivitas ekonomi, dan meningkatkan risiko penyakit berbasis air Andriyanto, D. (2019). Oleh karena itu, sistem drainase yang efektif diperlukan untuk memastikan pengelolaan air yang berkelanjutan dan perlindungan terhadap lingkungan perkotaan.

Selain masalah desain dan kapasitas sistem drainase yang tidak memadai, faktor perubahan iklim juga menjadi tantangan serius. Curah hujan yang tidak menentu dan intensitas hujan yang semakin tinggi mengakibatkan sistem drainase yang ada sering kali tidak mampu mengantisipasi volume air yang lebih besar dari yang direncanakan. Sedyowati, L. (2021), mengungkapkan bahwa perubahan iklim global memperburuk situasi ini, karena perencanaan drainase sering kali tidak mempertimbangkan skenario perubahan iklim jangka panjang.

Upaya perbaikan sistem drainase di Kota Medan memerlukan pendekatan yang komprehensif, termasuk perbaikan desain infrastruktur, peningkatan kapasitas saluran, dan pengelolaan sampah yang lebih baik. Studi oleh Suprayogo, D., Hairiah, K., & Nita, I. (2017), menunjukkan bahwa pengelolaan yang integratif antara drainase dan penataan kota bisa menjadi solusi efektif untuk mengurangi risiko genangan. Selain itu, partisipasi masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan juga sangat penting untuk mencegah tersumbatnya saluran air.

Evaluasi terhadap efektivitas sistem drainase juga melibatkan pengujian terhadap kemampuan saluran air dalam menampung dan mengalirkan air sesuai kapasitas yang direncanakan. Penelitian oleh MZ, I. H. L., Wibowo, M. R. F., & Said, B. F. (2024) menekankan pentingnya pemantauan rutin terhadap kinerja drainase serta penyesuaian terhadap kondisi topografi kota dan pola aliran air.

Keterlibatan berbagai pihak, termasuk pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta, menjadi kunci dalam keberhasilan pengelolaan sistem drainase perkotaan yang efektif.

Permasalahan genangan air di kawasan perkotaan merupakan salah satu tantangan utama dalam pembangunan infrastruktur kota. Pertumbuhan penduduk yang pesat, peningkatan alih fungsi lahan, serta keterbatasan ruang terbuka hijau menyebabkan meningkatnya volume limpasan air hujan yang tidak tertampung oleh sistem drainase yang ada. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat mengganggu kualitas lingkungan hidup.

Drainase sebagai salah satu komponen penting dari infrastruktur kota memiliki fungsi utama untuk mengalirkan dan mengendalikan air permukaan agar tidak menimbulkan genangan. Sistem drainase yang efektif dan terencana dengan baik harus mampu menyesuaikan kapasitasnya terhadap intensitas curah hujan dan perubahan tata guna lahan yang terjadi. Namun, pada kenyataannya, banyak sistem drainase di wilayah perkotaan yang kurang optimal akibat perencanaan yang tidak terintegrasi atau pemeliharaan yang tidak berkelanjutan

Kawasan Sari Rejo, yang terletak di Kota Medan, merupakan salah satu wilayah pemukiman padat penduduk yang kerap mengalami genangan saat musim hujan. Meskipun telah terdapat sistem drainase, genangan masih sering terjadi, terutama pada titik-titik tertentu yang rawan. Hal ini mengindikasikan adanya permasalahan dalam efektivitas sistem drainase yang ada, baik dari segi kapasitas saluran, kondisi fisik jaringan, maupun pola aliran air hujan.

Untuk mengetahui seberapa efektif sistem drainase yang ada, diperlukan evaluasi. Salah satu metode yang dapat digunakan pada pemodelan hidrologi dan

hidraulik dengan bantuan perangkat lunak seperti EPA SWMM 5.1 (*Storm Water Management Model*). Model ini memungkinkan simulasi aliran permukaan dan kinerja sistem saluran drainase berdasarkan data curah hujan, kondisi lahan, dan infrastruktur drainase yang ada. Dengan menggunakan model ini, dapat diperoleh gambaran yang lebih akurat mengenai titik-titik gangguan, kapasitas saluran, dan rekomendasi perbaikan yang diperlukan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dipenelitian ini yaitu:

1. Faktor-faktor apa saja yang menyebabkan sistem drainase di Kota Medan tidak berfungsi optimal dalam mengendalikan genangan air?
2. Solusi apa yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan efektivitas sistem drainase di Kota Medan, baik dari segi desain infrastruktur maupun manajemen lingkungan?
3. Apakah dimensi saluran yang ada masih mampu mengakomodasi debit air terutama pada saat musim penghujan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Mengevaluasi penyebab utama terjadinya genangan air di Jalan Sari Rejo, Kelurahan Beringin, Kecamatan Medan Selayang.
2. Untuk mengetahui debit air terutama dalam musim penghujan yang diharapkan dapat membantu memecahkan permasalahan banjir di daerah tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Melihat tujuan dari penelitian ini supaya pembahasan lebih jelas dan terarah

maka diberikan batasan-batasan penelitian yang meliputi hal-hal berikut:

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di Jalan Sari Rejo Kelurahan Beringin, Kecamatan Medan Selayang
2. Mengidentifikasi perilaku masyarakat pada daerah penelitian yang peduli menjaga kebersihan drainase atau aliran sungai.
3. Lokasi penelitian ini hanya mencakup saluran di Jalan sari Rejo Kelurahan Beringin.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis dengan adanya penelitian ini, dapat memahami pentingnya sistem drainase dalam mengelola air hujan dan mencegah genangan atau banjir. Yang mana bisa bermanfaat untuk diterapkan suatu saat dalam bermasyarakat.
2. Bagi Insitusi Hasil penelitian ini bisa menjadi refrensi untuk penelitian lanjutan atau menjadi acuan dalam pelajaran mengenai sistem drainase dan dapat menambah portofolio insitisui untuk karir di masa depan
3. Bagi Masyarakat dan tempat penelitian Dengan adanya evaluasi yang tepat, hasil penelitian ini dapat membantu mengurangi dampak genangan air yang kerap mengganggu aktivitas masyarakat, mengurangi risiko

kesehatan akibat genangan, serta dalam meningkatkan perencanaan dan pemeliharaan infrastruktur drainase yang ada.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah hasil dari penelitian terdahulu:

Arifin,(2018), dengan judul Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Perkotaan di Wilayah Purwokerto. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kondisi eksisting prasarana drainase di Kota Purwokerto dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengestimasi besarnya debit air yang masuk ke dalam sistem saluran drainase melalui analisis hidrologi pada wilayah tangkapan air (*catchment area*).
2. Menilai kondisi fisik serta kapasitas saluran melalui analisis hidraulik.
3. Mengidentifikasi strategi penanganan terhadap permasalahan genangan yang terjadi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa:

1. Permasalahan seperti penumpukan sampah dan sedimen menyebabkan penurunan kapasitas saluran, yang mengakibatkan terjadinya genangan pada saluran sub-makro maupun mikro dengan durasi antara 2 hingga 4 jam.
2. Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan kapasitas penampang saluran di lima lokasi saluran drainase sub-makro, ditemukan bahwa kapasitas saluran tidak mencukupi, terutama disebabkan oleh sedimentasi.

Sedangkan pada saluran drainase mikro, beberapa saluran seperti Saluran Dr. Angka 3, Gatotsubroto 3, dan Gatotsubroto 4 juga tidak mampu menampung debit aliran yang ada.

3. Upaya penanganan genangan dapat dilakukan melalui pendekatan fisik (seperti perbaikan atau normalisasi saluran) dan pendekatan non-fisik (seperti peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kebersihan lingkungan).

M Alfian Diandalu, (2022) dengan judul Analisis Dan Evaluasi Sistem Drainase Perkotaan Di Kabupaten Jombang. Tujuan dari penelitian Saluran drainase tidak lagi mampu mengalirkan debit air hujan secara optimal saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Selain itu, banyak saluran mengalami kerusakan akibat kurangnya pemeliharaan, yang menyebabkan terjadinya penyumbatan. Pendangkalan saluran yang disebabkan oleh penumpukan sedimen juga turut memperburuk kapasitas alir saluran.

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini 1. Penyebab dari permasalahan genangan pada lokasi studi yaitu di Kelurahan Kepatihan, Kecamatan Jombang, tepatnya pada Jl. RE Martadinata dan sekitarnya dikarenakan oleh banyaknya saluran drainase yang mengalami pendangkalan karena sedimentasi, kapasitas saluran drainase yang sudah tidak mampu menampung debit rencana, dan adanya saluran drainase yang rusak. Upaya penanganan dari permasalahan yang terjadi pada lokasi studi yaitu dilakukan pembersihan saluran drainase dan juga saluran drainase harus direncanakan ulang.

Annisa Wahyuni (2023), dengan judul Evaluasi Sistem Drainase Dalam Penanganan Genangan Dengan Model EPA SWMM VERSI 5.1. Tujuan dari

penelitian ini 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.

Hasil/Kesimpulan (1) Perolehan hitungan debit puncak banjir rancangan pada kurun waktu 5 tahun adalah $2.813 \text{ m}^3/\text{det}$ dan pada periode 10 tahun sebesar $3.121 \text{ m}^3/\text{detik}$ 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. Dan (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.

2.2 Umum

Drainase berasal dari kata *drainage* yang berarti mengalirkan, mengeringkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum diartikan sebagai upaya teknis untuk mengurangi kelebihan air baik yang berasal dari curah hujan, rembesan, maupun air irigasi dari suatu area lahan agar fungsi lahan tersebut tetap optimal dan tidak terganggu.

Sistem drainase sendiri merupakan kumpulan bangunan air yang dirancang untuk mengalirkan dan membuang kelebihan air dari suatu wilayah, sehingga kawasan tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya (Suripin, 2004).

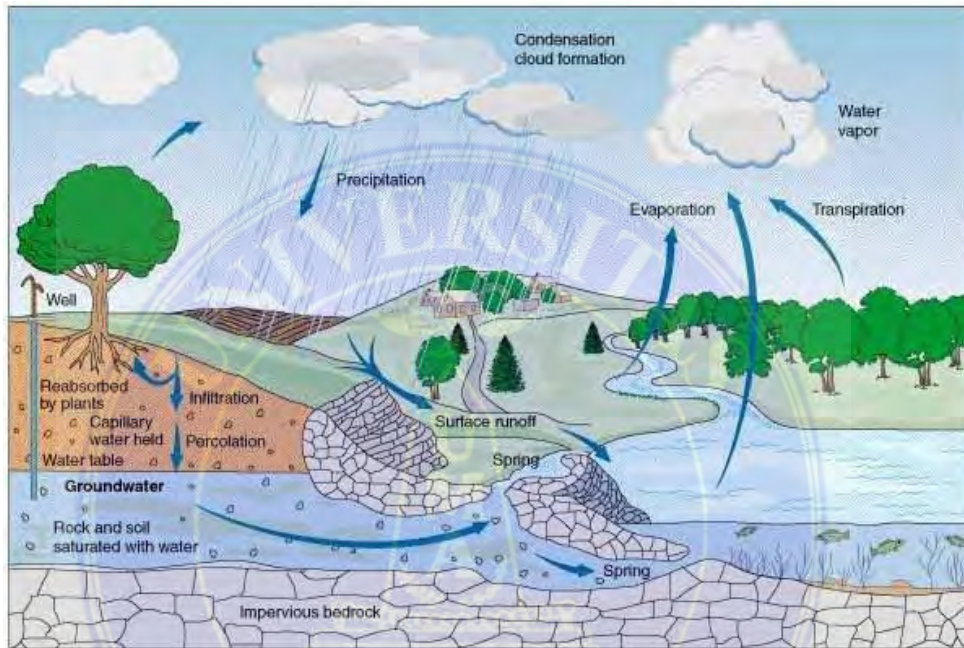
Menurut Robert J. Kodoatie (2005), sistem drainase merupakan metode pengaliran air melalui pembuatan saluran (tersier) yang bertugas menampung limpasan air hujan dari permukaan tanah, kemudian dialirkan ke saluran yang lebih besar (sekunder dan primer), hingga akhirnya dibuang ke sungai atau laut.

Wilayah yang dilayani oleh sistem drainase harus terhindar dari genangan, serta tetap menjaga kelestarian dan keseimbangan sumber daya air di wilayah tersebut. Oleh karena itu, penerapan konsep drainase perkotaan berkelanjutan menjadi suatu keharusan dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia, baik saat ini maupun di masa yang akan datang. Dalam proses perencanaan sistem drainase kota, penting untuk memperhatikan fungsi drainase sebagai bagian dari prasarana kota, dengan mempertimbangkan prinsip pembangunan yang ramah lingkungan sebagaimana tertuang dalam Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan (DPU, 1990)

2.3 Hidrologi

Menurut CD. Soemarto (1999), hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari keberadaan serta pergerakan air di alam, mencakup berbagai bentuk perubahan air seperti cair, padat, dan gas yang terjadi di atmosfer, di permukaan maupun di bawah permukaan tanah. Selain itu, laut juga berperan sebagai tempat penyimpanan utama air yang menunjang kehidupan di bumi. Dalam bidang teknik, khususnya dalam perencanaan sistem irigasi dan jaringan drainase,

pemahaman terhadap hidrologi menjadi sangat penting. Oleh karena itu, para teknisi perlu memahami ilmu hidrologi secara menyeluruh, karena ilmu ini memiliki keterkaitan erat dengan berbagai disiplin ilmu lain, seperti matematika, ilmu alam, statistik, meteorologi, dan cabang-cabang dari hidrologi itu sendiri. Pada gambar 1 menunjukkan siklus hidrologi.



Gambar 1 Siklus Hidrologi. (Ramdan, 2004)

2.4 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan siklus air yang berlangsung terus-menerus, dimulai dari atmosfer ke permukaan bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi, serta transpirasi. Proses ini dipicu oleh pemanasan air laut akibat sinar matahari, yang menjadi faktor utama dalam berlangsungnya siklus tersebut. Siklus hidrologi berlangsung secara terus-menerus. Air mengalami proses penguapan (evaporasi), kemudian kembali ke permukaan bumi dalam bentuk presipitasi seperti hujan, salju, hujan es, hujan batu, hujan gerimis, atau kabut. Selama proses jatuhnya ke bumi, sebagian

presipitasi dapat menguap kembali ke atmosfer, atau langsung turun dan tertahan terlebih dahulu oleh vegetasi sebelum mencapai permukaan tanah. Setelah mencapai tanah, air melanjutkan siklusnya melalui tiga jalur utama yang berbeda dan terus berulang:

1. Evaporasi dan transpirasi merupakan proses di mana air yang terdapat di laut, daratan, sungai, tumbuhan, dan tempat lainnya menguap ke atmosfer. Uap air tersebut kemudian membentuk awan. Ketika awan mencapai kondisi jenuh, uap air mengalami kondensasi menjadi titik-titik air yang akhirnya turun ke permukaan bumi dalam bentuk presipitasi, seperti hujan, salju, atau es.
2. Infiltrasi dan perkolasi ke dalam tanah terjadi ketika air meresap melalui celah dan pori-pori tanah serta batuan hingga mencapai muka air tanah. Proses ini memungkinkan air bergerak karena adanya gaya kapiler, baik secara vertikal maupun horizontal di bawah permukaan tanah, hingga akhirnya kembali bergabung ke dalam sistem air permukaan. **Air** permukaan merupakan aliran air yang mengalir di atas tanah, biasanya mengalir menuju badan air utama seperti sungai dan danau. Semakin landai kemiringan lahan dan semakin rendah porositas tanah, maka volume aliran permukaan akan semakin meningkat. Fenomena ini umumnya terlihat jelas di wilayah perkotaan. Aliran-aliran sungai kecil saling terhubung dan membentuk sungai utama yang membawa akumulasi air permukaan dari seluruh daerah tangkapan menuju laut.

2.5 Hujan

Hujan merupakan bentuk presipitasi yang berbentuk cair. Presipitasi juga dapat muncul dalam bentuk padat seperti salju dan hujan es, atau dalam bentuk aerosol seperti kabut dan embun. Hujan terbentuk ketika tetesan air di atmosfer jatuh dari awan ke permukaan bumi. Namun, tidak semua tetesan air hujan sampai ke tanah karena sebagian mengalami penguapan saat melewati lapisan udara kering, dan fenomena ini dikenal dengan istilah *virga*. Dalam siklus hidrologi, hujan memegang peran penting. Air laut menguap akibat panas matahari, lalu membentuk awan. Awan ini kemudian mengalami kondensasi menjadi awan gelap dan akhirnya menghasilkan hujan yang turun kembali ke bumi. Selanjutnya, air tersebut mengalir melalui sungai dan anak sungai hingga kembali ke laut, dan siklus pun berulang. Untuk mengetahui jumlah curah hujan yang turun, digunakan alat yang disebut ombrometer atau alat ukur hujan. Menurut klasifikasi dari BMKG, jenis hujan dibedakan berdasarkan intensitas curah hujannya.

1. hujan sedang, 20 -50 mm per hari;
2. hujan lebat, 50-100 mm per hari;
3. hujan sangat lebat, di atas 100 mm per hari.

2.5.1 Hujan Buatan

Kerap kali, curah hujan alami tidak mampu memenuhi kebutuhan air yang ada. Untuk mengatasi hal tersebut, manusia menciptakan suatu metode guna meningkatkan intensitas hujan dengan melakukan modifikasi terhadap awan. Metode ini dikenal sebagai hujan buatan (*rain-making*), atau yang lebih umum disebut sebagai penyemaian awan (*cloud seeding*). Hujan buatan merupakan suatu

bentuk intervensi teknologi yang dilakukan untuk meningkatkan curah hujan alami dengan mengubah proses-proses fisika di dalam awan. Proses yang dimodifikasi mencakup tumbukan dan penggabungan tetesan air (*collision and coalescence*) serta pembentukan es (*ice nucleation*). Oleh karena itu, hujan buatan bukan berarti menciptakan hujan dari kondisi tanpa awan, melainkan mengoptimalkan awan yang sudah memiliki kandungan uap air yang memadai agar hujan benar-benar turun ke permukaan bumi. Bahan kimia atau material yang digunakan dalam proses ini disebut sebagai bahan semai.

2.5.2 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi membutuhkan deret data curah hujan yang diperoleh dari stasiun penakar hujan, baik dengan alat manual maupun otomatis. Metode ini dilakukan dengan menggunakan karakteristik statistik dari data kejadian hujan di masa lalu untuk memperkirakan kemungkinan besarnya curah hujan di masa mendatang. Asumsi dasar dari analisis ini adalah bahwa pola statistik hujan di masa depan dianggap masih serupa dengan pola yang terjadi di masa lalu. Dalam penerapannya, terdapat dua jenis data yang digunakan, yaitu data maksimum tahunan dan data seri parsial.

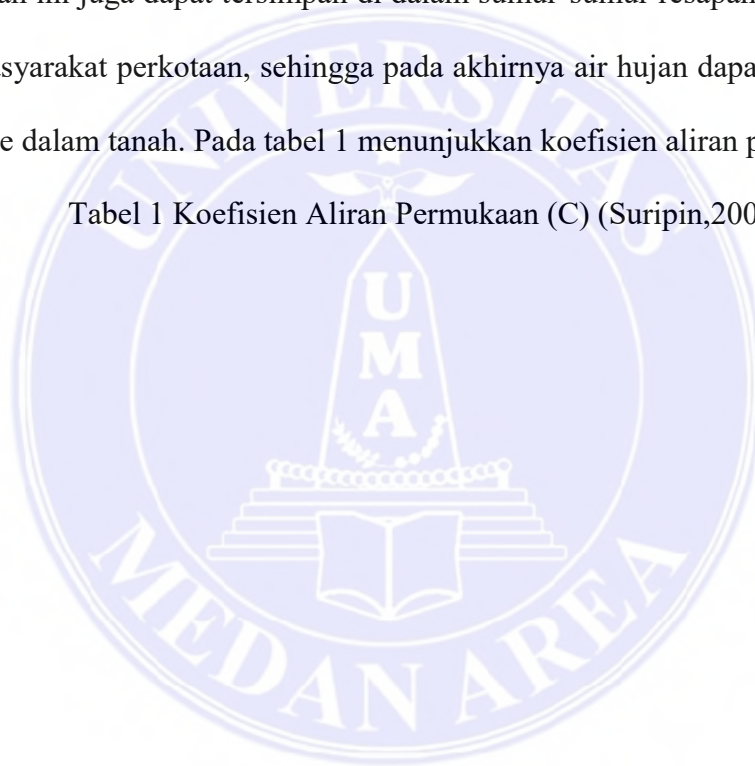
2.5.3 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Koefisien ini mencerminkan keadaan permukaan daerah aliran. Koefisien pengaliran C merupakan perbandingan komponen seperti pada persamaan 1 berikut ini

$$C = \frac{\text{Volume air yang berhasil mencapai muara DAS}}{\text{Volume air hujan yang jatuh diatas DAS}} \dots\dots\dots 1$$

Penurunan volume air yang mencapai muara daerah aliran disebabkan oleh terhambatnya aliran oleh elemen vegetasi seperti akar dan daun tanaman, serta tertahan di antara rerumputan atau semak yang lebat. Selain itu, air juga meresap ke dalam lapisan tanah dan tertahan dalam bentuk genangan, terutama pada wilayah dengan permukaan yang tidak rata dan memiliki banyak cekungan. Genangan ini juga dapat tersimpan di dalam sumur-sumur resapan yang dibangun oleh masyarakat perkotaan, sehingga pada akhirnya air hujan dapat meresap lebih dalam ke dalam tanah. Pada tabel 1 menunjukkan koefisien aliran permukaan.

Tabel 1 Koefisien Aliran Permukaan (C) (Suripin,2004)



No	Jenis Daerah	Koefisien c
Daerah Perdagangan		
1	a. Perkotaan (<i>Down Town</i>)	0,70-0,90
	b. Pinggiran	0,50-0,70
Permukiman		
2	a. Perumahan Satu Keluarga	0,30-0,50
	b. Perumahan Berkelompok, Terpisah-Pisah	0,40-0,60
	c. Perumahan Berkelompok, Bersambungan	0,60-0,70
	d. Suburban	0,25-0,40
	e. Daerah Apartemen	0,50-0,70
Industri		
3	a. Daerah Industri Ringan	0,50-0,80
	b. Daerah Industri Berat	0,60-0,90
4	Taman, Pekuburan	0,10-0,25
5	Tempat Bermain	0,20-0,35
6	Daerah Stasiun Kereta Api	0,20-0,40
7	Daerah Belum Diperbaiki	0,10-0,30
8	Jalan	0,70-0,95
Bata		
9	a. Jalan, Hamparan	0,75-0,85
	b. Atap	0,75-0,95

2.5.4 Intesitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan merupakan besaran curah hujan yang diukur dalam bentuk tinggi atau volume air hujan per satuan waktu, yang terjadi dalam periode tertentu saat hujan terpusat. Besar kecilnya intensitas ini dipengaruhi oleh durasi hujan dan frekuensi kejadiannya. Dalam perencanaan sistem drainase, informasi mengenai debit rencana sangat penting untuk menentukan kapasitas saluran yang dibutuhkan, agar seluruh aliran air hujan dapat ditampung dan dialirkan dengan baik ditampung dan teralirkan. Pada persamaan 2 merupakan umus mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \dots\dots\dots 2$$

Dimana:

- I = intensitas hujan (mm/menit)
- R = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
- Tc = waktu konsentrasi hujan (menit)

2.5.5 Debit Aliran Rencana

Penentuan debit aliran rencana memegang peranan penting dalam proses perencanaan sistem drainase. Kesalahan dalam menetapkan nilai debit ini dapat menyebabkan sistem drainase yang dibangun tidak berfungsi secara optimal. Debit aliran rencana juga dikenal sebagai kapasitas aliran yang dihasilkan dari hujan, di mana sebagian besar air hujan akan mengalir di permukaan tanah (*runoff*), sedangkan sebagian kecilnya akan meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi. Dalam konteks drainase perkotaan dan jalan raya, umumnya digunakan debit banjir maksimum dengan periode ulang 5 tahun sebagai dasar perencanaan. Hal ini berarti bahwa kemungkinan terjadinya debit maksimum tersebut adalah satu kali dalam lima tahun, dua kali dalam sepuluh tahun, atau 25 kali dalam seratus tahun. Penetapan debit banjir maksimum dengan periode ulang hingga 100 tahun didasarkan pada berbagai pertimbangan teknis dan tingkat risiko yang dapat diterima:

1. Dampak yang ditimbulkan oleh genangan akibat hujan umumnya lebih ringan dibandingkan dengan risiko banjir besar yang terjadi akibat meluapnya aliran sungai.

2. Keterbatasan lahan di wilayah perkotaan menjadi kendala dalam merancang saluran drainase yang mampu mengalirkan debit banjir dengan periode ulang lebih dari 100 tahun.
3. Wilayah perkotaan cenderung mengalami perkembangan dan perubahan seiring waktu, yang pada akhirnya turut mempengaruhi kapasitas dan fungsi saluran drainase yang ada.

Perencanaan debit rencana untuk drainase perkotaan dan jalan raya dihadapi dengan persoalan tidak tersedianya data aliran. Umumnya untuk menentukan debit aliran akibat air hujan diperoleh dari hubungan rasional antara Tangga diestimasikan 25 liter perorang perhari.

Pada proses perencanaan debit rencana untuk sistem drainase di wilayah perkotaan maupun jalan raya, sering ditemui permasalahan berupa keterbatasan data aliran yang tersedia. Untuk mengatasi hal tersebut, estimasi debit aliran hujan umumnya dilakukan melalui metode rasional, yaitu menggunakan pendekatan matematis yang disesuaikan dengan perkiraan kebutuhan air, contohnya sekitar 25 liter per orang per hari.

Tabel 2 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan (Suripin,2004)

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (Tahun)	Metode Perhitungan Debit Banjir
<10	2	Rasional
10-100	2-5	Rasional
101-500	5-20	Rasional
>500	10-25	Hidrograf Satuan

2.5.6 Metode Rasional

Metode yang umum digunakan untuk memperkirakan laju puncak aliran permukaan adalah Metode Rasional berdasarkan standar USSCS 1973 (Suripin, 2004). Metode ini dikenal karena kesederhanaan dan kemudahan penerapannya.

Namun, penggunaannya terbatas hanya pada daerah aliran sungai (DAS) yang berukuran kecil, yaitu kurang dari 300 hektar (Suripin, 2004). Karena metode ini termasuk dalam kategori *black box model*, maka metode ini tidak mampu menggambarkan hubungan antara curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf. Metode Rasional dikembangkan dengan asumsi bahwa curah hujan yang terjadi memiliki intensitas yang seragam dan merata di seluruh wilayah DAS, setidaknya selama durasi yang sama atau lebih panjang dari waktu konsentrasi (*time of concentration*) DAS. Jika asumsi tersebut terpenuhi, maka hubungan antara curah hujan dan aliran permukaan dapat diilustrasikan dalam bentuk grafik.

Dimana:

Q = debit (m^3/det).

C = koefisien aliran permukaan.

I = intensitas curah hujan (mm/jam).

A = luas daerah aliran (Ha).

Persamaan tersebut berlaku untuk wilayah dengan luas daerah aliran tidak melebihi 80 hektar. Namun, apabila luas daerah aliran melebihi 80 hektar, maka rumus rasional tersebut perlu disesuaikan atau dimodifikasi pada persamaan 3.

Dan pada persamaan 4 menunjukkan rumus koefisien tampung.

$$Q = 0,00278 C.Cs.I.A \dots\dots\dots$$

3

Dimana:

Q = debit (m^3/det).

I = intensitas curah hujan (mm/jam).

A = luas daerah aliran (Ha).

C = koefisien aliran permukaan.

C_s = koefisien tampungan.

$$C_s = \left(\frac{2T_c}{2T_c + T_d} \right) \dots\dots\dots$$

4

Dimana:

C_s = koefisien tampung.

T_c = waktu konsentrasi (jam)

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

2.6 Drainase

Drainase adalah proses pembuangan massa air, baik secara alami maupun buatan, dari permukaan maupun bawah permukaan suatu area. Dalam bidang teknik sipil, drainase merujuk pada serangkaian struktur atau sistem yang dirancang untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan guna mencegah terjadinya genangan. Istilah “drainase” berasal dari bahasa Inggris *drainage*, yang memiliki arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase dapat diartikan sebagai tindakan teknis untuk mengendalikan kelebihan air baik yang berasal dari hujan, rembesan, maupun limpasan irigasi agar lahan tetap dapat dimanfaatkan dengan optimal. Selain itu, drainase juga berperan dalam pengelolaan kualitas air tanah, sehingga cakupan drainase mencakup tidak hanya air permukaan tetapi juga air bawah tanah. Sesuai prinsip utamanya sebagai jalur pembuangan, sistem drainase

dirancang agar air hujan yang mengalir di permukaan dapat segera dibuang, guna mencegah terjadinya genangan yang dapat mengganggu aktivitas dan menimbulkan kerugian. Menurut Suripin (2004), drainase adalah serangkaian bangunan air yang berfungsi mengurangi atau mengalirkan kelebihan air dari suatu lahan agar dapat digunakan secara optimal. Istilah *drainage* sendiri berasal dari kata kerja *to drain* yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air, dan umumnya digunakan untuk menggambarkan sistem yang menangani kelebihan air, baik di atas maupun di bawah permukaan tanah.

Sementara itu, menurut Halim Hasmar (2012), drainase secara umum merupakan ilmu yang mempelajari cara mengalirkan kelebihan air dalam konteks pemanfaatan tertentu. Drainase terapan atau drainase perkotaan adalah cabang dari ilmu ini yang fokus pada wilayah perkotaan, dengan mempertimbangkan aspek lingkungan serta kondisi sosial budaya yang ada. Sistem drainase perkotaan mencakup proses pengaliran dan pengeringan air dari wilayah kota secara terintegrasi.

1. Pemukiman
2. Kawasan industri dan perdagangan
3. Kampus dan sekolah
4. Rumah sakit dan fasilitas umum
5. Lapangan olahraga
6. Lapangan parkir
7. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi
8. Pelabuhan udara

Menurut Gunadarma (2007), drainase perkotaan dapat diartikan sebagai suatu sistem yang dirancang untuk mengalirkan dan mengeringkan air dari berbagai area di lingkungan kota. Sistem ini mencakup berbagai zona, seperti kawasan permukiman, area industri dan perdagangan, institusi pendidikan, rumah sakit, fasilitas umum, lapangan olahraga, area parkir, instalasi militer, jaringan listrik dan telekomunikasi, serta fasilitas transportasi seperti bandara, pelabuhan laut maupun sungai, dan area lainnya yang termasuk dalam infrastruktur kota. Sementara itu, Halim Hasmar (2012) menjelaskan bahwa drainase terapan adalah cabang ilmu yang membahas tentang bagaimana cara mengelola dan mengalirkan kelebihan air dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu, guna mendukung fungsi dan keberlanjutan wilayah yang bersangkutan.

2.7 Klasifikasi Drainase

Klasifikasi drainase dapat dikelompokkan sebagai berikut (Lucyana, dalam jurnal deformasi 2020):

1. Menurut Sejarah Terbentuknya

a. Drainase alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alami merupakan sistem pengaliran air yang terbentuk secara spontan oleh proses alam tanpa adanya struktur buatan seperti pelimpah, pasangan batu atau beton, gorong-gorong, dan sejenisnya. Saluran ini terbentuk akibat aliran air yang secara terus-menerus mengikis permukaan tanah karena pengaruh gravitasi, hingga akhirnya menciptakan jalur aliran permanen seperti sungai.

b. Drainase buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan adalah sistem pengaliran air yang dirancang secara sengaja untuk tujuan tertentu, sehingga memerlukan konstruksi khusus seperti saluran dari pasangan batu atau beton, gorong-gorong, pipa, dan komponen lainnya. Dalam proses perencanaan dan perhitungan saluran buatan ini, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi, antara lain kedalaman saluran, luas area tangkapan air, kemiringan saluran, besarnya debit aliran, pola distribusi aliran, potensi penyumbatan, serta kecepatan aliran air.

2. Menurut Letak Bangunan

a. Drainase permukaan tanah (*Surface Drainage*)

drainase permukaan adalah sistem saluran yang terletak di atas permukaan tanah dan berfungsi untuk mengalirkan air limpasan dari permukaan. Aliran pada jenis saluran ini dianalisis menggunakan metode aliran saluran terbuka (*open channel flow*).

b. Drainase bawah tanah (*Sub Surface Drainage*)

Drainase bawah tanah merupakan sistem saluran yang dirancang untuk mengalirkan air limpasan permukaan melalui jaringan di bawah tanah, seperti menggunakan pipa-pipa. Sistem ini diterapkan karena pertimbangan tertentu, misalnya demi estetika atau karena fungsi area permukaan tidak memungkinkan adanya saluran terbuka, seperti pada taman, lapangan sepak bola, bandara, dan area sejenis lainnya. Pada gambar 2 menunjukkan Ilustrasi drainase bawah permukaan.



Gambar 2 Ilustrasi Drainase Bawah Permukaan. (Hidayat dkk, 2016)

3. Menurut Fungsinya

a. *Single Purpose*

Saluran ini dirancang untuk mengalirkan satu jenis air buangan secara khusus, seperti air hujan, air limbah rumah tangga, air limbah industri, atau jenis air buangan lainnya.




b. *Multy Purpose*

Saluran berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut Konstruksinya

- a. Saluran terbuka merupakan sistem drainase yang umumnya dirancang khusus untuk mengalirkan air hujan saja (menggunakan sistem terpisah). Namun, dalam praktiknya sering kali berfungsi sebagai saluran campuran. Di daerah pinggiran kota, saluran terbuka ini biasanya tidak dilapisi pelindung (*lining*), sedangkan di kawasan perkotaan, saluran tersebut perlu diberi lapisan pelindung seperti beton, pasangan batu (*masonry*), atau bata.

Adapun biasanya bentuk bentuk pada saluran terbuka ini dapat berupa saluran trapesium, saluran persegi, setengah lingkaran dan saluran segitiga. Kelebihan dari saluran seperti ini mudah untuk dibersihkan dari hasil sedimentasi, kekurangan dari drainase ini sampah dari luar gampang masuk ke saluran drainase bisa menyebabkan sumbatan. Pada gambar 3 menunjukkan bentuk bentuk umum saluran terbuka.

No	Bentuk saluran	Keterangan
1		Saluran berbentuk trapezium dan persegi dapat digunakan pada daerah yang masih tersedia lahan yang cukup luas.
2		
3		Saluran berbentuk lingkaran dan segitiga dapat dibangun pada daerah padat penduduk dan ketersediaan lahan terbatas.
4		

Gambar 3 Bentuk-Bentuk Umum Saluran Terbuka

- b. Saluran tertutup merupakan sistem saluran yang digunakan untuk mengalirkan air limbah yang berpotensi menimbulkan gangguan terhadap kesehatan lingkungan. Jenis saluran ini sangat sesuai diterapkan di kawasan perkotaan, terutama di wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi seperti di kota-kota besar dan metropolitan. Penutupan saluran ini juga dapat membantu untuk keselamatan pengguna jalan dan estetika kota.

5. Menurut Penataan Jaringannya

- a. Jaringan primer adalah saluran utama yang biasanya memanfaatkan aliran sungai atau anak sungai. Saluran ini berfungsi sebagai induk dari sistem drainase dan menerima aliran dari saluran sekunder serta tersier. Oleh karena itu, ukuran saluran primer harus lebih besar dibandingkan saluran lainnya.
- b. Saluran sekunder merupakan saluran penghubung antara saluran tersier dan saluran primer. Umumnya dibangun menggunakan konstruksi beton, saluran ini berfungsi menyalurkan air dari wilayah sekunder menuju saluran utama (primer).
- c. Saluran tersier adalah saluran yang digunakan untuk membawa limbah domestik dari rumah tangga menuju saluran sekunder. Saluran ini merupakan percabangan dari saluran sekunder dan memiliki dimensi yang lebih kecil dibandingkan saluran sekunder maupun primer.
- d. Saluran kuarter merupakan cabang dari saluran tersier yang berukuran lebih kecil lagi dan biasanya berada di lingkungan rumah penduduk. Saluran ini bisa berupa plesteran semen, pipa, atau saluran tanah.

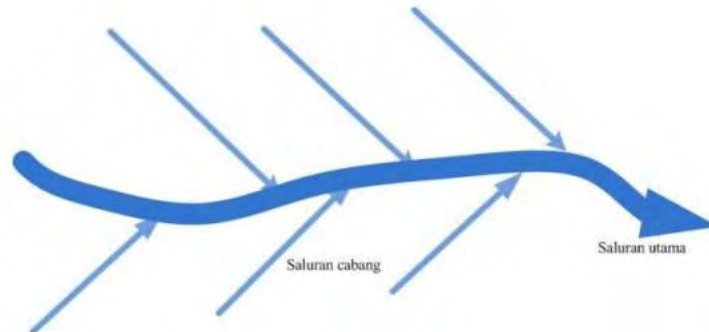
6. Menurut pola Jaringan

Beberapa contoh pola penataan jalur saluran yang bisa digunakan dalam perencanaan sistem drainase antara lain sebagai berikut.

a. Pola Alamiah

Conveyor drain terletak pada area paling rendah (lembah) suatu wilayah, dan berfungsi secara optimal sebagai saluran utama yang

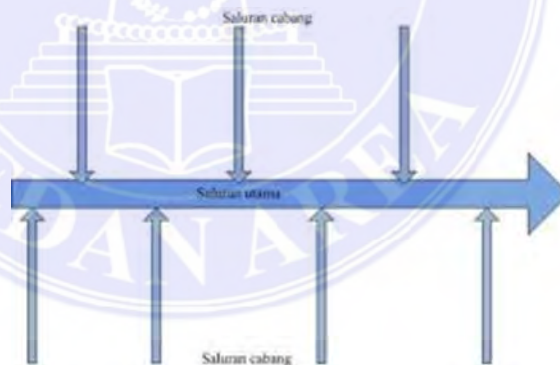
mengumpulkan aliran dari saluran-saluran cabang (*collector drain*) yang ada. Pada gambar 4 menunjukkan jaringan drainase alamiah.



Gambar 4 Jaringan Drainase Alamiah. (Asmorowati dkk, 2021)

b. Pola Siku

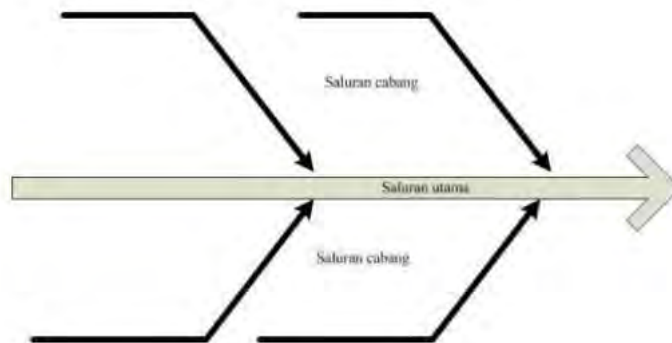
Saluran *conveyor drain* ditempatkan pada titik paling rendah (lembah) suatu kawasan, sementara saluran *collector drain* dibangun dengan posisi tegak lurus terhadap saluran *conveyor drain*.. Pada gambar 5 menunjukkan jaringan drainase siku.



Gambar 5 Jaringan Drainase Siku. (Asmorowati dkk, 2021)

c. Pola Pararel

Saluran *collector drain* berfungsi untuk menampung aliran air dengan debit yang lebih kecil. Saluran-saluran ini dirancang sejajar satu sama lain dan mengalirkan air ke saluran *conveyor drain* sebagai jalur utama. Pada gambar 6 menunjukkan jaringan drainase paralel.



Gambar 6 Jaringan Drainase Paralel. (Asmorowati dkk, 2021)

d. Pola *Grid Iron*

Beberapa saluran *interceptor drain* dipasang secara sejajar, kemudian aliran air dari saluran-saluran tersebut dikumpulkan ke dalam *collector drain* sebelum akhirnya dialirkan ke *conveyor drain*. Pada gambar 7 menunjukkan jaringan drainase *grid iron*.



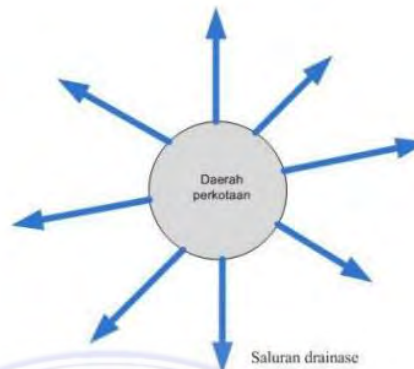
Gambar 7 Jaringan Drainase *Grid Iron*. (Asmorowati dkk, 2021)

e. Pola Radial

Suatu wilayah genangan dialirkan airnya melalui sejumlah saluran pengumpul (*collector drain*) yang memancar dari satu titik pusat ke

berbagai arah, tergantung pada kondisi topografi wilayah tersebut.

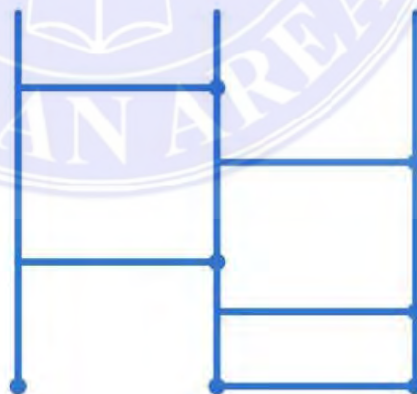
Pada gambar 8 menunjukkan jaringan drainase radial.



Gambar 8 Jaringan Drainase Radial. (Asmorowati dkk, 2021)

f. Pola Jaring-jaring

Agar tidak terjadi beban aliran berlebih dari satu wilayah ke wilayah lain, dapat dirancang beberapa saluran pemintas (*interceptor drain*) yang mengalirkan air ke saluran pengumpul (*collector drain*), lalu diteruskan ke saluran utama (*conveyor drain*). Pada gambar 9 menunjukkan jaringan drainase jaring-jaring.



Gambar 9 Jaringan Drainase Jaring-Jaring. (Asmorowati dkk, 2021)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

Jalan Sari Rejo yang terletak di Kelurahan Beringin, Kecamatan Medan Selayang, Sumatera Utara, merupakan sebuah kawasan yang mencerminkan kehidupan perkotaan khas Medan dengan nuansa lokal yang kental. Lingkungan di sekitar jalan ini umumnya didominasi oleh pemukiman warga yang memberikan suasana ramah dan kekeluargaan. Rumah-rumah di sepanjang jalan Sari Rejo bervariasi, mulai dari bangunan tradisional hingga modern, mencerminkan perkembangan daerah ini sebagai salah satu bagian yang sedang berkembang di Medan Selayang.

Kawasan ini memiliki akses yang cukup baik dengan jalan-jalan yang menghubungkan ke berbagai lokasi strategis di Medan. Keberadaan fasilitas umum seperti sekolah, tempat ibadah, dan pusat kesehatan di sekitar Jalan Sari Rejo turut mendukung kebutuhan sehari-hari penduduk setempat. Di sepanjang jalan, sering ditemui warung makan, kios kecil, dan usaha mikro yang menjadi sumber ekonomi lokal serta menambah daya tarik bagi warga dan pendatang.

Transportasi di Jalan Sari Rejo cukup lancar, dengan berbagai pilihan angkutan umum yang melayani rute di kawasan ini, menjadikannya tempat yang mudah dijangkau dari pusat kota maupun wilayah lain di Medan. Suasana di sekitar jalan ini seringkali ramai dengan aktivitas warga, terutama di pagi dan sore hari ketika penduduk berangkat atau pulang dari bekerja. Jalan Sari Rejo juga dikelilingi oleh area hijau dan beberapa lahan kosong, memberikan keseimbangan antara pembangunan dan nuansa alam.

Secara keseluruhan, Jalan Sari Rejo di Kelurahan Beringin adalah contoh kawasan urban yang berkembang dengan baik, memadukan antara modernitas dan nilai-nilai lokal masyarakat Sumatera Utara.

3.2 Lokasi Penelitian

Dalam tugas akhir ini, wilayah studi yang menjadi fokus penelitian memerlukan pengumpulan berbagai informasi terkait lokasi studi kasus. Oleh karena itu, dilakukan proses pengambilan data, baik melalui metode langsung maupun tidak langsung. Pengambilan data secara langsung merujuk pada kegiatan observasi lapangan, pencatatan, serta pengukuran yang dilakukan secara langsung di lokasi. Pada gambar 10 menunjukkan lokasi penelitian.



Gambar 10 Peta Lokasi Penelitian (*Google Maps, 2025*)

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan guna memperoleh seluruh informasi yang diperlukan dalam menganalisis aspek hidrologi dan hidraulika di area studi. Data yang dikumpulkan mencakup informasi mengenai lokasi penelitian serta data curah hujan harian maksimum dari stasiun penakar hujan untuk periode tahun

2014 hingga 2023 dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

3.3.1 Data Primer

Data primer diperoleh secara langsung melalui kegiatan survei lapangan dengan melakukan observasi dan pengamatan secara teliti terhadap kondisi di lokasi penelitian.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder berupa peta skema jaringan di Jalan Sari Rejo Kelurahan Beringin juga data Hidrologi yang merupakan dasar dalam pengolahan data.

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah Metode Penelitian Deskriptif Kuantitatif, yang melibatkan analisis data lapangan dari lokasi kajian. Pendekatan ini didukung oleh studi literatur dari buku, jurnal, berita, serta survei lapangan melalui observasi langsung. Perhitungan dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, Pd. T-02-2006-B tentang Perencanaan Sistem Drainase Jalan, dan referensi penelitian relevan.

3.5 Metode Pengolahan Data

Setelah seluruh data yang diperlukan terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data. Pada tahap ini akan diperoleh jawaban dari rumusan masalah serta solusi yang dapat diterapkan untuk mengurangi genangan.

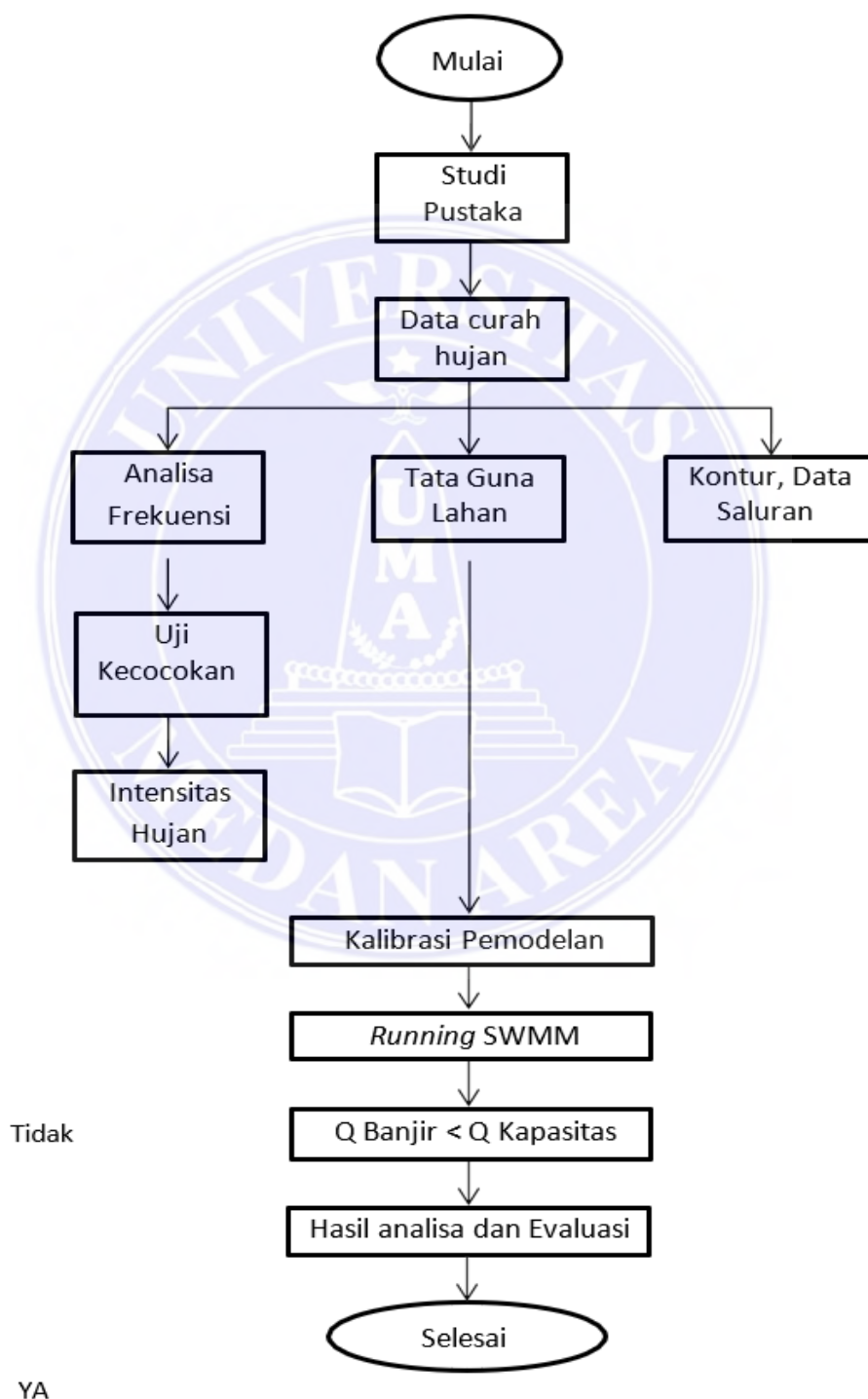
3.5.1 Pemodelan menggunakan SWMM

Dilakukan setelah data terkumpul, meliputi *rain gage*, *subcatchment*, *conduit*, *junction*, *outfall*, dan *divider*. Tahapannya meliputi:

1. **Setting Project Setup Default:** Mempermudah pengisian data pada tiap objek.
2. **Backdrop Map:** Mengimpor citra satelit berskala 1:1 melalui program CAD untuk mempermudah pembuatan objek.
3. **Penggambaran Objek:** Membuat *subcatchment*, *junction*, *conduit*, *divider*, dan *outfall* berdasarkan data survei.
4. **Edit Object Properties:** Menyesuaikan properti objek melalui property editor sesuai kondisi aktual.
5. **Running SWMM:** Melakukan simulasi dan meninjau hasilnya melalui menu report.
6. **Evaluasi dan Revisi:** Mengatur ulang penampang yang meluap hingga optimal.
7. **Selesai.**

3.6 Kerangka Berfikir

Diagram alir penelitian digunakan untuk menggambarkan tahapan-tahapan yang akan dilakukan selama proses perencanaan. Adapun langkah-langkah tersebut.



Gambar 11 Diagram Alir Penelitian

BAB V **KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini, “Evaluasi Efektivitas Sistem Drainase Perkotaan dalam Penanganan Genangan di Kawasan Kelurahan Sari Rejo, Medan Selayang dengan Model SWMM versi 5.1” adalah sebagai berikut:

1. Nilai debit puncak banjir rencana yang diperoleh menunjukkan bahwa pada periode ulang 5 tahun mencapai 2,479 m³/detik, sementara untuk periode ulang 10 tahun sebesar 2,946 m³/detik. Adapun waktu konsentrasi pada wilayah tangkapan air adalah 9,598 menit, atau setara dengan 0,159 jam.
2. Berdasarkan hasil analisis dan observasi lapangan, dapat disimpulkan bahwa salah satu faktor utama ketidakoptimalan fungsi sistem drainase di kawasan studi adalah terjadinya sedimentasi pada saluran. Kondisi ini menyebabkan perbedaan elevasi antara saluran dan tempat pembuangan akhir (sungai). Selain itu, adanya sampah rumah tangga serta tumbuhan liar yang menyumbat aliran turut memperburuk kondisi drainase dan menghambat kelancaran aliran air. Hasil analisis perbandingan antara kapasitas saluran eksisting dengan debit banjir rencana menunjukkan bahwa saluran yang ada saat ini tidak mampu menyalurkan debit banjir tersebut secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan ulang terhadap sistem drainase di kawasan ini agar dapat berfungsi secara lebih efektif.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran pada penelitian, “ Evaluasi Efektivitas Sistem Drainase Perkotaan Dalam Penanganan Genangan di Kawasan Kelurahan Sari rejo, Medan Selayang dengan Model SWMM versi 5.1” adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan perancangan ulang saluran drainase dengan memperbesar dimensi saluran agar dapat berfungsi secara maksimal dan mencegah terjadinya genangan banjir. Selain itu, perlu dilakukan pemeliharaan rutin serta pembersihan sedimen, sampah, tanah, dan vegetasi pengganggu secara berkala..
2. Diperlukan kajian lebih lanjut yang bersifat spesifik untuk memperoleh data yang lebih tepat sebagai landasan dalam penanganan permasalahan drainase di kawasan Jalan Sari Rejo.
3. Diperlukan studi dan perbaikan terhadap saluran-saluran drainase di wilayah Gang Mandor, serta dibutuhkan kerja sama yang sinergis antara Pemerintah Kota Medan dan masyarakat guna mewujudkan sistem drainase yang lebih baik serta menjaga kebersihannya secara bersama.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, D. (2019). *Implementasi Peraturan Daerah Kota Bandar Lampung Nomor 10 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (Studi Kasus Pasal 31 Pengembangan Sistem Pengendalian Banjir)* (Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung).
- Arifin, M. (2018). Evaluasi kinerja sistem drainase perkotaan di wilayah Purwokerto. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 53-65.
- ASNAWI, A. (2023). *Analisis Yuridis Terhadap Kesadaran Masyarakat Terkait Buang Sampah Sembarangan di Kecamatan Maritengngae* (Doctoral dissertation, IAIN Parepare).
- C.D Soemarto, 1999, "Hidrologi Teknik", Erlangga Jakarta.
- Diandalu, M. A. (2022). *ANALISIS DAN EVALUASI SISTEM DRAINASE PERKOTAAN DI KABUPATEN JOMBANG (Studi Kasus, Kecamatan Jombang, Kabupaten Jombang, Jawa Timur)* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).
- Hasmar, H. H. (2012). *Drainasi Terapan*. UiiPress.
- Kusumadewi, D. A., & Bisri, M. (2013). Arahana Spasial Teknologi Drainase Untuk Mereduksi Genangan Di Sub Daerah Aliran Sungai Watu Bagian Hilir. *Jurnal Teknik Pengairan*, 3(2), 258-276.
- Lucyana, L. (2020). Analisis Sistem Saluran Drainase Pada Perumahan Baturaja Permai Dikota Baturaja Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Deformasi*, 5(1), 28-42.
- MZ, I. H. L., Wibowo, M. R. F., & Said, B. F. (2024). Teknik sipil untuk infrastruktur perkotaan desain dan manajemen: buku referensi.
- Sedyowati, L. (2021). Kota bebas banjir: antara harapan dan kenyataan.
- Suprayogo, D., Hairiah, K., & Nita, I. (2017). *Manajemen Daerah Aliran Sungai (DAS): tinjauan hidrologi akibat perubahan tutupan lahan dalam pembangunan*. Universitas Brawijaya Press.
- Suripin, M. Eng. 2 4. "Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan". Yogyakarta.
- Wahyuni, A. (2023). Evaluasi Sistem Drainase dalam Penanganan Genangan dengan Model EPA SWMM Versi 5.1.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Pelayanan Pelayanan Jasa Informasi Klimatologi Data Curah Hujan Maximum Bulanan (Milimeter) Sumatera Utara

Nama Kabupaten : Kota Medan

Nama Stasiun : BBMKG Wil I Medan

Tahun 2013 s/d Tahun 2023

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGST	SEPT	OKT	NOV	DES	MAKS
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
2022	35	42	93	6	176	129	33	102	9	12	47	99	176
2023	205	158	36	7	59	8	38	47	79	152	65	96	205
2024	34	94	64	69	64	48	89	71	71	64	77	121	121

Lampiran 2 Foto Dokumentasi Lapangan



