

TUGAS AKHIR
ANALISIS SISTEM SALURAN DRAINASE PADA PERUMAHAN BUMI
ASRI , KEC. MEDAN HELVETIA, KOTA MEDAN DENGAN
MENGGUNAKAN SOFTWARE EPA SWMM 5.2
(STUDI KASUS)

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

DISUSUN OLEH :

FATIKHA SYAHARANI

2207210083



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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Fatikha Syaharani

Npm : 2207210083

Program Studi : Teknik Sipil

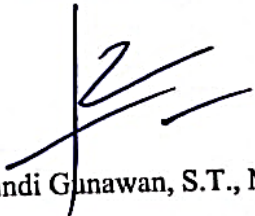
Judul Skripsi : Analisis Sistem Saluran Drainase Pada Perumahan Bumi Asri,
Kec. Medan Helvetia, Kota Medan Dengan Menggunakan
Software Epa Swmm 5.2

Bidang Ilmu : Transportasi

Telah Berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 30 Agustus 2026

Dosen Pembimbing



Randi Gunawan, S.T., M.Si.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Fatikha Syaharani

Npm : 2207210083

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Sistem Saluran Drainase Pada Perumahan Bumi Asri,
Kec. Medan Helvetia, Kota Medan Dengan Menggunakan
Software Epa Swmm 5.2

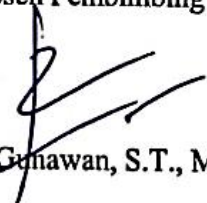
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil di pertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima
sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara.

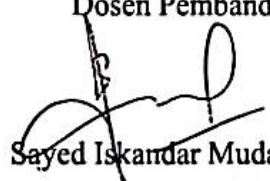
Medan, 30 Agustus 2026

Mengetahui dan Menyetujui:

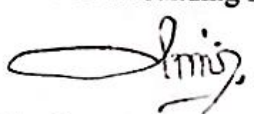
Dosen Pembimbing


Randi Gunawan, S.T., M.Si.

Dosen Pembimbing I


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

Dosen Pembimbing II


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

Program Studi Teknik Sipil

Ketua


Ir. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Fatikha Syaharani
Tempat, Tanggal Lahir : Lubuk Pakam, 12 Agustus 2004
NPM : 2207210083
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul : “Analisis Sistem Saluran Drainase Pada Perumahan Bumi Asri, Kec. Medan Helvetia, Kota Medan Dengan Menggunakan Software EPA SWMM 5.2.”

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

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

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

Medan, 30 Agustus 2026

Saya yang menyatakan,



The image shows a yellow rectangular stamp with a red border. Inside the stamp, there is a red circular emblem with a white star and crescent. Below the emblem, the text "METERAI TEMPEL" is printed in red. At the bottom of the stamp, the number "2784AAOX255218257" is printed in black. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

Fatikha Syaharani

ABSTRAK

ANALISIS SISTEM SALURAN DRAINASE PADA PERUMAHAN BUMI ASRI , KEC. MEDAN HELVETIA, KOTA MEDAN DENGAN MENGUNAKAN SOFTWARE EPA SWMM 5.2

Oleh :

FATIKHA SYAHARANI

2207210083

Randi Gunawan, S.T., M.Si

Pertumbuhan kawasan permukiman yang pesat sering kali tidak diimbangi dengan kapasitas sistem drainase yang memadai, sehingga menimbulkan genangan pada saat hujan berintensitas tinggi. Kondisi ini terjadi pada Perumahan Bumi Asri, Kecamatan Medan Helvetia, Kota Medan, yang beberapa ruas salurannya diduga belum direncanakan berdasarkan kajian hidrologi dan hidraulika yang memadai. Penelitian ini bertujuan mengetahui besarnya debit air hujan yang masuk ke kawasan tersebut, mengevaluasi kapasitas saluran eksisting, serta merencanakan ulang dimensi saluran dan bangunan pelengkap menggunakan bantuan software EPA SWMM 5.2. Data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun (2015–2024) dari Stasiun Klimatologi Sampali dianalisis dengan beberapa metode distribusi frekuensi, dan hasil uji kecocokan menunjukkan Distribusi Gumbel sebagai yang paling sesuai, dengan debit rencana metode rasional sebesar 1,362 m³/detik (kala ulang 2 tahun), 1,711 m³/detik (5 tahun), dan 1,943 m³/detik (10 tahun). Hasil evaluasi terhadap 15 ruas saluran menunjukkan bahwa Saluran Primer I dan III masih mampu menampung debit hingga kala ulang 10 tahun, sedangkan Saluran Primer II beserta seluruh 12 saluran sekunder tidak lagi mencukupi. Sebagai solusi, dilakukan redesain dimensi saluran berpenampang persegi dengan kaidah hidraulis efisien serta perencanaan kolam retensi berkapasitas 35.000 m³ untuk menampung sementara limpasan sebelum dialirkan ke saluran drainase. Hasil simulasi ulang pada EPA SWMM 5.2 menunjukkan bahwa profil aliran menuju outfall tidak lagi mengalami peluapan, dengan nilai continuity error di bawah 1%, sehingga sistem drainase usulan dinilai efektif dalam mengurangi risiko genangan di kawasan Perumahan Bumi Asri.

Kata Kunci: drainase perkotaan, EPA SWMM 5.2, debit banjir rencana, redesain saluran, kolam retensi

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE DRAINAGE CHANNEL SYSTEM AT BUMI ASRI HOUSING COMPLEX, MEDAN HELVETIA DISTRICT, MEDAN CITY USING EPA SWMM 5.2 SOFTWARE

By :

FATIKHA SYAHARANI

2207210083

Randi Gunawan, S.T., M.Si

The rapid growth of residential areas is often not matched by adequate drainage system capacity, resulting in flooding during high-intensity rainfall. This condition occurs in the Bumi Asri Housing Complex, Medan Helvetia District, Medan City, where several channel segments are suspected to have been designed without sufficient hydrological and hydraulic analysis. This study aims to determine the magnitude of rainwater discharge entering the area, evaluate the capacity of the existing drainage channels, and redesign the channel dimensions and supporting structures using EPA SWMM 5.2 software. Maximum daily rainfall data over a 10-year period (2015–2024) from the Sampali Climatology Station were analyzed using several frequency distribution methods, and the goodness-of-fit test indicated that the Gumbel Distribution was the most suitable, yielding design discharges (rational method) of 1.362 m³/second for a 2-year return period, 1.711 m³/second for 5 years, and 1.943 m³/second for 10 years. Evaluation of 15 channel segments showed that Primary Channels I and III were still able to accommodate discharge up to the 10-year return period, whereas Primary Channel II and all 12 secondary channels were no longer sufficient. As a solution, the channels were redesigned with a rectangular cross-section following efficient hydraulic principles, and a retention pond with a capacity of 35,000 m³ was planned to temporarily store runoff before releasing it into the drainage channels. Re-simulation results in EPA SWMM 5.2 showed that the flow profile toward the outfall no longer experienced overflow, with a continuity error below 1%, indicating that the proposed drainage system is effective in reducing the risk of flooding in the Bumi Asri Housing Complex.

Keywords: urban drainage, EPA SWMM 5.2, design flood discharge, channel redesign, retention pond

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul ANALISIS SISTEM SALURAN DRAINASE PADA PERUMAHAN BUMI ASRI , KEC. MEDAN HELVETIA, KOTA MEDAN DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE EPA SWMM 5.2. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Randi Gunawan S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sayed Iskandar Muda, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan memberikan saran demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Yunita Pane, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukan demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Khairul Ummurani, S.T., M.T., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Bapak Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera utara yang telah banyak memberikan dukungan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera utara yang telah banyak memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Bapak Purwono dan Ibunda tersayang Ibu Lela Kumala Sari yang telah bersusah payah memberikan dukungan dan semangat kepada saya dalam menyusun Tugas Akhir ini hingga selesai.
11. Rekan seperjuangan Kelas B1 Pagi Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2022. Yang telah memberikan perhatian serta dukungan dalam menjalankan perkuliahan. Terimakasih saya ucapkan sudah menjadi bagian dari sebuah kisah yang takkan terlupakan.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan sesuai keterbatasan pengetahuan penulis, sehingga kritik dan saran membangun sangat diharapkan. Penulis juga mengucapkan terima kasih dan hormat kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, dengan harapan tulisan ini bermanfaat bagi semua pihak, khususnya penulis dan mahasiswa Teknik Sipil.

Medan, 22 Agustus 2026

Saya yang menyatakan,

Fatikha Syaharani

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasia Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Batasan Masalah	3
1.7 Lingkup Pembahasan	4
1.8 Sistematis Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Drainase	5
2.1.1 Pengertian Drainase	5
2.1.2 Fungsi Drainase	6
2.1.3 Jenis – Jenis Drainase	6
2.1.4 Sistem Jaringan Drainase	8
2.1.5 Parameter Perencanaan Drainase	8
2.2 Siklus Hidrologi	9
2.3 Analisis Hidrologi	10
2.4 Analisa Frekuensi dan Probabilitas	11
2.4.1 Distribusi Normal	12
2.4.2 Distribusi log normal	13
2.4.3 Periode Kala Ulang Hujan	13
2.4.4 Uji Kecocokan	14
2.4.5 Intensitas Hujan	15
2.4.6 Koefisien Limpasan	16
2.4.7 Debit Rencana	17
2.4.8 Waktu Konsentrasi	19

2.5	EPA SWMM (Storm Water Management Model) 5.2	20
2.5.1	Fungsi dan Kegunaan EPA SWMM 5.2	20
2.5.2	Komponen Utama Dalam EPA SWMM 5.2	21
2.5.3	Proses Simulasi Pada EPA SWMM 5.2	21
2.5.4	Metode Perhitungan Pada EPA SWMM 5.2	22
2.5.6	Output dan Hasil Simulasi EPA SWMM 5.2	22
2.5.7	Kelebihan dan Keterbatasan EPA SWMM 5.2	23
2.5.8	Hubungan Drainase Dengan EPA SWMM 5.2	23
BAB 3 METODE PENELITIAN		24
3.1	Bagan Alir Penelitian	24
3.2	Lokasi Penelitian	25
3.3	Tahapan Penelitian	28
3.4	Variabel Penelitian	28
3.5	Metode Pengumpulan Data	29
3.6	Jenis Studi	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Pola Aliran Drainase	30
4.1.1	Skema Jaringan Drainase	30
4.2	Input Data	32
4.3	Luas Daerah Tangkapan Air (DAS)	36
4.4	Analisa Hidrologi	44
4.5	Pemilihan Jenis Sebaran	58
4.6	Pengujian Keselarasan Sebaran	59
4.7	Hasil Pengujian Distribusi Frekuensi Yang Terpilih	65
4.8	Debit Banjir Rancangan	65
4.9	Analisa Hidrolika	70
4.10	Perhitungan Kapasitas Saluran	70
4.11	Simulasi Sistem Saluran Eksisting Menggunakan EPA SWMM 5.2	88
4.11.1	Hasil Simulasi EPA SWMM 5.1 Kondisi Kapasitas Awal	89
4.11.2	Hasil Simulasi dan Validasi Continuity Error	90
4.12	Perencanaan Desain Ulang Saluran Eksisting Dan Kolam Retensi	97
4.12.1	Redesain Saluran Primer Perumahan Bumi Asri (Perubahan Kemiringan Dasar Saluran)	97

4.12.2 Redesain Saluran Sekunder Perumahan Bumi Asri (Perubahan Kemiringan Dasar Saluran)	99
4.12.3 Perhitungan Kolam Retensi	100
4.13 Hasil Simulasi EPA SWMM Perencanaan Ulang Saluran Drainase Eksisting	102
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	105
5.1 Kesimpulan	105
5.2 Saran	106
DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Drainase Tertutup	7
Gambar 2.2 Drainase Terbuka	7
Gambar 2.3 Sistem Jaringan Drainase	8
Gambar 2.4 Siklus Hidrologi	9
Gambar 2.5 Proses simulasi pada EPA SWMM 5.2	21
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Lokasi Drainase yang Bermasalah	26
Gambar 3.3 Lokasi Penelitian (Sumber : Google Maps).	26
Gambar 3.4 Peta Kecamatan Medan Helvetia	27
Gambar 3.5 Peta alur hulu hilir kawasan	28
Gambar 4.1 Pola Aliran Drainase (Sumber : Google earth).	30
Gambar 4.2 Skema Jaringan Rencana (Sumber : Google Earth).	30
Gambar 4.3 Kurva IDF intensitas hujan	69
Gambar 4.4 Type Drainase Eksisting Saluran Primer I dan II	71
Gambar 4.5 Type Drainase Eksisting Saluran Primer III	74
Gambar 4.6 Type Drainase Eksisting Saluran Sekunder Blok C dan C1	78
Gambar 4.7 Type Drainase Eksisting Saluran Sekunder Blok E1	80
Gambar 4.8 Type Drainase Eksisting Saluran Sekunder Blok E2 Dan E3	81
Gambar 4.9 Type Drainase Eksisting Saluran Sekunder Blok E4, E5, E6, Jl. Bumas, Blok FG1, Blok FG2 Dan Blok FG3	83
Gambar 4. 10 Layout dan komponen Sistem	89
Gambar 4. 11 Jendela Run	89
Gambar 4. 12 Saluran hasil Simulasi	90
Gambar 4. 13 Jendela Summary Results	90
Gambar 4. 14 Hasil simulasi untuk kedalaman air pada node	91
Gambar 4. 15 Hasil simulasi untuk genangan air pada node	91
Gambar 4. 16 Hasil simulasi untuk aliran di saluran	92
Gambar 4. 17 Hasil simulasi untuk genangan di saluran	93
Gambar 4. 18 Grafik aliran pada saluran CON1, CON2, CON3, CON4, Dan CON5	93
Gambar 4. 19 Grafik aliran pada saluran CON1, CON4, CON3, CON2, Dan CON1	94
Gambar 4.20 Tampilan Hasil Simulasi Profil Aliran Primer Hujan kala Ulang 5 (dalam waktu 15 menit mengalami penguapan pada junction 11)	94
Gambar 4.21 Tampilan Hasil Simulasi Profil Aliran Blok C Hujan kala Ulang 5 (alami penguapan dalam waktu 15 menit)	95
Gambar 4. 22 Tampilan Hasil Simulasi Profil Aliran Blok C Hujan kala Ulang 5 (dalam waktu 15 menit alami penguapan)	95
Gambar 4. 23 Tampilan Hasil Simulasi Profil Aliran Blok E Hujan kala Ulang 5 (dalam waktu 15 menit alami penguapan)	96
Gambar 4. 24 Tampilan Hasil Simulasi Profil Aliran Jalan BUMAS Hujan kala Ulang 5 (dalam waktu 15 menit alami penguapan)	96
Gambar 4. 25 Potongan Melintang Perencanaan drainase Primer	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Faktor Frekuensi KT (Nilai Variabel Reduksi Gauus)	12
Tabel 2.2 Nilai koefisien untuk Distribusi Log Normal	13
Tabel 2.3 Periode Kala Ulang Hujan	14
Tabel 2.4 Koefisien Limpasan	17
Tabel 4.1 Tabel Elevasi Tanah Lokasi Banjir Pada Saluran Primer (Sumber : https://earth.google.com/web)	32
Tabel 4.2 Tabel Elevasi Tanah Lokasi Banjir Pada Saluran Sekunder (Sumber : https://earth.google.com/web)	34
Tabel 4.3 Data curah hujan harian maksimum stasiun geofisika Sampali (Sumber : https://dataonline.bmkg.go.id/home)	35
Tabel 4.4 Elevasi Jalan di Saluran Primer I	37
Tabel 4.5 Elevasi Jalan di Saluran Primer II	38
Tabel 4.6 Elevasi Jalan di Saluran Primer III	39
Tabel 4.7 Elevasi Jalan di Saluran Sekunder	40
Tabel 4.8 Analisis Curah Hujan Distribusi Normal (Sumber : Hasil Penelitian)	41
Tabel 4.9 Analisis hasil curah hujan Dengan Distribusi Normal (Sumber : Hasil penelitian).	41
Tabel 4.10 Analisis hasil curah hujan dengan Distribusi Log Normal (Sumber : Hasil penelitian).	46
Tabel 4.11 Analisis curah hujan dengan Distribusi Log Person III (Sumber : Hasil penelitian).	48
Tabel 4.12 Faktor K untuk sebaran Log Pearson III.	48
Tabel 4.13 Analisis hasil curah hujan dengan Distribusi Log Person III (Sumber : Hasil penelitian).	51
Tabel 4.14 Analisis curah hujan dengan Distribusi Gumbell (Sumber : Hasil penelitian)	51
Tabel 4.15 Analisis hasil curah hujan rencana dengan Distribusi Gumbell (Sumber : Hasil perhitungan)	53
Tabel 4.16 Rekapitulasi analisa curah hujan rencana maksimum (Sumber : Hasil perhitungan)	56
Tabel 4.17 Parameter pemilihan distribusi curah hujan	56
Tabel 4.18 Urutan data curah hujan 10 tahun dari yang terbesar ke yang terkecil	60
Tabel 4.19 Analisis data curah hujan distribusi normal sesuai interval kelas.	60
Tabel 4.20 Analisis data curah hujan Distribusi Log Normal sesuai interval kelas.	60
Tabel 4.21 Analisis data curah hujan Distribusi Log Pearson III sesuai interval kelas.	61
Tabel 4.22 Analisis data curah hujan Distribusi Gumbell sesuai interval kelas	63
Tabel 4.23 Perhitungan Uji Kecocokan Chi-Square Dengan Distibusi Normal	63
Tabel 4.24 Perhitungan uji kecocokan Chi-Square dengan Distibusi Log Normal.	64
Tabel 4.25 Perhitungan uji kecocokan Chi-Square dengan Log Pearson III	65
Tabel 4.26 Perhitungan uji kecocokan Chi-Square dengan Distibusi Gumbell.	65

Tabel 4.27 Hasil analisis pengujian sebaran Chi Square.	65
Tabel 4.28 Data lapangan saluran primer yang ditinjau (Sumber : Hasil perhitungan)	66
Tabel 4.29 Data lapangan saluran sekunder yang ditinjau (Sumber : Hasil perhitungan)	66
Tabel 4.30 Rekapitulasi Analisa Intensitas Hujan Menggunakan Rumus Mononobe (Sumber : Hasil Perhitungan)	67
Tabel 4.31 Perhitungan Q Rancangan Menggunakan Metode Rasional	68
Tabel 4.32 Hasil Survei Drainase Saluran Primer (SP)	69
Tabel 4.33 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran primer	70
Tabel 4.34 Hasil survei drainase saluran sekunder (SS) di Komplek Bumi Asri	72
Tabel 4.35 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran Sekunder Pada Blok C dan Blok C1	72
Tabel 4.36 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran Sekunder Pada Blok E1 sampai Blok E6	77
Tabel 4.37 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran Sekunder Pada Blok FG1 sampai Blok FG3	78
Tabel 4.38 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran Sekunder Pada Blok C dan Blok C1	80
Tabel 4.39 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran Sekunder Pada Blok E1 sampai Blok E6	86
Tabel 4.40 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran Sekunder Pada Blok FG1 sampai Blok FG3	89

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan dan perkembangan kawasan permukiman di wilayah perkotaan terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Kondisi tersebut mendorong terjadinya alih fungsi lahan dari area terbuka menjadi kawasan terbangun, yang berdampak pada berkurangnya daerah resapan air. Akibatnya, limpasan permukaan meningkat dan berpotensi menimbulkan permasalahan genangan maupun banjir apabila tidak didukung oleh sistem drainase yang memadai (Asrul et al., 2025).

Perumahan Bumi Asri yang berlokasi di Kecamatan Medan Helvetia, Kota Medan, merupakan salah satu kawasan permukiman yang menghadapi permasalahan drainase, khususnya pada saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Sistem saluran drainase eksisting di kawasan ini diduga belum direncanakan berdasarkan analisis hidrologi dan hidraulika yang luas, sehingga kapasitas saluran tidak mampu menampung debit limpasan air hujan secara optimal. Kondisi tersebut mengakibatkan terjadinya genangan pada beberapa ruas saluran dan area perumahan, yang dapat mengganggu aktivitas penghuni serta menurunkan kualitas lingkungan.

Dalam upaya mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu studi yang mampu mengevaluasi kinerja sistem drainase eksisting sekaligus merencanakan alternatif sistem saluran drainase yang lebih efektif. Perencanaan sistem drainase yang baik harus didasarkan pada analisis curah hujan, karakteristik daerah tangkapan air, serta kapasitas saluran. Pemanfaatan teknologi pemodelan menjadi salah satu pendekatan yang tepat untuk memperoleh hasil perencanaan yang lebih akurat dan efisien

EPA SWMM 5.2 (Storm Water Management Model) merupakan perangkat lunak yang banyak digunakan dalam merencanakan, menganalisis, serta mendesain sistem drainase perkotaan (Setyowati et al., 2025). Software ini mampu mensimulasikan proses hidrologi dan hidraulika secara terintegrasi, mulai dari pembentukan limpasan akibat hujan hingga aliran air dalam jaringan saluran. Dengan menggunakan EPA SWMM 5.2, alternatif sistem saluran drainase dapat

dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui kinerja dan kapasitasnya dalam mengalirkan debit banjir rencana (Harun et al., 2026)

Berdasarkan uraian tersebut, maka diperlukan suatu penelitian mengenai studi alternatif sistem saluran drainase pada Perumahan Bumi Asri, Kecamatan Medan Helvetia, Kota Medan dengan menggunakan software EPA SWMM 5.2. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi sistem drainase yang optimal guna mengurangi potensi genangan dan meningkatkan kenyamanan serta keamanan lingkungan permukiman.

1.2 Identifikasia Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi masalah penelitian sistem drainase pada penelitian ini, antara lain:

1. Terjadinya genangan di kawasan Perumahan Bumi Asri akibat curah hujan yang relatif tinggi
2. Belum maksimalnya jaringan drainase pada Perumahan Bumi Asri dalam menampung debit air hujan yang ada sehingga berakibat pada timbulnya banjir di kawasan perumahan tersebut
3. Diperlukannya redesign saluran drainase Perumahan Bumi Asri

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian diatas dapat diidentifikasi permasalahan pada penelitian ini yaitu:

1. Berapa besarnya debit air hujan yang masuk ke Perumahan Bumi Asri?
2. Berapa kebutuhan dimensi saluran drainase untuk dapat menerima debit limpasan di dalam Perumahan Bumi Asri?
3. Bagaimana desain jaringan drainase di dalam Perumahan Bumi Asri menggunakan software EPA SWMM 5.2?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada uraian diatas dapat diidentifikasi tujuan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui besarnya debit air hujan yang masuk ke Perumahan Bumi Asri
2. Untuk mengetahui kebutuhan dimensi saluran drainase untuk dapat menerima debit limpasan di dalam Perumahan Bumi Asri.
3. Untuk membuat desain jaringan drainase di dalam Perumahan Bumi Asri menggunakan software EPA SWMM 5.2

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang akan diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai perencanaan drainase perumahan.
2. Menambah wawasan bagi mahasiswa tentang perencanaan drainase perumahan.
3. Bagi pelaksana proyek, bisa menambah opsi atau pilihan mengenai sistem drainase perumahan.
4. Sebagai masukan kepada instansi terkait agar menjadikan bahan evaluasi pada drainase perumahan

1.6 Batasan Masalah

Dalam penulisan penelitian ini perlu adanya pembatasan ruang lingkup pembahasan karena terbatasnya data pada penelitian ini. Batasan masalah yang dimaksud adalah:

1. Tidak membahas perhitungan RAB.
2. Tidak merencanakan saluran diluar Kawasan perumahan.
3. Tidak menghitung dan merencanakan struktur bangunan.
4. Tidak membahas galian dan timbunan terhadap rencana desain drainase

1.7 Lingkup Pembahasan

Lingkup pada pembahasan perencanaan drainase perumahan kali ini mencakup beberapa perencanaan dan perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan debit air hujan
2. Perencanaan dimensi saluran drainase
3. Perencanaan desain drainase menggunakan software EPA SWMM 5.2
4. Evaluasi perbaikan drainase perumahan.

1.8 Sistematis Penulisan

Dalam penyusunan laporan akhir ini, penulis mengorganisir materi ke dalam beberapa bab sebagai berikut:

BAB 1: PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penelitian, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, lingkup pembahasan, sistematika penulisan.

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat landasan teori, definisi, serta berbagai hasil studi dan artikel relevan yang menjadi dasar pemikiran dalam penelitian ini

Bab 3: METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian, termasuk teknik pengumpulan data, alat dan bahan yang digunakan, jenis data yang diperlukan, serta metode analisis data.

Bab 4: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, identifikasi masalah, dan analisis pemecahan masalah yang ditemukan selama proses studi.

Bab 5: PENUTUP

Bab ini berisi tentang Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan juga beberapa kritik dan saran yang berguna untuk studi selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

Drainase merupakan salah satu unsur penting dalam perencanaan dan pengelolaan infrastruktur wilayah, khususnya pada kawasan perkotaan, permukiman, jalan, kawasan industri, maupun fasilitas publik lainnya. Secara umum, drainase berfungsi untuk mengalirkan, mengendalikan, dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan agar tidak menimbulkan genangan, kerusakan struktur, maupun gangguan terhadap aktivitas masyarakat (Suripin, 2004). Dalam konteks teknik sipil, sistem drainase bukan hanya dipahami sebagai saluran air semata, tetapi sebagai bagian dari sistem pengelolaan air permukaan yang terintegrasi dengan kondisi topografi, tata guna lahan, dan kapasitas lingkungan.

Pentingnya sistem drainase semakin meningkat seiring dengan perkembangan kawasan terbangun yang menyebabkan berkurangnya lahan resapan. Perubahan tata guna lahan dari area terbuka menjadi area kedap air seperti jalan, bangunan, dan pelataran akan meningkatkan limpasan permukaan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan air hujan tidak sempat meresap ke dalam tanah dan langsung mengalir menuju saluran dalam jumlah yang besar (Harisuseno et al., 2014). Apabila sistem drainase yang tersedia tidak direncanakan dengan baik, maka akan terjadi genangan bahkan banjir lokal yang dapat merugikan secara teknis, sosial, maupun ekonomi.

2.1.1 Pengertian Drainase

Drainase dapat diartikan sebagai suatu sistem atau upaya teknis yang bertujuan untuk mengalirkan air dari suatu tempat ke tempat lain agar kondisi lahan tetap aman, kering, dan dapat difungsikan sesuai peruntukannya. Air yang dikelola dalam sistem drainase umumnya berasal dari curah hujan, limpasan permukaan, rembesan air tanah, maupun aliran lain yang berpotensi mengganggu fungsi suatu kawasan (Ardiansyah & Gasali, 2020).

Dalam praktik perencanaan, drainase berperan penting untuk menjaga kestabilan struktur dan kenyamanan kawasan. Jalan tanpa drainase yang baik akan mudah rusak akibat genangan, kawasan permukiman berisiko mengalami banjir, dan infrastruktur bangunan dapat mengalami penurunan kualitas akibat paparan air yang tidak terkontrol. Oleh karena itu, drainase dapat dipahami sebagai sistem pendukung utama dalam menjamin keberlanjutan fungsi suatu infrastruktur.

2.1.2 Fungsi Drainase

Sistem drainase memiliki beberapa fungsi utama yang saling berkaitan. Fungsi pertama adalah mengalirkan kelebihan air hujan dari suatu kawasan menuju saluran penerima atau badan air terdekat. Fungsi kedua adalah mencegah terjadinya genangan dan banjir dengan cara menjaga agar debit limpasan dapat dialirkan sesuai kapasitas sistem yang direncanakan. Fungsi ketiga adalah melindungi infrastruktur seperti jalan, trotoar, bangunan, jembatan, dan utilitas bawah tanah dari kerusakan akibat air yang tergenang atau mengalir tidak terkendali.

Selain itu, drainase juga berfungsi untuk menjaga kenyamanan dan keselamatan pengguna kawasan. Pada wilayah perkotaan, genangan air dapat mengganggu mobilitas, menurunkan kualitas lingkungan, serta meningkatkan risiko kecelakaan dan penyakit. Dengan demikian, sistem drainase memiliki nilai strategis bukan hanya dari sisi teknis, tetapi juga dari sisi sosial dan lingkungan.

2.1.3 Jenis – Jenis Drainase

Berdasarkan letaknya, drainase dapat dibedakan menjadi drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Drainase permukaan adalah sistem yang mengalirkan air di atas permukaan tanah melalui saluran terbuka seperti selokan, parit, dan saluran tepi jalan. Sementara itu, drainase bawah permukaan menggunakan saluran tertutup atau pipa untuk mengalirkan air di bawah permukaan tanah.

Berdasarkan bentuk salurannya, drainase dapat dibedakan menjadi saluran terbuka dan saluran tertutup. Saluran terbuka umumnya digunakan pada kawasan yang masih memiliki ruang cukup, sedangkan saluran tertutup lebih umum

digunakan pada kawasan perkotaan yang padat. Berdasarkan fungsinya, drainase dapat dibagi menjadi drainase alami dan drainase buatan. Drainase alami memanfaatkan bentuk alam seperti sungai dan alur alami, sedangkan drainase buatan merupakan sistem yang direncanakan dan dibangun sesuai kebutuhan kawasan. Berikut merupakan gambar drainase tertutup dan terbuka.



Gambar 2.1 Drainase Tertutup

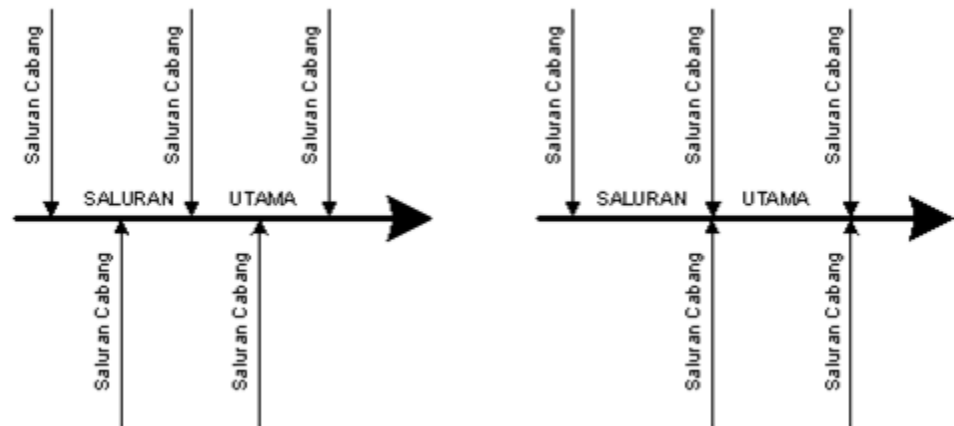
Sumber : <https://steemit.com/engineering/@rahmadi/saluran-tertutup-aliran-airyang-tersembunyi>



Gambar 2.2 Drainase Terbuka

Sumber : <https://www.precon.co.id/produk/detail-produk/2019/02/u-ditch-saluranterbuka>

2.1.4 Sistem Jaringan Drainase



Gambar 2.3 Sistem Jaringan Drainase

Sumber : <https://teknik-sipil-referensi.blogspot.com/2017/02/jenis-jenisdrainase-perkotaan.html>

Sistem jaringan drainase adalah susunan elemen-elemen yang saling terhubung untuk mengalirkan air dari daerah tangkapan menuju titik pembuangan akhir. Jaringan ini terdiri atas daerah tangkapan air, saluran pengumpul, saluran pengalir, titik pertemuan aliran, bangunan pelengkap, dan outlet atau outfall. Setiap elemen memiliki fungsi tertentu dan harus direncanakan secara terpadu agar sistem dapat bekerja dengan efektif.

Pada skala kawasan, air hujan yang jatuh pada permukaan lahan akan mengalir menuju inlet atau saluran terdekat. Selanjutnya, air dialirkan melalui jaringan saluran hingga mencapai titik pembuangan akhir seperti sungai, kolam retensi, atau saluran utama. Dalam perencanaannya, jaringan drainase harus memperhatikan elevasi, arah aliran, kapasitas penampang, serta kemungkinan adanya titik kritis yang berpotensi menimbulkan limpasan berlebih atau genangan.

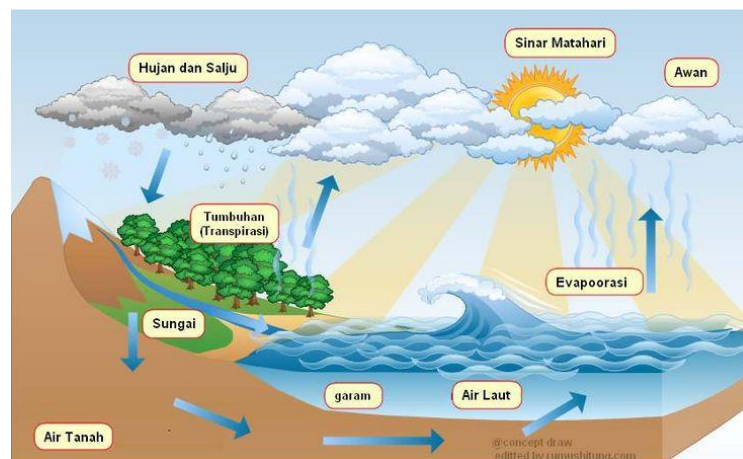
2.1.5 Parameter Perencanaan Drainase

Perencanaan drainase memerlukan sejumlah parameter teknis yang sangat menentukan hasil desain. Curah hujan merupakan parameter utama karena menjadi sumber input air ke dalam sistem. Data curah hujan biasanya dianalisis untuk menentukan hujan rencana sesuai periode ulang tertentu. Selain itu, luas daerah tangkapan juga mempengaruhi besar kecilnya debit limpasan yang dihasilkan.

Tata guna lahan merupakan parameter penting karena menentukan proporsi area kedap air dan area resapan. Kawasan yang didominasi permukaan kedap air akan menghasilkan limpasan yang lebih besar dibandingkan kawasan terbuka. Parameter lain yang tidak kalah penting adalah kemiringan lahan, kekasaran saluran, bentuk dan ukuran penampang, kapasitas saluran, serta infiltrasi tanah. Seluruh parameter tersebut perlu dianalisis secara menyeluruh agar sistem drainase yang dirancang mampu bekerja sesuai kondisi lapangan.

2.2 Siklus Hidrologi

Proses daur air bermula dari lautan yang melepaskan uapnya ke atmosfer melalui penguapan. Uap air ini kemudian "menumpang" bersama pergerakan massa udara menuju wilayah daratan. Ketika suhu udara turun hingga mencapai titik kondensasi, uap tersebut bertransformasi menjadi partikel-partikel air yang tampak oleh mata, hadir dalam wujud awan maupun kabut yang menggantung di langit. Seiring berjalannya waktu dan terpenuhinya kondisi atmosfer yang mendukung, butiran-butiran kecil itu perlahan tumbuh dan saling bergabung hingga cukup berat untuk meluncur ke bumi dalam bentuk curah hujan.



Gambar 2.4 Siklus Hidrologi

Sumber : <https://id.pinterest.com/pin/64105994687541843/>

Jika kita menelaah bumi secara menyeluruh, jumlah total air yang menghuni planet ini sesungguhnya tidak pernah berkurang maupun bertambah secara signifikan sepanjang zaman. Yang terjadi bukanlah hilangnya air, melainkan

sebuah perjalanan panjang yang tak pernah berhenti air terus berpindah wujud dan tempat dalam sebuah rangkaian peristiwa yang kita kenal sebagai siklus hidrologi.

Air yang berada di permukaan bumi, baik yang aktif mengalir maupun yang diam tenang di danau, waduk, dan rawa-rawa, secara bertahap akan bermuara ke sungai dan akhirnya menemukan jalannya kembali ke laut. Perjalanan air di daratan ini berlangsung melalui berbagai komponen siklus hidrologi yang saling terhubung, membentuk sebuah sistem ekologis yang dikenal sebagai Daerah Aliran Sungai (DAS).

Dengan demikian, hakikat air di bumi ini tidaklah tentang jumlah yang berubah, melainkan tentang transformasi bagaimana wujudnya berganti antara cair, padat, dan gas, serta bagaimana ia berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya dalam siklus yang tak pernah usai.

2.3 Analisis Hidrologi

Untuk merencanakan peningkatan sistem drainase, diperlukan analisis hidrologi untuk menentukan nilai intensitas hujan yang diperlukan dalam memperkirakan debit rencana area. Analisis hidrologi yang diterapkan adalah periode ulang curah hujan 1, 2, 5, dan 10 tahun dalam menilai dan merencanakan sistem drainase. Tindakan ini berguna untuk menganalisis rencana hidraulika sistem drainase, di mana debit rencana (debit maksimum) diperlukan untuk memastikan bahwa desain drainase dapat memenuhi kebutuhan debit yang telah direncanakan. Tahapan mendapatkan debit dengan tahun perencanaan dilakukan dalam analisis hidrologi, berupa:

1. Mengumpulkan data curah hujan
2. Menganalisa frekuensi
3. Menganalisa periode kala ulang curah hujan
4. Menganalisa intensitas dan waktu hujan
5. Menganalisa debit rancangan

Menurut (Harto 1992), hasil kajian hidrologi memiliki peran yang cukup strategis, yakni dapat dimanfaatkan sebagai landasan dalam memperkirakan besaran banjir rencana. Perkiraan ini selanjutnya menjadi acuan penting dalam

merancang berbagai struktur hidraulis secara lebih cermat, efisien, dan tepat sasaran sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

2.4 Analisa Frekuensi dan Probabilitas

Analisis frekuensi merupakan prosedur statistik yang bertujuan untuk memprediksi besaran suatu kejadian hidrologis ekstrem seperti curah hujan atau debit banjir pada periode ulang tertentu. Pemilihan jenis distribusi probabilitas yang sesuai menjadi langkah kritis karena akan sangat memengaruhi nilai estimasi curah hujan rencana yang dihasilkan. Setidaknya terdapat empat distribusi yang paling banyak diaplikasikan dalam analisis hidrologi di Indonesia (Soewarno, 2022): Distribusi normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson Tipe III adalah metode yang dipergunakan pada penelitian ini.

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan skala peristiwa peristiwa ekstrem yang terkait dengan frekuensi terjadinya melalui penerapan pembagian probabilitas. Data hidrologi yang dikaji diasumsikan tidak terikat dan disebarkan secara acak serta memiliki sifat stokastik. Frekuensi Hujan adalah ukuran kemungkinan suatu nilai hujan tercapai atau terlampaui. Sebaliknya ketika ulang adalah saat hipotetik di mana kemungkinan hujan dengan sebuah ukuran tertentu akan terlewati.

Dalam hal ini tidak terdapat pemahaman bahwa peristiwa itu akan terjadi kembali secara rutin pada setiap waktu yang sama, hujan dengan frekuensi 10 tahunan tidak berarti akan muncul satu kali dalam setiap 10 tahun, akan tetap ada kemungkinan dalam waktu 1000 tahun terjadi 100 kali peristiwa hujan setiap 10 tahun. Ada kemungkinan terjadi dalam jangka waktu 10 tahun, hujan 10 tahunan terjadi lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali. Analisis frekuensi diperlukan untuk kumpulan data curah hujan yang diperoleh dari stasiun, alat pengukur curah hujan, baik yang manual maupun otomatis. Frekuensi analisis ini berdasarkan karakteristik statistik data peristiwa yang telah terjadi untuk mendapatkan probabilitas jumlah hujan di waktu yang akan datang. Penggunaan taksiran data perihal curah hujan di masa lalu akan menunjukkan karakteristik statistik yang sama dengan masa depan.

2.4.1 Distribusi Normal

Distribusi Normal, yang juga dikenal sebagai distribusi Gauss, menggambarkan sebaran data yang simetris di sekitar nilai rata-ratanya. Fungsi kerapatan peluang distribusi ini membentuk kurva lonceng (*bell curve*) yang simetris. Distribusi ini memiliki koefisien kemencengan (C_s) mendekati nol dan koefisien kurtosis (C_k) mendekati tiga. Dalam praktik hidrologi, distribusi Normal cocok digunakan ketika data menunjukkan sebaran yang cukup simetris. Estimasi besaran dengan periode ulang T tahun diformulasikan sebagai:

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_{Tr} \cdot S_x \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

X_{Tr} = curah hujan atau debit rencana untuk kala ulang T tahun

$\bar{X}$ = nilai rata-rata data

K_{Tr} = faktor frekuensi (nilai reduksi Gauss) untuk kala ulang T tahun

S_x = standar deviasi data

Nilai K_{Tr} diperoleh dari tabel distribusi normal standar (Tabel Z), yang mencerminkan probabilitas kejadian pada kala ulang tertentu (2, 5, 10, 25, 50, atau 100 tahun).

Tabel 2.1 Nilai Faktor Frekuensi K_T (Nilai Variabel Reduksi Gauss)

(Sumber : Suripin, 2004)

No.	Periode Ulang, T (tahun)	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	0,950	-1,64
5	1.100	0,900	-1,28
6	1.250	0,800	-0,84
7	1.330	0,750	-0,67
8	1.430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2.000	0,500	0
11	2.500	0,400	0,25

2.4.2 Distribusi log normal

Distribusi Log-Normal merupakan transformasi dari distribusi Normal, di mana variabel acak yang dianalisis adalah logaritma dari data asli ($Y = \log X$). Distribusi ini sesuai digunakan ketika data hidrologi menunjukkan sebaran yang condong ke kanan (*positively skewed*), yang merupakan karakteristik umum data curah hujan dan debit sungai. Jika koefisien kemencengan data logaritmik mendekati nol, maka distribusi Log-Normal dapat digunakan secara tepat. Persamaan estimasinya adalah:

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S_x \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

X_T = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun (mm/hari)

$\bar{x}$ = Curah Hujan rata-rata (mm/hari)

S_x = Standar deviasi

K_T = Standar variabel untuk periode ulang tahun

Tabel 2.2 Nilai koefisien untuk Distribusi Log Normal (Sumber : Lubis, F. 2016)

Periode Ulang (tahun)					
2	5	10	25	50	100
0.00	0.84	1.28	1.71	2.05	2.33

2.4.3 Periode Kala Ulang Hujan

Periode kala ulang hujan (return period) merupakan selang waktu rata-rata yang menyatakan seberapa sering suatu kejadian hujan dengan intensitas atau besaran tertentu dapat dilampaui atau terjadi kembali. Konsep ini banyak digunakan dalam perencanaan infrastruktur hidraulis untuk menentukan desain debit banjir yang akan digunakan sebagai dasar dimensi saluran drainase (Triatmodjo, 2010).

Pemilihan kala ulang hujan rencana harus disesuaikan dengan jenis kota dan luas daerah tangkapan air. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, periode ulang hujan untuk perencanaan drainase ditentukan berdasarkan tipologi kota sebagaimana disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2.3 Periode Kala Ulang Hujan (Sumber : Permen PU, 2014)

No	Tipologi Kota	< 10 Ha	10 – 100 Ha	101 – 500 Ha	> 500 Ha
1	Kota Metropolitan	2 Th	2–5 Th	5–10 Th	10–25 Th
2	Kota Besar	2 Th	2–5 Th	2–5 Th	5–20 Th
3	Kota Sedang	2 Th	2–5 Th	2–5 Th	5–10 Th
4	Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2–5 Th
5	Non Kota	2 Th	2 Th	2 Th	2 Th

Kala ulang yang lebih besar menunjukkan bahwa sistem drainase direncanakan untuk mengalirkan debit hujan yang lebih jarang terjadi namun lebih besar, sehingga tingkat keamanan perlindungan terhadap banjir semakin tinggi. Dalam penelitian ini, kala ulang yang digunakan disesuaikan dengan tipologi wilayah studi dan luas daerah tangkapan air yang ditinjau (Efrizal dkk., 2022).

2.4.4 Uji Kecocokan

Uji kecocokan (goodness of fit test) merupakan prosedur statistik yang digunakan untuk menentukan apakah suatu jenis distribusi probabilitas tertentu sesuai atau cocok untuk merepresentasikan data curah hujan yang tersedia. Terdapat dua metode uji kecocokan yang umum digunakan dalam analisis hidrologi, yaitu Uji Chi-Kuadrat (Chi-Square Test) dan Uji Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004).

a. Uji Chi-Kuadrat (Chi-Square Test)

Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk menguji apakah distribusi frekuensi teoritis sesuai dengan distribusi frekuensi pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai Chi-Kuadrat hitung dengan nilai Chi-Kuadrat kritis pada taraf signifikansi tertentu. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\chi^2 = \sum [(O_i - E_i)^2 / E_i] \dots\dots\dots (2.3)$$

Sumber: Suripin, 2004 & Triatmodjo, 2010

Keterangan:

χ^2 = nilai Chi-Kuadrat hitung

O_i = frekuensi pengamatan pada kelas ke-i

E_i = frekuensi teoritis pada kelas ke-i

Distribusi dapat diterima apabila nilai Chi-Kuadrat hitung (χ^2_{hitung}) lebih kecil dari nilai Chi-Kuadrat kritis (χ^2_{kritis}) pada derajat kebebasan dan taraf signifikansi yang telah ditetapkan. Derajat kebebasan (D_k) dihitung berdasarkan jumlah kelas dikurangi jumlah parameter distribusi (Efrizal dkk., 2022).

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov adalah metode uji kecocokan non-parametrik yang membandingkan fungsi distribusi kumulatif empiris dengan fungsi distribusi kumulatif teoritis. Nilai statistik uji diperoleh dari selisih maksimum antara kedua fungsi distribusi tersebut. Persamaannya adalah:

$$D = \max |P(X_i) - P'(X_i)| \dots\dots\dots (2.4)$$

Sumber: Soewarno, 1995; Saridewi & Budiyanto, 2024

Keterangan:

D = nilai statistik Kolmogorov-Smirnov

$P(X_i)$ = probabilitas kumulatif empiris ke- i

$P'(X_i)$ = probabilitas kumulatif teoritis ke- i

Distribusi dapat diterima apabila nilai D hitung lebih kecil dari nilai D kritis (D_0) yang diperoleh dari tabel Smirnov-Kolmogorov pada taraf signifikansi yang dipilih. Uji ini lebih sensitif untuk mendeteksi perbedaan pada bagian ekor distribusi sehingga sangat cocok digunakan dalam analisis data hidrologi ekstrem (Saridewi & Budiyanto, 2024).

2.4.5 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan yang terjadi dalam satu satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan mm/jam. Intensitas hujan merupakan salah satu parameter terpenting dalam perencanaan sistem drainase karena menentukan besarnya debit limpasan yang harus ditampung oleh saluran (Triatmodjo, 2010).

Dalam perencanaan drainase, intensitas hujan dihitung berdasarkan curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu menggunakan persamaan Mononobe. Metode ini merupakan metode yang paling umum digunakan di Indonesia karena kesederhanaannya dan kesesuaiannya dengan kondisi iklim tropis. Persamaan Modified Mononobe adalah sebagai berikut:

$$I = (R_{24} / t_c) \times (t_c / t)^{(2/3)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Sumber: Saridewi & Budiyo, 2024; Permen, 2014; Suripin, 2004

Keterangan:

I_t = intensitas curah hujan (mm/jam)

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

t = lamanya hujan (jam)

t_c = durasi hujan yang ditinjau (jam)

Selain menggunakan persamaan Mononobe, intensitas hujan juga dapat disajikan dalam bentuk kurva IDF (Intensity-Duration-Frequency), yaitu hubungan antara intensitas hujan, durasi hujan, dan frekuensi atau periode ulangnya. Kurva IDF sangat berguna sebagai input pemodelan drainase menggunakan perangkat lunak seperti EPA SWMM 5.2 karena memungkinkan simulasi hujan dengan durasi yang bervariasi (Saridewi & Budiyo, 2024).

Data intensitas hujan jam-jaman yang dibutuhkan untuk input EPA SWMM dapat diperoleh melalui pendekatan empiris menggunakan metode Alternating Block Method (ABM). Metode ABM menghasilkan hyetograph rencana yang menempatkan intensitas hujan tertinggi di tengah-tengah durasi hujan sehingga sesuai dengan pola umum hujan di wilayah tropis (Saridewi & Budiyo, 2024).

2.4.6 Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan (runoff coefficient) atau koefisien pengaliran (C) adalah perbandingan antara limpasan permukaan (surface runoff) dengan curah hujan yang jatuh pada suatu daerah tangkapan. Nilai koefisien limpasan mencerminkan kemampuan suatu permukaan lahan dalam menyerap air hujan, sehingga semakin tinggi nilai C maka semakin besar proporsi air hujan yang menjadi limpasan (Soebiyanto dkk., 2024).

Besarnya nilai koefisien limpasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis dan kondisi tanah, kemiringan lahan, kondisi penutup lahan (land cover), jenis vegetasi, serta tingkat kejenuhan awal tanah. Permukaan kedap air seperti aspal, beton, dan atap bangunan memiliki nilai C mendekati 1, sedangkan lahan terbuka berpasir memiliki nilai C yang jauh lebih rendah.

Nilai koefisien limpasan yang direkomendasikan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 disajikan sebagai berikut:

Tabel 2.4 Koefisien Limpasan (Sumber : Permen PUPR, 2014)

Kondisi Daerah / Jenis Permukaan	Koefisien Pengaliran (C)	Keterangan
Daerah perdagangan / pusat kota	0,70 – 0,95	Kedap air tinggi
Kawasan permukiman terpencar	0,25 – 0,40	Kedap air rendah
Kompleks perumahan / apartemen	0,40 – 0,70	Sedang
Industri ringan	0,50 – 0,80	Sedang–tinggi
Taman / lapangan rumput	0,10 – 0,25	Rendah
Jalan aspal	0,70 – 0,95	Sangat tinggi
Jalan beton	0,80 – 0,95	Sangat tinggi
Atap bangunan	0,75 – 0,95	Sangat tinggi

Apabila suatu daerah tangkapan terdiri atas beberapa jenis tata guna lahan dengan nilai C yang berbeda, maka digunakan koefisien limpasan komposit atau ekuivalen (C_{eq}) yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_{eq} = \Sigma (C_i \times A_i) / \Sigma A_i \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

C_{eq} = koefisien limpasan komposit/ekuivalen

C_i = koefisien limpasan pada sub-area ke-i

A_i = luas sub-area ke-i (Ha)

2.4.7 Debit Rencana

Debit rencana (design discharge) adalah besaran debit yang digunakan sebagai dasar perencanaan dimensi saluran drainase. Debit rencana dihitung berdasarkan hujan rencana dengan periode ulang tertentu yang telah ditetapkan sesuai tipologi kota dan luas daerah tangkapan. Metode yang umum digunakan untuk menghitung debit rencana pada perencanaan drainase kawasan permukiman adalah Metode Rasional (Efrizal dkk., 2022).

Metode Rasional merupakan metode yang paling sederhana dan paling banyak digunakan dalam perencanaan drainase, terutama untuk daerah tangkapan dengan luas kurang dari 500 Ha. Metode ini mengasumsikan bahwa debit puncak

banjir terjadi apabila seluruh daerah tangkapan berkontribusi secara serentak terhadap aliran di titik yang ditinjau. Persamaan Metode Rasional adalah:

$$Q = (1/360) \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

Q = debit rencana maksimum (m³/detik)

C = koefisien limpasan (tidak berdimensi)

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

A = luas daerah tangkapan air (Ha)

Dalam kondisi daerah tangkapan yang heterogen, nilai C yang digunakan adalah koefisien ekuivalen dari seluruh sub-area dengan jenis tata guna lahan yang berbeda. Adapun intensitas hujan (I) yang digunakan adalah intensitas yang sesuai dengan waktu konsentrasi (tc) kawasan, yaitu waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik terjauh hingga mencapai titik yang ditinjau (Saridewi & Budiyanto, 2024).

Selain Metode Rasional, debit aliran dalam saluran juga dapat dihitung menggunakan persamaan kontinuitas dengan rumus Manning untuk menentukan kapasitas hidraulis saluran eksisting. Persamaan debit menggunakan Manning adalah:

$$Q = A \times (1/n) \times R^{(2/3)} \times S^{(1/2)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

Q = debit aliran (m³/detik)

A = luas penampang basah saluran (m²)

n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidraulis (m)

S = kemiringan dasar saluran

Nilai koefisien kekasaran Manning (n) ditentukan berdasarkan jenis material dinding dan dasar saluran. Untuk saluran beton (U-ditch) nilai n berkisar 0,013, saluran pasangan batu 0,025, dan saluran tanah sekitar 0,030 (Saridewi & Budiyanto, 2024).

2.4.8 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (time of concentration, t_c) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh air hujan untuk mengalir dari titik terjauh dalam suatu daerah tangkapan menuju titik kontrol atau outlet yang ditinjau. Waktu konsentrasi menjadi parameter penting dalam perencanaan drainase karena menentukan durasi hujan yang digunakan dalam perhitungan intensitas hujan rencana (Triatmodjo, 2010).

Waktu konsentrasi terdiri atas dua komponen, yaitu waktu aliran permukaan (inlet time atau overland flow time, t_o) dan waktu aliran di dalam saluran (channel flow time, t_d). Dengan demikian:

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

t_o = waktu aliran permukaan/inlet time (jam)

t_d = waktu aliran di dalam saluran/channel flow time (jam)

Waktu aliran permukaan (t_o) dapat dihitung menggunakan berbagai metode, salah satunya adalah Metode Kirpich yang banyak digunakan di Indonesia. Persamaan Kirpich adalah:

$$t_c = 0,0195 \times (L^{0,77}) \times (S^{(-0,385)}) \dots\dots\dots (2.10)$$

(Sumber: Kirpich, 1940 dalam Saridewi & Budiyanto, 2024)

Keterangan:

t_c = waktu konsentrasi (menit)

L = panjang lintasan aliran dari titik terjauh ke titik kontrol (m)

S = kemiringan rata-rata lahan (m/m)

Selain Metode Kirpich, waktu konsentrasi juga dapat dihitung menggunakan rumus lain seperti Metode Bransby-Williams dan Metode NRCS (Natural Resources Conservation Service), tergantung pada karakteristik fisik dan ukuran daerah tangkapan yang ditinjau.

Waktu aliran dalam saluran (t_d) dihitung berdasarkan panjang dan kecepatan rata-rata aliran dalam saluran. Persamaannya adalah:

$$t_d = L / (60 \times V) \dots\dots\dots (2.11)$$

Sumber: Suripin, 2004; Permen PU, 2014

Keterangan:

t_d = waktu aliran dalam saluran (menit)

L = panjang saluran yang ditinjau (m)

V = kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/detik)

Nilai waktu konsentrasi sangat berpengaruh terhadap intensitas hujan rencana yang digunakan. Semakin pendek waktu konsentrasi, maka intensitas hujan yang diperoleh semakin tinggi, sehingga debit rencana yang dihasilkan juga semakin besar. Oleh karena itu, penetapan nilai t_c yang tepat sangat penting untuk menghasilkan dimensi saluran drainase yang efisien dan aman (Efrizal dkk., 2022; Saridewi & Budiyo, 2024).

2.5 EPA SWMM (Storm Water Management Model) 5.2

EPA SWMM (Storm Water Management Model) adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh United States Environmental Protection Agency (EPA) untuk mensimulasikan sistem drainase perkotaan dan limpasan air hujan (Faizal et al., 2019). Perangkat lunak ini banyak digunakan dalam bidang teknik sipil, khususnya pada perencanaan dan evaluasi sistem drainase, pengendalian banjir, serta analisis limpasan pada kawasan terbangun.

SWMM pertama kali dikembangkan pada tahun 1971 dan terus diperbarui hingga menjadi salah satu perangkat lunak simulasi drainase yang paling banyak digunakan dalam dunia akademik maupun praktik profesional. Versi 5.2 banyak digunakan karena memiliki antarmuka yang relatif mudah dipahami, mampu memodelkan jaringan drainase secara visual, serta dapat menganalisis proses hidrologi dan hidrolika secara dinamis terhadap waktu. Hal ini menjadikan SWMM sebagai alat bantu yang sangat berguna dalam proses evaluasi kapasitas sistem drainase eksisting maupun perencanaan sistem baru.

2.5.1 Fungsi dan Kegunaan EPA SWMM 5.2

EPA SWMM 5.2 memiliki fungsi utama untuk mensimulasikan respons suatu kawasan terhadap kejadian hujan. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk menganalisis besarnya limpasan permukaan yang dihasilkan dari suatu daerah tangkapan, menelusuri aliran air dalam jaringan saluran, mengevaluasi kapasitas

saluran terhadap debit rencana, serta mengidentifikasi lokasi yang berpotensi mengalami genangan atau banjir.

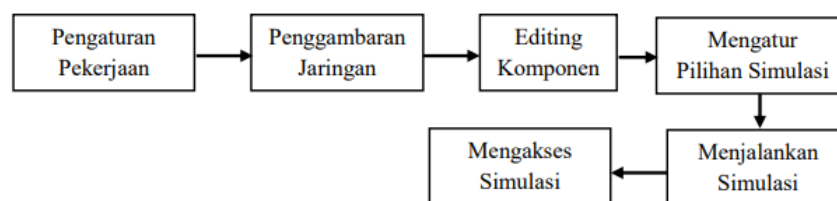
Dalam praktik perencanaan, SWMM juga berguna untuk membandingkan beberapa alternatif desain sistem drainase, mengevaluasi pengaruh perubahan tata guna lahan, dan menganalisis efektivitas bangunan pengendali seperti kolam retensi, storage unit, pompa, maupun struktur pengatur aliran. Dengan demikian, penggunaan SWMM dapat meningkatkan kualitas analisis teknis dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat.

2.5.2 Komponen Utama Dalam EPA SWMM 5.2

EPA SWMM 5.2 terdiri atas beberapa komponen utama yang merepresentasikan bagian-bagian dari sistem drainase. Komponen pertama adalah rain gage, yaitu elemen yang digunakan untuk memasukkan data curah hujan sebagai input simulasi. Komponen kedua adalah subcatchment, yaitu area tangkapan hujan yang menghasilkan limpasan permukaan berdasarkan karakteristik luas, kemiringan, dan persentase area kedap air.

Komponen berikutnya adalah infiltration yang menggambarkan proses peresapan air ke dalam tanah. Pada SWMM, infiltrasi dapat dimodelkan menggunakan beberapa metode seperti Horton, Green-Ampt, dan Curve Number. Selain itu, terdapat junction sebagai titik pertemuan aliran, conduit sebagai saluran atau pipa pengalir, outfall sebagai titik pembuangan akhir, storage unit sebagai tampungan sementara, serta pump, weir, dan orifice sebagai bangunan pelengkap pengatur aliran. Seluruh komponen ini saling terhubung dalam satu jaringan model drainase.

2.5.3 Proses Simulasi Pada EPA SWMM 5.2



Gambar 2.5 Proses simulasi pada EPA SWMM 5.2

(Sumber : M. Baitullah Al Amin, 2020)

Secara umum, simulasi pada EPA SWMM 5.2 terdiri atas dua proses utama, yaitu analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Analisis hidrologi berkaitan dengan proses perubahan hujan menjadi limpasan permukaan. Pada tahap ini, SWMM menghitung besarnya air yang jatuh ke daerah tangkapan, air yang meresap ke dalam tanah, air yang tertahan di permukaan, dan air yang akhirnya menjadi limpasan.

Setelah limpasan terbentuk, simulasi dilanjutkan ke analisis hidrolika, yaitu proses penelusuran aliran air di dalam jaringan saluran. Pada tahap ini, SWMM menghitung debit, kecepatan aliran, kedalaman air, kapasitas saluran, serta kemungkinan terjadinya kondisi penuh, luapan, atau flooding. Dengan demikian, SWMM mampu menggambarkan respons sistem drainase secara lebih realistis terhadap suatu kejadian hujan.

2.5.4 Metode Perhitungan Pada EPA SWMM 5.2

Dalam simulasi aliran, EPA SWMM 5.2 menyediakan beberapa metode perhitungan yang dapat dipilih sesuai kebutuhan analisis. Untuk proses infiltrasi, pengguna dapat memilih metode Horton, Green-Ampt, atau Curve Number (Agency, 2010). Pemilihan metode ini biasanya disesuaikan dengan ketersediaan data dan karakteristik tanah pada lokasi penelitian.

Sementara itu, untuk penelusuran aliran dalam jaringan saluran, SWMM menyediakan metode Steady Flow, Kinematic Wave, dan Dynamic Wave. Metode Dynamic Wave merupakan metode yang paling lengkap karena mempertimbangkan perubahan kecepatan, tekanan, elevasi muka air, dan interaksi aliran secara dinamis (Agency, 2010). Oleh karena itu, metode ini banyak digunakan pada studi yang membutuhkan tingkat akurasi lebih tinggi, khususnya pada sistem drainase perkotaan yang kompleks.

2.5.6 Output dan Hasil Simulasi EPA SWMM 5.2

Hasil simulasi yang diperoleh dari EPA SWMM 5.2 cukup lengkap dan dapat digunakan untuk evaluasi teknis sistem drainase. Output yang umum dihasilkan antara lain debit aliran terhadap waktu (hydrograph), kedalaman air dalam

saluran, volume limpasan dari masing-masing daerah tangkapan, serta informasi mengenai kapasitas saluran dan durasi genangan.

Selain output numerik, SWMM juga menyediakan tampilan grafik dan visualisasi jaringan yang memudahkan pengguna dalam membaca hasil simulasi. Melalui output tersebut, perencana dapat mengidentifikasi saluran yang tidak mampu menampung debit rencana, titik junction yang mengalami luapan, serta jalur aliran yang menjadi bagian paling kritis dalam sistem. Informasi ini sangat penting sebagai dasar evaluasi desain dan penentuan alternatif perbaikan sistem drainase.

2.5.7 Kelebihan dan Keterbatasan EPA SWMM 5.2

EPA SWMM 5.2 memiliki sejumlah kelebihan yang menjadikannya populer dalam dunia akademik dan profesional. Salah satu kelebihan utamanya adalah kemampuannya dalam mensimulasikan sistem drainase secara dinamis terhadap waktu. Selain itu, perangkat lunak ini bersifat open source, dapat digunakan secara gratis, serta mendukung pemodelan yang cukup detail untuk berbagai skala perencanaan.

Namun demikian, SWMM juga memiliki keterbatasan. Akurasi hasil simulasi sangat dipengaruhi oleh kualitas data input yang digunakan. Jika data curah hujan, geometri saluran, elevasi, atau parameter infiltrasi tidak representatif, maka hasil simulasi juga dapat menyimpang dari kondisi lapangan. Selain itu, penggunaan SWMM memerlukan pemahaman teknis yang cukup baik agar model yang dibangun benar-benar sesuai dengan sistem drainase yang dianalisis.

2.5.8 Hubungan Drainase Dengan EPA SWMM 5.2

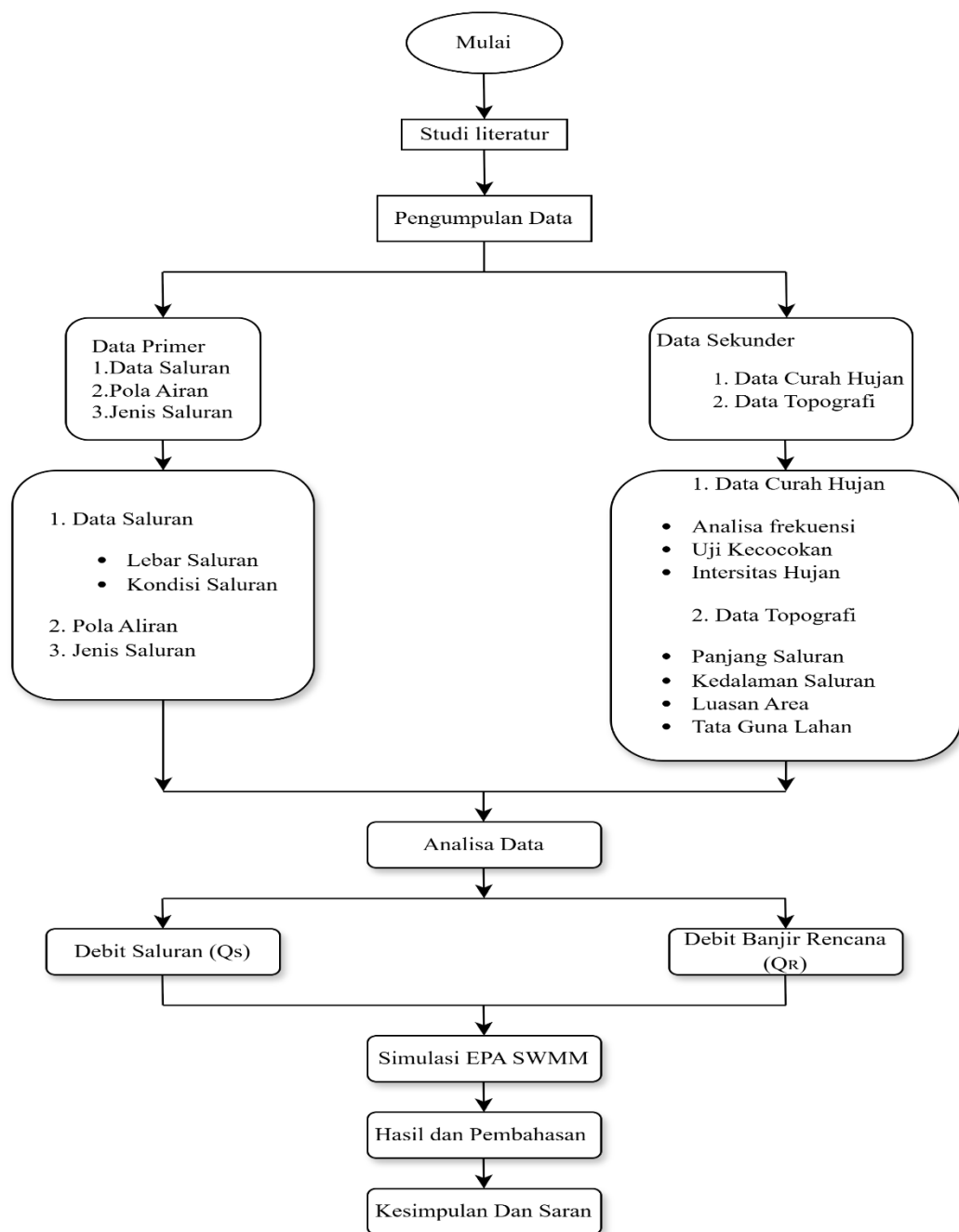
Dalam perencanaan sistem drainase modern, pendekatan manual sering kali tidak cukup untuk menggambarkan perilaku aliran secara dinamis, terutama pada jaringan yang kompleks. Oleh karena itu, diperlukan alat bantu simulasi yang dapat memodelkan hubungan antara hujan, limpasan permukaan, kapasitas saluran, serta kemungkinan terjadinya genangan. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan untuk tujuan tersebut adalah EPA SWMM 5.2.

EPA SWMM 5.2 memungkinkan perencana untuk memodelkan sistem drainase secara lebih komprehensif. Melalui perangkat lunak ini, berbagai komponen drainase seperti daerah tangkapan, saluran, junction, storage, dan outlet dapat dimasukkan ke dalam model untuk dianalisis perilakunya terhadap waktu. Dengan demikian, pemahaman konsep dasar drainase menjadi landasan penting sebelum melakukan simulasi menggunakan SWMM.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

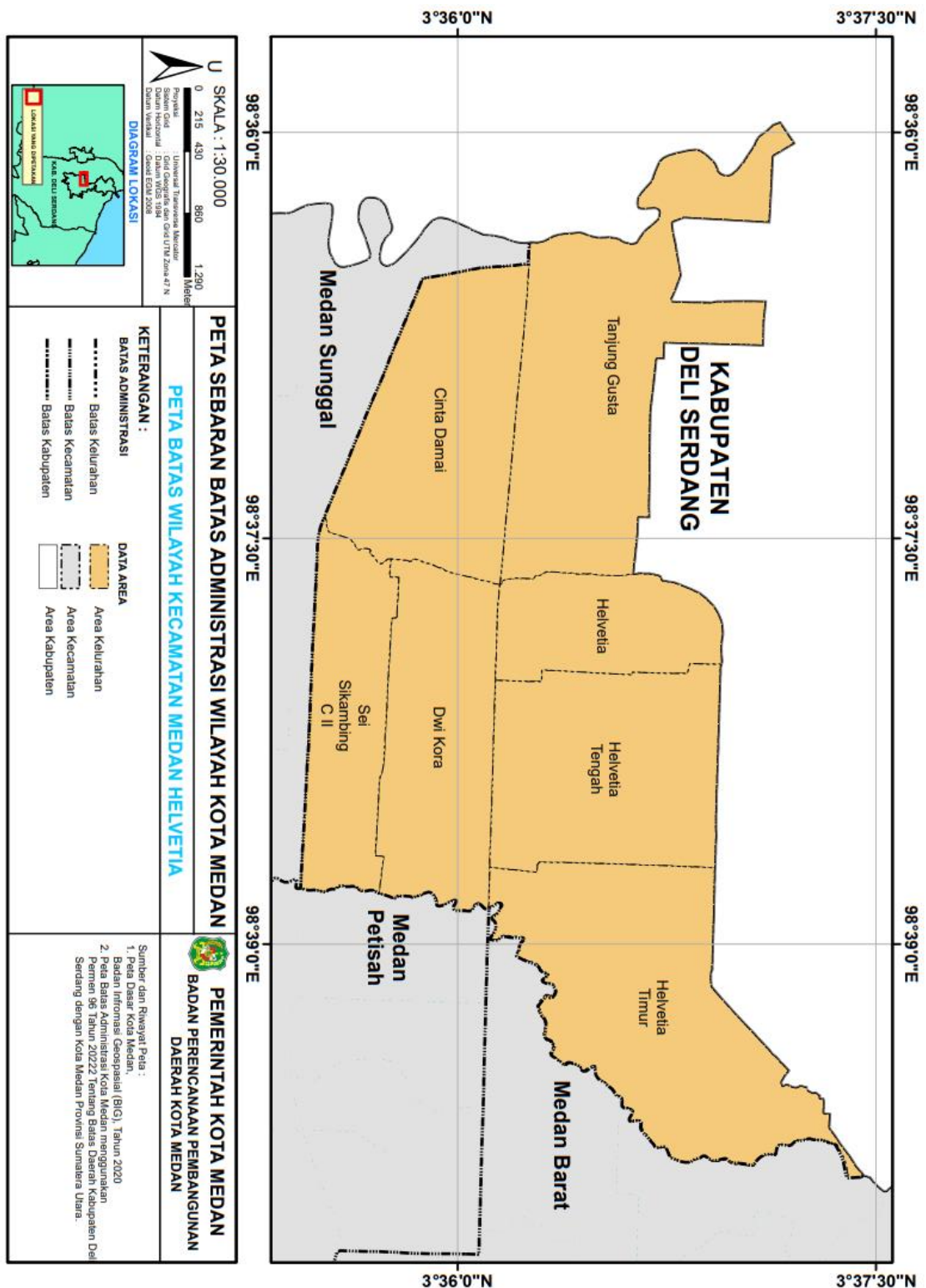
Penelitian dilakukan di Kecamatan Helvetia Kota Medan, tepatnya pada Kompleks perumahan Bumi Asri. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Lokasi Drainase yang Bermasalah (Sumber : Google Maps).



Gambar 3.3 Lokasi Penelitian (Sumber : Google Maps).



Gambar 3.4 Peta Kecamatan Medan Helvetia



Gambar 3.5 Peta alur hulu hilir kawasan (Sumber : Google Earth).

3.3 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini masalah yang teridentifikasi adalah drainase pada perumahan bumi asri tidak mampu menampung debit air yang disebabkan oleh curah hujan. Oleh sebab itu, terjadi genangan air yang cukup tinggi dan mengganggu aktivitas. Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memperoleh data curah hujan, mengukur dimensi dari drainase, analisa hidrologi, area tangkapan air hujan, daerah resapan, hingga titik pertemuan air.
2. Perumusan masalah setelah mengetahui masalah yang terjadi, berupa drainase yang tidak sanggup menampung debit air hujan, maka peneliti dapat merumuskan masalah yang terdapat di tempat penelitian.
3. Batasan masalah setelah melakukan identifikasi masalah, dan perumusan masalah maka peneliti membuat batasan penelitian yang digunakan pada penelitian ini. Adapun batasan masalah nya berupa data data yang diperoleh dan hasil dari analisa menggunakan software EPA SWMM 5.2.

3.4 Variabel Penelitian

Secara umum variabel dibagi menjadi dua, yaitu variabel independen dan variabel dependen. Variabel independen merupakan tipe variabel yang mendefinisikan atau mempengaruhi variabel lain, sedangkan variabel dependen

adalah variabel yang didefinisikan atau dipengaruhi oleh variabel independen. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah debit air yang dapat ditampung oleh drainase sebagai variabel dependen. Sedangkan variabel independen berupa curah air hujan dan dimensi drainase.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini ialah data curah hujan, dimensi drainase, analisa hidrologi, area tangkapan air hujan, dan daerah resapan. Jadi dalam penelitian ini akan menggunakan data primer dan sekunder.

- a) Data primer berupa data yang didapat dari tangan pertama atau sumber utama. Dalam hal berupa curah hujan, dimensi drainase, serta data kajian hasil wawancara dari pihak yang berhubungan dengan masalah yang diteliti.
- b) Data sekunder berupa data yang didapat dari literature-literatur yang merupakan data pendukung. Seperti kajian Standar Nasional Indonesia.
- c) Menentukan curah hujan maksimum selama 10 tahun terakhir mulai dari tahun 2016 – 2026 yang diambil dari BMKG.

3.6 Jenis Studi

Jenis studi dalam penelitian ini adalah Data Kuantitatif, yaitu data dengan menggunakan pengukuran-pengukuran dan pembuktian-pembuktian, khususnya pengujian hipotesis yang dirumuskan sebelumnya dengan menggunakan metode statistika untuk mengukur dan membuktikan penelitian. Dalam penelitian ini data yang diperlukan adalah data mengenai

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

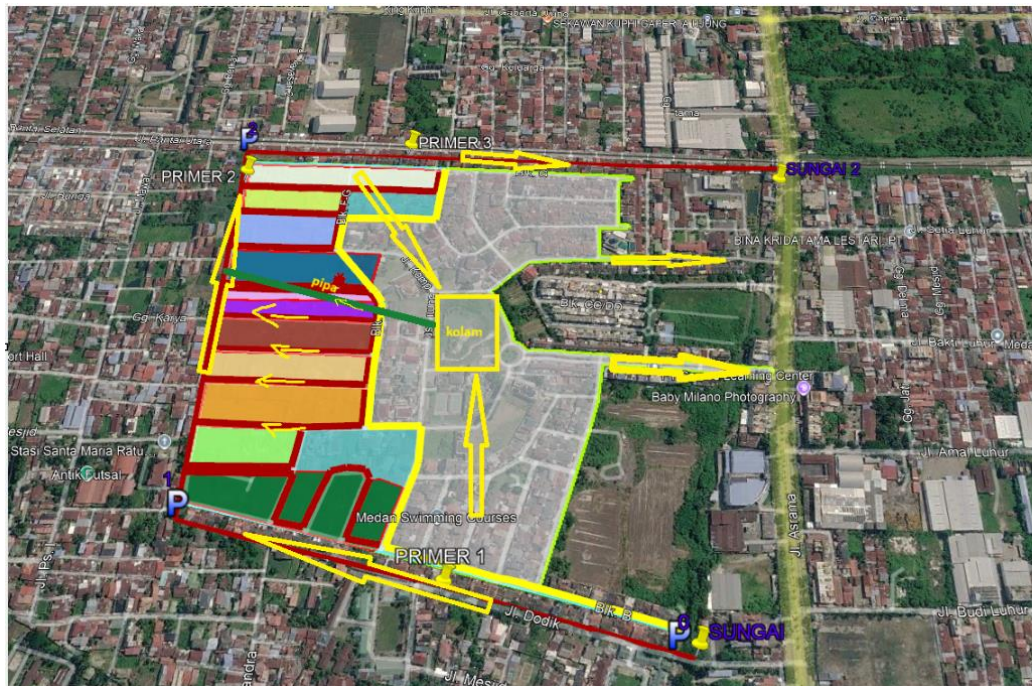
4.1 Pola Aliran Drainase

Adapun pola aliran di lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.1 Pola Aliran Drainase (Sumber : Google arth).

4.1.1 Skema Jaringan Drainase



Gambar 4.2 Skema Jaringan Rencana (Sumber : Google Earth).

Tabel 4.1 Skema Alir air jaringan drainase di Perumahan Bumi Asri

No	Nama Saluran/Blok	Warna pada Peta	Jenis	Ruas / Lokasi	Arah Aliran	Bermuara ke
1	Primer 1	Garis merah (jalur kuning)	Primer	Sepanjang Jl. Dodik, sisi selatan kawasan	Barat → Timur	Primer 2
2	Primer 2	Garis merah	Primer	Sisi barat kawasan, menghubungkan Primer 1 ke Primer 3	Selatan → Utara	Primer 3
3	Primer 3	Garis merah	Primer	Sisi utara kawasan, menuju arah Sungai 2	Barat → Timur	Sungai 2
4	Blok c	Hijau tua	Sekunder	Ujung utara kawasan, dekat Primer 2 & 3	→ Primer 2	Primer 2
5	Blok c1	Hijau kekuningan	Sekunder	Ujung utara kawasan, dekat Primer 2	→ Primer 2	Primer 2
6	Blok E1	Orange Tua	Sekunder	Ujung utara kawasan, dekat Primer 2	→ Primer 2	Primer 2
7	Blok E2	Orange muda	Sekunder	Dekat primer 2	→ Primer 2	Primer 2
8	Blok E3	Merah	Sekunder	Dekat primer 2	→ Primer 2	Primer 2

No	Nama Saluran/Blok	Warna pada Peta	Jenis	Ruas / Lokasi	Arah Aliran	Bermuara ke
9	Blok E4	ungu	Sekunder	Dekat primer 2	→ Primer 2	Primer 2
10	Blok E4	Ungu muda	Sekunder	Dekat primer 2		Primer 2
11	Blok E5	Biru tua	Sekunder	Dekat primer 2	→ Primer 2	→ Primer 2
12	JL.BUMAS	Biru muda	Sekunder	Dekat primer 2	→ Primer 2	Primer 2
13	Blok FG 1	Kuning cerah	Sekunder	Dekat primer 2	→ Primer 2	Primer 2
14	Blok FG 2&3	Putih	Sekunder	kawasan dekat Primer 2 dan 3	→ Primer 2	Primer 2
15	Kolam	Kotak kuning	Kolam ritensi	Didalam BUMAS	→ Primer 2	Primer 2

4.2 Input Data

A. Data Primer

Data Primer adalah data yang diperoleh langsung dari survey ke lokasi penelitian di Jl.Komplek Bumi asri jalan asrama kecamatan medan Helvetia juga didukung melalui data satelit . Data tersebut terlampir sebagai berikut :

1. Panjang lintasan aliran di dalam saluran primer I (L) yang di teliti adalah 658 m (dari ujung jalan dodik sampai P1)
2. Panjang lintasan aliran di dalam saluran primer II (L) yang di teliti adalah 582 m (dari P1 sampai P2)
3. Panjang lintasan aliran di dalam saluran primer III (L) yang di teliti adalah 1.010m (dari P2-P3/Sungai 2).

4. Total panjang lintasan aliran di dalam saluran sekunder (L) yang di teliti adalah 2.919 m (kanan, kiri blokC, blok E, jalan bumi asri, blok FG sepanjang perumahan)
5. Batas daerah pengaliran yang diteliti untuk saluran primer I (Ls) adalah dari (P0-P0a-P0b-P0c-P0d-P0e-P0f-P0g-P1) dengan kemiringan elevasi muka tanah $S=0,002$.
6. Batas daerah pengaliran yang diteliti untuk saluran primer II (Ls) adalah dari (P1-P1a-P1b-P1c-P1d-P1e-P1f-P1g-P1h-P1i-P2) dengan kemiringan elevasi muka tanah $S=0,001$.
7. Batas daerah pengaliran yang diteliti untuk saluran primer III (Ls) adalah dari (P2-P2a-P2b-P2c-P3) dengan kemiringan elevasi muka tanah $S=0,0007$.
8. Batas daerah pengaliran yang diteliti untuk saluran sekunder (Ls) adalah kanan, kiri blokC-C1, blok E1-E2-E3-E4-E5-E6, jalan bumi asri, blok FG1-FG2-FG3.

Berikut tabel elevasi tanah lokasi banjir yang ditinjau di perumahan bumi asri

Tabel 4.2 Tabel Elevasi Tanah Lokasi Banjir Pada Saluran Primer
(Sumber : <https://earth.google.com/web>)

SALURAN PRIMER	
ELEVASI SAL.PRIMER	
Titik	Elevasi
P0	27.014
P0a	24.950
P0b	27.189
P0c	25,150
P0d	24,100
P0e	25.700
P0f	23.138
P0g	25.324
P1	24.240
P1a	24.408
P1b	24.264

P1c	24.792
P1d	22.022
P1e	22.022
P1f	23.161
P1g	22.862
P1h	23.000
P1i	23.805
P2	23.138
P2a	24.975
P2b	26.000
P2c	23,424
P3	22.572

 = Elevasi tinggi
 = Elevasi rendah

Tabel 4.3 Tabel Elevasi Tanah Lokasi Banjir Pada Saluran Sekunder
(Sumber : <https://earth.google.com/web>)

No	Blok / Saluran	Titik	Elevasi Dasar Saluran (m)	Keterangan
1	Blok C	C0 / P0a	23.700	
2	Blok C	C1 / P0b	23.350	
3	Blok C	C2	23.328	
4	Blok C	C3	23.000	
5	Blok C	C4 / P0c	24.950	Elevasi tinggi
6	Blok C	C5	24.950	
7	Blok C	C6	24.225	
8	Blok C	C7 / P1a	23.712	
9	Blok C1	C0	24.000	
10	Blok C1	C1	25.000	Elevasi tinggi
11	Blok C1	C12 / P1a	23.712	
12	Blok E1	E0	26.000	
13	Blok E1	E1	22.034	
14	Blok E1	E2 / P1b	19.297 / 21.873	Tikungan

No	Blok / Saluran	Titik	Elevasi Dasar Saluran (m)	Keterangan
15	Blok E2	E20	26.000	
16	Blok E2	E21	26.190	Elevasi tinggi
17	Blok E2	E22 / P1c	21.068 / 23.928	Tikungan
18	Blok E3	E30	23.000	
19	Blok E3	E31	25.190	Elevasi tinggi
20	Blok E3	E32 / P1d	21.758 / 21.968	Tikungan
21	Blok E4	E40	24.000	
22	Blok E4	E41	22.747	Elevasi rendah
23	Blok E4	E41a	26.468	Elevasi tinggi
24	Blok E4	E42 / P1e	22.632 / 21.956	
25	Blok E5	E50	24.000	
26	Blok E5	E50a	26.196	Elevasi tinggi
27	Blok E5	E51 / P1f	23.000 / 22.724	
28	Blok E6	E60	24.000	
29	Blok E6	E60a	24.000	Elevasi saluran primer > sekunder
30	Blok E6	E60b	26.000	Elevasi tinggi
31	Blok E6	E60c	26.000	Elevasi tinggi
32	Blok E6	E61 / P1g	23.000 / 22.770	
33	Jalan Bumas	B0	24.000	
34	Jalan Bumas	B1	23.184	
35	Jalan Bumas	B2 / P1h	23.000 / 22.977	
36	FG1	FG0	24.000	
37	FG1	FG0a	22.000	Elevasi rendah
38	FG1	FG1	24.000	Elevasi tinggi
39	FG1	FG2 / P1j	23.000 / 20.878	
40	FG2	FG20	25.000	
41	FG2	FG21	23.975	
42	FG2	FG22	22.000	
43	FG3	FG30	25.000	
44	FG3	FG31	25.344	Elevasi tinggi
45	FG3	FG32 / P2	22.000 / 22.448	Tikungan

Keterangan warna:

■ Kuning = Elevasi tinggi ■ Biru = Elevasi rendah ■ Merah muda = Tikungan

B. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi yang berkaitan dengan suatu penelitian itu. Maka data yang diperoleh pada penelitian ini hanya data Curah Hujan Harian Maksimum selama 10 Tahun Terakhir dari tahun 2015 sampai 2024 sebagai berikut :

Analisa curah hujan rencana adalah analisa curah hujan untuk mendapatkan tinggi curah hujan tahunan tahun ke-n yang mana akan digunakan untuk mencari debit banjir rancangan. Jika dalam suatu area terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai curah hujan area. Untuk mendapatkan harga curah hujan area dapat dihitung dengan metode rata-rata seperti yang terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.4 Data curah hujan harian maksimum stasiun geofisika Sampali
(Sumber : <https://dataonline.bmkg.go.id/home>)

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
2015	90
2016	84
2017	135
2018	147
2019	159
2020	146
2021	124
2022	132
2023	160
2024	109
N = 10 tahun	Total = 1286

4.3 Luas Daerah Tangkapan Air (DAS)

1. Catchment Area

Luas catchment area drainase Jl.Komplek Bumi asri jalan asrama kecamatan medan Helvetia adalah 30.Ha Koefisien pengaliran (C) =0.70 - 0.95 (Tabel 2.9)

Tabel 4.5 Koefisien Limpasan Gabungan Komplek Perumahan Bumi Asri
(Sumber : Hasil Penelitian)

Total Luas DTA = 30,42 Ha Rumus: $C_{gab} = \Sigma(C_i \times A_i) / \Sigma A_i$ Sumber: SNI 03-3424-1994 & Suripin (2004)								
No	Jenis Lahan / Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	% thd DTA	Rentang Nilai C	Nilai C Dipilih	C × A	Dasar Pemilihan Nilai C	Sumber
1	Perumahan Padat / Blok C (Blok C, C1 - Komplek Bumi Asri)	9,60	31,56%	0,60 – 0,80	0,75	7,20	Kompleks perumahan teratur, bangunan rapat, halaman sempit. Tanah liat, landai → nilai tengah-atas.	Suripin (2004)
2	Perumahan Padat / Blok E (Blok E1–E6)	7,30	24,13%	0,60 – 0,80	0,75	5,50	Kompleks perumahan teratur, kepadatan bangunan tinggi, saluran sekunder rapat.	Suripin (2004)
3	Perumahan Sedang / Blok F	5,00	16,44%	0,50 – 0,70	0,65	3,25	Kepadatan bangunan sedang, sebagian halaman masih terbuka. Kemiringan landai.	Suripin (2004)
4	Perumahan / Pertokoan Blok G (Blok FG1–FG3)	4,00	13,15%	0,70 – 0,95	0,80	3,20	Campuran ruko dan bangunan komersial di pinggir jalan. Atap + halaman keras.	Chow (1988)
5	Jalan Bumasp / Perkerasan (Jalan Aspal Utama)	0,75	2,56%	0,70 – 0,95	0,85	0,66	Perkerasan aspal, permukaan kedap air hampir sepenuhnya.	Chow (1988)
6	Blok A / Perkerasan-Fasum	0,50	1,64%	0,70 – 0,90	0,80	0,40	Area perkerasan/fasilitas umum kecil, permukaan keras.	Chow (1988)
7	Blok B / Perkerasan-Fasum	0,80	2,86%	0,70 – 0,90	0,80	0,70	Area perkerasan/fasilitas umum kecil, permukaan keras.	Chow (1988)
8	Ruang Terbuka 1 / RTH	1,83	6,02%	0,10 – 0,35	0,25	0,46	Taman/lahan terbuka dalam komplek, sebagian bervegetasi.	SNI 03-3424-1994

							Kemiringan landai.	
9	Ruang Terbuka 2 / RTH	0,50	1,64%	0,10 – 0,35	0,20	0,10	Lahan kosong/vegetasi jarang di tepi komplek.	SNI 03-3424-1994
	TOTAL	30,27	100%			21,47		

Luas total DTA yang berkontribusi terhadap sistem drainase ini adalah 30.27Ha, dengan tata guna lahan campuran (perkerasan paving block, atap bangunan, dan area terbuka/lahan hijau) yang menghasilkan koefisien pengaliran gabungan (Cgabungan) sebesar 0,71 melalui rumus rata-rata tertimbang $C_{gab} = \frac{\sum(C_i \times A_i)}{\sum A_i}$. Nilai C yang cukup tinggi ini (mendekati 1, yang berarti hampir seluruh air hujan menjadi limpasan permukaan) mengindikasikan kawasan Perumahan Bumi Asri sudah didominasi permukaan kedap air (paving/perkerasan), sehingga daya serap tanah alami sangat terbatas dan beban debit puncak ke saluran drainase menjadi lebih besar dibanding kawasan dengan tutupan lahan hijau yang lebih luas.

2. Kemiringan Area (Elevasi Hulu – Hilir)

Data elevasi tanah saluran penulis dapat dari data satelit, tetapi lebih baik menggunakan theodolite atau waterpass untuk pengukuran yang lebih detail. Data elevasi yang didapat pada saluran dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut :

a) Saluran Primer I (P0/sungai-P0a-P0b-P0c-P0d-P0e-P0f-P0g-P1)

Tabel 4.6 Elevasi Jalan di Saluran Primer I

Dari Ujung Jalan Dodik Sampai P1			
No	Titik	Jarak / STA (m)	Elevasi dasar saluran lama
1	P0	0	27.014
2	P0a	177	24.950
3	P0b	221	27.189
4	P0c	403	25,150
5	P0d	447	24,100
6	P0e	502	25.700

7	P0f	536	23.138
5	P1	658	25.324

$$S = \frac{P0-P1}{\text{Jarak}}$$

Menghitung Nilai Slope /Kemiringan Saluran dibawah ini

$$S = \frac{27,014-25,324}{658} = 0.002$$

b) Saluran Primer II (P1-P1a-P1b-P1c-P1d-P1e-P1f-P1g-P1h-P1i-P2)

Tabel 4.7 Elevasi Jalan di Saluran Primer II

dari P1sampai P2			
No	Titik	Jarak/ STA (m)	Elevasi dasar saluran lama
1	P1	658	24.240
2	P1a	721	24.408
3	P1b	789	24.264
4	P1c	851	24.792
5	P1d	901	22.022
6	P1e	952	22.022
7	P1f	1.000	23.161
8	P1g	1.070	22.862
9	P1h	1.130	23.000
10	P1i	1.170	23.805
11	P2	1.240	23.138

$$S = \frac{P1-P2}{\text{Jarak}}$$

$$\text{Jarak (P2- P1)} = (1.240-658) = 582$$

$$S = \frac{24,240-23,138}{582} = 0.001$$

c) Saluran Primer III (P2-P2a-P2b-P2c-Sungai)

Tabel 4.8 Elevasi Jalan di Saluran Primer III

dari jalan bumi asri sampai sungai			
No	Titik	Jarak / STA (m)	Elevasi dasar saluran lama
1	P2	1.240	23.138
2	P2a	1.400	24.975
3	P2b	1420	26.000
4	P2c	1530	23,424
5	P3	2.020	22.572

$$S = \frac{P2 - P7}{Jarak}$$

$$\text{Jarak P7- P2} = 2.020 - 1.240 = 780$$

$$S = \frac{23,138 - 22,572}{780} = 0.0007$$

d) Saluran Sekunder kanan,kiri blokC-C1,blok E1-E2-E3-E4-E5-E6,jalan bumi asri,blok FG1-FG2-FG3

Tabel 4.9 Elevasi Jalan di Saluran Sekunder

No	Blok / Saluran	Titik	Jarak (m)	Elevasi (m)	Keterangan
1	Blok C	C0 / P0a	0 / 369	23.700	
2	Blok C	C1 / P0b	40 / 421	23.350	
3	Blok C	C2	127	23.328	
4	Blok C	C3	180	23.000	
5	Blok C	C4 / P0c	257 / 517	24.950	Elevasi tinggi
6	Blok C	C5	295	24.950	
7	Blok C	C6	357	24.225	
8	Blok C	C7 / P1a	409 / 687	23.712	
9	Blok C1	C0	0	24.000	
10	Blok C1	C1	51,5	25.000	Elevasi tinggi
11	Blok C1	C12 / P1a	181 / 687	23.712	
12	Blok E1	E0	0	26.000	

No	Blok / Saluran	Titik	Jarak (m)	Elevasi (m)	Keterangan
13	Blok E1	E1	50,5	22.034	
14	Blok E1	E2 / P1b	267 / 754	19.297 / 21.873	Tikungan
15	Blok E2	E20	0	26.000	
16	Blok E2	E21	36,2	26.190	Elevasi tinggi
17	Blok E2	E22 / P1c	257 / 806	21.068 / 23.928	Tikungan
18	Blok E3	E30	0	23.000	
19	Blok E3	E31	40,7	25.190	Elevasi tinggi
20	Blok E3	E32 / P1d	259 / 860	21.758 / 21.968	Tikungan
21	Blok E4	E40	0	24.000	
22	Blok E4	E41	49,7	22.747	Elevasi rendah
23	Blok E4	E41a	91,9	26.468	Elevasi tinggi
24	Blok E4	E42 / P1e	265 / 907	22.632 / 21.956	
25	Blok E5	E50	0	24.000	
26	Blok E5	E50a	50	26.196	Elevasi tinggi
27	Blok E5	E51 / P1f	203 / 952	23.000 / 22.724	
28	Blok E6	E60	0	24.000	
29	Blok E6	E60a	40,5	24.000	Elevasi saluran primer > sekunder
30	Blok E6	E60b	57,4	26.000	Elevasi tinggi
31	Blok E6	E60c	84,7	26.000	Elevasi tinggi
32	Blok E6	E61 / P1g	240 / 1.030	23.000 / 22.770	
33	Jalan Bumas	B0	0	24.000	
34	Jalan Bumas	B1	55	23.184	
35	Jalan Bumas	B2 / P1h	199	23.000 / 22.977	
36	FG1	FG0	0	24.000	
37	FG1	FG0a	10	22.000	Elevasi rendah
38	FG1	FG1	39,8	24.000	Elevasi tinggi
39	FG1	FG2 / P1i	188 / 1.130	23.000 / 20.878	
40	FG2	FG20	0	25.000	
41	FG2	FG21	35,4	23.975	
42	FG2	FG22	319	22.000	

No	Blok / Saluran	Titik	Jarak (m)	Elevasi (m)	Keterangan
43	FG3	FG30	0	25.000	
44	FG3	FG31	39	25.344	Elevasi tinggi
45	FG3	FG32 / P2	196	22.000 / 22.448	Tikungan

Keterangan warna:

■ Kuning = Elevasi tinggi ■ Biru = Elevasi rendah ■ Merah muda = Tikungan ■ Abu-abu = Titik awal (Jarak 0 m)

- **Blok C**

$$S = \frac{C_0 - C_7}{Jarak}$$

$$S = \frac{23,700 - 23,712}{409} = 0.00002$$

- **Blok C1**

$$S = \frac{C_0 - C_{12}}{Jarak}$$

$$S = \frac{24,000 - 23,712}{181} = 0.001$$

- **Blok E1**

$$S = \frac{E_0 - E_2}{Jarak}$$

$$S = \frac{26,000 - 19,297}{267} = 0,025$$

- **Blok E2**

$$S = \frac{E2_0 - E2_2}{Jarak}$$

$$S = \frac{26,000 - 19,297}{257} = 0,025$$

- **Blok E3**

$$S = \frac{E3_0 - E3_2}{Jarak}$$

$$S = \frac{23,000 - 21,758}{259} = 0,004$$

- **Blok E4**

$$S = \frac{E4_0 - E4_2}{Jarak}$$

$$S = \frac{24,000 - 22,632}{265} = 0.005$$

- **Blok E5**

$$S = \frac{E5_0 - E5_1}{Jarak}$$

$$S = \frac{24,000 - 23,000}{203} = 0,0049$$

- **Blok E6**

$$S = \frac{E6_0 - E6_1}{Jarak}$$

$$S = \frac{24,000 - 23,000}{240} = 0,004$$

- **Jalan Bumi Asri**

$$S = \frac{B_0 - B_2}{Jarak}$$

$$S = \frac{24,000 - 23,000}{199} = 0,005$$

- **Blok FG1**

$$S = \frac{FG_0 - FG_2}{Jarak}$$

$$S = \frac{24,000 - 23,000}{188} = 0.005$$

- **Blok FG2**

$$S = \frac{FG2_0 - FG2_2}{Jarak}$$

$$S = \frac{25,000 - 22,000}{319} = 0.009$$

- **Blok FG3**

$$S = \frac{FG3_0 - FG3_2}{Jarak}$$

$$S = \frac{25,000 - 22,000}{196} = 0.015$$

4.4 Analisa Hidrologi

A. Analisa Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum

Dalam ilmu statistik, dapat dikenal beberapa macam distribusi frekuensi. Dalam penelitian ini ada empat jenis distribusi yang akan digunakan dan biasanya yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah :

1. Distribusi Normal

Tabel 4.10 Analisis Curah Hujan Distribusi Normal
(Sumber : Hasil Penelitian)

Tahun	Curah Hujan (Xi)	(xi-x)	(xi-x) ²	(xi-x) ³	(xi-x) ⁴
1.	90	-38.60	1489.96	-57512.46	2219980.80
2.	84	-44.60	1989.16	-88716.54	3956757.51
3.	135	6.40	40.96	262.14	1677.72
4.	147	18.40	338.56	6229.50	114622.87
5.	159	30.40	924.16	28094.46	854071.71
6.	146	17.40	302.76	5268.02	91663.62
7.	124	-4.60	21.16	-97.34	447.75
8.	132	3.40	11.56	39.30	133.63
9.	160	31.40	985.96	30959.14	972117.12
10.	109	-19.60	384.16	-7529.54	147578.91
Jumlah	1286	0,6	6488.40	-83003.28	8359051.63
$\bar{X}$	128.6				
S	26,850				
n	10				

$$\bar{x} = \frac{1286}{10} = 128.6 \text{ mm}$$

$$\text{Standar Deviasi (s)} = \sqrt{\frac{\sum (xi-x)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (6488,40)}{9}} = 26,850$$

Menghitung Koefisien Skewness (Cs)

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

$$(Cs) = \frac{10 (-83003.28)}{(10-1)(10-2)26,850^3}$$

$$(Cs) = -0,595566 \text{ mm}$$

Menghitung Koefisien Kurtosis (Ck)

$$(Ck) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)S^4}$$

$$(Ck) = \frac{10 (8359051.63)}{(10-1)(10-2)26,850^4}$$

$$(Ck) = 2,23382 \text{ mm}$$

Perhitungan analisis curah hujan rencana dengan distribusi normal :

- Untuk $T = 2$ Tahun

$$Z = 0.00 \text{ (dari Tabel 2.2)}$$

$$X_t = \bar{x} + (Z \times S)$$

$$X_2 = 128.6 + (0.00 \times 26,850)$$

$$X_2 = 128.6 \text{ mm}$$

- Untuk $T = 5$ Tahun

$$Z = 0,84 \text{ (dari Tabel 2.2)}$$

$$X_t = \bar{x} + (Z \times S)$$

$$X_5 = 128.6 + (0.84 \times 26,850)$$

$$X_5 = 151,154 \text{ mm}$$

- Untuk $T = 10$ Tahun

$$Z = 1.28 \text{ (dari Tabel 2.2)}$$

$$X_t = \bar{x} + (Z \times S)$$

$$X_{10} = 128.6 + (1.28 \times 26,850)$$

$$X_{10} = 162,968 \text{ mm}$$

- Untuk $T = 25$ Tahun

$$Z = 1.71 \text{ (dari Tabel 2.2)}$$

$$X_t = \bar{x} + (Z \times S)$$

$$X_{25} = 128.6 + (1.71 \times 26,850)$$

$$X_{25} = 174,513 \text{ mm}$$

- Untuk $T = 50$ Tahun

$Z = 2.05$ (dari Tabel 2.2)

$$X_t = \bar{x} + (Z \times S)$$

$$X_{50} = 128.6 + (2.05 \times 26,850)$$

$$X_{50} = 183,642 \text{ mm}$$

- Untuk $T = 100$ Tahun

$Z = 2.33$ (dari Tabel 2.2)

$$X_t = \bar{x} + (Z \times S)$$

$$X_{100} = 128.6 + (2.33 \times 26,850)$$

$$X_{100} = 191,160 \text{ mm}$$

Tabel 4.11 Analisis hasil curah hujan Dengan Distribusi Normal
(Sumber : Hasil penelitian).

No.	Periode Ulang (T) Tahun	Z	$\bar{X}$	S	C_S	C_K	Hujan (X_T) (mm)
1.	2	0,00	128.6	26,850	-0,595	2,233	128.6
2.	5	0,84	128.6	26,850	-0,595	2,233	151,154
3.	10	1,28	128.6	26,850	-0,595	2,233	162,968
4.	25	1,71	128.6	26,850	-0,595	2,233	174,513
5.	50	2,05	128.6	26,850	-0,595	2,233	183,642
6.	100	2,33	128.6	26,850	-0,595	2,233	191,160

2. Distribusi Log Normal

Data-data yang digunakan dalam perhitungan parameter statistik dengan sebaran logaritmatik dapat dilihat pada tabel 4.8 :

Tabel 4.12: Analisis curah hujan Distribusi Log Normal

Sumber : Hasil penelitian

Tahun	Curah Hujan (mm) X_i	$\text{Log}(x_i)$	$(\log x_i - \log \bar{x})$	$(\log x_i - \log \bar{x})^2$	$(\log x_i - \log \bar{x})^3$	$(\log x_i - \log \bar{x})^4$
1.	90	1.954242509	-0.154998459	0.024024522	-0.003723764	0.000577178
2.	84	1.924279286	-0.184961683	0.034210824	-0.006327692	0.001170380
3.	135	2.130333768	0.021092800	0.000444906	0.000009384	0.000000198
4.	147	2.167317335	0.058076366	0.003372864	0.000195884	0.000011376
5.	159	2.201397124	0.092156156	0.008492757	0.000782660	0.000072127
6.	146	2.164352856	0.055111887	0.003037320	0.000167392	0.000009225

7.	124	2.093421685	- 0.015819283	0.000250250	- 0.000003959	0.000000063
8.	132	2.120573931	0.011332963	0.000128436	0.000001456	0.000000016
9.	160	2.204119983	0.094879014	0.009002027	0.000854103	0.000081036
10.	109	2.037426498	- 0.071814471	0.005157318	- 0.000370370	0.000026598
Jumlah	1286	20.99746498	- 0.094944710	0.088121225	- 0.008414905	0.001948198
$\bar{X}$	128.6	2.109240969				
S	0,0989507					
n	10					

Dari data-data diatas, dapat diperoleh :

$$\bar{x} = \frac{1286}{10}$$

$$\text{Standar Deviasi (s)} = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (0.088121225)}{9}} = 0,989507 \text{ mm}$$

Menghitung Koefisien Skewness (Cs)

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

$$(Cs) = \frac{10 (-0.008414905)}{(10-1)(10-2)0,0989507^3}$$

$$(Cs) = -1,20631 \text{ mm}$$

Menghitung Koefisien Kurtosis (Ck)

$$(Ck) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)S^4}$$

$$(Ck) = \frac{10 (0.001948198)}{(10-1)(10-2)0,0989507^4}$$

$$(Ck) = 2,82244 \text{ mm}$$

Berikut Perhitungan analisis curah hujan rencana dengan distribusi log normal :

- Untuk T = 2 Tahun

$$Kt = 0.00 \text{ (dari Tabel 2.2)}$$

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_2 = 2.109240969 + (0.00 \times 0,0989507)$$

$$\text{Log } X_2 = 2.109240969 \text{ mm}$$

$$X_2 = 128.600 \text{ mm}$$

- Untuk T = 5 Tahun

$$Kt = 0.84 \text{ (dari Tabel 2.2)}$$

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_5 = 2.109240969 + (0.84 \times 0,0989507)$$

$$\text{Log } X_5 = 2.192359557 \text{ mm}$$

$$X_5 = 155.725 \text{ mm}$$

- Untuk T = 10 Tahun

$$Kt = 1.28 \text{ (dari Tabel 2.2)}$$

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_{10} = 2.109240969 + (1.28 \times 0,0989507)$$

$$\text{Log } X_{10} = 2.235897865 \text{ mm}$$

$$X_{10} = 172.146 \text{ mm}$$

- Untuk T = 25 Tahun

$$Kt = 1.71 \text{ (dari Tabel 2.2)}$$

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_{25} = 2.109240969 + (1.71 \times 0,0989507)$$

$$\text{Log } X_{25} = 2.278446666 \text{ mm}$$

$$X_{25} = 189.865 \text{ mm}$$

- Untuk T = 50 Tahun

$$Kt = 2.05 \text{ (dari Tabel 2.2)}$$

$$\text{Log } Xt = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_{50} = 2.109240969 + (2.05 \times 0,0989507)$$

$$\text{Log } X_{50} = 2.312089904 \text{ mm}$$

$$X_{50} = 205.158 \text{ mm}$$

- Untuk T = 100 Tahun

$$Kt = 2.33 \text{ (dari Tabel 2.2)}$$

$$\text{Log } Xt = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_{100} = 2.109240969 + (2.33 \times 0,0989507)$$

$$\text{Log } X_{100} = 2.3397961 \text{ mm}$$

$$X_{100} = 218.673 \text{ mm}$$

Tabel 4.13 Analisis hasil curah hujan dengan Distribusi Log Normal
(Sumber : Hasil penelitian).

No.	Periode Ulang (T) Tahun	K_T	C_S	C_K	$\text{Log } \bar{X}$	$\text{Log } S$	$\text{Log } X_T$	Curah Hujan (X_T) mm
1.	2	0,00	-1,2063	2,8224	2.109	0,0989	2.109240969	128.600
2.	5	0,84	-1,2063	2,8224	2.109	0,0989	2.192359557	155.725
3.	10	1,28	-1,2063	2,8224	2.109	0,0989	2.235897865	172.146
4.	25	1,71	-1,2063	2,8224	2.109	0,0989	2.278446666	189.865
5.	50	2,05	-1,2063	2,8224	2.109	0,0989	2.312089904	205.158
6.	100	2,33	-1,2063	2,8224	2.109	0,0989	2.3397961	218.673

3. Distribusi Log Person Type – III

Tabel 4.14 Analisis curah hujan dengan Distribusi Log Person III
(Sumber : Hasil penelitian).

Tahun	Curah Hujan (mm) X_i	$\text{Log}(x_i)$	$(\log x_i - \log \bar{x})$	$(\log x_i - \log \bar{x})^2$	$(\log x_i - \log \bar{x})^3$	$(\log x_i - \log \bar{x})^4$
1.	90	1.954242509	-	0.024024522	-0.003723764	0.000577178

			0.154998459			
2.	84	1.924279286	- 0.184961683	0.034210824	-0.006327692	0.001170380
3.	135	2.130333768	0.021092800	0.000444906	0.000009384	0.000000198
4.	147	2.167317335	0.058076366	0.003372864	0.000195884	0.000011376
5.	159	2.201397124	0.092156156	0.008492757	0.000782660	0.000072127
6.	146	2.164352856	0.055111887	0.003037320	0.000167392	0.000009225
7.	124	2.093421685	- 0.015819283	0.000250250	-0.000003959	0.000000063
8.	132	2.120573931	0.011332963	0.000128436	0.000001456	0.000000016
9.	160	2.204119983	0.094879014	0.009002027	0.000854103	0.000081036
10.	109	2.037426498	- 0.071814471	0.005157318	-0.000370370	0.000026598
Jumlah	1286	20.99746498	- 0.094944710	0.088121225	-0.008414905	0.001948198
$\bar{X}$	128.6	2.109240969				
S	0,098950731	-1.004580993				
n	10					

Dari data-data diatas, dapat diperoleh :

$$\bar{x} = \frac{1286}{10} = 128.6 \text{ mm}$$

$$\text{Standar Deviasi (s)} = \sqrt{\frac{\sum (xi-x)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (0.088121225)}{9}} = 0,989507 \text{ mm}$$

$$X_t = 10^{(\log X_t)}$$

Menghitung Koefisien Skewness (Cs)

$$(Cs) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$(Cs) = \frac{10 (-0.008414905)}{(10-1)(10-2)0,0989507^3}$$

$$(Cs) = -1,20631 \text{ mm}$$

Tabel 4.15 Faktor K untuk sebaran Log Pearson III. (Sumber : Lubis, F. 2016)

Koefisien Skewness C_s	Kala Ulang (Tahun)							
	1,0101	2	5	10	25	50	100	200
	$P(x \geq X) = 1 - P(x < X)$							
Koefisien Skewness C_s	99,0%	50,0%	20,0%	10,0%	4,0%	2,0%	1,0%	0,5%
0,00	-2,326	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,10	-2,400	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
-0,20	-2,472	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,30	-2,544	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,40	-2,615	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,50	-2,686	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,60	-2,755	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,70	-2,824	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,80	-2,891	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,90	-2,957	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1,00	-3,022	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,10	-3,087	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,20	-3,149	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,30	-3,211	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424
-1,40	-3,271	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,50	-3,330	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282
-1,60	-3,380	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216

Koefisien Skewness C_s	Kala Ulang (Tahun)							
	1,0101	2	5	10	25	50	100	200
	$P(x \geq X) = 1 - P(x < X)$							
Koefisien Skewness C_s	99,0%	50,0%	20,0%	10,0%	4,0%	2,0%	1,0%	0,5%
-1,70	-3,444	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140	1,155
-1,80	-3,499	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-1,90	-3,553	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037	1,044
-2,00	-3,605	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995
-2,10	-3,656	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,946	0,949
-2,20	-3,705	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907
-2,30	-3,753	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869
-2,40	-3,800	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832	0,833
-2,50	-3,845	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800
-2,60	-3,899	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769	0,769
-2,70	-3,932	0,376	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740	0,741
-2,80	-3,973	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714
-2,90	-4,013	0,390	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690
-3,00	-4,051	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667

Berikut hasil analisa curah hujan rencana dengan Distribusi Log Pearson III

- Untuk $T = 2$ Tahun

$K_t = 0.195$ (dari Tabel 4.10)

$$\log X_t = \log \bar{x} + (K_t \times S)$$

$$\log X_2 = 2.109240969 + (0.195 \times 0.098950731)$$

$$\text{Log } X_2 = 2,128536361 \text{ mm}$$

$$X_2 = 134,442 \text{ mm}$$

- Untuk T = 5 Tahun

$$Kt = 0.844 \text{ (dari Tabel 4.10)}$$

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_5 = 2.109240969 + (0.844 \times 0,098950731)$$

$$\text{Log } X_5 = 2,192755385 \text{ mm}$$

$$X_5 = 155,867 \text{ mm}$$

- Untuk T = 10 Tahun

$$Kt = 1.086 \text{ (dari Tabel 4.10)}$$

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_{10} = 2.109240969 + (1.086 \times 0,098950731)$$

$$\text{Log } X_{10} = 2,216701462 \text{ mm}$$

$$X_{10} = 164,702 \text{ mm}$$

- Untuk T = 25 Tahun

$$Kt = 1.282 \text{ (dari Tabel 4.10)}$$

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_{25} = 2.109240969 + (1.282 \times 0,098950731) \text{ Log } X_{25} = 2,236095806 \text{ mm}$$

$$X_{25} = 172,224 \text{ mm}$$

- Untuk T = 50 Tahun

$$Kt = 1,379 \text{ (dari Tabel 4.10)}$$

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_{50} = 2.109240969 + (1,379 \times 0,098950731)$$

$$\text{Log } X_{50} = 2,245694027 \text{ mm}$$

$$X_{50} = 176,073 \text{ mm}$$

- Untuk $T = 100$ Tahun

$$K_t = 1,449 \text{ (dari Tabel 4.10)}$$

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (K_t \times S)$$

$$\text{Log } X_{100} = 2.109240969 + (1,449 \times 0,098950731) \text{ Log } X_{100} = 2,252620578 \text{ mm}$$

$$X_{100} = 178,904 \text{ mm.}$$

Tabel 4.16 Analisis hasil curah hujan dengan Distribusi Log Person III (Sumber : Hasil penelitian).

No.	T	K_t	C_s	Log $\bar{x}$	Log X_T	Log S	Curah Hujan X_T (mm)
1.	2	0.195	-1,2	2.109240969	2,128536361	0,098950731	134,442
2.	5	0.844	-1,2	2.109240969	2,192755385	0,098950731	155,867
3.	10	1.086	-1,2	2.109240969	2,216701462	0,098950731	164,702
4.	25	1.282	-1,2	2.109240969	2,236095806	0,098950731	172,224
5.	50	1,379	-1,2	2.109240969	2,245694027	0,098950731	176,073
6.	100	1,449	-1,2	2.109240969	2,252620578	0,098950731	178,904

4. Distribusi Gumbell

Tabel 4.17 Analisis curah hujan dengan Distribusi Gumbell (Sumber : Hasil penelitian)

Tahun	Curah Hujan (mm) X_i	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^3$	$(x_i - \bar{x})^4$
1.	90	-38.60	1489.96	-57512.46	2219980.80
2.	84	-44.60	1989.16	-88716.54	3956757.51
3.	135	6.40	40.96	262.14	1677.72
4.	147	18.40	338.56	6229.50	114622.87
5.	159	30.40	924.16	28094.46	854071.71
6.	146	17.40	302.76	5268.02	91663.62
7.	124	-4.60	21.16	-97.34	447.75
8.	132	3.40	11.56	39.30	133.63
9.	160	31.40	985.96	30959.14	972117.12
10.	109	-19.60	384.16	-7529.54	147578.91

jumlah	1286	0,6	6488.40	-83003.28	8359051.63
$\bar{X}$	128.6				
S	26.850				
n	10				

Dari data-data diatas didapat :

$$\bar{x} = \frac{1286}{10} = 128.6 \text{ mm}$$

Standar Deviasi

$$(s) = \sqrt{\frac{\sum (xi - x)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum (6488.40)}{9}} = 26,850 \text{ mm}$$

Dari Tabel 2.4, Tabel 2.5 dan Tabel 2.6 , diperoleh nilai Yn , Sn dan Yt untuk n = 10

$$Yn = 0,4952$$

$$Sn = 0,9496$$

$$Yt = 0,3665$$

Menghitung Koefisien Skewness (Cs)

$$(Cs) = \frac{\sum_{i=1}^n (xi - x)^3}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

$$(Cs) = \frac{10 (-83003.28)}{(10 - 1)(10 - 2)26,850^3}$$

$$(Cs) = -0,595 \text{ mm}$$

Menghitung Koefisien Kurtosis (Ck)

$$(Ck) = \frac{\sum_{i=1}^n (xi - x)^4}{(n - 1)(n - 2)S^4}$$

$$(Ck) = \frac{10 (8359051.63)}{(10 - 1)(10 - 2)26,850^4}$$

$$(Ck) = 2,233 \text{ mm}$$

Untuk $T = 2$ Tahun dengan $Y_t = 0,3665$ (dari tabel 2.6)

a. $T = 2$ Tahun

$$Y_t = 0,3665 \text{ (dari tabel ?)}$$

$$K = (Y_t - Y_n) = (0,3665 - 0,4952) = -0,1355$$

$$S_n = 0,9496$$

$$X_t = \bar{x} + (K \times S)$$

$$X_2 = 128,6 + (-0,1355 \times 26,850)$$

$$X_2 = 124,961 \text{ mm}$$

b. $T = 5$ Tahun

$$Y_t = 1,4999 \text{ (dari tabel ?)}$$

$$K = (Y_t - Y_n) = (1,4999 - 0,4952) = 1,0580$$

$$S_n = 0,9496$$

$$X_t = \bar{x} + (K \times S)$$

$$X_5 = 128,6 + (1,0580 \times 26,850)$$

$$X_5 = 157,007 \text{ mm}$$

c. $T = 10$ Tahun

$$Y_t = 2,2502$$

$$K = (Y_t - Y_n) = (2,2502 - 0,4952) = 1,8481$$

$$S_n = 0,9496$$

$$X_t = \bar{x} + (K \times S)$$

$$X_{10} = 128,6 + (1,8481 \times 26,850)$$

$$X_{10} = 178,221 \text{ mm}$$

$$d. \quad T = 25 \text{ Tahun}$$

$$Y_t = 3,1985$$

$$K = (Y_t - Y_n) = (3,1985 - 0,4952) = 2,8467$$

$$S_n = 0,9496$$

$$X_t = \bar{x} + (K \times S)$$

$$X_{25} = 128,6 + (2,8467 \times 26,850)$$

$$X_{25} = 205,033 \text{ mm}$$

$$e. \quad T = 50 \text{ Tahun}$$

$$Y_t = 3,9019$$

$$K = (Y_t - Y_n) = (3,9019 - 0,4952) = 3,5875$$

$$S_n = 0,9496$$

$$X_t = \bar{x} + (K \times S)$$

$$X_{50} = 128,6 + (3,5875 \times 26,850)$$

$$X_{50} = 224,924 \text{ mm}$$

$$f. \quad T = 100 \text{ Tahun}$$

$$Y_t = 4,6001$$

$$K = (Y_t - Y_n) = (4,6001 - 0,4952) = 4,3227$$

$$S_n = 0,9496$$

$$X_t = \bar{x} + (K \times S)$$

$$X_{100} = 128,6 + (4,3227 \times 26,850)$$

$$X_{100} = 244,664 \text{ mm}$$

Tabel 4.18 Analisis hasil curah hujan rencana dengan Distribusi Gumbell
(Sumber : Hasil perhitungan)

No.	Periode Ulang (T) Tahun	Y_t	Y_n	S_n	K	$\bar{X}$	S	Curah Hujan ($\bar{X}_t$)
1.	2	0,3665	0,4952	0,9496	-0,1355	128,6	26,850	124,961
2.	5	1,4999	0,4952	0,9496	1,0580	128,6	26,850	157,007
3.	10	2,2502	0,4952	0,9496	1,8481	128,6	26,850	178,221
4.	25	3,1985	0,4952	0,9496	2,8467	128,6	26,850	205,033
5.	50	3,9019	0,4952	0,9496	3,5875	128,6	26,850	224,924
6.	100	4,6001	0,4952	0,9496	4,3227	128,6	26,850	244,664

Tabel 4.19 Rekapitulasi analisa curah hujan rencana maksimum
(Sumber : Hasil perhitungan)

No.	Periode Ulang (T) Tahun	Normal	Log Normal	Log PersonIII	Gumbell
1.	2	128.6	128.600	134,442	124,961
2.	5	151,154	155.725	155,867	157,007
3.	10	162,968	172.146	164,702	178,221
4.	25	174,513	189.865	172,224	205,033
5.	50	183,642	205.158	176,073	224,924
6.	100	191,160	218.673	178,904	244,664

4.5 Pemilihan Jenis Sebaran

Ketentuan dalam parameter pemilihan distribusi curah hujan tercantum dalam Tabel 4.17

Tabel 4.20 Parameter pemilihan distribusi curah hujan (Pudyastuti & Musthofa, 2020)

Jenis Sebaran	Kriteria	Hasil	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k = 3$	$C_s = -0,595$ $C_k = 2,233$	Tidak memenuhi
Log Normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$ $C_k = 5,383$	$C_s = -1,206$ $C_k = 2,822$	Tidak memenuhi
Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$	$C_s = -1,2$	Tidak memenuhi
Gumbell	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$	$C_s = -0,595$ $C_k = 2,233$	memenuhi

Berdasarkan parameter data curah hujan skala normal maka dapat mengestimasi distribusi yang cocok dengan curah hujan tertentu. Adapun distribusi yang dipakai dalam perhitungan ini adalah metode distribusi Gumbell.

4.6 Pengujian Keselarasan Sebaran

Uji kecocokan distribusi adalah untuk menentukan kecocokan (*The Goodness Of Fit Test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter.

a) Uji Kecocokan Chi-Square.

Untuk menguji kecocokan Metode Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Log Pearson Tipe III dan Metode Gumbell, maka digunakan uji kecocokan Chi-Square untuk menguji distribusi pengamatan. Apakah sampel memenuhi syarat distribusi yang diuji atau tidak. Perhitungan Uji Chi-Square adalah sebagai berikut:

- Langkah pertama mengurutkan data curah hujan harian maksimum dari yang terbesar ke yang terkecil, berikut data curah hujan 10 tahun dapat dilihat pada tabel 4.18

Tabel 4.21 Urutan data curah hujan 10 tahun dari yang terbesar ke yang terkecil

No	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
1	165
2	159
3	147
4	146
5	135
6	124
7	111
8	90
9	84
10	83
Jumlah	1286
($\bar{X}$)	128.6

- Tentukan jumlah kelas (K)

$$K = 1 + 3,322 \log n = 1 + 3,322 \log 10$$

$$= 4,322 \approx 5$$

- Menghitung derajat kebebasan (dk) dan χ^2_{cr}

$$DK = K - R - 1 = 5 - 2 - 1 = 2$$

Jika dk = 2 maka derajat kepercayaan 95% diterima, maka didapat $\chi^2_{cr} = 5,991$ dengan dk = 2 dan $\alpha = 5\%$.

- Menghitung E_i n = 10

$$\text{Maka } E_i = \frac{10}{5} = 2$$

Menghitung kelas distribusi Untuk probabilitas 20%

$$\frac{1}{px} = \frac{1}{0.2} = 5 \text{ tahun}$$

- Untuk probabilitas 40%

$$\frac{1}{px} = \frac{1}{0.4} = 2,5 \text{ tahun}$$

- Untuk probabilitas 60%

$$\frac{1}{px} = \frac{1}{0.6} = 1,667 \text{ tahun}$$

- Untuk probabilitas 80%

$$\frac{1}{px} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ tahun}$$

Menghitung Interval Kelas

1. Metode Distribusi Normal

Untuk T = 5 Tahun

$$K = 0,84 \text{ (berdasarkan tabel 2.2)}$$

$$X_t = \bar{x} + (K \times S)$$

$$X_5 = 128,6 + (0,84 \times 26,850)$$

$$X_5 = 151,154 \text{ mm.}$$

Tabel 4.22 Analisis data curah hujan distribusi normal sesuai interval kelas.
(Sumber : Hasil perhitungan)

Periode Ulang (T)	$\bar{X}$	K	S	Curah Hujan (X_T) mm
5	128.6	0,84	26,850	151,154
2,5	128.6	0,25	26,850	135,312
1,670	128.6	-0,25	26,850	121,887
1,25	128.6	-0,84	26,850	106,046

2. Metode Distribusi Log Normal

Untuk T = 5 Tahun

$Kt = 0,84$ (dari tabel 2.2)

$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times \text{Log } S)$

$\text{Log } X_5 = 2.109240969 + (0,84 \times 0,0989507)$

$\text{Log } X_5 = 2,1923595 \text{ mm}$

$X_5 = 155,725 \text{ mm}$

Tabel 4.23 Analisis data curah hujan Distribusi Log Normal sesuai interval kelas.
(Sumber : Hasil perhitungan)

Periode Ulang (T)	Log $\bar{X}$	K	S	Log X_t	Curah Hujan (X_T) mm
5	2.109240969	0,84	0,0989507	2,1923595	155,725
2,5	2.109240969	0,25	0,0989507	2,1339786	136,137
1,667	2.109240969	-0,25	0,0989507	2,0845032	121,479
1,25	2.109240969	-0,84	0,0989507	2,0261223	106,199

3. Metode Log Pearson III

- Untuk T = 5 Tahun

$Kt = 0,844$ (hasil interpolasi sesuai nilai $cs = -1,2$)

$$\text{Log } X_t = \text{Log } \bar{x} + (Kt \times S)$$

$$\text{Log } X_5 = 2.109240969 + (0,844 \times 0,0989507)$$

$$\text{Log } X_5 = 2,1927553 \text{ mm}$$

$$X_5 = 155,867 \text{ mm}$$

Tabel 4.24 Analisis data curah hujan Distribusi Log Pearson III sesuai interval kelas. (Sumber : Hasil perhitungan)

Periode Ulang (T)	Log $\bar{X}$	K	S	Log X_t	Curah Hujan (X_T) mm
5	2.109240969	0,844	0,0989507	2,1927553	155,867
2,5	2.109240969	0,4113	0,0989507	2,1499393	141,234
1,667	2.109240969	-0,1140	0,0989507	2,0979605	125,302
1,25	2.109240969	-0,732	0,0989507	2,0368090	108,845

4. Metode Gumbell

$n = 10$ maka,

$$y_n = 0,4952 \text{ dan } s_n = 0,9496 \quad Y_t = \left(-\ln \frac{(T-1)}{T} \right) \text{ dan } K = \frac{Y_t - Y_n}{T}$$

Untuk T = 5 Tahun

$K = 1,058$ (dari tabel 4.17)

$$X_t = \bar{x} + (K \times S)$$

$$X_5 = 128,6 + (1,058 \times 26,850)$$

$$X_5 = 157,007 \text{ mm.}$$

Tabel 4.25 Analisis data curah hujan Distribusi Gumbell sesuai interval kelas.
(Sumber : Hasil perhitungan)

Periode Ulang (T)	Reduce Variate (YT)	Yn	Sn	KT	Curah Hujan (X_T) mm
5	1,4999	0,4952	0,9496	1,058	157,007
2,5	0,672	0,4952	0,9496	0,186	133,594
1,667	0,091	0,4952	0,9496	-0,426	117,161
1,25	-0,476	0,4952	0,9496	-1,023	101,132

Nilai X_2 hasil perhitungan yang dapat dilihat pada tabel 4.21 , 4.22 ,4.23 dan 4.24 syarat yang harus dipenuhi,yaitu $X_2 \text{ hitung} < X_2.cr$

Tabel 4.26 Perhitungan Uji Kecocokan Chi-Square Dengan Distibusi Normal
(Sumber : Hasil perhitungan)

No	Nilai Batas	Ekspetasi	Observasi	(O _i - E _i)	(O _i - E _i) ² /E _i
	Kelompok	E _i	O _i		
1	>151,154	2	2	0	0
2	134,312-151,154	2	3	1	0,5
3	121,887- 134,312	2	2	0	0
4	106,046-121,887	2	1	-1	0,5
5	<106,046	2	2	0	0
Jumlah		10	10	X^2	1

Dilihat dari hasil perbandingan diatas bahwa $X_2 = \text{harga Chi-Square} = 1 < X_2$ 5,991 maka hipotesa yang diuji dapat diterima.

Tabel 4.27 Perhitungan uji kecocokan Chi-Square dengan Distibusi Log Normal.
(Sumber : Hasil perhitungan)

No	Nilai Batas	Ekspetasi	Observasi	(O _i - E _i)	(O _i - E _i) ² /E _i
	Kelompok	E _i	O _i		
1	>155,725	2	2	0	0
2	136,137 – 155,725	2	2	0	0
3	121,479 – 136,137	2	3	1	0,5
4	106,199– 121,479	2	1	-1	0,5
5	<106,199	2	2	0	0

Jumlah	10	10	X^2	1
--------	----	----	-------	---

Dilihat dari hasil perbandingan diatas bahwa $X^2 = \text{harga Chi-Square} = 1 < X^2_{5,991}$ maka hipotesa yang diuji dapat diterima.

Tabel 4.28 Perhitungan uji kecocokan Chi-Square dengan Log Pearson III(Sumber : Hasil perhitungan)

No	Nilai Batas	Ekspetasi	Observasi	$(O_i - E_i)$	$(O_i - E_i)^2/E_i$
	Kelompok	E_i	O_i		
1	>155,867	2	2	0	0
2	141,234 – 155,867	2	2	0	0
3	125,302 – 141,234	2	2	0	0
4	108,845 – 125,302	2	2	0	0
5	<108,845	2	2	0	0
Jumlah		10	10	X^2	0

Dilihat dari hasil perbandingan diatas bahwa $X^2 = \text{harga Chi-Square} = 0 < X^2_{5,991}$ maka hipotesa yang diuji dapat diterima.

Tabel 4.29 Perhitungan uji kecocokan Chi-Square dengan Distribusi Gumbell.
(Sumber : Hasil perhitungan)

No	Nilai Batas	Ekspetasi	Observasi	$(O_i - E_i)$	$(O_i - E_i)^2/E_i$
	Kelompok	E_i	O_i		
1	>157,007	2	2	0	0
2	133,594 – 157,007	2	3	1	0,5
3	117,161 – 133,594	2	2	0	0
4	101,132 – 117,161	2	1	-1	0,5
5	<101,132	2	2	0	0
Jumlah		10	10	X^2	1

Dilihat dari hasil perbandingan diatas bahwa $X^2 = \text{harga Chi-Square} = 1 < X^2_{5,991}$ maka hipotesa yang diuji dapat diterima

4.7 Hasil Pengujian Distribusi Frekuensi Yang Terpilih

a) Uji Chi Square

Tabel 4.30 Hasil analisis pengujian sebaran Chi Square.

Hasil	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbell
Chi-Kuadrat Hitung (χ^2)	1	1	0	1
Chi-Kuadrat Kritis (χ^2_{cr})	5,991	5,991	5,991	5,991
Hipotesa	diterima	diterima	diterima	diterima

b) Analisis Distribusi yang terpilih adalah

Sesuai Tabel 4.15 distribusi yang dipakai pada analisis studi kasus ini adalah Distribusi Gumbell, dikarenakan C_s dan C_k pada Metode Gumbell memenuhi syarat.

4.8 Debit Banjir Rancangan

Perhitungan debit rencana saluran drainase didaerah perkotaan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus rasional. Analisis penampang drainase menghitung luas basah dan keliling basah penampang di drainase tersebut dan menganalisis volume penampang dengan persamaan manning. Selanjutnya menghitung debit saluran yang terjadi. Tabel berikut ini menyajikan standar desain saluran drainase berdasarkan pedoman drainase perkotaan dan standar desain teknis. Debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan metode rasional dengan faktor parameternya antara lain koefisien limpasan, intensitas hujan daerah dan luas catchment area.

a) Saluran Primer

1. Menghitung Waktu Konsentrasi DIK : Data Lapangan dan Data Satelit

Tabel 4.31 Data lapangan saluran primer yang ditinjau
(Sumber : Hasil perhitungan)

No	Data Hidrologi	Notasi	Satuan	Saluran Primer I	Saluran Primer II	Saluran Primer III
1	Slope/Kemiringan Saluran	S	%	0,002	0,001	0,0007
2	Panjang Aliran	L	m	658	1240	2.020

DIT : t_c ?

$$t_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

- Saluran Primer I yang ditinjau

$$t_c = 0,0195 \times 658^{0,77} \times 0,002^{-0,385}$$

$$t_c = 31,563 \text{ menit}$$

- Saluran Primer II yang ditinjau

$$t_c = 0,0195 \times 1.240^{0,77} \times 0,001^{-0,385}$$

$$t_c = 67,138 \text{ menit}$$

- Saluran Primer III yang ditinjau

$$t_c = 0,0195 \times 2.020^{0,77} \times 0,0007^{-0,385}$$

$$t_c = 112,148 \text{ menit}$$

$$\text{Total } t_c = 31,563 \text{ menit.} + 67,138 \text{ menit.} + 112,148 \text{ menit.}$$

$$= 210,849 \text{ menit atau sekitar } \pm 3 \text{ jam}$$

b) Saluran Sekunder

1. Menghitung Waktu Konsentrasi DIK : Data Lapangan dan Data Satelit

Tabel 4.32 Data lapangan saluran sekunder yang ditinjau
(Sumber : Hasil perhitungan)

No	Data Hidrologi	Slope Saluran (S) %	Panjang Aliran (L) m	Tc (menit)
1	Sekunder BLOK.C	0,00002	409	128,874
2	Sekunder BLOK.C1	0,001	181	15,256
3	Sekunder BLOK.E1	0,025	267	5,960
4	Sekunder BLOK.E2	0,019	257	6,432
5	Sekunder BLOK.E3	0,004	259	11,789
6	Sekunder BLOK.E4	0,005	265	11,011
7	Sekunder BLOK.E5	0,0049	203	9,038
8	Sekunder BLOK.E6	0,004	240	11,117
9	Sekunder Jalan Bumas	0,005	199	8,832
10	Sekunder BLOK FG1	0,005	188	8,453
11	Sekunder BLOK FG2	0,009	319	10,129
12	Sekunder BLOK FG3	0,015	196	5,718
Total				232,611 menit 3 jam 53 menit

Pada rumus Tc, diambil waktu konsentrasi DAS atau lintasan aliran terpanjang, pada saluran primer dan saluran sekunder terpanjang adalah sekunder Blok C, sekunder blok C mengalir ke saluran primer II lalu menuju Primer III lalu Ke Sungai maka Tc yang diambil adalah :

$$tc = 128,874 + 112,148 = 241,022 \text{ menit atau sekitar } \pm 4 \text{ jam}$$

1. Menghitung Intensitas Hujan Menggunakan Rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{4} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ mm/jam}$$

$$I = \frac{178,221}{24} \times \left(\frac{24}{4} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ mm/jam}$$

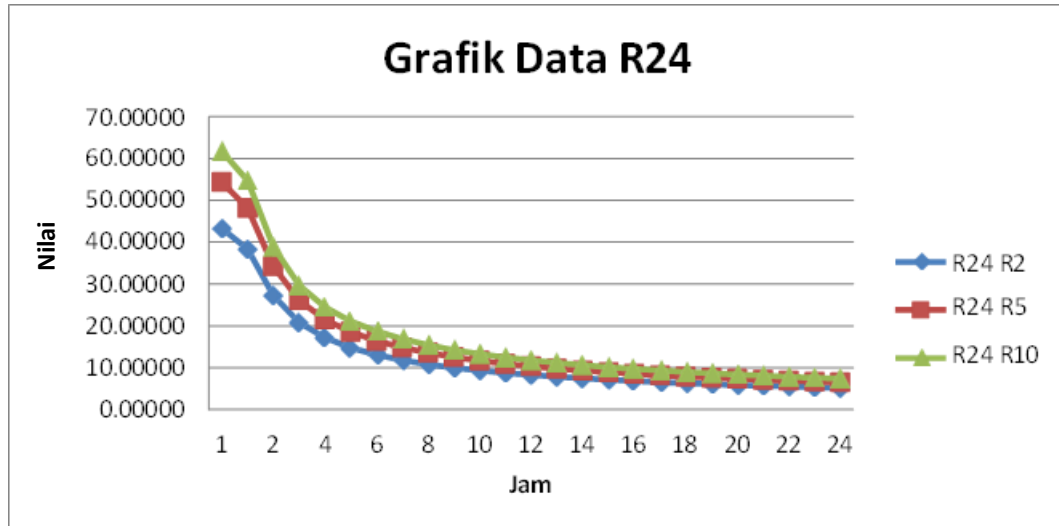
$$I = 24,52 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan dengan rumus Mononobe data Gumbell dapat dilihat pada tabel 4.33 dibawah ini

Tabel 4.33 Rekapitulasi Analisa Intensitas Hujan Menggunakan Rumus Mononobe (Sumber : Hasil Perhitungan)

t (Jam)	R24		
	R2	R5	R10
	124.961	157.007	178.221
1	43.32156	54.43129	61.78577
1,2	38.36336	48.20156	54.71431
2	27.29087	34.28956	38.92260
3	20.82683	26.16783	29.70350
4	17.19217	21.60107	24.51970
5	14.81576	18.61524	21.13044
6	13.12008	16.48470	18.71203
7	11.83874	14.87476	16.88456
8	10.83039	13.60782	15.44644
9	10.01250	12.58018	14.27995
10	9.33335	11.72687	13.31134
11	8.75875	11.00492	12.49185
12	8.26513	10.38471	11.78784
13	7.83565	9.84509	11.17531
14	7.45794	9.37051	10.63661
15	7.12268	8.94927	10.15845
16	6.82272	8.57239	9.73065
17	6.55247	8.23283	9.34521
18	6.30748	7.92502	8.99581
19	6.08417	7.64445	8.67733
20	5.87964	7.38746	8.38562
21	5.69147	7.15104	8.11725
22	5.51767	6.93266	7.86937
23	5.35655	6.73023	7.63959
24	5.20671	6.54196	7.42588

Kurva IDF dari tabel 4.33 dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut



Gambar 4.3 Kurva IDF intensitas hujan

Intensitas berhubungan dengan durasi dan frekuensi dapat diekspresikan dengan kurva Intensity-Duration-Frequency (IDF). Gambar Kurva IDF diatas dapat adalah hasil dari perhitungan analisa intensitas hujan menggunakan rumus *mononobe*

2. Catchment Area

Luas Catchment area drainase kawasan Jl.Komplek Bumi asri jalan asrama kecamatan medan Helvetia adalah 30 Ha. Koefisien pengaliran (C) = 0.95.

a) Debit banjir rancangan dihitung dengan menggunakan metode rasional yaitu :

- Kala ulang 10 tahun $Q = \alpha \cdot \beta \cdot I \cdot A$

$$Q = 0,95 \times 0,00278 \times 24,52 \times 30$$

$$Q = 1,94338 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Untuk kala ulang 2 – 10 tahun tertera di tabel 4.14 dibawah ini:

Tabel 4.34 Perhitungan Q Rancangan Menggunakan Metode Rasional (Sumber : Hasil perhitungan)

No	Periode	β	α	I (mm/jam)	A (Ha)	Q (m ³ /det)
1	2	0,00278	0,95	17.19217	30	1,362 m ³ /det
2	5	0,00278	0,95	21.60107	30	1,711 m ³ /det
3	10	0,00278	0,95	24.51970	30	1,943 m ³ /det

4.9 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika penampang saluran drainase di kawasan Jl.Komplek Bumi asri jalan asrama kecamatan medan Helvetia dilakukan dengan melakukan perbandingan besarnya debit banjir rancangan dengan besarnya kemampuan saluran menampung debit banjir. Apabila Q rancangan debit banjir > Q tampungan saluran maka saluran tidak akan mampu.

4.10 Perhitungan Kapasitas Saluran

Hasil survei di lokasi penelitian, Perumahan Bumi Asri, Kecamatan Medan Helvetia, Kota Medan, memberikan gambaran data lapangan berupa Saluran Primer dan Saluran Sekunder. Saluran primer merupakan saluran utama dari ujung jalan dodik yang mengalirkan air dari hulu ke hilir hingga bermuara di Sungai Badera, sementara saluran sekunder terletak di kompleks bumi asri dan berasal dari blok blok kecil yang bermuara ke saluran primer.

a) Saluran Primer

Tabel 4.35 Hasil Survei Drainase Saluran Primer (SP) (Sumber : Hasil perhitungan)

No	Saluran	Ukuran Saluran			Panjang Saluran (km)	Kondisi Eksisting Saluran
		A (meter)	B (meter)	H (meter)		
1	Primer I	1,67	1,39	1,20	0,658	Pasangan Batu Diplaster
2	Primer II	1,67	1,39	1,20	0,582	Pasangan Batu Diplaster

$$\frac{(b_1 - b_2)}{2} = \frac{(1,70 - 1,09)}{2} = 0,305$$

Cari panjang sisi miring saluran (kemiringan/talud):

$$\begin{aligned} \text{sisi miring} &= \sqrt{H^2 + 0,305^2} = \sqrt{1,20^2 + 0,305^2} \\ &= \sqrt{1,44 + 0,0930} = \sqrt{1,533} = 1,238 \end{aligned}$$

Maka untuk keliling basah nya

$$P = b_2 + 2 \times \text{sisi miring}$$

$$P = 1,09 + 2 \times 1,238 = 3,567 \text{ m}$$

c) Jari Jari Hidraulis (R)

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

$$R = \frac{1,674}{3,567} = 0,469 \text{ m}$$

d) Menghitung Kecepatan Menggunakan Rumus Manning

Koefisien pengaliran Manning untuk kondisi saluran beton

- Saluran Primer I

$$n = 0,015$$

$$S = 0,002$$

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

$$V = \frac{1}{0,015} \times 0,496^{2/3} \times 0,002^{1/2}$$

$$V = 1,8868 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase Primer 1 adalah

$$Q = A \times V$$

$$Q = 1,674 \times 1,868$$

$$Q = 3,127 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Saluran Primer II

Menghitung Kecepatan Menggunakan Rumus Manning Koefisien pengaliran Manning untuk kondisi saluran Tanah

$$n = 0.030$$

$$S = 0,001$$

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

$$V = \frac{1}{0,030} \times 0,496^{2/3} \times 0,001^{1/2}$$

$$V = 0,660 \text{ m/s}$$

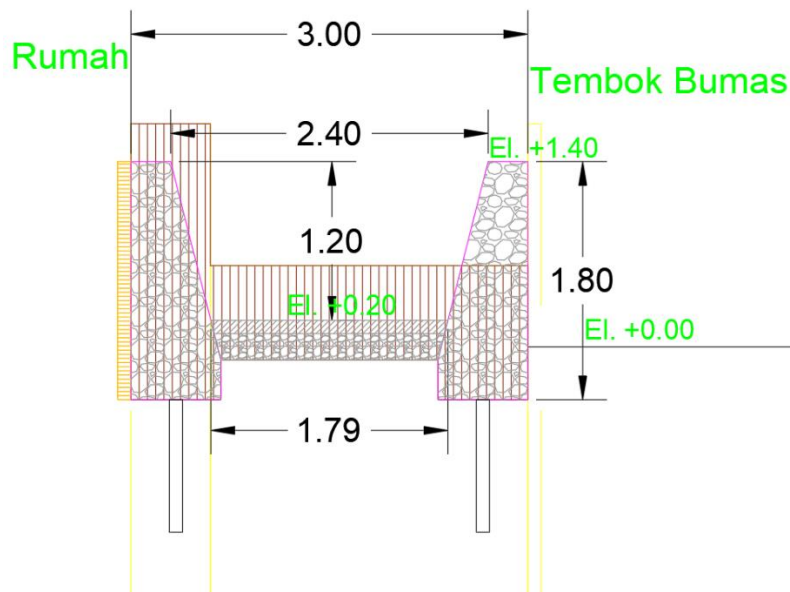
Maka kapasitas tampungan pada Drainase Primer II adalah

$$Q = A \times V$$

$$Q = 1,674 \times 2,089$$

$$Q = 1,105 \text{ m}^3/\text{s}$$

Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting Pada saluran Primer III yang ditinjau adalah sebagai berikut :



Gambar 4.5 Type Drainase Eksisting Saluran Primer III

a) Luas Penampang (A)

$$A = \frac{(b_1 + b_2)}{2} \times h$$

$$A = \frac{(2,40 + 1,79)}{2} \times 1,20$$

$$A = 2,514 \text{ m}^2$$

b) Keliling Basah (P)

$$P = b_2 + 2 \times \text{sisi miring}$$

Cari kemiringan sisi saluran (selisih lebar dibagi 2):

$$\frac{(b_1 - b_2)}{2} = \frac{(2,40 - 1,79)}{2} = 0,305$$

Cari panjang sisi miring saluran (kemiringan/talud):

$$\begin{aligned} \text{sisi miring} &= \sqrt{H^2 + 0,305^2} = \sqrt{1,20^2 + 0,305^2} \\ &= \sqrt{1,44 + 0,0930} = \sqrt{1,533} = 1,238 \end{aligned}$$

Maka untuk keliling basah nya

$$P = b_2 + 2 \times \text{sisi miring}$$

$$P = 1,79 + 2 \times 1,238 = 4,266 \text{ m}$$

c) Jari Jari Hidraulis (R)

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

$$R = \frac{2,514}{4,266} = 0,589 \text{ m}$$

- Menghitung Kecepatan Menggunakan Rumus Manning Koefisien pengaliran Manning untuk kondisi saluran Tanah

$$n = 0.015$$

$$S = 0,001$$

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

$$V = \frac{1}{0,015} \times 0,589^{2/3} \times 0,0007^{1/2}$$

$$V = 1,239 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase Primer III adalah

$$Q = A \times V$$

$$Q = 2,514 \times 1,239$$

$$Q = 3,115 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari hasil Q rencana debit banjir dan Q analisa tampungan penampung diatas dibuat perbandingan hasil perhitungan untuk mengetahui kondisi saluran drainase seperti

pada Tabel 4.35

Tabel 4.36 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran primer

SALURAN PRIMER								
No	Kala Ulang (Tahun)	Q Rencana Debit Banjir	Q Tampungan					
			Primer I	Ket	Primer II	Ket	Primer III	Ket
1	2	1,362 m ³ /det	3,127 m ³ /det	Aman	1,105 m ³ /det	Tidak Aman	3,115 m ³ /det	Aman
2	5	1,711 m ³ /det	3,127 m ³ /det	Aman	1,105 m ³ /det	Tidak Aman	3,115 m ³ /det	Aman

3	10	1,943 m ³ /det	3,127 m ³ /det	Aman	1,105 m ³ /det	Tidak Aman	3,115 m ³ /det	Aman
---	----	------------------------------	------------------------------	------	------------------------------	---------------	------------------------------	------

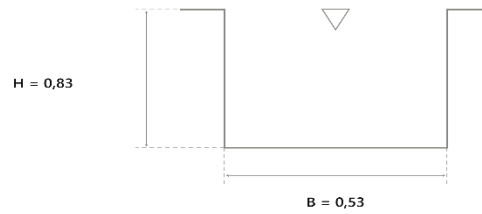
Berdasarkan hasil evaluasi perhitungan tersebut, pada debit banjir rencana periode ulang 10 tahun ($Q = 1,943 \text{ m}^3/\text{detik}$), Saluran Primer I dengan kapasitas tampungan sebesar $3,127 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan Saluran Primer III dengan kapasitas tampungan sebesar $3,115 \text{ m}^3/\text{det}$ masih mampu menampung debit banjir rencana tersebut. Sebaliknya, Saluran Primer II dengan kapasitas tampungan hanya $1,105 \text{ m}^3/\text{detik}$ tidak mampu menampung debit banjir rencana pada periode ulang yang sama, sehingga diperlukan perbaikan berupa perubahan kemiringan dasar saluran (slope) pada Saluran Primer II agar kapasitas tampungannya dapat ditingkatkan hingga mampu menampung debit banjir rencana.

b) Saluran Sekunder

Tabel 4.37 Hasil survei drainase saluran sekunder (SS) di Komplek Bumi Asri
(Sumber : Hasil perhitungan)

No	Saluran	Ukuran Saluran			Panjang Saluran (km)	Kondisi Eksisting Saluran
		A (meter)	B (meter)	H (meter)		
1	Sekunder BLOK.C	0,43	0,53	0,83	0,503	Beton
2	Sekunder BLOK.C1	0,43	0,56	0,83	0,182	Beton
3	Sekunder BLOK.E1	0,37	0,55	0,68	0,265	Beton
4	Sekunder BLOK.E2	0,45	0,55	0,82	0,257	Beton
5	Sekunder BLOK.E3	0,45	0,55	0,82	0,257	Beton
6	Sekunder BLOK.E4	0,40	0,55	0,73	0,264	Beton
7	Sekunder BLOK.E5	0,40	0,55	0,73	0,202	Beton
8	Sekunder BLOK.E6	0,40	0,55	0,73	0,239	Beton
9	Sekunder Jalan Bumas	0,40	0,67	1	0,198	Beton
10	Sekunder BLOK FG1	0,40	0,67	1	0,187	Beton
11	Sekunder BLOK FG2	0,40	0,67	1	0,318	Beton
12	Sekunder BLOK FG3	0,40	0,67	1	0,195	Beton

Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting Pada Saluran Sekunder Blok C Dan C1 yang ditinjau adalah sebagai berikut :



Gambar 4.6 Type Drainase Eksisting Saluran Sekunder Blok C dan C1

Dik :

Luas Penampang (A)

$$A = b \times h$$

$$A = 0.53 \times 0.83$$

$$A = 0.43 \text{ m}^2$$

Keliling Basah (P)

$$P = b + 2h$$

$$P = 0.53 + (2 \times 0.83)$$

$$P = 0.53 + 1.66$$

$$P = 2.19 \text{ m}$$

Jari Jari hidraulis

$$R = A/P$$

$$R = \frac{0.43}{2.19}$$

$$R = 0.196 \text{ m}$$

- Saluran Sekunder Drainase Blok C

Kecepatan Aliran Pada Saluran Sekunder Drainase Blok C

$$n = 0.015$$

$$S = 0.00002$$

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

$$V = \frac{1}{0.015} \times 0.148^{2/3} \times 0.00002^{1/2}$$

$$V = 0,100 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase Blok C adalah

$$Q=A \times V$$

$$Q=0,43 \times 0,100$$

$$Q = 0,043 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Saluran Sekunder Drainase Blok C1

$$n = 0.015$$

$$S = 0.001$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} X 0.148^{2/3} X 0.001^{1/2}$$

$$V = 0,711 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase Blok C adalah

$$Q=A \times V$$

$$Q=0,43 \times 0,711$$

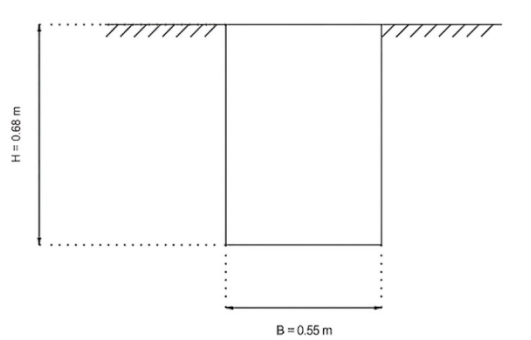
$$Q = 0,305 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 4.38 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran Sekunder Pada Blok C dan Blok C1 (Sumber : Hasil perhitungan)

SALURAN SEKUNDER						
No	Kala Ulang (Tahun)	Q Rencana Debit Banjir	Q Tampungan			
			Blok C	Ket	Blok C1	Ket
1	2	1,362 m ³ /det	0,043 m ³ /det	Tidak Aman	0,305 m ³ /det	Tidak Aman
2	5	1,711 m ³ /det	0,043 m ³ /det	Tidak Aman	0,305 m ³ /det	Tidak Aman
3	10	1,943 m ³ /det	0,043 m ³ /det	Tidak Aman	0,305 m ³ /det	Tidak Aman

Dari hasil evaluasi perhitungan diatas, debit banjir rencana (Q rencana) untuk periode ulang 10 tahun tidak dapat menampung air dalam saluran. Untuk itu perlu dilakukan perubahan dimensi penampang pada saluran drainase tersebut, dikarenakan saluran drainasenya tidak mampu menampung air hujan .

- Saluran Sekunder Pada Blok E1



Gambar 4.7 Type Drainase Eksisting Saluran Sekunder Blok E1

Luas Penampang (A)

$$A = b \times h$$

$$A = 0.55 \times 0.68$$

$$A = 0.374 \text{ m}^2$$

Keliling Basah (P)

$$P = b + 2h$$

$$P = 0.55 + (2 \times 0.68)$$

$$P = 0.55 + 1,36$$

$$P = 1,91 \text{ m}$$

Jari Jari hidraulis

$$R = A/P$$

$$R = \frac{0,37}{1,91}$$

$$R = 0.196 \text{ m}$$

Kecepatan Aliran Pada Saluran Sekunder Drainase Blok E1

$$n = 0.015$$

$$S = 0.025$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} X 0.196^{2/3} X 0.025^{1/2}$$

$$V = 3,557 \text{ m/s}$$

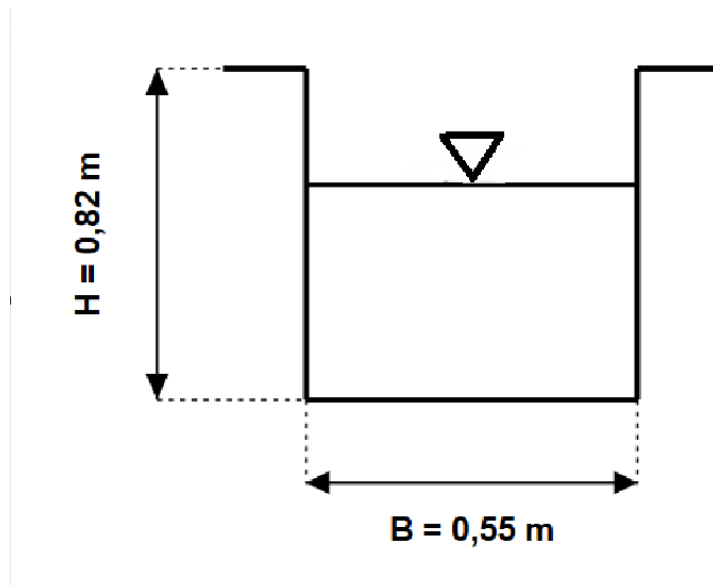
Maka kapasitas tampungan pada Drainase Blok E1 adalah

$$Q=A \times V$$

$$Q=0,374 \times 3,557$$

$$Q = 1,330 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Saluran Sekunder Pada Blok E2 Dan Blok E3



Gambar 4.8 Type Drainase Eksisting Saluran Sekunder Blok E2 Dan E3

Luas Penampang (A)

$$A = b \times h$$

$$A = 0.55 \times 0.82$$

$$A = 0.451 \text{ m}^2$$

Keliling Basah (P)

$$P = b + 2h$$

$$P = 0.55 + (2 \times 0.82)$$

$$P = 0.55 + 1,64$$

$$P = 2,19 \text{ m}$$

Jari Jari hidraulis

$$R = A/P$$

$$R = \frac{0,451}{2,19}$$

$$R = 0.206 \text{ m}$$

a) Kecepatan Aliran Pada Saluran Sekunder Drainase Blok E2

$$n = 0.015$$

$$S = 0.019$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} X 0.206^{2/3} X 0.019^{1/2}$$

$$V = 3,205 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase Blok E2 adalah

$$Q=A \times V$$

$$Q= 0,451 \times 3,205$$

$$Q = 1,445 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Kecepatan aliran Pada Saluran Sekunder Drainase Blok E3

$$n = 0.015$$

$$S = 0.004$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} X 0.206^{2/3} X 0.004^{1/2}$$

$$V = 1,471 \text{ m/s}$$

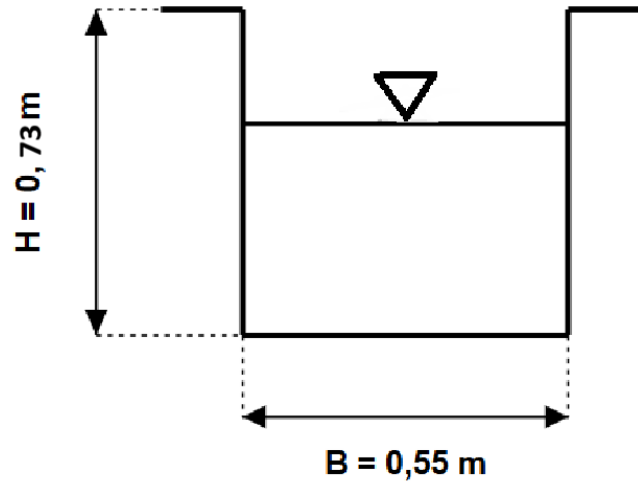
Maka kapasitas tampungan pada Drainase Blok E3 adalah

$$Q= A \times V$$

$$Q= 0,451 \times 1,471$$

$$Q = 0.663 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Saluran Sekunder Pada Blok E4, E5, E6, Jl. Bumas, Blok FG1, Blok FG2 Dan Blok FG3



Gambar 4.9 Type Drainase Eksisting Saluran Sekunder Blok E4, E5, E6, Jl. Bumas, Blok FG1, Blok FG2 Dan Blok FG3

Dik :

Luas Penampang (A)

$$A = b \times h$$

$$A = 0.55 \times 0.73$$

$$A = 0.402 \text{ m}^2$$

Keliling Basah (P)

$$P = b + 2h$$

$$P = 0.55 + (2 \times 0.73)$$

$$P = 0.55 + 1,46$$

$$P = 2.01 \text{ m}$$

Jari Jari hidraulis

$$R = A/P$$

$$R = \frac{0,402}{2,01}$$

$$R = 0.2 \text{ m}$$

- Saluran Sekunder Drainase Blok E4

Kecepatan Aliran Pada Saluran Sekunder Drainase Blok E4

$$n = 0.015$$

$$S = 0.005$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} X 0.2^{2/3} X 0.005^{1/2}$$

$$V = 1,612 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase Blok E4 adalah

$$Q=A \times V$$

$$Q= 0,402 \times 1,612$$

$$Q = 0,648 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Saluran Sekunder Drainase Blok E5

$$n = 0.015$$

$$S = 0.005$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} X 0.2^{2/3} X 0.005^{1/2}$$

$$V = 1,596 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase Blok E5 adalah

$$Q= A \times V$$

$$Q=0,402 \times 1,596$$

$$Q = 0,648 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Saluran Sekunder Drainase E6

$$n = 0.015$$

$$S = 0.005$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} \times 0.2^{2/3} \times 0.004^{1/2}$$

$$V = 1.442 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase Blok E6 adalah

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.402 \times 1.442$$

$$Q = 0.580 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 4.39 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran Sekunder Pada Blok E1 sampai Blok E6 (Sumber : Hasil perhitungan)

SALURAN PRIMER														
No	Kala Ulang (Tahun)	Q Rencana Debit Banjir	Q Tampungan											
			Blok E1	Ket	Blok E2	Ket	Blok E3	Ket	Blok E4	Ket	Blok E5	Ket	Blok E6	Ket
1	2	1,362 m ³ /det	1,330 m ³ /det	Tidak Aman	1,445 m ³ /det	Aman	0,663 m ³ /det	Tidak Aman	0,648 m ³ /det	Tidak Aman	0,648 m ³ /det	Tidak Aman	0,580 m ³ /det	Tidak Aman
2	5	1,711 m ³ /det	1,330 m ³ /det	Tidak Aman	1,445 m ³ /det	Tidak Aman	0,663 m ³ /det	Tidak Aman	0,648 m ³ /det	Tidak Aman	0,648 m ³ /det	Tidak Aman	0,580 m ³ /det	Tidak Aman
3	10	1,943 m ³ /det	1,330 m ³ /det	Tidak Aman	1,445 m ³ /det	Tidak Aman	0,663 m ³ /det	Tidak Aman	0,648 m ³ /det	Tidak Aman	0,648 m ³ /det	Tidak Aman	0,580 m ³ /det	Tidak Aman

Dari hasil evaluasi perhitungan di atas, debit banjir rencana (Q rencana) untuk periode ulang 10 tahun sebesar 1,943 m³/detik menunjukkan bahwa seluruh saluran drainase primer pada Blok E1 hingga Blok E6 (dengan kapasitas tampungan masing-masing 1,330 m³/detik, 1,445 m³/detik, 0,663 m³/detik, 0,648 m³/detik, 0,648 m³/detik, dan 0,580 m³/detik) tidak mampu menampung debit banjir rencana tersebut, sehingga perlu dilakukan perubahan nilai slope pada seluruh saluran tersebut agar mampu menampung debit banjir rencana.

- Saluran Sekunder Drainase Jalan Bummas

$$n = 0.015$$

$$S = 0.005$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} X 0.2^{2/3} X 0.005^{1/2}$$

$$V = 1.442 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase Jalan bummas adalah

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.402 \times 1.442$$

$$Q = 0.580 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Saluran Sekunder Drainase pada Blok FG1

$$n = 0.015$$

$$S = 0.005$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} X 0.2^{2/3} X 0.005^{1/2}$$

$$V = 1.442 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase pada Blok FG1 adalah

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.402 \times 1.442$$

$$Q = 0.580 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Saluran Sekunder Drainase pada Blok FG2

$$n = 0.015$$

$$S = 0.009$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} X 0.2^{2/3} X 0.009^{1/2}$$

$$V = 2,164 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase pada Blok FG2 adalah

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.402 \times 2,164$$

$$Q = 0.870 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Saluran Sekunder Drainase pada Blok FG3

$$n = 0.015$$

$$S = 0.015$$

$$V = \frac{1}{n} X R^{2/3} X S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.015} X 0.2^{2/3} X 0.015^{1/2}$$

$$V = 2,794 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase pada Blok FG3 adalah

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.402 \times 2,794$$

$$Q = 1,123 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 4.40 Perhitungan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit saluran Sekunder Pada Blok FG1 sampai Blok FG3(Sumber : Hasil perhitungan)

SALURAN PRIMER										
No	Kala Ulang (Tahun)	Q Rencana Debit Banjir	Q Tampungan							
			Jalan Bumas	Ket	Blok FG1	Ket	Blok FG2	Ket	Blok FG3	Ket
1	2	1,362 m ³ /det	0,580 m ³ /det	Tidak Aman	0,580 m ³ /det	Tidak Aman	0,870 m ³ /det	Tidak Aman	1,123 m ³ /det	Tidak Aman
2	5	1,711 m ³ /det	0,580 m ³ /det	Tidak Aman	0,580 m ³ /det	Tidak Aman	0,870 m ³ /det	Tidak Aman	1,123 m ³ /det	Tidak Aman
3	10	1,943 m ³ /det	0,580 m ³ /det	Tidak Aman	0,580 m ³ /det	Tidak Aman	0,870 m ³ /det	Tidak Aman	1,123 m ³ /det	Tidak Aman

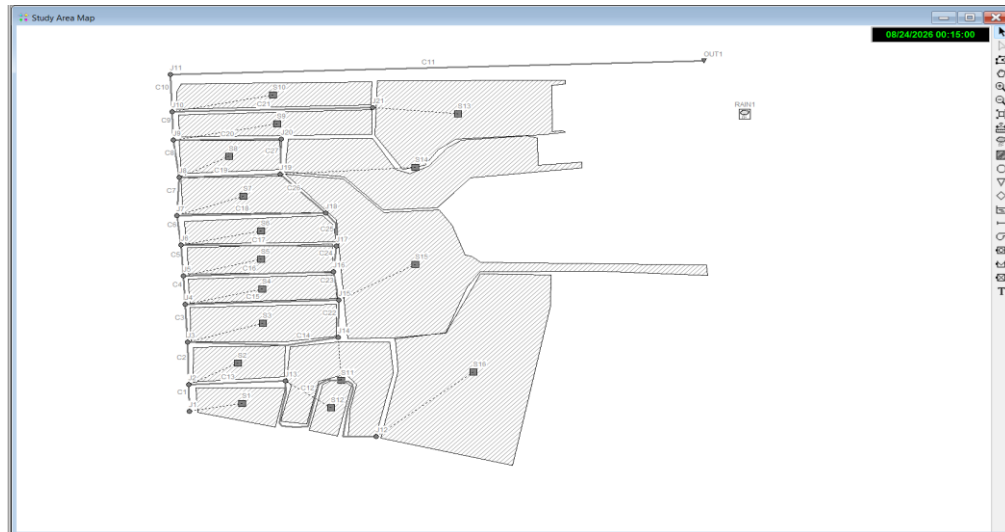
Berdasarkan hasil evaluasi pada periode ulang 10 tahun dengan debit banjir rencana sebesar 1,943 m³/detik, diperoleh bahwa saluran drainase sekunder (Blok FG sampai FG3) seluruhnya tidak mampu menampung debit banjir rencana tersebut, sehingga diperlukan perubahan nilai slope pada masing-masing saluran agar kapasitas tampungannya dapat ditingkatkan hingga mampu menampung debit banjir rencana.

4.11 Simulasi Sistem Saluran Eksisting Menggunakan EPA SWMM 5.2

Sistem drainase yang ada di modelkan ke dalam Software EPA SWMM 5.2.

Terdapat 16 Subcatchment area, 21 Junction, 27 Conduit, dan 1 Outfal.

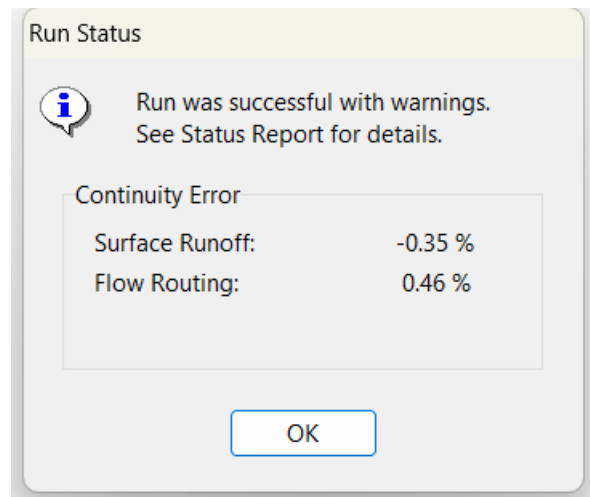




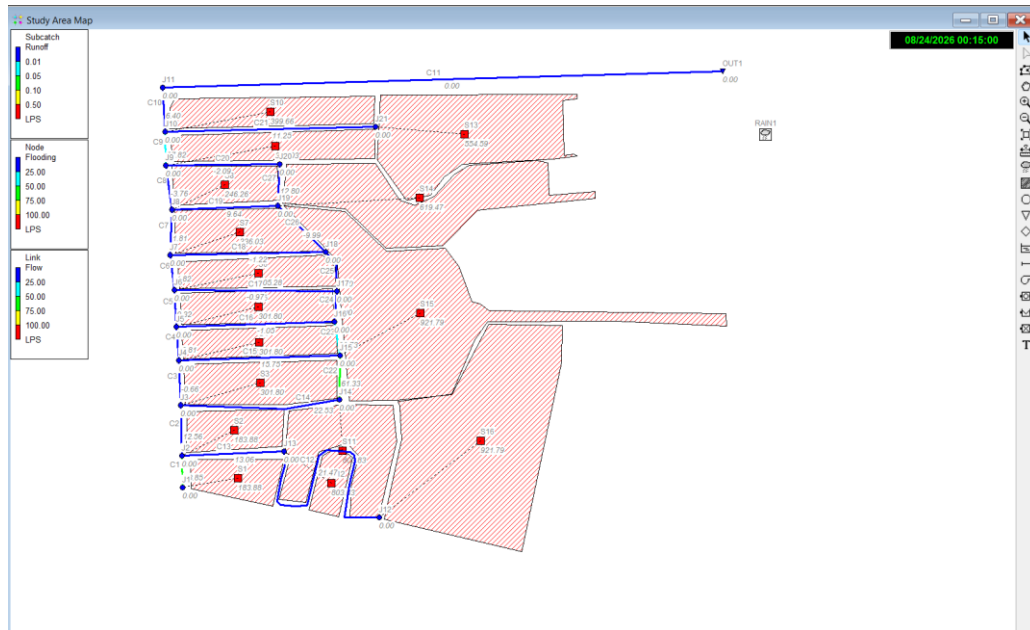
Gambar 4. 10 Layout dan komponen Sistem

4.11.1 Hasil Simulasi EPA SWMM 5.1 Kondisi Kapasitas Awal

Hasil simulasi menunjukkan nilai continuity error untuk limpasan permukaan (surface runoff) sebesar 0,35% dan untuk penelusuran aliran (flow routing) sebesar 0,40%. Kedua nilai tersebut berada jauh di bawah batas toleransi 5%, sehingga hasil simulasi model SWMM dinyatakan valid dan layak digunakan untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 4. 11 Jendela Run



Gambar 4. 12 Saluran hasil Simulasi

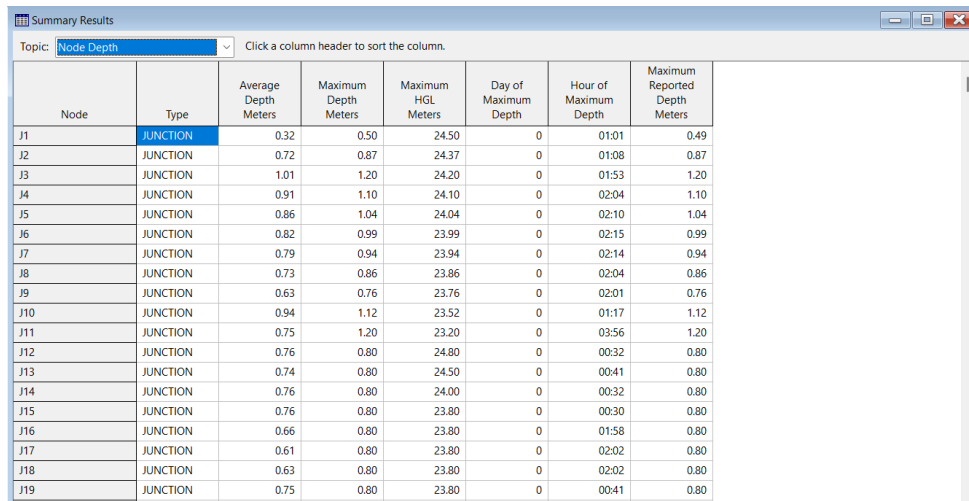
4.11.2 Hasil Simulasi dan Validasi Continuity Error

1. Pada halaman Subcatchment Runoff, dari total curah hujan 310,00 mm selama 6 jam, tidak semuanya menjadi limpasan permukaan karena sebagian meresap ke tanah sebagai infiltrasi. Besarnya limpasan yang terbentuk ditentukan oleh koefisien pengaliran (runoff coefficient), yaitu rasio volume limpasan terhadap volume curah hujan pada subcatchment tersebut.

Summary Results										
Topic: Subcatchment Runoff										
Click a column header to sort the column.										
Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Imperv Runoff mm	Perv Runoff mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 ⁶ ltr	Peak Runoff LPS	Runoff Coeff
S10	310.00	0.00	0.00	39.53	77.52	189.24	266.76	5.07	768.10	0.861
S9	310.00	0.00	0.00	39.53	77.51	189.85	267.36	4.01	607.49	0.862
S8	310.00	0.00	0.00	39.53	77.51	190.70	268.21	2.68	405.86	0.865
S7	310.00	0.00	0.00	39.53	77.51	189.85	267.36	4.01	607.49	0.862
S6	310.00	0.00	0.00	39.53	77.51	190.14	267.65	3.53	535.01	0.863
S5	310.00	0.00	0.00	39.53	77.51	190.17	267.68	3.48	526.95	0.863
S4	310.00	0.00	0.00	39.53	77.51	190.17	267.68	3.48	526.95	0.863
S3	310.00	0.00	0.00	39.53	77.51	190.17	267.68	3.48	526.95	0.863
S2	310.00	0.00	0.00	39.53	77.50	191.30	268.80	1.88	284.45	0.867
S11	310.00	0.00	0.00	39.53	77.55	185.63	263.18	13.16	1977.77	0.849
S12	310.00	0.00	0.00	39.53	77.55	185.63	263.18	13.16	1977.77	0.849
S1	310.00	0.00	0.00	39.53	77.50	191.30	268.80	1.88	284.45	0.867
S13	310.00	0.00	0.00	39.53	77.54	187.80	265.34	7.96	1205.54	0.856
S14	310.00	0.00	0.00	39.53	77.55	187.21	264.76	9.27	1401.84	0.854
S15	310.00	0.00	0.00	39.53	77.54	184.67	262.22	15.73	2349.02	0.846
S16	310.00	0.00	0.00	39.53	77.54	184.67	262.22	15.73	2349.02	0.846

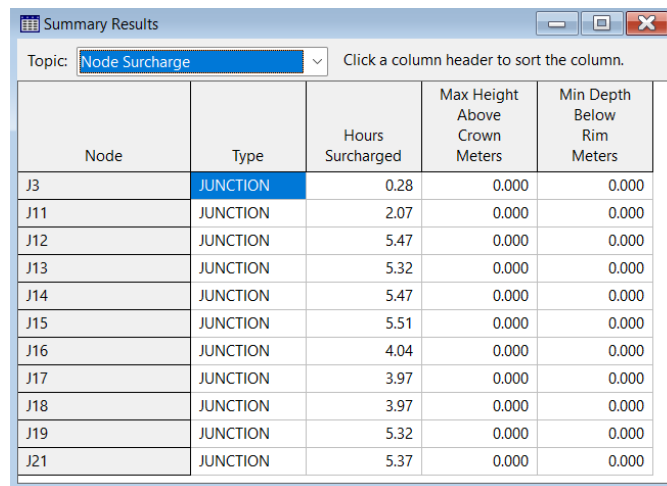
Gambar 4. 13 Jendela Summary Results

2. Pada halaman Node Depth, kedalaman air maksimum di beberapa junction melampaui batas 0,80 m misalnya node J3 mencapai 1,20 m (kelebihan 0,33m), yang mengindikasikan terjadinya luapan saluran dan genangan banjir. Hal ini diperkuat pada halaman Node Surgecharge seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth	Maximum Reported Depth Meters
J1	JUNCTION	0.32	0.50	24.50	0	01:01	0.49
J2	JUNCTION	0.72	0.87	24.37	0	01:08	0.87
J3	JUNCTION	1.01	1.20	24.20	0	01:53	1.20
J4	JUNCTION	0.91	1.10	24.10	0	02:04	1.10
J5	JUNCTION	0.86	1.04	24.04	0	02:10	1.04
J6	JUNCTION	0.82	0.99	23.99	0	02:15	0.99
J7	JUNCTION	0.79	0.94	23.94	0	02:14	0.94
J8	JUNCTION	0.73	0.86	23.86	0	02:04	0.86
J9	JUNCTION	0.63	0.76	23.76	0	02:01	0.76
J10	JUNCTION	0.94	1.12	23.52	0	01:17	1.12
J11	JUNCTION	0.75	1.20	23.20	0	03:56	1.20
J12	JUNCTION	0.76	0.80	24.80	0	00:32	0.80
J13	JUNCTION	0.74	0.80	24.50	0	00:41	0.80
J14	JUNCTION	0.76	0.80	24.00	0	00:32	0.80
J15	JUNCTION	0.76	0.80	23.80	0	00:30	0.80
J16	JUNCTION	0.66	0.80	23.80	0	01:58	0.80
J17	JUNCTION	0.61	0.80	23.80	0	02:02	0.80
J18	JUNCTION	0.63	0.80	23.80	0	02:02	0.80
J19	JUNCTION	0.75	0.80	23.80	0	00:41	0.80

Gambar 4. 14 Hasil simulasi untuk kedalaman air pada node



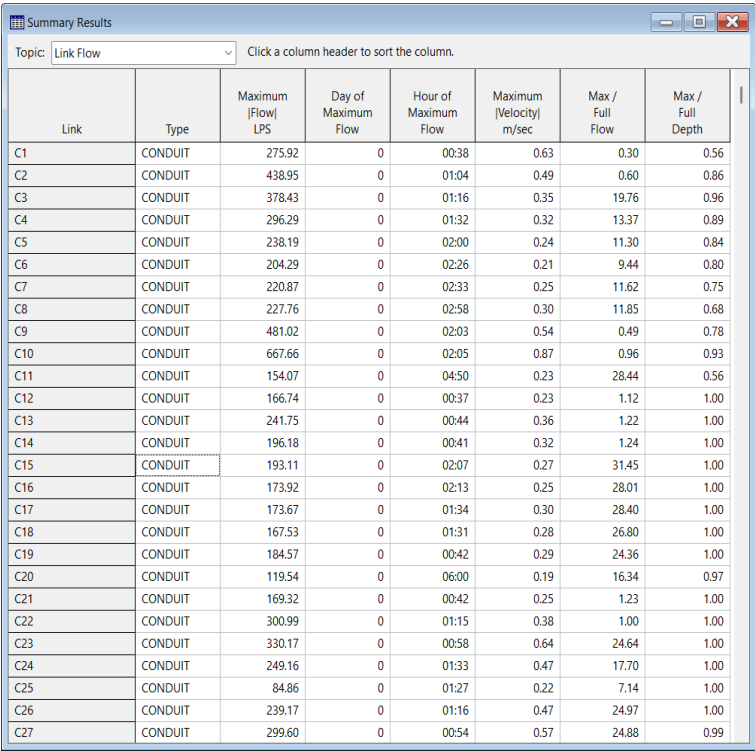
Node	Type	Hours Surcharged	Max Height Above Crown Meters	Min Depth Below Rim Meters
J3	JUNCTION	0.28	0.000	0.000
J11	JUNCTION	2.07	0.000	0.000
J12	JUNCTION	5.47	0.000	0.000
J13	JUNCTION	5.32	0.000	0.000
J14	JUNCTION	5.47	0.000	0.000
J15	JUNCTION	5.51	0.000	0.000
J16	JUNCTION	4.04	0.000	0.000
J17	JUNCTION	3.97	0.000	0.000
J18	JUNCTION	3.97	0.000	0.000
J19	JUNCTION	5.32	0.000	0.000
J21	JUNCTION	5.37	0.000	0.000

Gambar 4. 15 Hasil simulasi untuk genangan air pada node

pada Node Surgecharge Summary menunjukkan bahwa seluruh 10 junction yang ditinjau (J3, J11–J19, J21) mengalami kondisi surcharge, yaitu aliran berubah dari kondisi bebas menjadi bertekanan akibat muka air melampaui mahkota pipa. Durasi surcharge bervariasi dari yang terendah pada J3 (0,28 jam) hingga yang tertinggi pada J15 (5,51 jam), dengan mayoritas junction (J12–J14, J19, J21) mengalami surcharge lebih dari 5 jam. Hal ini

mengindikasikan bahwa kapasitas saluran eksisting pada sebagian besar titik jaringan drainase belum memadai untuk menampung debit rencana yang disimulasikan. Sementara itu, nilai Max Height Above Crown dan Min Depth Below Rim yang seragam 0,000 m mengindikasikan data elevasi rim pada model belum lengkap sehingga potensi surface flooding belum dapat dievaluasi secara akurat.

3. Halaman Conduit Flow menampilkan besaran debit dan kecepatan aliran pada tiap saluran. Beberapa saluran memiliki rasio max/full flow di atas 1,00 saluran C15 misalnya mencapai 31,45 menandakan debit yang mengalir jauh melebihi kapasitas tampungnya sehingga air meluap dan memicu genangan banjir. Kondisi ini terlihat lebih jelas pada halaman Conduit Surge yang ditunjukkan Gambar 4.14.



Link	Type	Maximum [Flow] LPS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum [Velocity] m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
C1	CONDUIT	275.92	0	00:38	0.63	0.30	0.56
C2	CONDUIT	438.95	0	01:04	0.49	0.60	0.86
C3	CONDUIT	378.43	0	01:16	0.35	19.76	0.96
C4	CONDUIT	296.29	0	01:32	0.32	13.37	0.89
C5	CONDUIT	238.19	0	02:00	0.24	11.30	0.84
C6	CONDUIT	204.29	0	02:26	0.21	9.44	0.80
C7	CONDUIT	220.87	0	02:33	0.25	11.62	0.75
C8	CONDUIT	227.76	0	02:58	0.30	11.85	0.68
C9	CONDUIT	481.02	0	02:03	0.54	0.49	0.78
C10	CONDUIT	667.66	0	02:05	0.87	0.96	0.93
C11	CONDUIT	154.07	0	04:50	0.23	28.44	0.56
C12	CONDUIT	166.74	0	00:37	0.23	1.12	1.00
C13	CONDUIT	241.75	0	00:44	0.36	1.22	1.00
C14	CONDUIT	196.18	0	00:41	0.32	1.24	1.00
C15	CONDUIT	193.11	0	02:07	0.27	31.45	1.00
C16	CONDUIT	173.92	0	02:13	0.25	28.01	1.00
C17	CONDUIT	173.67	0	01:34	0.30	28.40	1.00
C18	CONDUIT	167.53	0	01:31	0.28	26.80	1.00
C19	CONDUIT	184.57	0	00:42	0.29	24.36	1.00
C20	CONDUIT	119.54	0	06:00	0.19	16.34	0.97
C21	CONDUIT	169.32	0	00:42	0.25	1.23	1.00
C22	CONDUIT	300.99	0	01:15	0.38	1.00	1.00
C23	CONDUIT	330.17	0	00:58	0.64	24.64	1.00
C24	CONDUIT	249.16	0	01:33	0.47	17.70	1.00
C25	CONDUIT	84.86	0	01:27	0.22	7.14	1.00
C26	CONDUIT	239.17	0	01:16	0.47	24.97	1.00
C27	CONDUIT	299.60	0	00:54	0.57	24.88	0.99

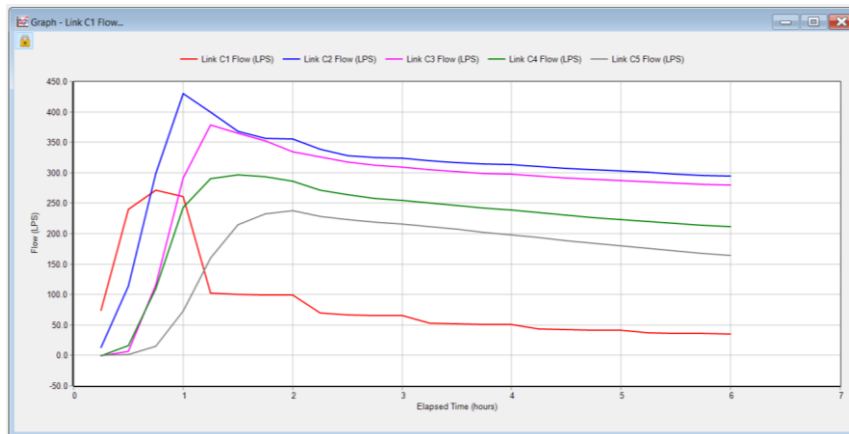
Gambar 4. 16 Hasil simulasi untuk aliran di saluran

Summary Results					
Topic: Conduit Surcharge Click a column header to sort the column.					
Conduit	Hours Both Ends Full	Hours Upstream Full	Hours Downstream Full	Hours Above Normal Flow	Hours Capacity Limited
C2	0.01	0.01	0.27	0.01	0.01
C3	0.01	0.27	0.01	5.45	0.01
C4	0.01	0.01	0.01	5.48	0.01
C5	0.01	0.01	0.01	5.22	0.01
C6	0.01	0.01	0.01	5.42	0.01
C7	0.01	0.01	0.01	5.33	0.01
C8	0.01	0.01	0.01	5.46	0.01
C10	0.01	0.01	2.07	0.01	0.01
C11	0.01	2.07	0.01	4.65	0.01
C12	5.32	5.47	5.32	0.79	0.01
C13	2.49	5.32	2.49	2.87	0.01
C14	5.15	5.47	5.15	0.38	0.01
C15	5.06	5.51	5.06	5.81	0.01
C16	4.04	4.04	4.96	5.62	0.01
C17	3.97	3.97	4.93	5.60	0.01
C18	3.97	3.97	4.89	5.62	0.01
C19	3.39	5.32	3.39	5.40	0.01
C20	0.01	0.01	0.01	5.63	0.01
C21	5.17	5.37	5.17	0.28	0.01
C22	5.47	5.47	5.51	0.01	0.01
C23	4.04	5.51	4.04	2.52	0.01
C24	3.97	4.04	3.97	2.09	0.01
C25	3.97	3.97	3.97	1.59	0.01
C26	3.97	3.97	5.32	2.89	0.01
C27	0.01	5.32	0.01	5.76	0.01

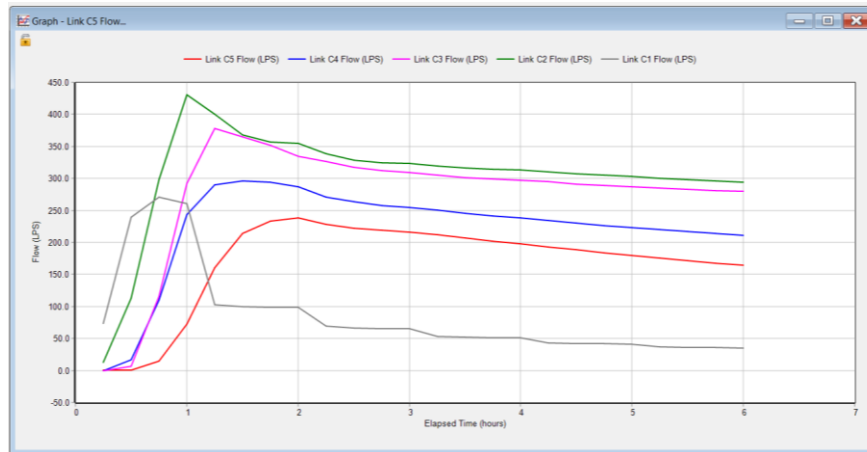
Gambar 4. 17 Hasil simulasi untuk genangan di saluran

4. Hasil Simulasi Melalui Grafik

Grafik memudahkan pengguna memahami perilaku suatu objek secara menyeluruh sepanjang durasi simulasi yang dijalankan.



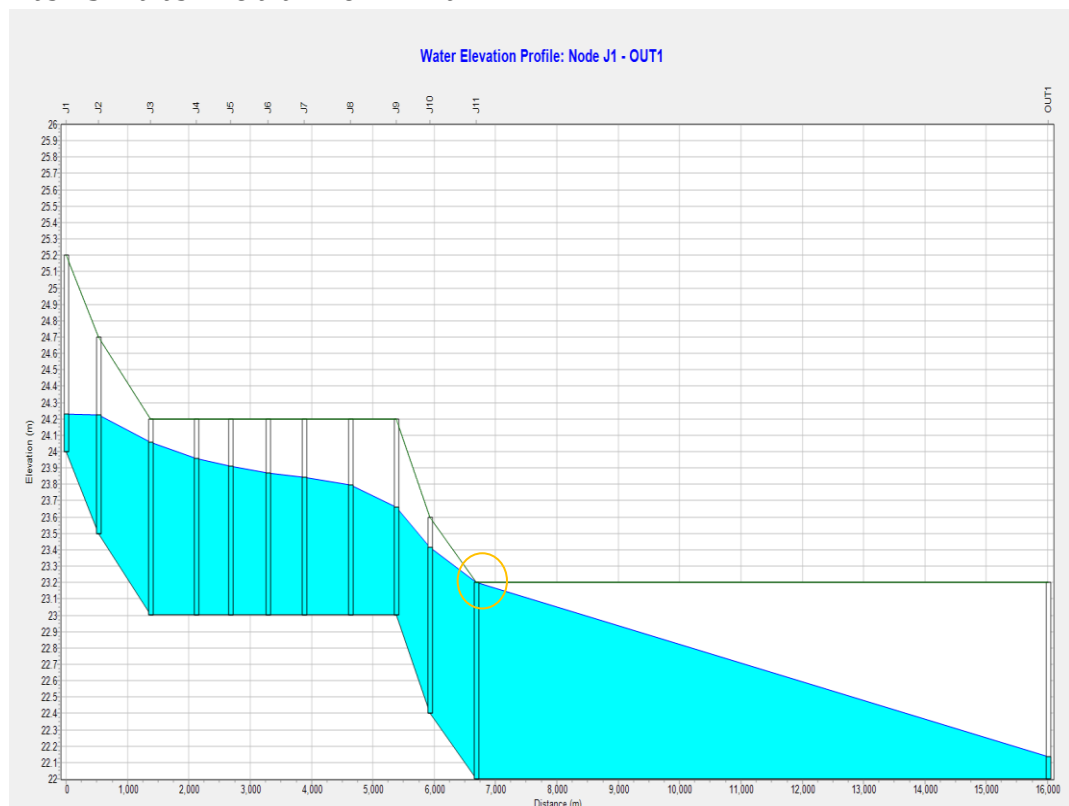
Gambar 4. 18 Grafik aliran pada saluran CON1, CON2, CON3, CON4, Dan CON5



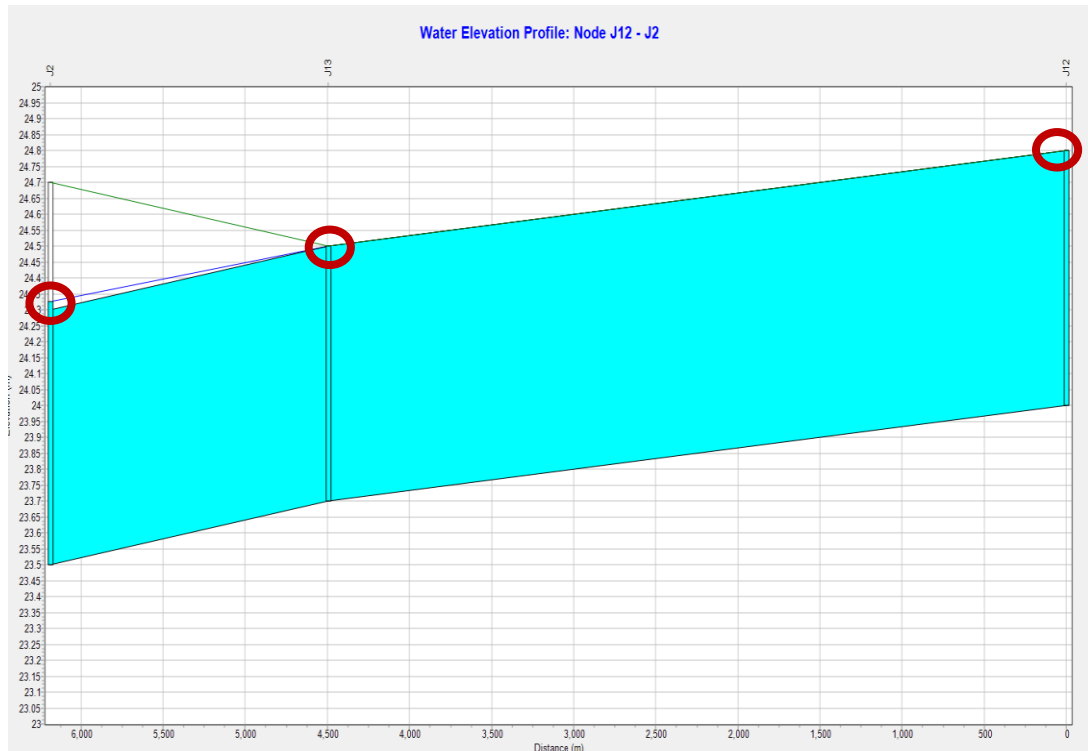
Gambar 4. 19 Grafik aliran pada saluran CON1, CON4, CON3, CON2, Dan CON1

Grafik menunjukkan bahwa pada beberapa jam, kurva debit di sejumlah saluran (terutama C2 dan C3) melandai/mendatar setelah mencapai puncak, yang mengindikasikan saluran tersebut telah mencapai kapasitas maksimumnya sehingga terjadi luapan. Namun pola ini tidak berlaku pada semua saluran C1 misalnya langsung turun tajam setelah puncak, menandakan belum mencapai batas kapasitasnya.

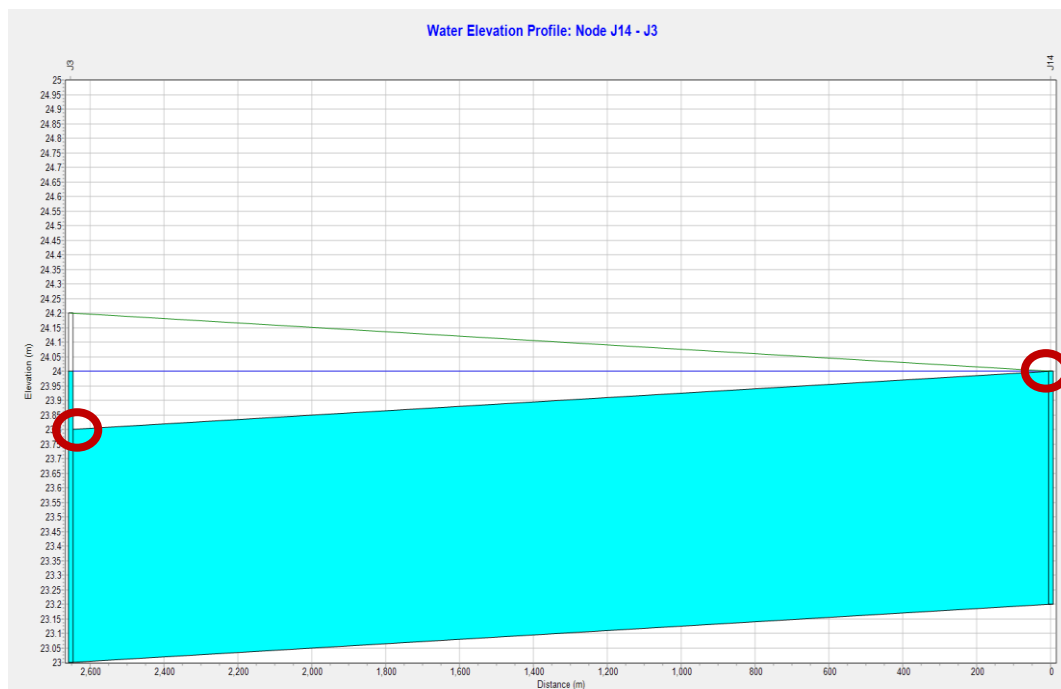
5. Hasil Simulasi Melalui Profil Aliran



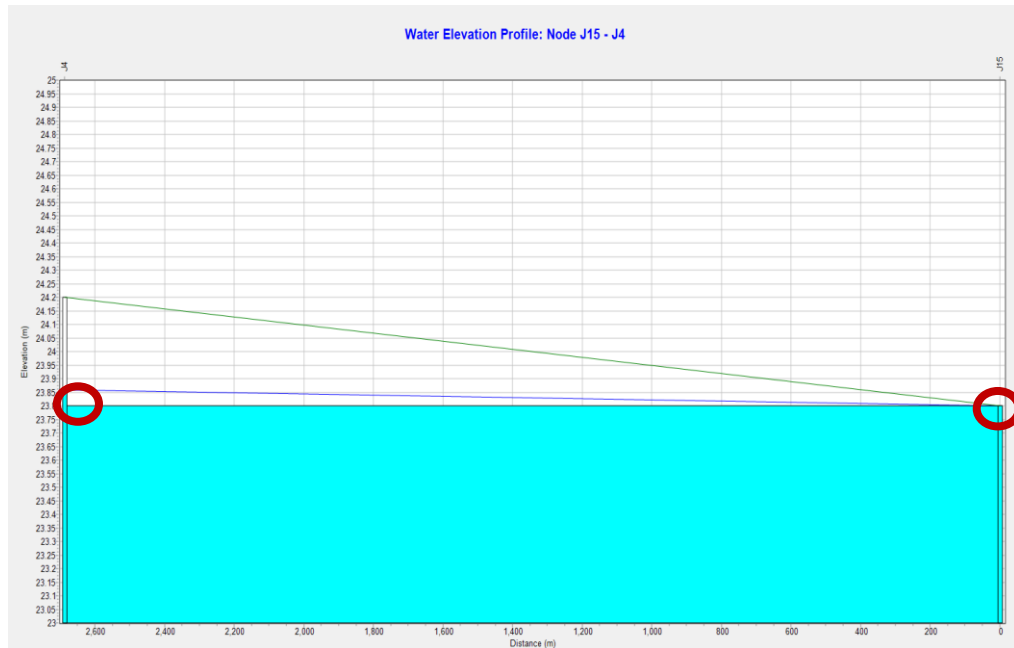
Gambar 4.20 Tampilan Hasil Simulasi Profil Aliran Primer Hujan kala Ulang 5 (dalam waktu 15 menit mengalami penguapan pada junction 11)



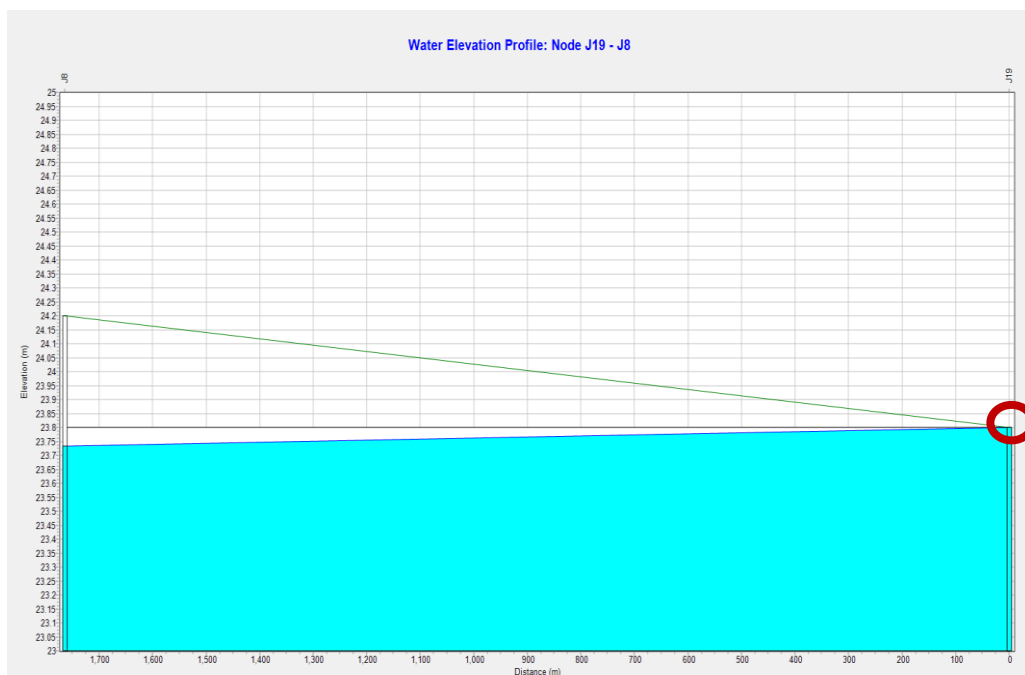
Gambar 4.21 Tampilan Hasil Simulasi Profil Aliran Blok C Hujan kala Ulang 5 (alami penguapan dalam waktu 15 menit)



Gambar 4. 22 Tampilan Hasil Simulasi Profil Aliran Blok C Hujan kala Ulang 5 (dalam waktu 15 menit alami penguapan)



Gambar 4. 23 Tampilan Hasil Simulasi Profil Aliran Blok E Hujan kala Ulang 5 (dalam waktu 15 menit alami penguapan)



Gambar 4. 24 Tampilan Hasil Simulasi Profil Aliran Jalan BUMAS Hujan kala Ulang 5 (dalam waktu 15 menit alami penguapan)

Pada semua gambar tersebut adalah hasil dari semua saluran daerah bumi asri pada dengan dimensi saluran $b = 0,55$ m dan $h = 0.83$ m bentuk saluran segi empat dengan debit yang mengalir tidak mampu menampung debit banjir yang mengalir.

4.12 Perencanaan Desain Ulang Saluran Eksisting Dan Kolam Retensi

Berdasarkan hasil evaluasi dari 15 ruas saluran yang ditinjau (3 saluran primer dan 12 saluran sekunder), Saluran Primer I dan III masih berstatus “Aman” hingga debit rencana kala ulang 10 tahun ($Q_{10} = 1,943 \text{ m}^3/\text{det}$). Saluran Primer III dan Seluruh Saluran Sekunder ketika di running semuanya berstatus “Tidak Aman” karena kapasitas tampung eksistingnya lebih kecil daripada debit rencana. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan ulang (redesain) terhadap ke-12 ruas tersebut agar mampu menampung debit banjir rencana sampai dengan kala ulang 10 tahun.

4.12.1 Redesain Saluran Primer Perumahan Bumi Asri (Perubahan Kemiringan Dasar Saluran)

Luas Penampang (A)

$$A = \frac{(b_1 + b_2)}{2} \times h$$

$$A = \frac{(2,00 + 1,5)}{2} \times 2,00$$

$$A = 3,5 \text{ m}^2$$

Keliling Basah (P)

$$P = b + 2 \times \text{sisi miring}$$

Cari kemiringan sisi saluran (selisih lebar dibagi 2):

$$\frac{(b_1 - b_2)}{2} = \frac{(2,00 - 1,5)}{2} = 0,25$$

Cari panjang sisi miring saluran (kemiringan/talud):

$$\begin{aligned} \text{sisi miring} &= \sqrt{H^2 + 0,305^2} = \sqrt{2,00^2 + 0,25^2} \\ &= \sqrt{4 + 0,0625} = \sqrt{4,0625} = 2,0155 \end{aligned}$$

Maka untuk keliling basah nya

$$P = b + 2 \times \text{sisi miring}$$

$$P = 1,5 + 2 \times 2,0155 = 5,531 \text{ m}$$

Jari Jari Hidraulis (R)

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

$$R = \frac{3,5}{5,531} = 0,632 \text{ m}$$

Koefisien pengaliran Manning untuk kondisi saluran beton pada Saluran Primer III

$$n = 0.015$$

$$S = 0,002$$

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

$$V = \frac{1}{0,015} \times 0,632^{2/3} \times 0,002^{1/2}$$

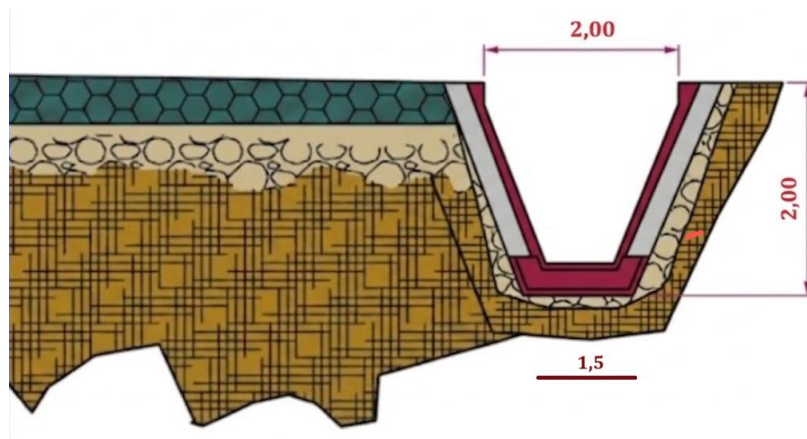
$$V = 2,195 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase Primer 1 adalah

$$Q = A \times V$$

$$Q = 3,5 \times 2,195$$

$$Q = 7,68 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4. 25 Potongan Melintang Perencanaan drainase Primer

4.12.2 Redesain Saluran Sekunder Perumahan Bumi Asri (Perubahan Kemiringan Dasar Saluran)

Saluran Sekunder dievaluasi sebagai penyebab genangan paling kritis karena kapasitas tampung eksistingnya jauh di bawah debit rencana (Blok C = 0,043 m³/det dan Blok C1 = 0,305 m³/det), sehingga tidak cukup diperbaiki dengan mengubah kemiringan saluran saja diperlukan pembesaran dimensi penampang. Dimensi baru direncanakan berbentuk persegi panjang dengan kaidah penampang hidraulis paling efisien, yaitu lebar dasar dua kali kedalaman air ($b = 2h$), sehingga $P = 4h$ dan $R = h/2$. Kemiringan dasar saluran (S) dan koefisien kekasaran (n) dipertahankan sesuai kondisi eksisting.

Luas Penampang (A)

$$A = b \times h$$

$$A = 1,5 \times 1,2$$

$$A = 1,8 \text{ m}^2$$

Keliling Basah (P)

$$P = b + 2h$$

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

$$P = 1,5 + 2,4$$

$$P = 3,9 \text{ m}$$

Jari Jari hidraulis

$$R = A/P$$

$$R = \frac{1,8}{3,9}$$

$$R = 0,46 \text{ m}$$

a) Kecepatan Aliran Pada Saluran Sekunder Drainase

$$n = 0,015$$

$$S = 0,001$$

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

$$V = \frac{1}{0.015} \times 0.46^{2/3} \times 0.001^{1/2}$$

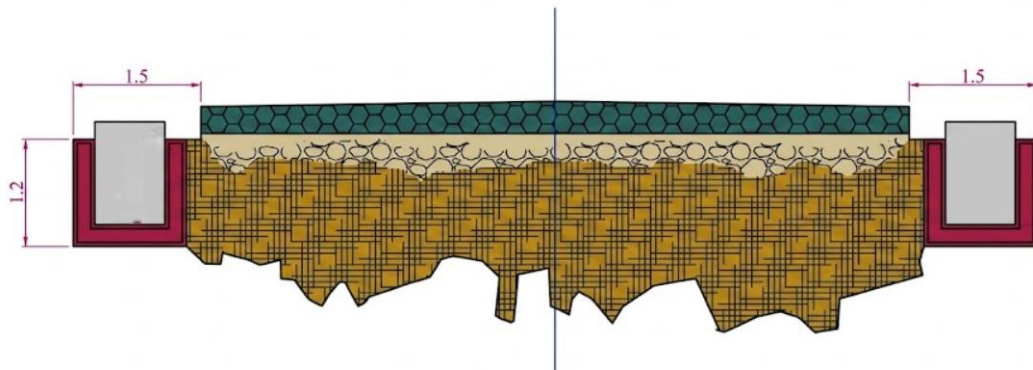
$$V = 1,256 \text{ m/s}$$

Maka kapasitas tampungan pada Drainase B adalah

$$Q = A \times V$$

$$Q = 1.8 \times 1,256$$

$$Q = 2,266 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4. 26 Potongan Melintang Perencanaan drainase Sekunder

4.12.3 Perhitungan Kolam Retensi

Perhitungan debit air maksimum yang masuk (Q_{inflow}) periode ulang 5 tahun, dimana untuk luas daerah aliran (A) sebesar 30 Ha atau 0,3 km² (300.000 m²), intensitas curah hujan sebesar 21,60107 mm/jam, dan koefisien pengaliran (C) sebesar 0,95, adalah sebagai berikut:

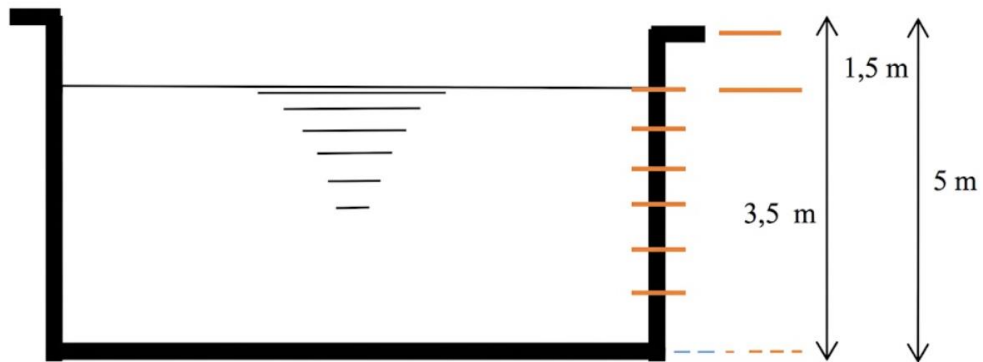
$$Q_{inflow} = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$Q_{inflow} = 0,278 \times 0,95 \times 21,60107 \text{ mm/jam} \times 0,3 \text{ km}^2$$

$$Q_{inflow} = 0,278 \times 0,95 \times 0,0216107 \text{ m/jam} \times 300.000 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$Q_{inflow} = 1,711 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Jadi berdasarkan perhitungan di atas, hasil debit air maksimum yang masuk ke dalam kolam retensi periode ulang 5 tahun (Q_{inflow}) sebesar 1,711 m³/detik. Besarnya debit air yang masuk ke dalam kolam retensi sangat dipengaruhi oleh besarnya luasan daerah pengaliran, intensitas hujan, dan koefisien pengaliran kawasan tersebut.



Gambar 4. 27 Gambar 4.27 Out Flow yang terjadi di kolam retensi

Keterangan:

Tinggi muka air = 3,5 m

Ketinggian air di atas muka air normal (h) = 1,5 m

Lebar pintu = 1 m

$$\begin{aligned}
 Q &= b_{\text{pintu}} \times 1,594 h^{(3/2)} \\
 &= 1,5 \times 1,594 \times 1,5^{(2/3)} \\
 &= 1,5 \times 1,594 \times 1,8371 m^2 \\
 &= 4,3925 m^3/detik
 \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan perhitungan diatas, hasil debit air maksimum yang keluar melalui pintu air dari kolam retensi periode ulang 5 tahun sebesar 4,3925 m³/detik. Besarnya debit air yang keluar dari kolam retensi sangat dipengaruhi oleh besarnya limpasan yang terjadi pada kolam retensi tersebut dan lebar plat pintu pada bangunan pintu air yang berfungsi sebagai pengatur debit air.

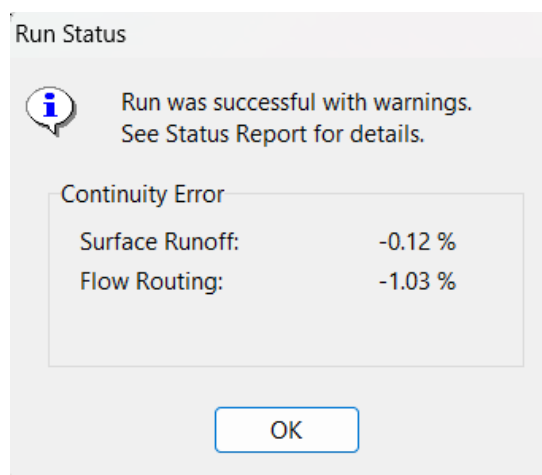
Untuk kapasitas atau volume kolam retensi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas kolam} &= \text{Luas kolam} \times \text{Kedalaman kolam} \\
 &= 7.000 m^2 \times 5 m \\
 &= 35.000 m^3
 \end{aligned}$$

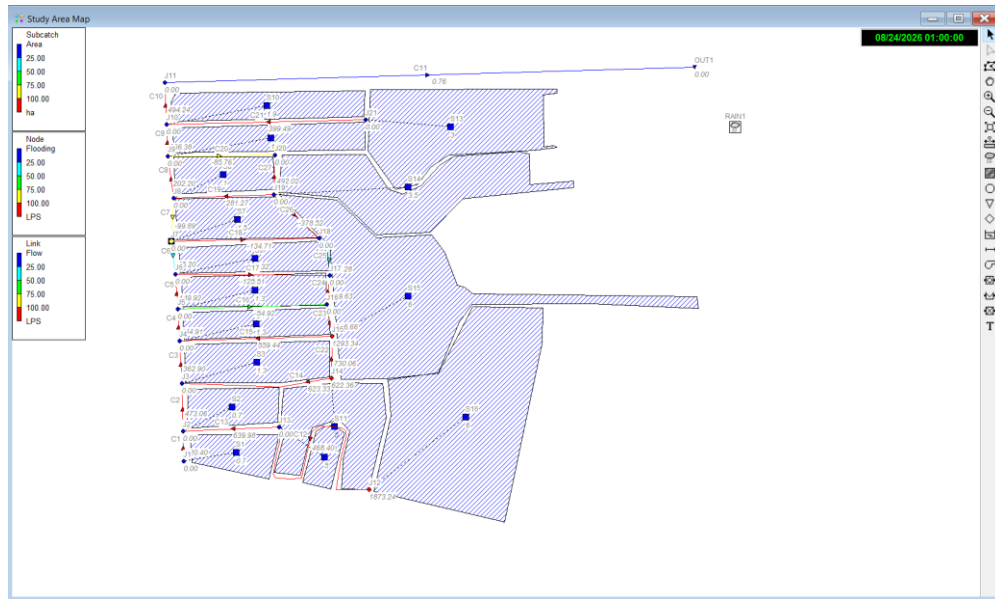
Setelah debit air maksimum yang masuk ke dalam kolam retensi diketahui, maka untuk waktu yang dibutuhkan kolam retensi mampu menampung limpasan air hujan dapat dihitung sebagai berikut:

Waktu yang dibutuhkan menampung limpasan air hujan = Kapasitas kolam $\div$ Qinflow. Dengan kapasitas Kolam Retensi sebesar 35.000 m³ dan debit air maksimum yang masuk ke dalam Kolam Retensi periode ulang 5 tahun (Qinflow) sebesar 1,711 m³/detik atau 6.159,6 m³/jam, maka waktu yang dibutuhkan kolam retensi untuk menampung penuh limpasan air hujan tersebut adalah $\pm$ 5,68 jam (5 jam 41 menit), yang dipengaruhi oleh besarnya luasan daerah pengaliran atau dapat dikelola dan diatur dengan baik.

4.13 Hasil Simulasi EPA SWMM Perencanaan Ulang Saluran Drainase Eksisting



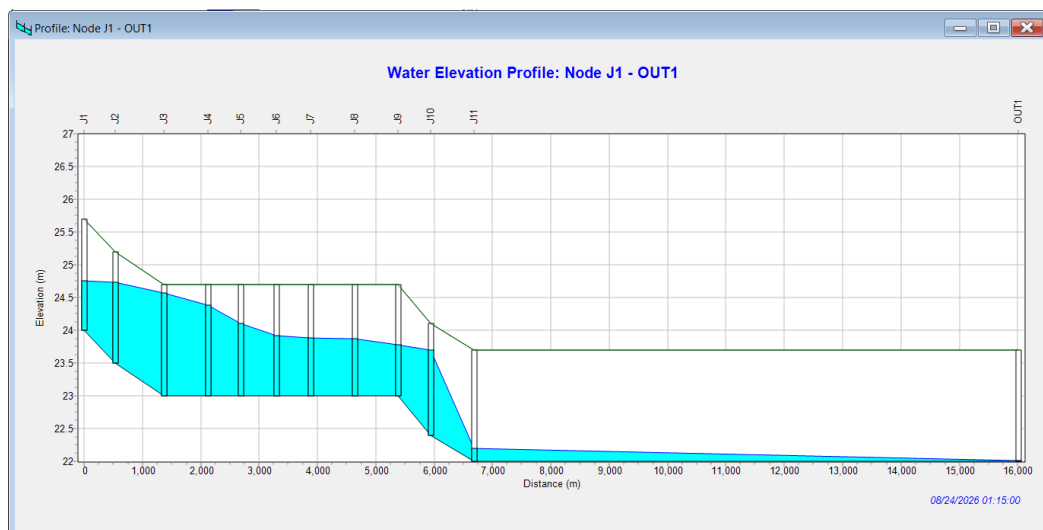
Gambar 4. 28 Jendela Run Status



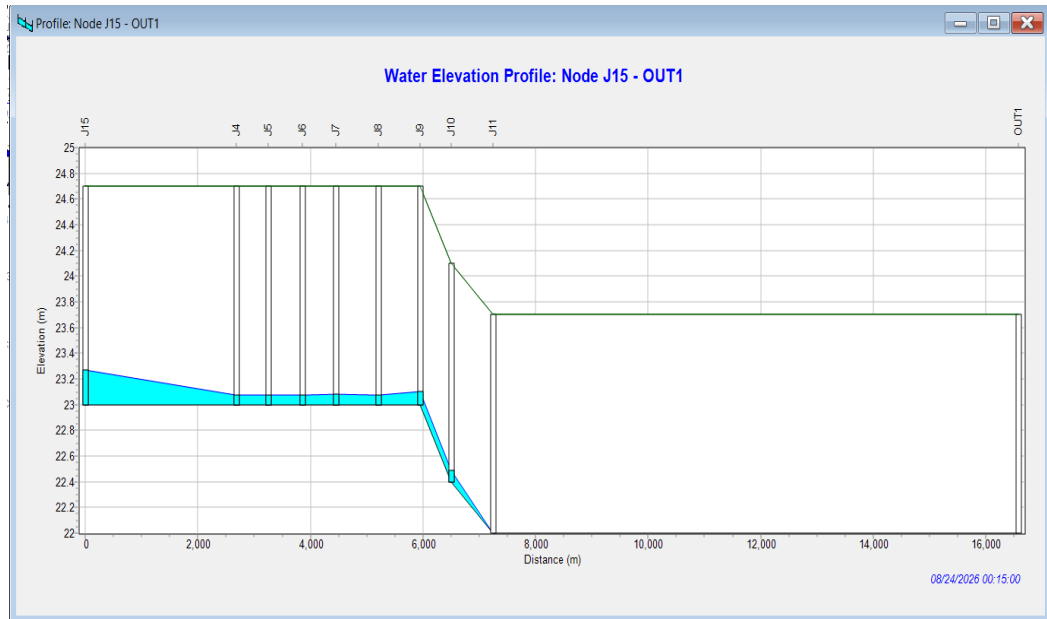
Gambar 4. 29 Saluran hasil Simulasi

Simulasi berhasil dijalankan dengan ditampilkan nya jendela Run Status seperti pada gamabr berikut. Nilai Continuity error untuk limpasan adalah -0,35% dan 0,94% yang menunjukkan hasil simulasi adalah sangat baik. Kualitas simulasi kurang baik jika continuity error >5%.

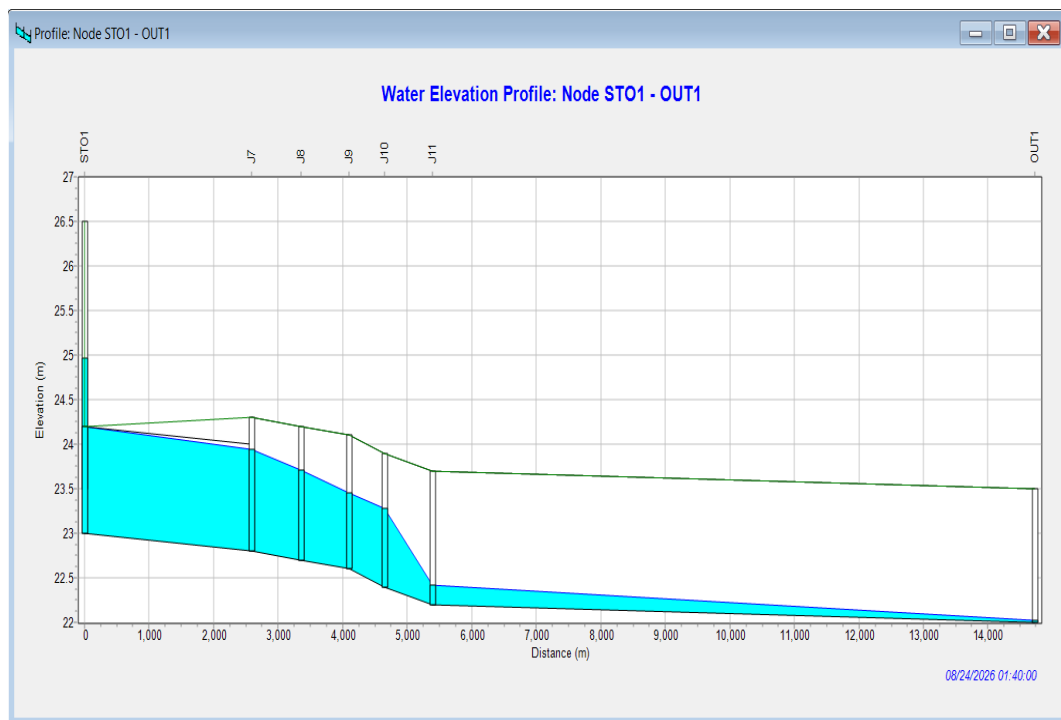
Hasil simulasi terutama pada saluran juga dapat ditampilkan sebagai profil aliran (profil plot) yang menunjukkan perubahan kedalam aliran potongan memanjang saluran seperti yang terlihat pada Gambar.



Gambar 4. 30 Profil aliran dari Primer ke OUT1 (air tidak mengalami peluapan)



Gambar 4. 31 Profil aliran dari Sekunder ke OUT1 (air tidak mengalami peluapan)



Gambar 4. 32 Profil aliran dari kolam ke OUT1 (air tidak mengalami peluapan)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis hidrologi menggunakan data curah hujan harian maksimum 10 tahun terakhir (2015–2024) dengan Distribusi Gumbell (dipilih karena memenuhi syarat uji Chi-Square, sedangkan Normal, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III tidak memenuhi), diperoleh debit banjir rancangan menggunakan metode rasional sebesar 1,362 m³/detik pada kala ulang 2 tahun, 1,711 m³/detik pada kala ulang 5 tahun, dan 1,943 m³/detik pada kala ulang 10 tahun, yang selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting.
2. Hasil evaluasi kapasitas tampungan eksisting terhadap debit rencana kala ulang 10 tahun menunjukkan bahwa Saluran Primer I dengan kapasitas tampungan sebesar 3,127 m³/det dan Saluran Primer III dengan kapasitas tampungan sebesar 3,115 m³/det masih dinyatakan aman, sedangkan Saluran Primer II dengan kapasitas tampungan hanya 1,105 m³/det dinyatakan tidak aman. Sementara itu, seluruh 12 ruas saluran sekunder (Blok C, C1, E1–E6, Jalan Bumas, dan FG1–FG3) dengan kapasitas tampungan berkisar 0,043–1,445 m³/det seluruhnya dinyatakan tidak aman karena jauh berada di bawah debit rencana. Oleh karena itu, dilakukan perencanaan ulang (redesain) dimensi penampang saluran mengikuti kaidah penampang hidraulis paling efisien ($b = 2h$), dengan salah satu contoh dimensi hasil redesain berupa lebar dasar 1,5 m dan kedalaman 1,2 m yang mampu menghasilkan kapasitas tampungan sebesar 2,266 m³/detik, sehingga telah mencukupi kebutuhan debit rencana kala ulang 10 tahun.
3. Pemodelan sistem drainase eksisting ke dalam EPA SWMM 5.2 (terdiri dari 16 subcatchment, 21 junction, 27 conduit, dan 1 outfall) menghasilkan continuity error sebesar 0,35% untuk limpasan permukaan dan 0,40% untuk penelusuran aliran, yang berada jauh di bawah batas toleransi 5% sehingga simulasi dinyatakan valid. Hasil simulasi kondisi eksisting menunjukkan terjadinya surcharge pada beberapa junction (misalnya node J3 mencapai kedalaman 1,20 m) serta rasio debit terhadap kapasitas penuh yang jauh

melebihi 1,00 pada beberapa conduit (misalnya conduit C15 mencapai 31,45), yang mengindikasikan luapan dan genangan pada kondisi eksisting. Setelah dilakukan redesain jaringan drainase, hasil simulasi ulang menunjukkan continuity error sebesar -0,35% dan 0,94% (kategori sangat baik), dengan profil aliran pada saluran primer maupun sekunder menuju outfall yang tidak lagi mengalami peluapan. Dengan demikian, desain jaringan drainase hasil redesain terbukti efektif dalam mengatasi permasalahan genangan di Perumahan Bumi Asri.

5.2 Saran

1. Pemeliharaan berkala (pengerukan sedimen, pembersihan sampah, dan perbaikan struktur saluran) perlu dilakukan secara rutin agar kapasitas tampungan saluran tidak menurun akibat penyempitan penampang.
2. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan data curah hujan dengan periode pencatatan yang lebih panjang (lebih dari 10 tahun) dan mempertimbangkan lebih dari satu stasiun pencatat hujan agar hasil analisis frekuensi curah hujan lebih representatif.
3. Pihak pengelola kawasan/instansi terkait (dinas PUPR atau pengelola perumahan) disarankan menindaklanjuti hasil penelitian ini sebagai dasar perencanaan teknis pembangunan atau normalisasi saluran drainase di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency, U. S. E. P. (2010). *STORM WATER MANAGEMENT MODEL USER ' S MANUAL*. July.
- Faizal, R., Prsetya, N. A., Alstony, Z., & Rahman, A. (2019). *Evaluasi Sistem Drainase Menggunakan Storm Water Management Model (SWMM) dalam Mencegah Genangan Air di Kota Tarakan*. 3(2), 143–154.
- ARDIANSYAH, A., & GASALI, M. (2020). PERENCANAAN SISTEM DRAINASE (STUDI KASUS JALAN SUNGAI BERINGIN KECAMATAN TEMBILAHAN KABUPATEN INDRAGIRI HILIR). *SELODANG MAYANG: JURNAL ILMIAH BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN DAERAH KABUPATEN INDRAGIRI HILIR Учредители: Bappeda Indragiri Hilir*, 6(3), 135-144.
- Asrul, A., Eraku, S., Agu, R. R., Maini, A. A., Lasamu, M., & Massi, S. (2025). Pengaruh Alih Fungsi Lahan Terhadap Kejadian Banjir di Kelurahan Leato Selatan Kecamatan Kota Timur Kota Gorontalo. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 9(1), 52-61.
- Chow, V. T. (1959). *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Efrizal, T., Rasyid, A., & Wulandari, D. A. (2022). Analisis Sistem Drainase Perkotaan Menggunakan Metode Rasional. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 45–58.
- Agency, U. S. E. P. (2010). *STORM WATER MANAGEMENT MODEL USER ' S MANUAL*. July.
- Faizal, R., Prsetya, N. A., Alstony, Z., & Rahman, A. (2019). *Evaluasi Sistem Drainase Menggunakan Storm Water Management Model (SWMM) dalam Mencegah Genangan Air di Kota Tarakan*. 3(2), 143–154.
- Harisuseno, D., Bisri, M., Yudono, A., & Purnamasari, F. D. (2014). Analisa spasial limpasan permukaan menggunakan model hidrologi di wilayah perkotaan. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 1(1), 51-57.
- Harun, F. R., Rokhmawati, A., & Santoso, B. (2026). STUDI EVALUASI SISTEM DRAINASE PERKOTAAN BERBASIS EPA SWMM DI KELURAHAN BANGGAE DAN KELURAHAN LABUANG UTARA KABUPATEN MAJENE. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)*, 16(1), 102-110.
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds. *Civil Engineering*, 10(6), 362.

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan. Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Pudyastuti, P. S., & Musthofa, R. A. (2020). Analisa Distribusi Curah Hujan Harian Maksimum di Stasiun Pengukur Hujan Terpilih di Wilayah Klaten Periode 2008-2018. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 13(1), 10–15.
- Saridewi, T. R., & Budiyanto, S. (2024). Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan Berbasis Simulasi Hidrologi. Penerbit Teknik Sipil Indonesia, Jakarta.
- Setyowati, R. D. N., Sawiji, A., Choirunnisa, B. S., Gimnastiar, G. D., & Fadillah, P. B. (2025). Penerapan EPA SWMM 5.2 pada sistem drainase untuk mereduksi banjir di Perumahan Sukolilo. *Jurnal Serambi Engineering*, 10(3), 14524–14532.
- Soebyakto, B., Hidayat, R., & Pratiwi, N. (2024). Analisis Koefisien Limpasan pada Kawasan Permukiman Padat. *Jurnal Hidrologi Terapan*, 7(1), 12–25.
- Soewarno. (1995). Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1. Penerbit Nova, Bandung.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2010). Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta.

LAMPIRAN

