

**TUGAS AKHIR**

**EVALUASI SISTEM DRAINASE  
UNTUK MENANGGULANGI BANJIR  
(Studi Kasus Drainase Jalan Waru Mranggen)**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh :**

**Luqmanul Hidayat  
NIM : 30202000104**

**Syafiudin Alawai  
NIM : 30202000189**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
2024**

# LEMBAR PENGESAHAN

## EVALUASI SISTEM DRAINASE UNTUK MENANGGULANGI BANJIR (Studi Kasus Drainase Jalan Waru Mranggen)



**Luqmanul Hidayat**  
NIM : 30202000104



**Syafiudin Alawai**  
NIM : 30202000189

Telah disetujui dan disahkan di Semarang,

### Tim Penguji

1. **Ir. Moh. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D.**  
NIDN: 0612106701
2. **Ari Sentani, ST., M.Sc.**  
NIDN: 0604028502
3. **Prof. Dr. Ir. Slamet Imam Wahyudi, DEA**  
NIDN: 0613026601

### Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung

**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**  
NIDN: 0625059102

## **BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

No: 20 / A.2 / SA – T / IX / 2023

Pada hari ini tanggal 15 September 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : **Ir. Moh. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D.**  
Jabatan Akademik : Lektor  
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama  
2. Nama : **Ari Sentani, ST., M.Sc.**  
Jabatan Akademik : Asisten Ahli  
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

**Luqmanul Hidayat**  
NIM : 30202000104

**Syafiudin Alawai**  
NIM : 30202000189

Judul : EVALUASI SISTEM DRAINASE UNTUK MENANGGULANGI BANJIR (Studi Kasus Drainase Jalan Waru Mranggen)

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	14/09/2023	
2	Seminar Proposal	06/11/2023	ACC
3	Pengumpulan data	10/11/2023	
4	Analisis data	20/11/2023	
5	Penyusunan laporan	07/12/2023	
6	Selesai laporan	24/01/2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

  
**Ir. Moh. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D.**

  
**Ari Sentani, ST., M.Sc.**

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

  
**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

**NAMA : Luqmanul Hidayat      NAMA : Syafiudin Alawai**  
**NIM : 30202000104          NIM : 30202000189**

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“EVALUASI SISTEM DRAINASE UNTUK MENANGGULANGI BANJIR”  
(Studi Kasus Drainase Jalan Waru Mranggen)

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Januari 2024

Yang membuat pernyataan,



**LUQMANUL HIDAYAT**  
**NIM : 30202000104**

**SYAFIUDIN ALAWAI**  
**NIM : 30202000189**



## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

**NAMA : Luqmanul Hidayat      NAMA : Syafiudin Alawai**  
**NIM : 30202000104          NIM : 30202000189**

**JUDUL TUGAS AKHIR :**

**“EVALUASI SISTEM DRAINASE UNTUK MENANGGULANGI BANJIR”  
(Studi Kasus Drainase Jalan Waru Mranggen)**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Januari 2024  
Yang membuat pernyataan,



**LUQMANUL HIDAYAT**  
**NIM : 30202000104**



**SYAFIUDIN ALAWAI**  
**NIM : 30202000189**

## MOTTO

"Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik."

(QS. Ali 'Imran : Ayat 110)

"Dan orang-orang yang berilmu di antara hamba-hamba Allah itu tidak lain hanyalah orang-orang yang takut kepada Allah."

(QS. Fathir: 28)

"Bacalah (wahai Muhammad) dengan nama Tuhanmu yang menciptakan."

(QS. Al-Alaq: 1)

"Dan janganlah kamu mengikuti sesuatu yang tidak kau ketahui. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan, dan hati, semuanya akan diminta pertanggungjawabannya."

(QS. Al-Isra: 36)

"Apabila seseorang menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu, maka Allah memudahkan jalan surga baginya."

(Hadits riwayat Muslim)

*"Explore Without Limits, Learn Without Limits: Empowering Minds, Inspiring the Future."*

(Anonim)

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, kehadiran Allah SWT atas segalanya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dapat dipersembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak **Luqmanul Hakim** dan Ibu **Qodar Insiyah**, yang selalu memberikan dukungan, cinta, doa, dan sudi untuk menjadi seseorang yang sukses serta mulia di dunia dan di akhirat.
2. Bapak **Ir. Moh Faiqun Niam, MT., Ph.D** dan Bapak **Ari Sentani, ST., M.Sc.** selaku dosen pembimbing Tugas Akhir saya, terima kasih banyak bapak sudah membantu selama ini. Sudah dinasehati, diajari, dan mengarahkan saya sampai Tugas Akhir ini selesai.
3. **Syafiudin Alawai** selaku patner saya yang sabar dan sungguh – sungguh dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.
4. Sebagai tanda terima kasih, aku persembahkan karya kecil ini untuk adik saya **Dewi Sekar Sari**. Terima kasih telah memberikan semangat dan inspirasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga doa dan semua hal yang terbaik yang engkau berikan menjadikanku orang yang baik pula. Terima Kasih.
5. Sahabat – sahabat saya **Eko, Ova, Bagus, Hermawan, Raffi, Ananda, Gama, Daffa** dan kawan – kawan Teknik Sipil 2020 atau Angkatan lainnya, serta teman – teman di luar kampus di Alumni MAN 2 Kota Semarang 2019 atau Angkatan lainnya. Saya sangat berterima kasih kepada kalian yang telah memberikan banyak hal yang tak terlupakan kepada saya.
6. Semua pihak yang tidak disebutkan dalam membantu penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

**Luqmanul Hidayat**

**NIM : 30202000104**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, taufiq, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Dengan rasa syukur yang mendalam, Laporan Tugas Akhir ini dipersembahkan untuk:

1. Kepada orang tua saya, Bapak **H. Mahsun**, Ibu **Almh. Hj. Supiyah**, dan keluarga besar saya, terima kasih atas nasehat, perhatian, dan doa yang selalu mengiringi setiap langkah saya hingga bisa mencapai titik saat ini.
2. Kepada Bapak **Ir. Moh. Faiqun Ni'am, M.T., Ph.D** dan Bapak **Ari Sentani, ST., M.Sc** selaku Dosen Pembimbing yang dengan sabar membimbing dalam pengerjaan tugas akhir kami.
3. Kepada **seluruh Dosen Fakultas Teknik** Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung yang telah membagikan ilmu dan pengalamannya.
4. Kepada rekan saya, **Luqmanul Hidayat**, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih dan *jazakallah khair* atas kerjasamanya, terutama dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
5. Kepada sahabat-sahabatku **Ipin House**, rekan Teknik Sipil angkatan 2020, dan kakak tingkat maupun adek tingkat yang senantiasa memberi dukungan dan bantuan yang diberikan selama masa kuliah ini.
6. Kepada diri sendiri, **Syafiudin Alawai**, yang tanpa henti berjuang dan berkarya. Skripsi ini adalah bukti kegigihan dan tekad dalam mengejar impian. Semoga setitik persembahan ini menginspirasi ketekunan dan semangat kepada setiap pembaca. Terima kasih pada diri sendiri yang tak pernah berhenti percaya dan berusaha.
7. Kepada **Ayu Wulandari**, terima kasih atas setiap doa-doa dan dukungannya selama ini. Terima kasih telah menjadi salah satu sumber motivasi dan kekuatan sepanjang perjalanan ini.
8. Dan kepada seluruh pihak yang tak dapat saya sebutkan namanya satu per satu.

**Syafiudin Alawai**

**NIM : 30202000189**



## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“EVALUASI SISTEM DRAINASE UNUK MENANGGULANGI BANJIR”** guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST.,M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Ir. Moh. Faiqun Ni'am, M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Ari Sentani, ST., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, Januari 2023

Luqmanul Hidayat (30202000104)

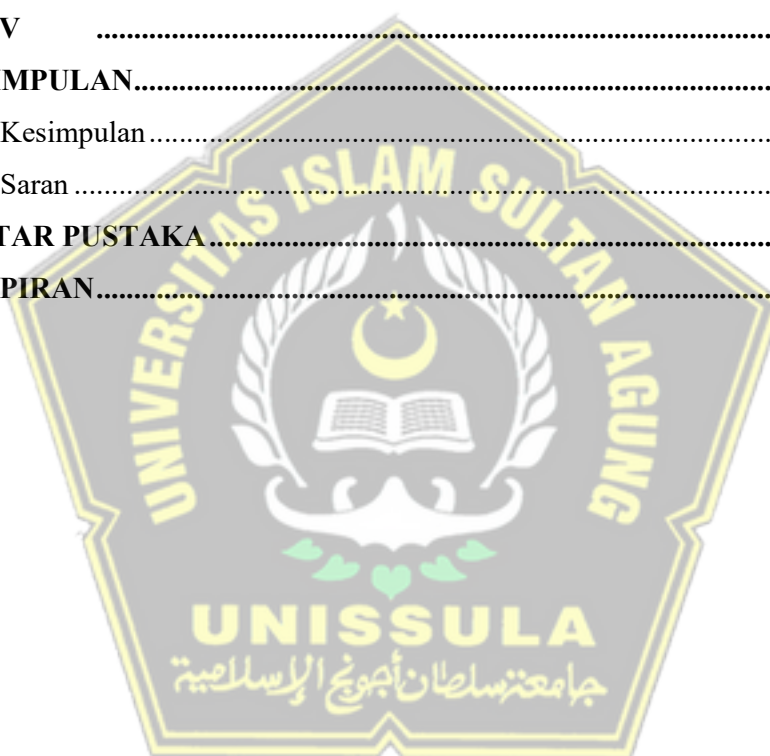
Syafiudin Alawai (30202000189)

## DAFTAR ISI

<b>TUGAS AKHIR .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Kajian .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	2
<b>BAB II .....</b>	<b>4</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	4
2.2. Sistem Drainase .....	6
2.2.1. Sungai.....	7
2.2.2. Saluran Drainase .....	8
2.3. Siklus Hidrologi.....	9
2.4. Analisa Hidrologi.....	12
2.4.1. Analisa Tinggi Curah Hujan .....	12
2.4.2. Analisa Periode Ulang Hujan (PUH) .....	14

2.4.3. Analisa Distribusi Frekuensi .....	15
2.4.4. Waktu Konsentrasi .....	26
2.4.5. Intensitas Curah Hujan .....	26
2.4.6. Koefisien Pengaliran (C).....	27
2.4.7. Debit Banjir Rencana .....	28
2.5. Analisa Hidrolika.....	29
2.5.1. Penampang Saluran .....	29
2.5.2. Dimensi Saluran .....	30
2.5.3. Software EPA SWMM.....	31
2.6. Hasil Penelitian Terdahulu .....	31
<b>BAB III .....</b>	<b>33</b>
<b>METODE KAJIAN.....</b>	<b>33</b>
3.1. Lokasi Studi.....	33
3.2. Tahap Persiapan.....	33
3.3. Pengumpulan Data.....	34
3.4. Pengolahan Data .....	34
3.5. Diagram Alir.....	35
<b>BAB IV .....</b>	<b>36</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1. Kondisi Eksisting Drainase Jalan Waru .....	36
4.2. Analisa Curah Hujan.....	37
4.2.1. Data Curah Hujan.....	37
4.2.2. Perhitungan Curah Hujan Menggunakan Metode Polygon Thiessen .....	39
4.3. Analisa Distrubusi .....	41
4.3.1. Distribusi Normal .....	42
4.3.2. Distribusi Gumbel .....	44
4.3.3. Distribusi Log Normal .....	46
4.3.4. Distribusi Log Person III.....	48
4.4. Uji Distrubusi Probabilitas .....	51
4.4.1. Uji Chi-Kuadrat.....	51
4.4.2. Uji Smirnov Kolmogorof.....	54
4.5. Analisa Debit Rencana .....	56

4.5.1. Waktu Konsentrasi Hujan .....	56
4.5.2. Perhitungan Intensitas Curah Hujan.....	57
4.5.3. Menghitung Debit Rencana Dengan Metode Rasional .....	57
4.6. Skema Jaringan Drainase Jalan Waru.....	58
4.7. Analisa Kapasitas Saluran Drainase .....	58
4.7.1. Analisa Kapasitas Saluran Drainase Dengan Program EPA - SWMM ....	59
4.8. Analisa Rencana Dimensi Saluran Drainase .....	67
4.8.1. Penampang Trapesium .....	67
4.8.2. Analisa Rencana Dimensi Drainase Dengan Program EPA - SWMM.....	68
<b>BAB V</b> .....	<b>77</b>
<b>KESIMPULAN</b> .....	<b>77</b>
5.1. Kesimpulan.....	77
5.2. Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>xxi</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>xxii</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Penentuan PUH Untuk Perencanaan Drainase Perkotaan.....	14
<b>Tabel 2. 2</b> Syarat-syarat Pemilihan Jenis Distribusi.....	16
<b>Tabel 2. 3</b> Nilai Variabel Reduksi Gauss .....	17
<b>Tabel 2. 4</b> Reduced Variabel ( $Y_T$ ).....	18
<b>Tabel 2. 5</b> Reduced Mean ( $Y_n$ ) dan Reduced Standard Deviasi ( $S_n$ ) .....	19
<b>Tabel 2. 6</b> Nilai K untuk Metode Distribusi Log Pearson Type III.....	20
<b>Tabel 2. 7</b> Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat.....	23
<b>Tabel 2. 8</b> Nilai Kritis $D_0$ untuk Uji Smirnov-Kolmogorov.....	25
<b>Tabel 2. 9</b> Koefisien Pengaliran (C).....	27
<b>Tabel 2. 10</b> Standar Desain Saluran Drainase .....	28
<b>Tabel 4. 1</b> Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Pucanggading.....	37
<b>Tabel 4. 2</b> Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Brumbung .....	38
<b>Tabel 4. 3</b> Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Karangroto .....	38
<b>Tabel 4. 4</b> Luas Polygon Thiessen dan Bobot Stasiun Hujan.....	40
<b>Tabel 4. 5</b> Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Polygon Thiessen	41
<b>Tabel 4. 6</b> Persyaratan Metode Distribusi .....	42
<b>Tabel 4. 7</b> Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Normal .....	43
<b>Tabel 4. 8</b> Parameter Statistik Metode Distribusi Normal .....	44
<b>Tabel 4. 9</b> Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel.....	45
<b>Tabel 4. 10</b> Parameter Statistik Metode Distribusi Gumbel.....	46
<b>Tabel 4. 11</b> Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal.....	47
<b>Tabel 4. 12</b> Parameter Statistik Metode Distribusi Log Normal .....	48
<b>Tabel 4. 13</b> Perhitungan Curah Hujan Rencana Log Person III.....	48
<b>Tabel 4. 14</b> Parameter Statistik Metode Log Person III .....	50
<b>Tabel 4. 15</b> Rekapitulasi Perhitungan Distribusi Probabilitas.....	50
<b>Tabel 4. 16</b> Perhitungan Besar Peluang dan Batas Nilai Kelas Distribusi Gumbel .....	52
<b>Tabel 4. 17</b> Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Untuk Distribusi Gumbel.....	52
<b>Tabel 4. 18</b> Besar Peluang dan Nilai Batas Kelas Untuk Distribusi Log Person III .....	53

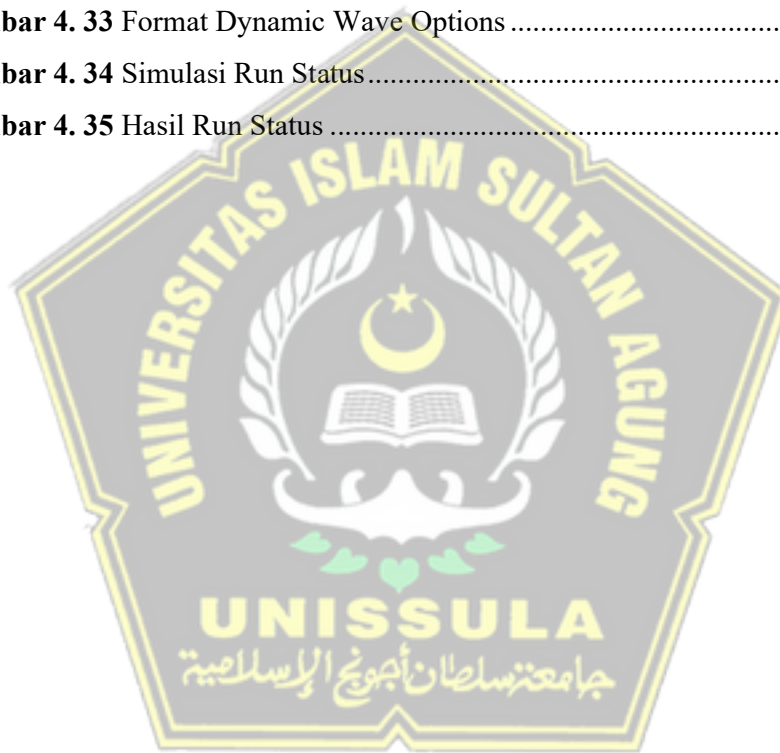
<b>Tabel 4. 19</b> Perhitungan Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log Person III .....	53
<b>Tabel 4. 20</b> Rekapitulasi Uji Chi-Kuadrat.....	54
<b>Tabel 4. 21</b> Uji Smirnov-Kolmogorof Untuk Distribusi Gumbel .....	54
<b>Tabel 4. 22</b> Uji Smirnov-Kolmogorof Untuk Distribusi Log Person III.....	55
<b>Tabel 4. 23</b> Rekapitulasi Uji Smirnov Kolmogorof Log Person III.....	55
<b>Tabel 4. 24</b> Debit Banjir Rencana .....	57
<b>Tabel 4. 25</b> Distribusi Hujan Tiap Jam.....	62
<b>Tabel 4. 26</b> Distribusi Hujan Tiap Jam.....	71



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Siklus Hidrologi.....	10
<b>Gambar 2. 2</b>	Metode Poligon Thiessen .....	13
<b>Gambar 2. 3</b>	Metode Isohyet .....	14
<b>Gambar 2. 4</b>	Penampang Persegi Panjang.....	29
<b>Gambar 2. 5</b>	Penampang Saluran Trapesium .....	30
<b>Gambar 3. 1</b>	Lokasi Studi.....	33
<b>Gambar 3. 2</b>	Diagram Alir.....	35
<b>Gambar 4. 1</b>	Kondisi Saluran Drainase Jalan Waru .....	36
<b>Gambar 4. 2</b>	Kondisi Drainase Jalan Waru Ketika Banjir.....	36
<b>Gambar 4. 3</b>	Peta Stasiun Pencatat Data Curah Hujan dan Polygon Thiessen....	39
<b>Gambar 4. 4</b>	Rekapitulasi Perhitungan Distribusi .....	51
<b>Gambar 4. 5</b>	Skema Jaringan Saluran Drainase .....	58
<b>Gambar 4. 6</b>	Penampang Trapesium Saluran .....	58
<b>Gambar 4. 7</b>	Pengaturan Project Default.....	60
<b>Gambar 4. 8</b>	Pengaturan Status Bar SWMM.....	60
<b>Gambar 4. 9</b>	Menerapkan Backdrop.....	61
<b>Gambar 4. 10</b>	Skema Saluran Drainase Pada Software EPA-SWMM.....	61
<b>Gambar 4. 11</b>	Nilai Time series.....	62
<b>Gambar 4. 12</b>	Table Rain Gage 1 .....	63
<b>Gambar 4. 13</b>	Format Subcatchment.....	63
<b>Gambar 4. 14</b>	Format Junction.....	64
<b>Gambar 4. 15</b>	Format Conduits .....	64
<b>Gambar 4. 16</b>	Format General Options .....	65
<b>Gambar 4. 17</b>	Format Time Step Options .....	65
<b>Gambar 4. 18</b>	Format Dynamic Wave Options .....	66
<b>Gambar 4. 19</b>	Simulasi Run Status.....	66
<b>Gambar 4. 20</b>	Hasil Run Status .....	67
<b>Gambar 4. 21</b>	Penampang Trapesium Rencana.....	67
<b>Gambar 4. 22</b>	Pengaturan Project Default.....	69
<b>Gambar 4. 23</b>	Pengaturan Status Bar SWMM.....	69

<b>Gambar 4. 24</b> Menerapkan Backdrop.....	70
<b>Gambar 4. 25</b> Skema Saluran Drainase Pada Software EPA-SWMM.....	70
<b>Gambar 4. 26</b> Nilai Time series.....	71
<b>Gambar 4. 27</b> Table Rain Gage 1 .....	72
<b>Gambar 4. 28</b> Format Subcatchment .....	72
<b>Gambar 4. 29</b> Format Junction .....	73
<b>Gambar 4. 30</b> Format Conduits .....	73
<b>Gambar 4. 31</b> Format General Options .....	74
<b>Gambar 4. 32</b> Format Time Step Options .....	74
<b>Gambar 4. 33</b> Format Dynamic Wave Options .....	75
<b>Gambar 4. 34</b> Simulasi Run Status.....	75
<b>Gambar 4. 35</b> Hasil Run Status .....	76





## DAFTAR NOTASI

$I$	= Intensitas curah hujan (mm/jam)
$t$	= Durasi lamanya curah hujan (mm/menit)
$R$	= Curah hujan rata-rata
$N$	= Jumlah data pengamatan/stasiun pengukuran curah hujan
$R_1, \dots, R_n$	= Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun (mm)
$\bar{R}$	= Curah hujan daerah
$A_1, A_2, \dots, A_n$	= Luas daerah yang mewakili titik pengamatan
$R_1, R_2, \dots, R_n$	= Curah hujan setiap titik pengamatan
$\bar{p}$	= Hujan rerata kawasan
$\bar{x}$	= Nilai rata - rata curah hujan n pertahun (mm)
$\sum X_i$	= Curah hujan rata - rata pertahun (mm)
$S$	= Standar deviasi (simpangan baku)
$X_{Tr}$	= Besar aliran/curah hujan maksimum yang di harapkan periode selama ulang T (mm)
$Y_n$	= Reduced mean tergantung jumlah sampel/data n
$S_n$	= Reduced standar deviasi tergantung pada jumlah sampel / data N
$Y_T$	= Reduced variated tergantung jumlah sampel/data N
$T$	= Kala ulang (tahun)
$P^{60}(T)$	= Perkiraan curah hujan jangka waktu 60 menit dengan periode ulang tahun (mm/menit)
$P_i$	= Prestasi / intensitas curah hujan T menit dalam periode ulang T (mm/menit)
$\log X_{Tr}$	= Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T
$\log \bar{X}$	= Nilai rata - rata dari log x (curah hujan)
$K_T$	= Variabel standar, besarnya bergantung koefisien kemencengan
$P$	= Peluang (%)
$n$	= Nomor urut data
$Q_p$	= Debit rencana ( $m^3/detik$ )
$C$	= Koefesien pengaliran
$C_s$	= Koefesien tampungan

A	= Luas daerah aliran ( $\text{Ha}^2$ )
V	= Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)
$Q_s$	= Debit kontrol ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )
$A_s$	= Luas penampang saluran ( $\text{m}^2$ )
H	= Tinggi saluran (m)
B	= Lebar saluran (m)
P	= Keliling basah saluran ( $\text{m}^3$ )
n	= Koefisien kekasaran Manning
R	= Jari-jari hidrolis (m)
S	= Kemiringan dasar saluran
A	= Luas penampang ( $\text{m}^2$ )



# EVALUASI SISTEM DRAINASE UNTUK MENANGGULANGI BANJIR

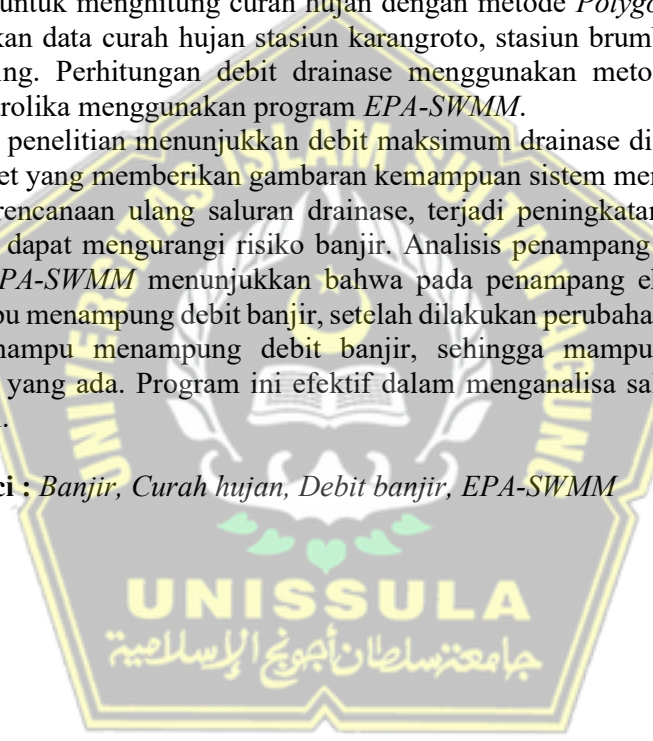
## Abstrak

Banjir merupakan permasalahan serius di Indonesia, termasuk Jalan Waru, Mranggen, Demak, yang sering kali menjadi korban bencana banjir. Permasalahan ini disebabkan oleh perubahan iklim, perubahan tata guna lahan, dan kurangnya infrastruktur yang efektif. Jalan Waru, bagian dari wilayah Demak, mengalami masalah banjir berulang, memengaruhi ribuan penduduk dan merugikan aktivitas harian.

Penelitian ini fokus pada evaluasi sistem drainase sebagai upaya menanggulangi banjir di Jalan Waru, Mranggen. Metode analisis hidrologi digunakan untuk menghitung curah hujan dengan metode *Polygon Thiessen* yang menggunakan data curah hujan stasiun karangroto, stasiun brumbung dan stasiun pucanggading. Perhitungan debit drainase menggunakan metode rasional, dan analisis hidrolika menggunakan program *EPA-SWMM*.

Hasil penelitian menunjukkan debit maksimum drainase di lokasi mencapai  $37,29 \text{ m}^3/\text{det}$  yang memberikan gambaran kemampuan sistem mengatasi aliran air. Setelah perencanaan ulang saluran drainase, terjadi peningkatan kapasitas yang efektif dan dapat mengurangi risiko banjir. Analisis penampang drainase dengan program *EPA-SWMM* menunjukkan bahwa pada penampang eksisting drainase tidak mampu menampung debit banjir, setelah dilakukan perubahan ukuran dimensi drainase mampu menampung debit banjir, sehingga mampu menanggulangi volume air yang ada. Program ini efektif dalam menganalisa saluran drainase di lokasi studi.

**Kata Kunci :** *Banjir, Curah hujan, Debit banjir, EPA-SWMM*



# **DRAINAGE SYSTEM EVALUATION FOR FLOOD MANAGEMENT**

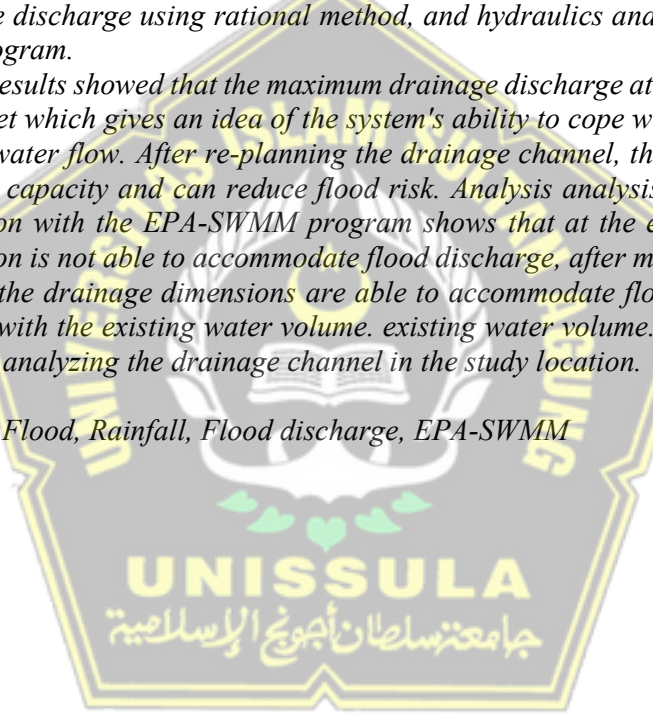
## ***Abstract***

*Flooding is a serious problem in Indonesia, including Jalan Waru, Mranggen, Demak, which is a frequent victim of flooding. The problem is caused by climate change, land use change, and lack of effective infrastructure. Jalan Waru, part of the Demak region, experiences recurrent flooding problems, affecting thousands of residents and harming daily activities.*

*This research focuses on evaluating the drainage system as an effort to mitigate flooding in Jalan Waru, Mranggen. The hydrological analysis method was used to calculate rainfall with the Polygon Thiessen method using rainfall data from karangroto station, brumbung station and pucanggading station. Calculation of drainage discharge using rational method, and hydraulics analysis using EPA-SWMM program.*

*The results showed that the maximum drainage discharge at location reaches 37.29 m<sup>3</sup>/det which gives an idea of the system's ability to cope with water flow. to cope with water flow. After re-planning the drainage channel, there was increase in effective capacity and can reduce flood risk. Analysis analysis of the drainage cross-section with the EPA-SWMM program shows that at the existing drainage cross-section is not able to accommodate flood discharge, after making changes in the size of the drainage dimensions are able to accommodate flood discharge, so as to cope with the existing water volume. existing water volume. This program is effective in analyzing the drainage channel in the study location.*

**Keywords:** *Flood, Rainfall, Flood discharge, EPA-SWMM*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Banjir merupakan masalah serius yang telah lama menjadi perhatian utama di berbagai daerah di Indonesia, dengan sejumlah wilayah yang sering kali mengalami bencana banjir yang merusak, mengganggu kehidupan sehari-hari, dan berdampak negatif pada ekonomi dan lingkungan. Banjir adalah salah satu dampak langsung dari perubahan iklim, perubahan tata guna lahan, serta kurangnya perencanaan dan infrastruktur yang efektif dalam mengelola air hujan. Salah satu daerah yang mengalami masalah banjir adalah Jalan Waru, Mranggen, Demak.

Jalan Waru yang merupakan bagian dari wilayah Demak, Jawa Tengah, sering kali menjadi sorotan akibat masalah banjir yang berulang. Banjir di Jalan Waru dan sekitarnya telah menjadi permasalahan kronis yang mempengaruhi ribuan penduduk dan berdampak negatif pada aktivitas sehari-hari.

Permasalahan banjir di Jalan Waru, Mranggen, Demak, sangat kompleks dan multifaktorial. Dalam menghadapi tantangan ini, sistem drainase memainkan peran yang sangat penting. Sistem drainase yang efektif dapat membantu mengurangi risiko banjir dengan mengalirkan air hujan yang berlebihan secara efisien, mencegah genangan air, dan melindungi wilayah dari banjir yang merusak.

Maka, dalam penelitian ini peneliti akan melakukan evaluasi mendalam terhadap sistem drainase yang ada di Jalan Waru, Mranggen, Demak, dengan tujuan utama untuk mengevaluasi sejauh mana sistem ini telah berhasil dalam menangani banjir, serta untuk mengidentifikasi masalah dan tantangan yang mungkin dihadapi. Selain itu, penelitian ini akan mengusulkan solusi dan rekomendasi yang dapat membantu memitigasi risiko banjir di daerah tersebut. Hasil penelitian ini bisa menjadi landasan bagi instansi yang berwenang, pemangku kepentingan, dan masyarakat dalam upaya meningkatkan sistem drainase dan mengurangi risiko banjir di Jalan Waru, Mranggen, Demak, serta memberikan kontribusi penting dalam pemahaman dan penanganan masalah banjir yang lebih luas di Indonesia.

## 1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat diidentifikasi dalam studi ini adalah:

1. Bagaimana kondisi eksisting drainase pada lokasi penelitian saat ini?
2. Berapa debit maksimum drainase pada lokasi penelitian?
3. Adakah pengaruh kondisi saluran drainase terhadap hasil analisa setelah dilakukan perencanaan ulang saluran drainase?
4. Bagaimana analisa penampang drainase menggunakan program *EPA-SWMM*?

## 1.3. Tujuan Kajian

Penyusunan tugas akhir ini memiliki tujuan:

1. Mengetahui kondisi eksisting drainase di lokasi penelitian.
2. Menghitung debit maksimum drainase di lokasi penelitian tersebut.
3. Melakukan analisa hidrolika untuk perencanaan ulang saluran drainase.
4. Melakukan analisa penampang drainase menggunakan program *EPA-SWMM*.

## 1.4. Batasan Masalah

Penyusunan tugas akhir ini memiliki batasan masalah:

1. Area yang diamati adalah saluran drainase yang terletak di Jalan Waru Mranggen.
2. Data yang digunakan dalam analisis adalah data curah hujan yang tercatat selama periode sepuluh tahun terakhir.
3. Analisa penampang drainase menggunakan program *EPA-SWMM*.
4. Penelitian tidak menghitung konstruksi dan rencana anggaran biaya.

## 1.5. Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan tugas akhir ini terdapat 5 bab yang mencakup:

### BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini mencakup informasi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, serta tata cara penyusunan laporan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Merupakan bagian dari penelitian yang merincikan teori-teori yang memiliki relevansi dengan subjek yang sedang diperbincangkan. Ini didasarkan pada literatur yang ada, observasi, serta pandangan para ahli dalam konteks masalah yang sama. Selain itu, bab ini mencakup penggunaan pedoman, rumus, atau metode perhitungan yang sesuai dalam menganalisis permasalahan yang dibutuhkan.

## **BAB III METODE KAJIAN**

Berisi informasi tentang langkah-langkah dan metode yang diterapkan dalam mencari solusi untuk permasalahan yang berkaitan dengan materi analisis dalam studi ini.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Memberikan analisis dan solusi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan topik analisis. Analisis permasalahan ini didasarkan pada data yang tersedia, termasuk hasil observasi langsung atau data yang terkumpul sebelumnya oleh peneliti di wilayah penelitian yang masih relevan.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Merangkum hasil analisis perhitungan yang dibahas sebelumnya. Bab ini juga memberikan saran-saran berdasarkan temuan dalam analisis.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) menjelaskan bahwa Daerah Aliran Sungai adalah sebuah wilayah daratan yang bersatu dengan sungai dan anak sungainya. Wilayah ini berperan dalam menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan secara alami ke danau atau laut. Batas DAS di darat ditentukan oleh fitur topografis, sedangkan di laut mencakup daerah perairan yang masih dipengaruhi oleh aktivitas daratan.

Menurut (Kodoatie & Sugiyanto, 2002), Daerah Aliran Sungai (DAS), yang juga dikenal sebagai Daerah Pengaliran Sungai (DPS), merupakan area tata air yang terbentuk secara alami, di mana air hujan tertampung dan mengalir dari daerah tersebut ke sungai-sungai yang berada dalam daerah tersebut. Dalam bahasa Inggris, istilah yang digunakan adalah "*Catchment Area*" atau "*Watershed*."

Menurut (Asdak, 2010), Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dijelaskan sebagai suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh rangkaian punggung gunung dari segi topografi. DAS berfungsi sebagai tempat penampungan dan penyimpanan air hujan, yang selanjutnya dialirkan menuju laut melalui sungai utama. Wilayah daratan ini dikenal sebagai daerah tangkapan air (DTA atau *catchment area*) dan merupakan suatu ekosistem yang terdiri dari unsur-unsur utama seperti sumber daya alam (tanah, air, dan tumbuhan) dan sumber daya manusia yang memanfaatkan sumber daya alam tersebut.

Di sisi lain, dalam hal daerah hilir DAS, terdapat karakteristik sebagai berikut: merupakan wilayah eksploitasi, memiliki kerapatan sungai yang lebih rendah, memiliki kemiringan lereng yang kecil hingga sangat landai (kurang dari 8%), beberapa bagian dapat menjadi wilayah banjir dengan terjadinya genangan air, penggunaan air dikendalikan melalui sistem irigasi dengan jenis vegetasi yang didominasi oleh tanaman pertanian, kecuali di kawasan estuaria yang ditandai dengan dominasi vegetasi berupa hutan bakau atau lahan gambut.



Daerah tengah dalam aliran sungai adalah zona peralihan yang terletak di antara dua karakteristik biogeofisik yang berbeda dalam DAS, sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya.

Ketika fungsi suatu DAS terganggu, sistem hidrologi akan mengalami dampak. Kemampuan DAS dalam menangkap curah hujan, meresapkan air, dan menyimpannya akan menurun, sehingga meningkatkan aliran permukaan. Vegetasi penutup dan penggunaan lahan memiliki pengaruh besar terhadap aliran sungai, sehingga perubahan dalam penggunaan lahan bisa memengaruhi aliran sungai. Perubahan dalam perilaku hidrologi, seperti peningkatan frekuensi banjir dan erosi, serta penurunan kualitas air, bisa menjadi tanda-tanda kerusakan DAS. Oleh karena itu, pengelolaan DAS harus dijalankan secara efisien dengan mempertimbangkan pemanfaatan sumber daya alam yang berkelanjutan (Sucipto, 2008).

Ciri-ciri Daerah Aliran Sungai (DAS) merujuk pada atribut yang menggambarkan kondisi spesifik DAS, termasuk parameter seperti morfometri, topografi, geologi tanah, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi, dan interaksi manusia. Ciri-ciri DAS dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yakni ciri-ciri biogeofisik dan ciri-ciri sosial, ekonomi, budaya, serta kelembagaan. Dalam konteks yang lebih mendalam, ciri-ciri DAS dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Karakteristik Biogeofisik, meliputi:
  - a. Karakteristik meteorologi DAS, yang berhubungan dengan cuaca di wilayah DAS.
  - b. Karakteristik morfologi DAS, yang berkaitan dengan bentuk fisik wilayah DAS.
  - c. Karakteristik morfometri DAS, yang mencakup aspek-aspek seperti ukuran, bentuk, dan topografi DAS.
  - d. Karakteristik hidrologi DAS, yang mengacu pada pola aliran air dan perubahan musiman dalam DAS.
  - e. Karakteristik kemampuan DAS, yang mencakup kapasitas DAS dalam menampung dan mengalirkan air.

2. Karakteristik Sosial, Ekonomi, Budaya, dan Kelembagaan, meliputi:
  - a. Karakteristik sosial kependudukan DAS, yang mencakup populasi dan sebaran penduduk di wilayah DAS.
  - b. Karakteristik sosial budaya DAS, yang berkaitan dengan nilai, budaya, dan masyarakat yang mendiami DAS.
  - c. Karakteristik sosial ekonomi DAS, yang meliputi aspek-aspek ekonomi seperti mata pencaharian penduduk dan tingkat penghasilan.
  - d. Karakteristik kelembagaan DAS, yang mengacu pada organisasi dan struktur yang mengatur pengelolaan DAS.

Dalam sistem Daerah Aliran Sungai (DAS), perubahan dari hujan menjadi aliran permukaan sangat bergantung pada sifat-sifat wilayah pengalir. Volume aliran permukaan dipengaruhi oleh dua faktor kunci, yaitu faktor yang berhubungan dengan curah hujan dan karakteristik fisik DAS. Karakteristik fisik DAS dapat dibagi menjadi dua kategori:

1. Karakteristik DAS yang stabil (*Stable Basin Characteristics*), mencakup:
  - a. Jenis batuan dan tanah di wilayah DAS.
  - b. Kemiringan lereng di DAS, yang mempengaruhi jalannya aliran menuju outlet.
  - c. Kerapatan aliran di dalam DAS.
2. Karakteristik DAS yang berubah (*Variable Basin Characteristics*), yaitu penggunaan lahan di DAS, yang dapat mengalami perubahan dari waktu ke waktu.

## 2.2. Sistem Drainase

Drainase berasal dari kata "*drainage*" yang mengacu pada tindakan teknis seperti mengalirkan, mengeringkan, menguras, membuang, dan mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase pada dasarnya merujuk pada serangkaian tindakan teknis yang bertujuan untuk mengurangi kelebihan air, termasuk air hujan, rembesan, dan air irigasi, dari suatu wilayah lahan agar fungsi lahan tersebut tetap terjaga. Sistem drainase adalah sekelompok infrastruktur air yang didesain untuk mengurangi dan mengalirkan kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan tersebut dapat berfungsi secara optimal (Suripin, 2004).

Drainase merupakan suatu sistem untuk mengatur aliran air dengan membuat saluran-saluran, seperti yang dijelaskan oleh Robert J. Kodoatie pada tahun 2005. Fungsi utama sistem drainase adalah menampung dan mengalirkan air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah melalui jaringan saluran tingkat pertama (tersier). Air ini kemudian dialirkan ke dalam saluran tingkat kedua (sekunder dan primer), dan akhirnya dibuang ke sungai atau laut.

Penting memastikan daerah layanan bebas dari genangan air serta menjaga keseimbangan air dalam wilayah tersebut. Oleh karena itu, pembangunan sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan telah menjadi suatu keharusan dalam rencana pembangunan di Indonesia. Hal ini sejalan dengan prinsip-prinsip berwawasan lingkungan yang tercantum dalam Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan (DPU) tahun 1990.

Secara umum, sistem drainase dapat dibagi menjadi dua jenis, seperti yang dijelaskan oleh (Suripin, 2004):

1. Drainase Permukaan, yang berfokus pada pengendalian aliran air di atas permukaan tanah.
2. Drainase Bawah Permukaan, yang berkaitan dengan pengaturan aliran air di bawah permukaan tanah.

### **2.2.1. Sungai**

Sungai adalah jalur panjang di atas permukaan bumi yang digunakan sebagai jalur aliran air, berasal dari berbagai sumber air seperti curah hujan, limpasan, mata air, dan air tanah, atau sumber air lainnya. Sungai terbentuk ketika air dari mata air di daerah pegunungan mengalir di atas tanah. Berdasarkan pendapat (Sosrodarsono, 1985), Sebagian besar curah hujan yang jatuh di atas permukaan tanah biasanya cenderung mengalir ke daerah yang memiliki elevasi yang lebih rendah. Setelah melewati berbagai rintangan karena gravitasi, akhirnya air ini mencapai danau atau laut. Selama perjalanannya dari sumber hingga muara, sungai bergabung dengan banyak sungai lain, yang membuatnya semakin besar. Jika sungai memiliki lebih dari dua cabang, yang memiliki aliran air terbesar, panjang, dan volume terbesar disebut sebagai sungai utama. Sementara cabang-cabang lainnya disebut anak sungai. Terkadang, sebelum mencapai laut, sungai dapat bercabang menjadi beberapa aliran yang disebut cabang sungai.

Menurut (Sosrodarsono, 1985), ciri-ciri suatu sungai dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk wilayah drainasenya serta kemiringan permukaan tanahnya. Geografi suatu area memiliki dampak yang signifikan terhadap tampilan fisik sungai yang ada di sana. Daerah yang memiliki punggung gunung pendek sering memiliki drainase yang sempit dan permukaan tanah yang terjal. Sebaliknya, daerah dengan topografi yang lebih landai biasanya memiliki wilayah drainase yang luas. Aspek-aspek yang berhubungan dengan karakteristik fisik sungai mencakup pola aliran, ukuran sungai, bentuk saluran, tingkat kemiringan, kapasitas, dan perilaku aliran air.

### **2.2.2. Saluran Drainase**

Drainase adalah sistem saluran yang berfungsi untuk mengalirkan kelebihan air dari suatu wilayah seperti perumahan, perkotaan, dan jalan. Fungsinya adalah untuk mencegah terjadinya genangan air di permukaan dan, jika dilihat dalam jangka panjang, dapat membantu mengurangi risiko banjir.

Macam-macam drainase dapat dikelompokkan berdasarkan berbagai kriteria dan perspektif, termasuk:

Berdasarkan Sejarah Pembentukan:

- a. Drainase Alami adalah sistem drainase yang muncul secara spontan di alam tanpa intervensi manusia, seperti pembentukan aliran sungai yang terjadi secara alami melalui proses erosi tanah.
- b. Drainase Buatan adalah sistem drainase yang disengaja dibuat oleh manusia dengan menggunakan berbagai struktur seperti saluran beton, pipa, gorong-gorong, dan elemen lainnya untuk tujuan tertentu.

Berdasarkan Peletakan Saluran:

- a. Drainase Permukaan, adalah sistem drainase yang terletak di permukaan tanah dan dimanfaatkan untuk mengarahkan aliran air hujan yang melimpah dan mengatasi genangan di atas permukaan.
- b. Drainase Bawah Tanah, adalah sistem drainase yang beroperasi di bawah permukaan tanah dan digunakan untuk mengalirkan air limpasan melalui lapisan tanah di bawah permukaan.

Berdasarkan Fungsi Drainase:

- a. Drainase *Single Purpose*, adalah sistem drainase yang dirancang secara khusus untuk mengalirkan satu jenis air buangan tertentu, seperti drainase yang hanya digunakan untuk mengalirkan air hujan.
- b. Drainase *Multi Purpose*, adalah sistem drainase yang dirancang untuk menangani berbagai jenis air buangan, baik dalam bentuk campuran maupun secara bergantian, seperti sistem drainase di pemukiman yang berfungsi untuk mengalirkan air limbah dari rumah tangga dan juga air hujan.

Berdasarkan Konstruksi:

- a. Saluran Terbuka, adalah sistem drainase yang memiliki saluran terbuka di bagian atasnya dan digunakan untuk mengalirkan air yang tidak mengandung bahan berbahaya, seperti air hujan. Biasanya diterapkan di wilayah yang cukup luas.
- b. Saluran Tertutup, adalah sistem drainase yang memiliki penutup pada bagian atasnya dan umumnya digunakan untuk mengalirkan air limbah yang dapat berpotensi merugikan bagi kesehatan dan lingkungan. Biasanya diterapkan di wilayah perkotaan dan permukiman.

Berdasarkan bentuk saluran:

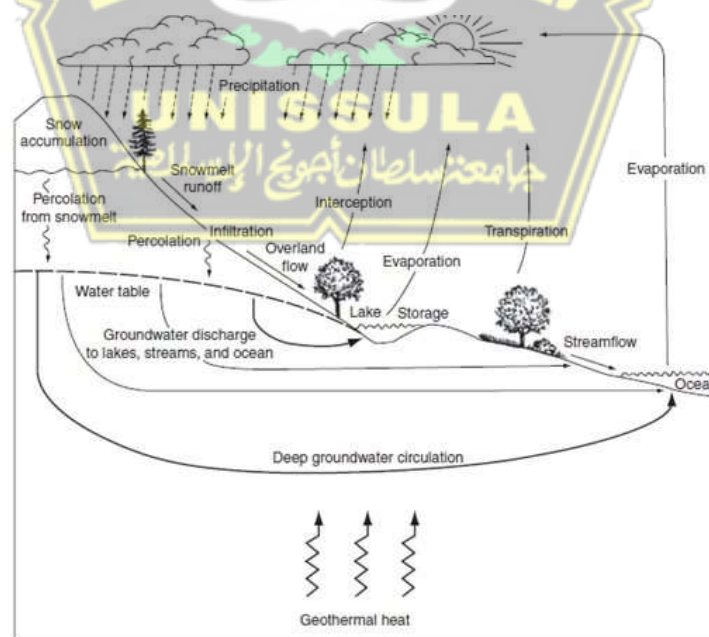
- a. Trapesium
- b. Persegi Panjang
- c. Setengah Lingkaran

### 2.3. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi, yang sering disebut sebagai siklus air, adalah suatu fenomena alam di mana air berpindah secara terus-menerus yang berkesinambungan melalui serangkaian tahapan yang melibatkan penguapan, konversi uap air kembali menjadi air (kondensasi), presipitasi, aliran permukaan, dan penyerapan oleh tanah (infiltrasi). Siklus hidrologi menjelaskan perjalanan air di antara atmosfer, lautan, dan daratan (Latuconsina, 2019).

Berikut adalah tahapan dalam siklus hidrologi:

1. Evaporasi, merupakan langkah permulaan dalam siklus hidrologi, di mana air menguap dari berbagai sumber.
2. Transpirasi, adalah proses penguapan yang terjadi dalam organisme yang hidup.
3. Evotranspirasi, merupakan gabungan dari tahap transpirasi dan evaporasi, yang meningkatkan jumlah air yang menguap.
4. Sublimasi, adalah perubahan dari bentuk cair menjadi gas langsung ke atmosfer, terutama terjadi pada es di kutub utara.
5. Kondensasi, adalah tahap di mana air berubah menjadi partikel es.
6. Adveksi, adalah proses perpindahan awan dari satu tempat ke tempat lainnya.
7. Presipitasi, adalah proses ketika awan melepaskan air karena tidak dapat mengatasi peningkatan suhu.
8. *Run Off*, adalah proses aliran air hujan dari area dengan elevasi yang lebih tinggi ke area dengan elevasi yang lebih rendah.
9. Infiltrasi, adalah langkah ketika air hujan menyerap ke dalam tanah.
10. Konduksi, adalah proses transfer panas yang terjadi melalui kontak langsung dengan suatu objek.



**Gambar 2. 1** Siklus Hidrologi

Ada tiga jenis siklus hidrologi yang bisa diuraikan sebagai berikut:

#### 1. Siklus Hidrologi Pendek

Siklus hidrologi pendek diawali dengan evaporasi, di mana air dari laut menguap ke atmosfer. Selanjutnya, terjadi kondensasi saat uap air tersebut naik ke ketinggian tertentu dan membentuk awan. Jika kapasitas awan tidak cukup untuk menampung semua air, maka hujan akan terjadi, mengembalikan air ke laut.

#### 2. Siklus Hidrologi Sedang

Seperti siklus hidrologi pendek, siklus hidrologi menengah juga diawali dengan uap air laut menguap ke atmosfer. Namun, dalam siklus ini, uap air diangkut oleh angin ke daratan. Kemudian, uap air mengalami perubahan menjadi awan melalui proses kondensasi di ketinggian yang tertentu. Awan-awan ini selanjutnya turun ke daratan, di mana sejumlah air akan meresap ke dalam tanah, sementara air lainnya mengalir melalui aliran permukaan seperti sungai dan saluran air. Akhirnya, air tersebut kembali ke laut setelah mengikuti berbagai jalur saluran.

#### 3. Siklus Hidrologi Panjang

Siklus hidrologi yang lebih panjang dimulai dengan tahap evaporasi, di mana air dari laut menguap ke atmosfer, yang selanjutnya berlanjut ke tahap kondensasi, yang menghasilkan pembentukan awan. Awan-awan ini kemudian didorong oleh angin menuju daerah yang lebih tinggi di daratan. Di sana, awan-awan tersebut bergabung dengan uap air yang berasal dari sumber-sumber air seperti danau, sungai, dan juga dari transpirasi tumbuhan. Uap air ini kemudian mendingin dan mengalami perubahan menjadi hujan atau bahkan salju di ketinggian tertentu, terutama saat musim dingin. Bongkahan es di pegunungan ini disebut gletser. Gletser akan meleleh saat suhu meningkat, mengalir sebagai air tawar melalui daratan, dan akhirnya kembali ke laut.

## 2.4. Analisa Hidrologi

Hujan memiliki peran penting dalam proses hidrologi. Dalam konteks perencanaan hidrologi, analisis data hujan digunakan sebagai metode untuk memperkirakan debit banjir di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Pendekatan estimasi debit banjir dari data hujan ini menjadi relevan ketika DAS yang bersangkutan tidak dilengkapi dengan alat ukur duga air (*Automatic Water Level Recorder*). Untuk mendapatkan gambaran akurat tentang kedalaman hujan yang sebenarnya di seluruh DAS, diperlukan sejumlah stasiun hujan yang dapat mewakili variasi hujan di wilayah tersebut.

### 2.4.1. Analisa Tinggi Curah Hujan

Biasanya, data terbesar dari curah hujan harian dalam satu tahun dapat dimanfaatkan untuk menghitung jumlah curah hujan tahunan. Terdapat tiga metode umum yang sering dimanfaatkan untuk menghitung tinggi curah hujan, yaitu sebagai berikut:

#### 1. Metode Rata-rata Aljabar

Menurut (Sosrodarsono, S & Takeda, K, 1987), tinggi curah hujan rata-rata dihitung dengan menggunakan nilai rata-rata dari pengukuran yang dilakukan oleh perangkat penakar hujan di wilayah tersebut.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

$\bar{R}$  = Nilai rata-rata curah hujan maksimum (mm)

N = Total jumlah stasiun pengamatan

$R_1$  = Curah hujan di stasiun pengamatan pertama (mm)

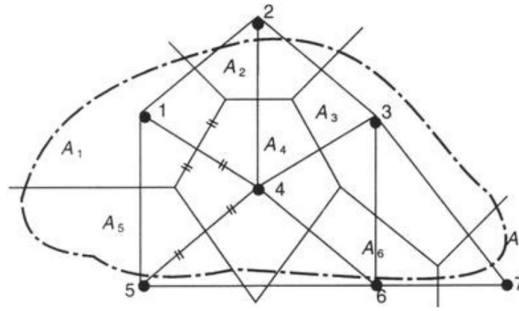
$R_2$  = Curah hujan di stasiun pengamatan kedua (mm)

$R_n$  = Curah hujan di stasiun pengamatan ke-n (mm)

#### 2. Metode Poligon Thiessen

Menurut (Hasmar, 2001), pendekatan ini didasarkan pada prinsip rata-rata timbang (*weighted average*). Setiap alat penakar memiliki zona pengaruhnya sendiri yang ditentukan Dengan cara menarik garis-garis yang membentuk sudut tegak lurus terhadap garis yang menghubungkan antara dua titik penakar.





**Gambar 2. 2** Metode Poligon Thiessen

(Sumber : Hasmar, 2001)

Misalkan A1 adalah daerah pengaruh stasiun penakar 1, A2 adalah daerah pengaruh stasiun penakar 2, dan seterusnya. Jumlah  $A_1 + A_2 + \dots + A_n = A$  adalah total luas dari seluruh wilayah yang digunakan untuk menghitung rata-rata curah hujan. Ketika stasiun penakar 1 mencatat tinggi hujan  $d_1$ , stasiun penakar 2 mencatat  $d_2$ , dan stasiun penakar n mencatat  $d_n$ , maka:

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

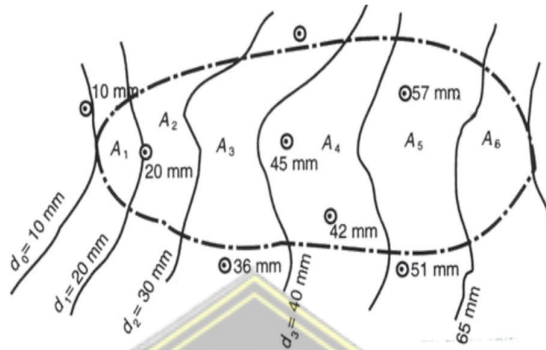
- $\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata (mm)
- N = Jumlah Stasiun Pengamatan
- $R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan di stasiun 1, 2, ..., n (mm)
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas area pada polygon 1, 2, ..., n ( $\text{km}^2$ )

**3. Metode Isohyet**

Dalam metode ini, yang dikembangkan oleh CD. Soemarto, data curah hujan digunakan untuk menggambarkan garis Isohyet yang menunjukkan wilayah dengan tingkat curah hujan yang serupa. Kemudian, luas area di antara garis Isohyet yang berdekatan diukur, dan nilai rata-rata ditemukan dengan mengambil rata-rata tertimbang dari nilai-nilai kontur tersebut. Nilai ini selanjutnya dikalikan dengan luas area masing-masing wilayah. Hasil perhitungan ini kemudian dijumlah dan dibagi dengan luas total daerah, sehingga menghasilkan nilai curah hujan untuk wilayah yang sedang dianalisis.

$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1+R_2}{2}A_1 + \frac{R_3+R_4}{2}A_2 + \dots + \frac{R_n+R_{n-1}}{2}A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.3)$$

- $\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata (mm)  
 N = Jumlah Stasiun Pengamatan  
 R1, R2, ..., Rn = Curah hujan di stasiun 1, 2, ..., n (mm)  
 A1, A2, ..., An = Luas area pada isohyet 1, 2, ..., n (km<sup>2</sup>)



**Gambar 2.3** Metode Isohyet  
 (Sumber : Hasmar, 2001)

#### 2.4.2. Analisa Periode Ulang Hujan (PUH)

Periode ulang hujan merujuk pada suatu rentang waktu tertentu di mana kejadian hujan dengan intensitas yang sama akan berulang kembali. Contohnya, periode ulang hujan dapat diukur dalam rentang waktu 2, 5, 10, atau 50 tahun sekali (Masduki, 1988). Penetapan periode ulang hujan ini memiliki tujuan untuk menilai kapasitas yang diperlukan untuk saluran air atau struktur drainase. Penentuan periode ulang hujan ini berkaitan dengan prioritas dalam skala proyek, yang melibatkan pertimbangan terkait dengan ketersediaan dana, risiko, dan teknologi yang akan digunakan. Daftar periode ulang hujan yang digunakan dalam perencanaan drainase dapat ditemukan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Penentuan PUH Untuk Perencanaan Drainase Perkotaan

Jenis Kawasan	Saluran Primer	Saluran Sekunder	Saluran Tersier
Permukiman			
- Kota Sedang	10 - 20 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
- Kota Kecil	5 - 10 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
Industri	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
Perumahan	5 - 20 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun

(Sumber: Suripin, 2004)

### 2.4.3. Analisa Distribusi Frekuensi

Analisis statis dilakukan pada curah hujan rata-rata yang tercatat di stasiun pengukur curah hujan di daerah aliran sungai. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi pola distribusi curah hujan yang sesuai dengan pola rata-rata curah hujan.

#### 1. Pengukuran Dispersi

Untuk mendapatkan metode yang digunakan, langkah awalnya adalah mencari beberapa faktor yang diambil dari informasi yang tersedia sebagai syarat penggunaan metode distribusi. Berikut adalah faktor-faktor tersebut:

##### a. Standar Deviasi (SD)

$$SD = \frac{\sqrt{\sum(xi-xa)^2}}{n-1} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

S = Standar deviasi

Xi = Curah hujan pada stasiun pengukur ke-i (mm)

Xa = Curah hujan rata-rata (mm)

N = Jumlah data

##### b. Koefisien Skewness

$$Cs = \frac{(xi-xa)}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

Cs = Koefisien skewness

N = Jumlah data

Xa = Curah hujan rata-rata (mm)

Xi = Curah hujan pada stasiun pengukur ke-i (mm)

S = Standar deviasi

##### c. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum(xi-xa)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

Ck = Koefisien kurtosis

n = Jumlah data

Xa = Curah hujan rata-rata (mm)

Xi = Curah hujan pada stasiun pengukur ke-i (mm)

S = Standar deviasi

d. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{SD}{xa} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

Cv = Koefisien variasi

SD = Standar deviasi

Xa = curah hujan rata-rata (mm)

**2. Pemilihan Jenis Distribusi**

Ada empat jenis distribusi yang umum digunakan, yakni Normal, Log Normal, *Gumbel type I*, dan *Log Pearson type III*. Berikut adalah kriteria untuk memilih jenis distribusi:

**Tabel 2. 2** Syarat-syarat Pemilihan Jenis Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Normal	Cs ≈ 0
		Ck ≈ 3
2	Gumbel	Cs ≈ 1,139
		Ck ≈ 5,402
3	Log Normal	Cs ≈ 1,137
		Ck ≈ 5,383
4	Log Pearson III	Cs ≠ 0 Cv ≈ 0,3

(Sumber: Sutiono, 1996)

Perhitungan curah hujan rencana adalah estimasi jumlah hujan selama periode ulang tertentu, yang nantinya akan digunakan untuk menentukan debit banjir rencana. Dalam statistika, terdapat beberapa jenis distribusi frekuensi dalam konteks hidrologi yang dapat digunakan, seperti:

a. Metode Distribusi Normal

Rumus:

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

X<sub>T</sub> = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

X = Nilai rata-rata dari data hujan (mm)

$K_T$  = Koefisiensi normal (nilai variabel reduksi *gauss*)  
 $S$  = Standar deviasi dari data hujan (mm)

**Tabel 2. 3** Nilai Variabel Reduksi *Gauss*

Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,01	0,99	-2,33
1,05	0,95	-1,64
1,11	0,9	-1,28
1,25	0,8	-0,84
1,33	0,75	-0,67
1,43	0,7	-0,52
1,67	0,6	-0,25
2	0,5	0
2,5	0,4	0,25
3,33	0,3	0,52
4	0,25	0,67
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
20	0,05	1,64
50	0,02	2,05
100	0,01	2,33
200	0,005	2,58
500	0,002	2,88
1000	0,001	3,09

(Sumber: Soewarno, 1995)

b. Metode Distribusi Log Normal

Rumus:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T \times Sd \text{ Log } X \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

$\text{Log } X_T$  = Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang

- Log  $\bar{X}$  = Nilai rata-rata dari Log  $X_T$
- S Log X = Deviasi standar dari Log  $\bar{X}$
- $K_T$  = Koefisiensi log normal (nilai variabel reduksi *gauss*)

c. Metode Distribusi Gumbel type 1

Rumus:

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \times S_d \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

- $X_T$  = Hujan dengan return periode T (mm)
- $\bar{X}$  = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)
- Sd = Standart deviasi
- $Y_n$  = Reduced mean (hubungan dengan banyak data, n)
- $Y_T$  = Reduced variate (hubungan dengan return period, t)
- $S_n$  = Reduced standar deviation (hubungan dengan banyaknya data, n).

**Tabel 2. 4** Reduced Variabel ( $Y_T$ )

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0,367
5	1,500
10	2,250
20	2,970
25	3,199
50	3,902
100	4,600
200	5,296
250	5,519
500	6,214
1000	6,907
5000	8,517
10000	9,210

(Sumber: Suripin, 2004)

**Tabel 2. 5** *Reduced Mean (Yn) dan Reduced Standard Deviasi (Sn)*

<i>n</i>	<i>Yn</i>	<i>Sn</i>	<i>n</i>	<i>Yn</i>	<i>Sn</i>	<i>n</i>	<i>Yn</i>	<i>Sn</i>
8	0,4843	0,9043	39	0,543	1,1388	70	0,5548	1,1854
9	0,4902	0,9288	40	0,5436	1,1413	71	0,555	1,1863
10	0,4952	0,9497	41	0,5442	1,1436	72	0,5552	1,1873
11	0,4996	0,9676	42	0,5448	1,1458	73	0,5555	1,1881
12	0,5035	0,9833	43	0,5453	1,148	74	0,5557	1,189
13	0,507	0,9971	44	0,5458	1,1499	75	0,5559	1,1898
14	0,51	1,0095	45	0,5463	1,1519	76	0,5561	1,1906
15	0,5128	1,0206	46	0,5468	1,1538	77	0,5563	1,1915
16	0,5157	1,0316	47	0,5473	1,1557	78	0,5565	1,1923
17	0,5181	1,0411	48	0,5477	1,1574	79	0,5567	1,193
18	0,5202	1,0493	49	0,5481	1,159	80	0,5569	1,1938
19	0,522	1,0565	50	0,5485	1,1607	81	0,557	1,1945
20	0,5236	1,0628	51	0,5489	1,1623	82	0,5572	1,1953
21	0,5252	1,0696	52	0,5493	1,1638	83	0,5574	1,1959
22	0,5268	1,0754	53	0,5497	1,1658	84	0,5576	1,1967
23	0,5283	1,0811	54	0,5501	1,1667	85	0,5578	1,1973
24	0,5296	1,0864	55	0,5504	1,1681	86	0,558	1,198
25	0,5309	1,0915	56	0,5508	1,1696	87	0,5581	1,1987
26	0,532	1,0961	57	0,5511	1,1708	88	0,5583	1,1994
27	0,5332	1,1004	58	0,5515	1,1721	89	0,5585	1,2001
28	0,5343	1,1047	59	0,5518	1,1734	90	0,5586	1,2007
29	0,5353	1,1086	60	0,5521	1,1747	91	0,5587	1,2013
31	0,5371	1,1159	62	0,5527	1,177	93	0,5591	1,2026
32	0,538	1,1193	63	0,553	1,1782	94	0,5592	1,2032

(Sumber: Suripin, 2004)

d. Metode Distribusi Log *Pearson type III*

Rumus:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T \times Sd \text{ Log } X \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

Log  $X_T$  = Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang

Log  $\bar{X}$  = Nilai rata-rata Log  $X_T$

S Log  $X$  = Deviasi standar Log  $\bar{X}$

$K_T$  = Koefisien frekuensi, berdasarkan hubungan nilai  $C_s$  dengan periode ulang  $T$

$C_s$  = Koefisien *Skewness*

**Tabel 2. 6** Nilai K untuk Metode Distribusi *Log Pearson Type III*

Koefisien Kemencengan	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Probabilitas							
	50%	20%	10%	4%	2%	1%	0,50%	0,10%
3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97	7,25
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652	6,6
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444	6,2
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,91
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,193	3,499	4,147	5,66
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,163	3,388	3,99	5,39
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,128	3,271	3,828	5,11
1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,087	3,149	3,661	4,82
1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,43	3,022	3,489	4,54
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,25
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,1
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,96
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949	3,67
0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,38
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67	3,235
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,09
-0,1	0,017	0,836	1,27	1,761	2	2,252	2,482	3,95
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388	2,81
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,54
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,4
-0,6	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	2,016	2,275
-0,7	0,166	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,15
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	1,749	1,91
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,8
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,2	1,216	1,28
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,089	1,097	1,13
-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99	1,995	1
-2,2	0,33	0,752	0,844	0,888	0,9	0,905	0,907	0,91
-2,5	0,36	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,8	0,802
-3	0,396	0,636	0,66	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber: Soewarno, 1995)



### 3. Uji Kecocokan Distribusi

Uji kesesuaian distribusi bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian antara distribusi frekuensi sampel dan distribusi probabilitas yang telah dipilih. Untuk mewakili distribusi frekuensi tersebut, dilakukan pengujian menggunakan metode yang umumnya digunakan, seperti uji *Chi-Kuadrat* dan uji *Smirnov-Kolmogorov*.

#### a. *Chi-Kuadrat*

Uji *Chi-Kuadrat* bertujuan untuk menilai apakah distribusi probabilitas dapat secara tepat mencerminkan distribusi data sampel yang sedang dianalisis. Keputusan dalam uji ini melibatkan perhitungan parameter  $\chi^2$  dengan rumus:

$$\chi^2 h = \sum \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

- $\chi^2 h$  = Parameter chi kuadrat terhitung
- Of = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke- i
- Ef = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke- i

Aplikasi metode *Chi-Kuadrat* dan pemenuhan syarat-syaratnya dapat diinterpretasikan melalui hasil-hasil sebagai berikut:

- 1) Jika probabilitas distribusi > 5%, itu berarti bahwa data pengamatan dan tahun-tahun dengan distribusi hujan harian maksimum yang ada dapat diterima dan digunakan dalam perhitungan selanjutnya.
- 2) Jika probabilitas distribusi < 1%, maka data pengamatan dari n tahun dengan distribusi hujan harian maksimum yang ada tidak memenuhi kriteria distribusi yang ditetapkan.
- 3) Sedangkan jika probabilitas distribusi berada di kisaran antara 1% hingga 5%, ini menunjukkan ketidakmungkinan untuk membuat keputusan, dan mungkin diperlukan penambahan data pengamatan untuk memenuhi syarat yang ditentukan.

Berdasarkan konsep di atas, langkah-langkah perhitungan dapat dijalankan sebagai berikut:

- a) Tentukan jumlah tahun pengamatan data curah hujan ( $n$ ).
- b) Susun data pengamatan dalam urutan dari yang terbesar hingga yang terkecil, atau sebaliknya.
- c) Hitung jumlah kelas ( $K$ ) dengan rumus  $1 + 3.322 \log n$ . Kelompokkan data ke dalam subkelompok, dengan setiap subkelompok minimal terdiri dari 4 data pengamatan.
- d) Hitung derajat kebebasan ( $DK$ ) menggunakan rumus  $K - (U + 1)$ , di mana  $U = 2$  untuk distribusi normal dan binomial, serta  $U = 1$  untuk distribusi Poisson.
- e) Tentukan nilai Chi-Kuadrat kritis ( $\chi^2_{Cr}$ ) dengan mengacu pada nilai derajat kebebasan ( $DK$ ) dan tingkat signifikansi  $h = 5\%$  dari tabel distribusi Chi-Kuadrat.
- f) Lakukan perhitungan lebih lanjut dengan menggunakan tabel distribusi Chi-Kuadrat.
  - 1) Kolom 1 = Jumlah kelas untuk pengelompokan
  - 2) Kolom 2 = Subkelompok berdasarkan hasil ( $K$ ) dengan nilai batas subkelompok
  - 3) Kolom 3 = Jumlah data ( $Of$ ), yaitu jumlah kejadian dari data pengamatan untuk setiap pembagian kelas dalam kolom
  - 4) Kolom 4 = Jumlah data ( $Ef$ ) yang diperoleh dari perhitungan 2
  - 5) Kolom 5 = Nilai  $(Of - Ef)^2$
  - 6) Kolom 6 = Jumlah keseluruhan dari  $\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$ , yang menjadi nilai ( $\chi^2 h$ )

Data dapat diinterpretasikan dengan membandingkan nilai Chi-Kuadrat kritis ( $\chi^2_{Cr}$ ) dengan nilai Chi-Kuadrat hasil perhitungan ( $\chi^2 h$ ), yang kemudian dicocokkan dengan tabel distribusi Chi-Kuadrat. Jika nilai ( $\chi^2 h$ ) lebih kecil dari ( $\chi^2_{Cr}$ ), hal ini menunjukkan bahwa jumlah data dapat digunakan dalam perhitungan selanjutnya, sesuai dengan interpretasi data tersebut (Soewarno, 2002).

**Tabel 2. 7** Nilai Kritis untuk Distribusi *Chi-Kuadrat*

Dk	Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00039	0,00016	0,00098	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,1	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,492	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,161	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,92
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	15,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber: CD Soemitro, 1999)

b. *Smirnov Kolmogorov*

Uji *Smirnov-Kolmogorov* seringkali disebut sebagai uji kecocokan non-parametrik karena dalam proses pengujian tidak melibatkan penggunaan fungsi distribusi tertentu. Langkah-langkah prosedurnya adalah sebagai berikut:

- 1) Susun data dalam urutan dari yang terbesar ke yang terkecil atau sebaliknya, dan tentukan peluang tak terlampaui untuk setiap data menggunakan rumus:

$$P(x) = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

m = Nomor urut kejadian.

n = Jumlah data.

Dengan ketentuan:

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3)$$

$$X_m = P(X_m).$$

- 2) Urutkan nilai dari masing-masing peluang teoritis yang berasal dari gambaran data yang dimiliki, menggunakan persamaan distribusinya:

Rumus:

Sebaran frekuensi kumulatif berdasarkan sampel

$$P'(x) = F(t) \dots\dots\dots(2.13)$$

Nilai unit variabel normal:

$$F(t) = \frac{X_i - X_{rt}}{s} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

$X_i$  = Curah hujan ke- i

$X_{rt}$  = Curah hujan rata-rata

Dengan ketentuan:

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3)$$

$$X_m = P(X_m)$$

- 3) Hitung selisih persebaran antara peluang pengamatan dan peluang teoritis.

Rumus:

$$D_{\max} = [P(X_m) - P'(X_m)] \dots\dots\dots(2.15)$$

- 4) Tentukan nilai  $D_0$  berdasarkan tabel nilai kritis.

**Tabel 2. 8** Nilai Kritis  $D_0$  untuk Uji *Smirnov-Kolmogorov*

N	Level of Significance (a)				
	20	15	10	5	1
1	0,9	0,925	0,95	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,708	0,829
4	0,494	0,525	0,564	0,624	0,734
5	0,446	0,474	0,51	0,563	0,669
6	0,41	0,436	0,47	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,4457	0,543
9	0,339	0,36	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,409	0,486
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,45
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,391
17	0,25	0,266	0,286	0,318	0,38
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,37
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,361
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,352
N > 50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,14}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

(Sumber: Bonnier, 1980 dalam Soewarno, 1995)

#### 2.4.4. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi merujuk pada periode yang diperlukan untuk air mengalir dari titik terjauh dalam suatu daerah aliran menuju titik kontrol yang telah ditentukan di bagian hilir hulu aliran tersebut. Rumus yang digunakan untuk menghitung waktu konsentrasi dapat ditemukan menggunakan rumus empiris, contohnya adalah rumus *kirpich*, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T_0 = 0,0195 \times \left(\frac{L_0}{\sqrt{S}}\right)^{0,77} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$T_d = \frac{L_s}{60 \times V} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$T_c = T_0 + T_d \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

$T_0$  = Waktu aliran dipermukaan tanah (menit)

$T_d$  = Waktu aliran disaluran (jam)

$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$L_0$  = Panjang limpasan (m)

$S$  = Kemiringan saluran

$L_s$  = Panjang aliran (m)

$V$  = Kecepatan aliran (m/det)

#### 2.4.5. Intensitas Curah Hujan

Pengolahan analisis intensitas curah hujan dapat dilakukan berdasarkan data curah hujan yang telah tercatat pada periode sebelumnya. Intensitas hujan merujuk pada tinggi atau kedalaman air hujan yang jatuh dalam satu unit waktu. Semakin singkat durasi intensitas hujan, maka waktu yang diperlukan untuk mencapai jumlah tertentu semakin lama. Sebaliknya, jika intensitas hujan berlangsung dalam waktu yang lebih lama, waktu yang diperlukan untuk mencapai jumlah yang sama menjadi lebih singkat. Salah satu metode yang umum dipakai untuk menghitung intensitas hujan adalah Metode Mononobe. Rumus yang dipakai dalam proses ini adalah:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

$I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)

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

$t_c$  = Waktu konsentrasi

#### 2.4.6. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran adalah suatu besaran angka yang dimiliki oleh suatu daerah yang tergantung pada besarnya pengaliran tersebut karena pengaruh berbagai faktor yaitu evaporasi, transpirasi, topografi, geologi, intensitas lama hujan, keadaan tumbuh-tumbuhan dan kepadatan daerah. Untuk menentukan harga C harus diperhitungkan kemungkinan adanya rencana-rencana perubahan keadaan di masa yang akan datang.

**Tabel 2. 9** Koefisien Pengaliran (C)

Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1. Jalan Beton dan Jalan Aspal	0.70-0.95
2. Jalan Kerikil dan Jalan Tanah	0.40-0.70
3. Bahu Jalan :	
Tanah Berbutir Halus	0.40-0.65
Tanah Berbutir Kasar	0.10-0.20
Batuan Masif Keras	0.70-0.85
Batuan Masif Lunak	0.60-0.75
4. Daerah Perkotaan	0.70-0.95
5. Daerah Pinggiran Kota	0.60-0.70
6. Daerah Industri	0.60-0.90
7. Permukiman Padat	0.60-0.80
8. Permukiman Tidak Padat	0.40-0.60
9. Taman dan Kebun	0.20-0.40
10. Persawahan	0.45-0.60
11. Perbukitan	0.70-0.80
12. Pergunungan	0.75-0.90

(Sumber: Petunjuk Desain Drainase, Direktorat Jendral Bina Marga)

### 2.4.7. Debit Banjir Rencana

Menurut Lukman (2018), evaluasi debit yang direncanakan untuk saluran drainase di kawasan perkotaan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus rasional. Proses analisis penampang drainase melibatkan perhitungan luas basah dan keliling basah penampang di dalam saluran drainase, dengan volume penampang dianalisis menggunakan persamaan manning. Langkah berikutnya adalah menghitung debit yang mengalir dalam saluran. Standar desain saluran drainase berdasarkan Pedoman Drainase Perkotaan dan Standar Desain Teknis dapat ditemukan dalam tabel yang disajikan.

**Tabel 2. 10** Standar Desain Saluran Drainase

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

(Sumber: Suripin, 2004)

Metode Rasional adalah salah satu pendekatan yang digunakan untuk menghitung debit aliran permukaan yang timbul akibat curah hujan, dan metode ini sering menjadi dasar dalam perencanaan debit saluran drainase. Asumsi lain dari Metode Rasional adalah bahwa debit maksimum terjadi ketika durasi curah hujan sama dengan waktu konsentrasi daerah aliran. Menghitung debit dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

$Q_p$  = Debit puncak banjir ( $m^3/det$ )

$A$  = Luas daerah aliran sungai ( $km^2$ )

$C$  = Koefisien aliran limpasan permukaan

$I$  = Intensitas hujan berdurasi sama dengan waktu konsentrasi banjir



## 2.5. Analisa Hidrolika

Analisa Hidrolika bertujuan untuk menentukan acuan yang digunakan dalam menentukan dimensi hidrolis dari saluran drainase maupun bangunan pelengkap lainnya di mana aliran air dalam satu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka maupun saluran tertutup.

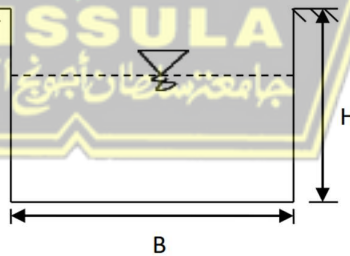
Drainase bisa berbentuk terbuka atau tertutup di bagian atasnya. Saluran yang ditutup di bagian atas disebut sebagai saluran tertutup, sementara yang terbuka di bagian atas disebut sebagai saluran terbuka. Contoh saluran terbuka meliputi sungai, saluran irigasi, dan selokan, sedangkan saluran tertutup dapat berupa terowongan, pipa, atau gorong-gorong (Suripin, 2004).

### 2.5.1. Penampang Saluran

Menurut (Suita & Simorangkir, 2018), penampang saluran perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang efisien berarti memperhatikan ketersediaan lahan yang ada.

#### 1. Penampang persegi paling ekonomis

Dalam penampang melintang saluran yang berbentuk persegi dengan lebar dasar  $B$  dan kedalaman air  $h$ , luas penampang basah  $A = B \times h$ , dan keliling basahnya adalah  $P$ . Oleh karena itu, penampang persegi paling ekonomis akan tercapai jika kedalaman air setengah dari lebar dasar saluran atau jari-jari hidrauliknya setengah dari kedalaman air.



**Gambar 2. 4** Penampang Persegi Panjang

(Sumber: Suripin, 2004)

Untuk penampang persegi panjang paling ekonomis:

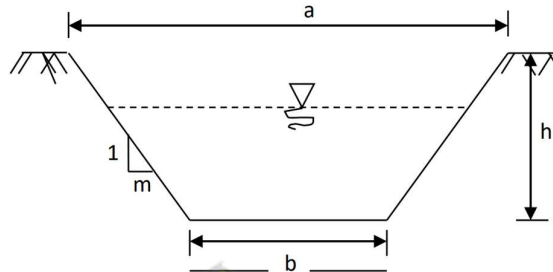
$$\text{Luas Penampang } A = (b + mh) \times h \dots\dots\dots(2.21)$$

$$\text{Keliling basah } P = b + 2h \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\text{Jari-jari hidrolis } R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.23)$$

2. Penampang trapesium paling ekonomis

Penampang melintang saluran, dengan lebar dasar  $b$ , kedalaman  $h$ , dan kemiringan dinding sejauh 1 m, dapat dijelaskan melalui rumus luas penampang melintang  $A$  dan keliling basah  $P$  sebagai berikut.



**Gambar 2. 5** Penampang Saluran Trapesium

(Sumber: Suripin, 2004)

Untuk penampang trapesium paling ekonomis:

$$\text{Luas Penampang } A = (b + mh) \times h \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\text{Keliling basah } P = b + 2h \times \sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$\text{Jari-jari hidrolik } R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.26)$$

**2.5.2. Dimensi Saluran**

Dimensi saluran harus dapat menampung debit rencana atau dengan kata lain debit yang mengalir melalui saluran (QS) harus setidaknya sama besar atau lebih besar daripada debit rencana (QT). Keterkaitan ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$QS > QT \dots\dots\dots(2.27)$$

Debit suatu penampang saluran (QS) dapat diperoleh dengan menggunakan rumus seperti dibawah ini:

$$QS = A \times V \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana:

$A$  = Luas penampang saluran (m)

$V$  = Kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/det)

Kecepatan rata-rata aliran didalam saluran dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Manning* sebagai berikut:

$$V = \left( \left( \frac{1}{n} \right) \times R^{\frac{2}{3}} \right) \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana:

P = Keliling penampang basah (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

V = Kecepatan aliran (m/det)

S = Kemiringan dasar saluran

n = Koefisien kekasaran manning

A = Luas penampang saluran

### **2.5.3. Software EPA SWMM**

Dalam penerapan analisis hidrolika untuk mengatasi genangan atau banjir, terdapat beberapa perangkat lunak yang dapat digunakan seperti HEC-HMS, HEC-RAS, dan *EPA-SWMM*. Dalam penelitian ini, digunakan perangkat lunak *EPA-SWMM*. Menurut penelitian Rosman dan Huber (2016), *Storm Water Management Model (SWMM)* merupakan model simulasi hujan aliran yang digunakan untuk mensimulasikan baik kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan dari daerah perkotaan. Limpasan permukaan ini berasal dari daerah tangkapan hujan yang menerima curah hujan. Beban limpasan permukaan tersebut selanjutnya mengalir melalui sistem saluran, termasuk pipa, saluran terbuka, tempat penampungan, pompa, dan sebagainya. *SWMM* melakukan perhitungan terhadap kuantitas dan kualitas limpasan dari daerah tangkapan hujan, debit aliran, masukan aliran ke dalam sistem, dan jumlah air di setiap pipa dan saluran selama periode simulasi.

## **2.6. Hasil Penelitian Terdahulu**

1. Penelitian sebelumnya mengenai Analisa Teknis Penampang Sungai telah dilakukan oleh Listyo Nugroho dan Miftahul Ulum (2022) dengan judul "Analisa Teknis Penampang Sungai Dombo Bagian Hilir di Kecamatan Sayung Kabupaten Demak" yang menghasilkan temuan berikut:
  - a. Sungai Dombo Sayung memiliki panjang 18,7 km yang dimulai dari hulu Bendung Pucang Gading hingga ke muara sungai. Penentuan daerah aliran sungai (DAS) didasarkan pada peta rupa bumi, dan luas DAS Sungai Dombo Sayung dihitung dengan menggunakan program AutoCad, mencapai 135.22 km<sup>2</sup>.

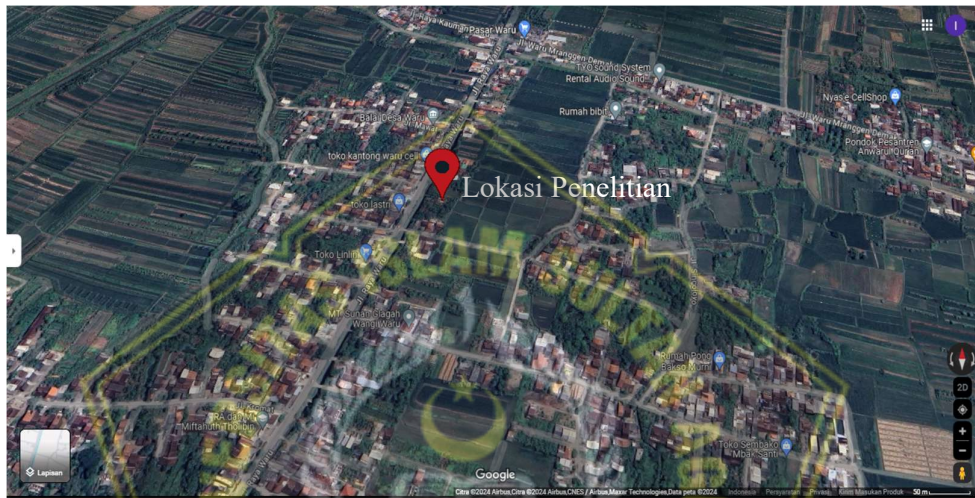
- b. Data curah hujan pada daerah aliran sungai (DAS) Dolok-Penggaron diambil dari 3 stasiun hujan, yaitu Pucang Gading, Karang Roto, dan Banyumeneng. Data curah hujan dianalisis dengan metode Polygon Thiessen.
  - c. Analisis frekuensi curah hujan awalnya dilakukan dengan pengukuran dispersi dan dilanjutkan dengan pengukuran dispersi menggunakan logaritma. Setelah perhitungan dispersi, dipilih jenis sebaran dengan Metode Log Person III. Untuk menguji kesesuaian sebaran data dengan data perencanaan, digunakan uji Smirnov-Kolmogorof. Setelah uji sebaran dengan metode distribusi Log Pearson III diterima, dilakukan perhitungan dengan metode tersebut.
  - d. Hidrograf banjir dengan periode ulang  $Q_{100th}$  Sungai Dombo Sayung dianalisis menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. Hasil analisis menunjukkan debit banjir rencana sebesar  $1.436 \text{ m}^3/\text{detik}$  untuk Sungai Dombo Sayung.
  - e. Analisis hidrolika dengan debit rencana 100 tahun ( $Q_{100th} = 1.436 \text{ m}^3/\text{dt}$ ), ditemukan bahwa sebagian besar penampang eksisting Sungai Dombo Sayung tidak memadai untuk debit yang telah direncanakan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan penampang sungai untuk meningkatkan kapasitas aliran sungai.
  - f. Jenis penampang yang digunakan adalah penampang ganda trapesium. Penggunaan penampang trapesium bertujuan untuk meningkatkan kapasitas saluran dan memungkinkan aliran yang lebih besar dengan luas penampang  $815,39 \text{ m}^3/\text{det}$
2. Data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Dan Penataan Ruang meliputi data curah hujan 10 tahun terakhir dari 3 stasiun, data topografi sungai, dan peta daerah aliran sungai.

## BAB III

### METODE KAJIAN

#### 3.1. Lokasi Studi

Lokasi drainase yang akan diteliti terletak di Jalan Waru Mranggen. Sementara itu, rincian lebih lanjut tentang lokasi yang menjadi pusat penelitian dalam tugas akhir ini terdapat dalam Gambar 3.1 di bawah ini.



**Gambar 3. 1** Lokasi Studi  
(Sumber: Google Earth)

#### 3.2. Tahap Persiapan

Tahap persiapan melibatkan serangkaian tindakan yang perlu dilakukan sebelum mengumpulkan dan mengolah data. Pada tahap ini, beberapa aspek penting disiapkan untuk memastikan efisiensi waktu dan kelancaran kegiatan yang akan dilaksanakan. Berikut adalah langkah-langkah pada tahap persiapan:

1. Melakukan tinjauan literatur terkait dengan isu-isu yang terkait dengan bidang hidrologi.
2. Mengidentifikasi kebutuhan data yang diperlukan.
3. Mengumpulkan data dari berbagai sumber, termasuk lembaga pemerintah, institusi, serta literatur yang relevan.
4. Melakukan survei pendahuluan di lokasi studi.

### 3.3. Pengumpulan Data

Pada studi ini, data memiliki peranan penting sebagai alat penelitian dan bukti yang mendukung pencapaian tujuan penelitian. Terdapat 2 kategori data yang dipakai pada studi ini, yaitu:

1. Data Sekunder
  - a. Data curah hujan di DAS yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Tengah.
  - b. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) yang diperoleh dari BBWS Pamali Juana (Balai Besar Wilayah Sungai) Provinsi Jawa Tengah.
2. Data Primer

Informasi yang didapatkan secara langsung dari lokasi melalui wawancara dan survei lapangan.

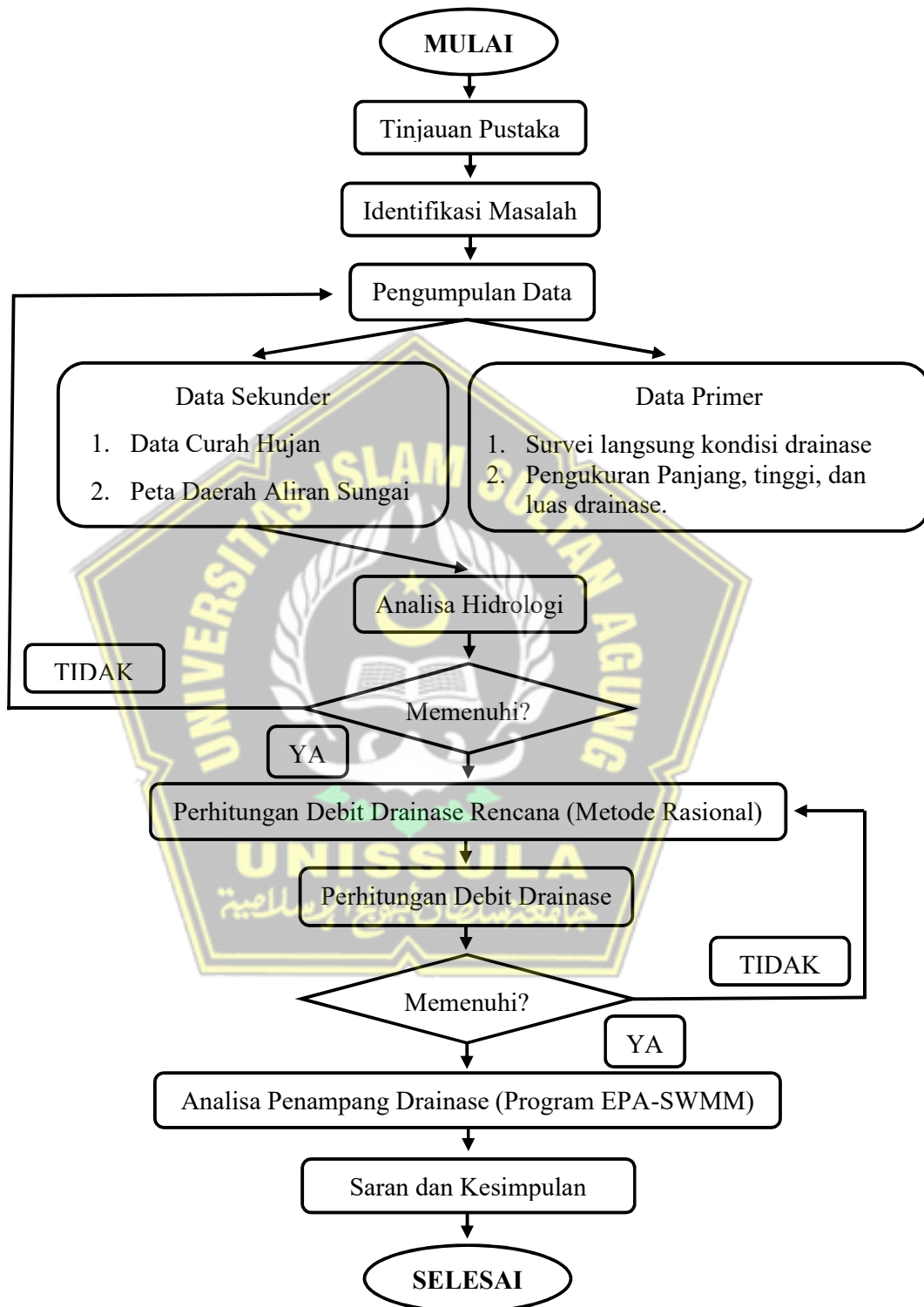
### 3.4. Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data metode ini, dilakukan analisis data yang mencakup, antara lain:

1. Mengidentifikasi curah hujan maksimum tahunan berdasarkan data observasi klimatologi yang telah tercatat dari tahun 2013 hingga 2022.
2. Menganalisis data yang ada, seperti:
  - a. Analisa Hidrologi
    - 1) Analisa frekuensi curah hujan dengan menggunakan:
      - a) Metode Distribusi Gumbel
      - b) Metode Distribusi Log Person Type III
    - 2) Analisa debit rencana banjir dengan menggunakan Metode Rasional.
  - b. Analisa Hidrolika : Analisa kapasitas penampang saluran menggunakan program EPA-SWMM.

### 3.5. Diagram Alir

Penyusunan tugas akhir ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Alir

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Kondisi Eksisting Drainase Jalan Waru

Kondisi eksisting drainase di Jalan Waru Mranggen saat ini mengalami permasalahan serius yang mengakibatkan fungsinya tidak optimal, bahkan berpotensi menimbulkan banjir. Drainase yang dirancang untuk mengalirkan air hujan dan mengurangi risiko genangan air pada jalan, saat ini mengalami berbagai kendala. Saluran air yang tersedia mungkin tidak memadai untuk menangani volume air yang dihasilkan selama musim hujan, sehingga terjadi penumpukan air yang berpotensi menyebabkan banjir di sekitar wilayah tersebut. Selain itu, adanya tumpukan sampah di sekitar drainase juga dapat menghambat aliran air, memperburuk situasi dan menghambat kinerja drainase secara keseluruhan. Perlu dilakukan evaluasi mendalam serta perbaikan infrastruktur drainase dengan memperhatikan kapasitas, keberlanjutan, dan pemeliharaan agar dapat mengatasi permasalahan ini dan menghindari dampak buruk akibat banjir yang dapat merugikan masyarakat sekitar.



**Gambar 4. 1** Kondisi Saluran Drainase Jalan Waru

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)



**Gambar 4. 2** Kondisi Drainase Jalan Waru Ketika Banjir

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)



## 4.2. Analisa Curah Hujan

Dalam penelitian ini, data curah hujan diperlukan dalam setiap analisis hidrologi, terutama untuk melakukan perhitungan debit banjir rencana dengan optimal. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan atau ketiadaan data debit yang memadai. Analisis curah hujan dilakukan dengan tujuan untuk menentukan nilai curah hujan ekstra yang akan digunakan dalam perhitungan debit banjir. Metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan adalah Metode *Polygon Thiessen*.

### 4.2.1. Data Curah Hujan

Dalam rangka penelitian ini, data sekunder curah hujan yang dapat diakses melibatkan informasi dari tiga stasiun, yaitu Stasiun Pucang Gading, Stasiun Brumbung, dan Stasiun Karang Roto dalam periode data 2013-2022 (10 tahun).

#### a. Stasiun Curah Hujan Pucanggading

Stasiun Hujan Pucanggading terletak di Desa Pedurungan Kidul Semarang dengan besaran curah hujan yang digunakan yaitu hujan harian maksimum seperti tabel berikut:

**Tabel 4. 1** Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Pucanggading

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)
1	2013	90
2	2014	106
3	2015	105
4	2016	104
5	2017	82
6	2018	88
7	2019	72
8	2020	98
9	2021	95
10	2022	116

Sumber: PUSDATARU Jawa Tengah

#### b. Stasiun Curah Hujan Brumbung

Stasiun Hujan Brumbung terletak di Desa Brumbung Mranggen dengan besaran curah hujan yang digunakan yaitu hujan harian maksimum seperti tabel berikut:

**Tabel 4. 2** Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Brumbung

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)
1	2013	147
2	2014	175
3	2015	122
4	2016	215
5	2017	165
6	2018	95
7	2019	109
8	2020	98
9	2021	158
10	2022	117

Sumber: PUSDATARU Jawa Tengah

c. Stasiun Curah Hujan Karangroto

Stasiun Hujan Brumbung terletak di Desa Karangroto Genuk dengan besaran curah hujan yang digunakan yaitu hujan harian maksimum seperti tabel berikut:

**Tabel 4. 3** Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Karangroto

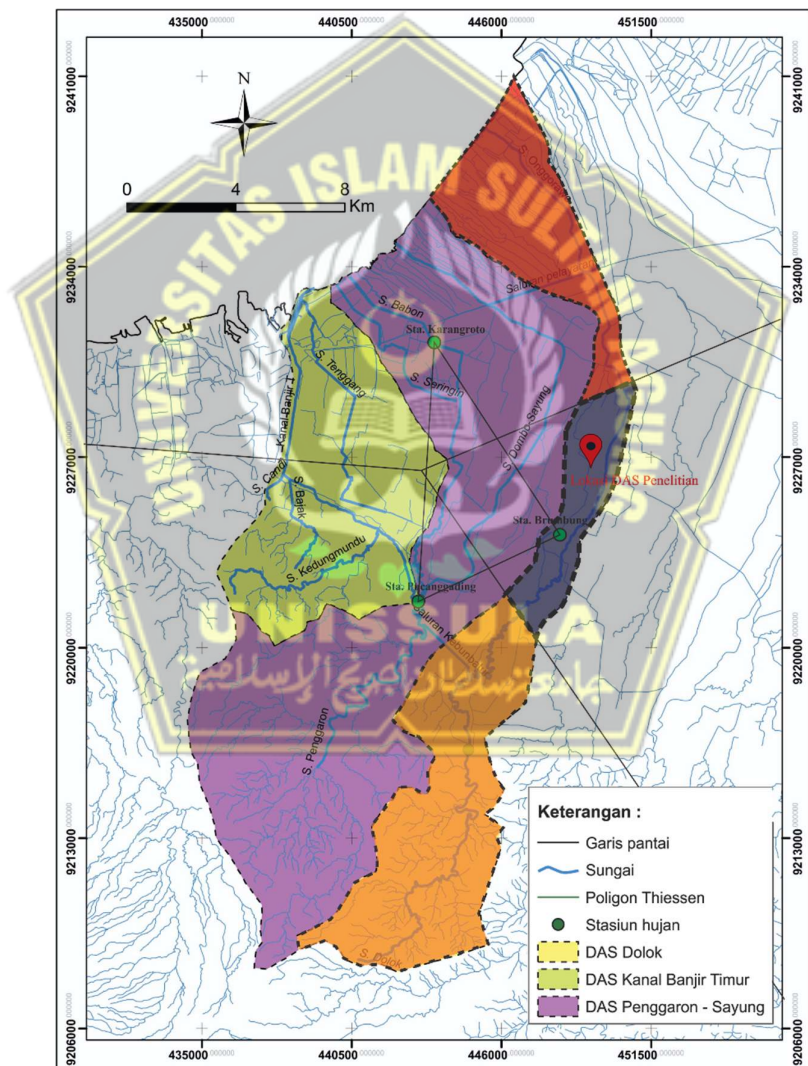
No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)
1	2013	135
2	2014	135
3	2015	130
4	2016	110
5	2017	100
6	2018	98
7	2019	116
8	2020	93
9	2021	137
10	2022	147

Sumber: PUSDATARU Jawa Tengah

#### 4.2.2. Perhitungan Curah Hujan Menggunakan Metode Polygon Thiessen

Dalam penelitian ini, langkah-langkah perhitungan menggunakan Metode Polygon Thiessen dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Identifikasi koordinat setiap stasiun curah hujan dan gambar garis lurus yang menghubungkan stasiun-stasiun tersebut.
- Temukan titik tengah pada setiap garis yang telah dihubungkan.
- Dari titik tengah tersebut, gambar garis tegak lurus.
- Selanjutnya, dengan menggunakan perangkat lunak seperti AutoCAD, dapat dihitung luas area persebaran curah hujan pada masing-masing wilayah.



**Gambar 4.3** Peta Stasiun Pencatat Data Curah Hujan dan *Polygon Thiessen* DAS

(Sumber: BBWS Pemali Juana)

Berdasarkan *Polygon Thiessen* diatas dapat dihitung luas wilayah masing-masing area yang dipengaruhi oleh masing-masing stasiun sebagai berikut:

**Tabel 4. 4** Luas *Polygon Thiessen* dan Bobot Stasiun Hujan

No	Stasiun	Luas DAS Dolok (km <sup>2</sup> )	Bobot DAS Dolok (%)
1	Karang Roto	28,93	29,46
2	Brumbung	17,62	17,94
3	Pucang Gading	51,93	52,60
Jumlah		98,21	100

Sumber: *BBWS Pemali Juana*

Setelah memperoleh informasi mengenai luas area dan presentase dari tiap stasiun hujan, langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan curah hujan rencana untuk ketiga stasiun tersebut. Data curah hujan yang diambil dalam perhitungan ini adalah jumlah curah hujan harian maksimum setiap tahun dari periode 2013 - 2022. Contoh menghitung curah hujan rencana sebagai berikut:

1. Curah Hujan Pada Tahun 2013
  - a. Stasiun Karangroto (P1) = 135 mm/hari
  - b. Stasiun Brumbung (P2) = 147 mm/hari
  - c. Stasiun Pucanggading (P3) = 90 mm/hari
2. Luas Area Tangkapan Curah Hujan
  - a. Stasiun Karangroto (A1) = 28,93 km<sup>2</sup>
  - b. Stasiun Brumbung (A2) = 17,62 km<sup>2</sup>
  - c. Stasiun Pucanggading (A3) = 51,93 km<sup>2</sup>

Maka:

$$P = \frac{P1.A1+P2.A2+P3.A3}{A1+A2+A3}$$

$$P = \frac{135x28,93 + 147x17,62 + 90x51,93}{28,93 + 17,62 + 51,93}$$

$$P = 113,48 \text{ mm}$$

Berikut perhitungan curah hujan rencana untuk tahunnya berikutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4. 5** Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Polygon Thiessen

No	Tahun	Curah Hujan Rerata Max (mm)
1	2013	113,48
2	2014	126,92
3	2015	115,41
4	2016	125,68
5	2017	102,19
6	2018	92,20
7	2019	91,60
8	2020	96,53
9	2021	118,67
10	2022	125,31

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

#### 4.3. Analisa Distrubusi

Untuk memperoleh nilai rencana curah hujan dengan interval waktu yang ditentukan, ada empat jenis distribusi yang digunakan, yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Person III.

Untuk mendapatkan metode yang digunakan, langkah awalnya adalah mencari beberapa faktor yang diambil dari informasi yang tersedia sebagai syarat penggunaan metode distribusi. Berikut adalah faktor-faktor tersebut:

- a. Standar Devisi (SD)

$$SD = \frac{\sqrt{\sum(xi - xa)}}{n - 1}$$

- b. Koofisien Skewness

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

- c. Koofisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum(xi - xa)^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4}$$

- d. Koofisien Variasi

$$Cv = \frac{SD}{xa}$$

**Tabel 4. 6** Persyaratan Metode Distribusi

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	Normal	Cs ≈ 0
		Ck ≈ 3
2	Gumbel	Cs ≈ 1,139
		Ck ≈ 5,402
3	Log Normal	Cs ≈ 1,137
		Ck ≈ 5,383
4	Log Pearson III	Cs ≠ 0
		Cv ≈ 0,3

(Sumber: Sutiono, 1996)

#### 4.3.1. Distribusi Normal

Rumus perhitungan curah hujan rencana berdasarkan Distribusi Normal:

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

Dimana :

$X_T$  = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata dari data hujan (mm)

$K_T$  = Faktor frekuensi lainnya tergantung dari “t”, nilai yang didapatkan dari Tabel *Variasi Reduksi Gauss* (Tabel 2.3)

S = Standar deviasi dari data hujan (mm)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

**Tabel 4. 7** Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

No	Tahun	Xi	(Xi - X rerata)	(Xi - X rerata) <sup>2</sup>	(Xi - X rerata) <sup>3</sup>	(Xi - X rerata) <sup>4</sup>
1	2013	113,48	2,681	7,190	19,279	51,694
2	2014	126,92	16,121	259,892	4.189,756	67.543,726
3	2015	115,41	4,613	21,284	98,194	453,014
4	2016	125,68	14,881	221,452	3.295,486	49.041,005
5	2017	102,19	-8,607	74,087	-637,695	5.488,888
6	2018	92,20	-18,599	345,932	-6.434,063	11.9668,666
7	2019	91,60	-19,201	368,694	-7.079,453	13.5935,524
8	2020	96,53	-14,274	203,739	-2.908,108	41.509,490
9	2021	118,67	7,874	62,002	488,213	3.844,252
10	2022	125,31	14,510	210,550	3.055,142	4.4331,103
<b>Jumlah:</b>		1.108,01	0,000	1.774,821	-5.913,251	46.7867,363
<b>Rerata:</b>		110,80				

Sumber: Perhitungan, 2023

Langkah perhitungan periode 2 tahun:

1. Curah Hujan Rata-Rata ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} = \frac{1108,01}{10} = 110,80 \text{ mm}$$

2. Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{1774,82}{10 - 1}} = 14,04 \text{ mm}$$

3. Hitung Nilai KT dari tabel Nilai *Variabel Reduksi Gauss* (Tabel 2.3)
4. Hitung hujan rencana dengan periode ulang 2 tahun dengan rumus berikut:
 
$$X_T = \bar{X} + K_T \times Sd$$

$$X_2 = 110,801 + (0 \times 14,04) = 108,80 \text{ mm}$$
5. Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang selanjutnya di tabelkan.

**Tabel 4. 8** Parameter Statistik Metode Distribusi Normal

No	Periode Ulang	K <sub>T</sub>	Xi Rerata	Sd	X <sub>T</sub> (mm)
1	2	0	110,80	14,04	110,80
2	5	0,84	110,80	14,04	122,60
3	10	1,28	110,80	14,04	128,78
4	25	1,64	110,80	14,04	133,83
5	50	2,05	110,80	14,04	139,59
6	100	2,33	110,80	14,04	143,52

Sumber: Perhitungan, 2023

#### 4.3.2. Distribusi Gumbel

Data curah hujan yang dimanfaatkan dalam menghitung curah hujan rencana menggunakan metode gumbel adalah data rata-rata curah hujan. Berikut adalah langkah-langkahnya:

Rumus:

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \times Sd$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Keterangan:

X<sub>T</sub> = Hujan dengan return periode T (mm)

$\bar{X}$  = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

N = Banyak data tahun pengamatan

Sd = Standart deviasi

Y<sub>n</sub> = Reduced mean (hubungan dengan banyak data, n)

Y<sub>T</sub> = Reduced variate (hubungan dengan return period, t)

S<sub>n</sub> = Reduced standar deviation (hubungan dengan banyaknya data, n).

Nilai Y<sub>T</sub>, Y<sub>n</sub> dan S<sub>n</sub> telah ditetapkan dalam tabel (Tabel 2.4, Tabel 2.5)



**Tabel 4. 9** Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel

No	Tahun	Xi	(Xi - X rerata)	(Xi - X rerata) <sup>2</sup>	(Xi - X rerata) <sup>3</sup>	(Xi - X rerata) <sup>4</sup>
1	2013	113,48	2,681	7,190	19,279	51,694
2	2014	126,92	16,121	259,892	4.189,756	67.543,726
3	2015	115,41	4,613	21,284	98,194	453,014
4	2016	125,68	14,881	221,452	3.295,486	49.041,005
5	2017	102,19	-8,607	74,087	-637,695	5.488,888
6	2018	92,20	-18,599	345,932	-6.434,063	11.9668,666
7	2019	91,60	-19,201	368,694	-7.079,453	13.5935,524
8	2020	96,53	-14,274	203,739	-2.908,108	41.509,490
9	2021	118,67	7,874	62,002	488,213	3.844,252
10	2022	125,31	14,510	210,550	3.055,142	44.331,103
<b>Jumlah:</b>		1.108,01	0,000	1.774,821	-5.913,251	467.867,363
<b>Rerata:</b>		110,80				

Sumber: Perhitungan, 2023

Langkah perhitungan periode 2 tahun:

1. Curah Hujan Rata-Rata ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} = \frac{1108,01}{10} = 110,80 \text{ mm}$$

2. Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{1774,821}{10 - 1}} = 14,04 \text{ mm}$$

3. Perhitungan  $K_T$  (2 Tahun)

$$Y_n = 0,4952$$

$$S_n = 0,9496$$

$$Y_t = 0,36651$$

$$K_T = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \frac{0,36651 - 0,4952}{0,9496} = -0,1355$$

4. Perhitungan hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$$\begin{aligned}
 X_2 &= \bar{X} + K_T \times Sd \\
 &= 110,80 + (-0,1355 \times 14,04) \\
 &= 121,89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

5. Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang selanjutnya di tabelkan

**Tabel 4. 10** Parameter Statistik Metode Distribusi Gumbel

No	Periode Ulang	$Y_T$	Sd	$Y_n$	$S_n$	$K_T$	X (mm/hari)
1	2	0,367	14,043	0,495	0,950	-0,136	108,90
2	5	1,500	14,043	0,495	0,950	1,058	125,66
3	10	2,250	14,043	0,495	0,950	1,848	136,75
4	25	3,199	14,043	0,495	0,950	2,847	150,77
5	50	3,902	14,043	0,495	0,950	3,587	161,18
6	100	4,600	14,043	0,495	0,950	4,322	171,50

Sumber: Perhitungan, 2023

#### 4.3.3. Distribusi Log Normal

Rumus perhitungan curah hujan rencana berdasarkan Metode Log Normal:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T \times Sd \text{ Log } X$$

Dimana:

$\text{Log } X_T$  = Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun(mm)

$$\text{Log } \bar{X} = \text{Nilai rata-rata dari Log } X_T = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \text{ (mm)}$$

$$S \text{ Log } X = \text{Deviasi standar dari Log } \bar{X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}}$$

$K_T$  = Faktor frekuensi sini lainnya tergantung dari “t”, nilai yang didapatkan dari Tabel *Variabel Reduksi Gauss* (Tabel 2.3)

Tabel 4. 11 Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

No	Xi	Log Xi	(Log Xi - rerata Log X)	(Log Xi - rerata Log X) <sup>2</sup>	(Log Xi - rerata Log X) <sup>3</sup>	(Log Xi - rerata Log X) <sup>4</sup>
1	113,48	2,0549	0,01362	0,00019	0,00000	0,00000
2	126,92	2,1035	0,06223	0,00387	0,00024	0,00001
3	115,41	2,0623	0,02095	0,00044	0,00001	0,00000
4	125,68	2,0993	0,05797	0,00336	0,00019	0,00001
5	102,19	2,0094	-0,03188	0,00102	-0,00003	0,00000
6	92,20	1,9647	-0,07657	0,00586	-0,00045	0,00003
7	91,60	1,9619	-0,07941	0,00631	-0,00050	0,00004
8	96,53	1,9846	-0,05666	0,00321	-0,00018	0,00001
9	118,67	2,0744	0,03305	0,00109	0,00004	0,00000
10	125,31	2,0980	0,05668	0,00321	0,00018	0,00001
<b>Jumlah</b>	1108,01	20,4131	0,00000	0,02856	-0,00050	0,00012
<b>Rerata</b>	110,80	2,0413				

Sumber: Perhitungan, 2023

Langkah perhitungan periode 2 tahun:

1. Curah Hujan Rata-Rata ( $\bar{X}$ )

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{20,4131}{10} = 2,04 \text{ mm}$$

2. Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,02856}{10 - 1}} = 0,056 \text{ mm}$$

3. Tentukan Nilai KT dari Tabel *Variabel Reduksi Gauss* (Tabel 2.3)
4. Perhitungan logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$$\begin{aligned} \text{Log } X_2 &= \text{Log } \bar{X} + KT \times Sd \text{ Log } X \\ &= 2,04 + (0,00 \times 0,056) \\ &= 109,98 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang selanjutnya di tabelkan

**Tabel 4. 12** Parameter Statistik Metode Distribusi Log Normal

No	Periode Ulang	K <sub>T</sub>	Log Xi Rerata	Sd	Log X <sub>T</sub>	X <sub>T</sub> (mm)
1	2	0	2,04	0,056	2,04	109,98
2	5	0,84	2,04	0,056	2,09	122,64
3	10	1,28	2,04	0,06	2,11	129,84
4	25	1,64	2,04	0,06	2,13	136,05
5	50	2,05	2,04	0,06	2,16	143,48
6	100	2,33	2,04	0,06	2,17	148,78

Sumber: Perhitungan, 2023

#### 4.3.4. Distribusi Log Person III

Rumus perhitungan curah hujan rencana berdasarkan Metode Log Person III:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T \times Sd \text{ Log } X$$

Dimana:

Log X<sub>T</sub> = Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun(mm)

$$\text{Log } \bar{X} = \text{Nilai rata-rata dari Log } X_T = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \text{ (mm)}$$

$$S \text{ Log } X = \text{Deviasi standar dari Log } \bar{X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}}$$

K<sub>T</sub> = Koefisien frekuensi, didapat berdasarkan hubungan nilai Cs dengan periode ulang T, lihat Tabel (Lampiran)

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S \text{Log } X)^3}$$

Tabel 4. 13 Perhitungan Curah Hujan Rencana Log Person III

No	Xi	Log Xi	(Log Xi - rerata Log X)	(Log Xi - rerata Log X) <sup>2</sup>	(Log Xi - rerata Log X) <sup>3</sup>	(Log Xi - rerata Log X) <sup>4</sup>
1	113,48	2,0549	0,01362	0,00019	0,00000	0,00000
2	126,92	2,1035	0,06223	0,00387	0,00024	0,00001
3	115,41	2,0623	0,02095	0,00044	0,00001	0,00000
4	125,68	2,0993	0,05797	0,00336	0,00019	0,00001
5	102,19	2,0094	-0,03188	0,00102	-0,00003	0,00000
6	92,20	1,9647	-0,07657	0,00586	-0,00045	0,00003
7	91,60	1,9619	-0,07941	0,00631	-0,00050	0,00004
8	96,53	1,9846	-0,05666	0,00321	-0,00018	0,00001
9	118,67	2,0744	0,03305	0,00109	0,00004	0,00000
10	125,31	2,0980	0,05668	0,00321	0,00018	0,00001
<b>Jumlah</b>	1108,01	20,4131	0,00000	0,02856	-0,00050	0,00012
<b>Rerata</b>	110,80	2,0413				

Sumber: Perhitungan, 2023

Langkah perhitungan periode 2 tahun:

1. Curah Hujan Rata-Rata ( $\bar{X}$ )

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log} X_i}{n} = \frac{20,413}{10} = 2,04 \text{ mm}$$

2. Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log} X - \text{Log } \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,02856}{10 - 1}} = 0,056 \text{ mm}$$

3. Perhitungan Cs

$$Cs = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)(Sd)^3} = \frac{10 \times -0,0005}{(10 - 1)(10 - 2)(0,056)^3} = -0,387$$

4. Perhitungan G

Lihat Tabel 2.6 (Hubungan Cs dengan Kala Ulang (T) atau dengan Percent Chance (P%).

5. Perhitungan hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$$\begin{aligned} \text{Log } X_2 &= \text{Log } \bar{X} + G \times Sd \text{ Log } X \\ &= 2,04 + (0,0639 \times 0,56) \\ &= 2,0449 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_T &= 10^{2,0449} \\ &= 110,89 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang selanjutnya di tabelkan

**Tabel 4. 14** Parameter Statistik Metode Log Person III

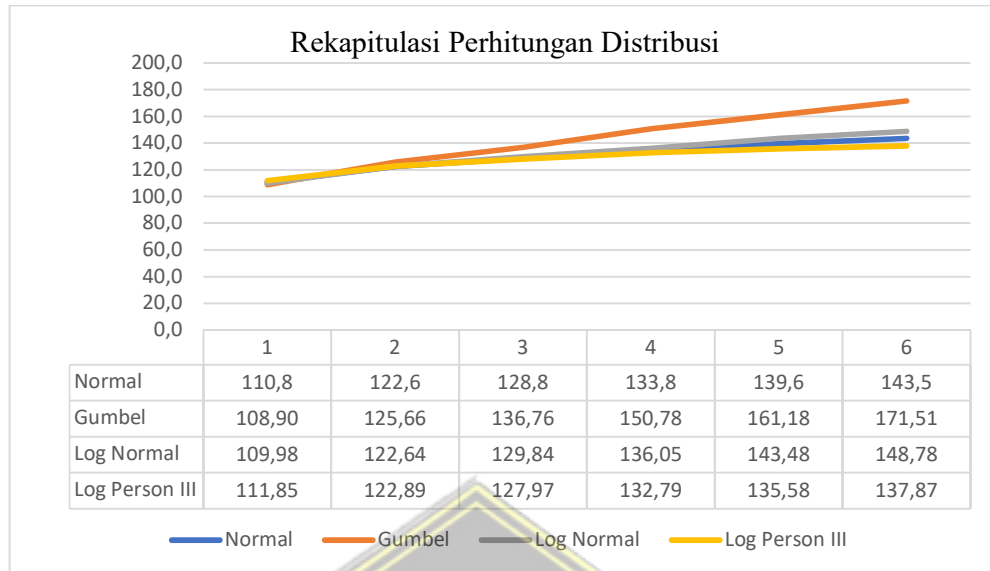
No	Periode Ulang	P (%)	Cs	G	Log X	X (mm)
1	2	50	-0,387	0,130	2,049	111,85
2	5	20	-0,387	0,856	2,090	122,89
3	10	10	-0,387	1,168	2,107	127,97
4	25	4	-0,387	1,453	2,123	132,79
5	50	2	-0,387	1,613	2,132	135,58
6	100	1	-0,387	1,742	2,139	137,87

Sumber: Perhitungan, 2023

**Tabel 4. 15** Rekapitulasi Perhitungan Distribusi Probabilitas

No	Periode Ulang	Normal	Gumbel	Log Normal	Log Person III
1	2	110,8	108,90	109,98	111,85
2	5	122,6	125,66	122,64	122,89
3	10	128,8	136,76	129,84	127,97
4	25	133,8	150,78	136,05	132,79
5	50	139,6	161,18	143,48	135,58
6	100	143,5	171,51	148,78	137,87

Sumber: Perhitungan, 2023



**Gambar 4. 4** Rekapitulasi Perhitungan Distribusi  
(Sumber: Data Olahan, 2023)

#### 4.4. Uji Distribusi Probabilitas

Menentukan distribusi yang cocok dengan data dilakukan dengan membandingkan parameter data dengan persyaratan yang diperlukan oleh masing-masing jenis distribusi seperti berikut:

##### 4.4.1. Uji Chi-Kuadrat

##### 1. Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Distribusi Gumbel

a. Pembagian Kelas:

$$\begin{aligned}
 N &= 10 \\
 \text{Kelas} &= 1 + 3,222 \log N \\
 &= 1 + 3,222 \log 10 \\
 &= 4,322 \\
 &= 4 \text{ Kelas}
 \end{aligned}$$

b. Peluang batas kelas:

$$P = \frac{1}{\text{Kelas}} = \frac{1}{4} = 0,25 = 25\%$$

c. Besar Peluang dan batas nilai kelas distribusi Gumbel

$$YT = -\ln \left\{ -\ln \frac{\frac{100}{P\%} - 1}{\frac{100}{P\%}} \right\}$$

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

$$X = X_a + (K \times S_d)$$

**Tabel 4. 16** Perhitungan Besar Peluang dan Batas Nilai Kelas Distribusi Gumbel

P (%)	Y <sub>T</sub>	S <sub>d</sub>	Y <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>	K	X (mm)
25	1,2459	14,0429	0,4952	0,9497	0,7905	121,9012
50	0,3665	14,0429	0,4952	0,9497	-0,1355	108,8980
75	-0,3266	14,0429	0,4952	0,9497	-0,8654	98,6487

Sumber: Perhitungan, 2023

Sehingga batas kelas:

Sub kelas 1	X	<	98,649
Sub kelas 2	98,649	< X <	108,898
Sub Kelas 3	108,899	< X <	121,901
Sub Kelas 4	X	>	121,901

**Tabel 4. 17** Perhitungan Uji *Chi-Kuadrat* Untuk Distribusi Gumbel

No.	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		(OF - EF) <sup>2</sup>	(OF - EF) <sup>2</sup> / EF
	OF	EF	OF	EF		
1	X <	98,649	3,000	2,500	0,250	0,100
2	98,649 < X <	108,898	1,000	2,500	2,250	0,900
3	108,898 < X <	121,901	3,000	2,500	0,250	0,100
4	X >	121,901	3,000	2,500	0,250	0,100
Jumlah:			10,000	10,000	3,000	<b>1,200</b>

Sumber: Perhitungan, 2023

$$c^2_{hitung} = 1,200$$

$$K \text{ (Kelas)} = 4$$

$$DK = K - (P + 1)$$

$$= 4 - (2 + 1)$$

$$= 1$$

$$\text{Untuk } DK = 1 \text{ dan } a = 5\% \implies c^2_{cr} = 3,841$$

Karena  $c^2_{hitung} < c^2_{cr}$  maka, **Distribusi Frekuensi Diterima**



## 2. Perhitungan Uji *Chi-Kuadrat* Distribusi Log Person III

a. Pembagian Kelas:

$$\begin{aligned} N &= 10 \\ \text{Kelas} &= 1 + 3,222 \log N \\ &= 1 + 3,222 \log 10 \\ &= 4,322 \\ &= 4 \text{ Kelas} \end{aligned}$$

b. Peluang batas kelas:

$$P = \frac{1}{\text{Kelas}} = \frac{1}{4} = 0,25 = 25\%$$

Besar peluang dan batas nilai kelas distribusi Log Person III dapat dilihat pada table berikut:

**Tabel 4. 18** Besar Peluang dan Nilai Batas Kelas Untuk Distribusi Log Person III

P (%)	Cs	K	Log X	X (mm)
25	-0,3871	0,8561	2,0895	122,8943
50	-0,3871	0,3720	2,0623	115,4144
75	-0,3871	-0,1738	2,0315	107,5262

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Sehingga batas kelas:

Sub kelas 1	X	<	107,526
Sub kelas 2	107,526	< X <	115,414
Sub Kelas 3	115,414	< X <	122,894
Sub Kelas 4	X	>	122,894

**Tabel 4. 19** Perhitungan Uji *Chi-Kuadrat* untuk Distribusi Log Person III

No.	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		$(OF - EF)^2$	$\frac{(OF - EF)^2}{EF}$
	OF	EF				
1	X <	107,526	4,000	2,500	2,250	0,900
2	107,526 < X <	115,414	2,000	2,500	0,250	0,100
3	115,414 < X <	122,894	1,000	2,500	2,250	0,900
4	X >	122,894	3,000	2,500	0,250	0,100
Jumlah :			10,000	10,000	5,000	<b>2,000</b>

Sumber: Perhitungan, 2023

$$c^2_{hitung} = 2,000$$

$$K \text{ (Kelas)} = 4$$

$$DK = K - (P + 1)$$

$$= 4 - (2 + 1)$$

$$= 1$$

$$\text{Untuk } DK = 1 \text{ dan } a = 5\% \implies c^2_{cr} = 3,841$$

Karena  $c^2_{hitung} < c^2_{cr}$  maka, **Distribusi Frekuensi Diterima**

**Tabel 4. 20** Rekapitulasi Uji *Chi-Kuadrat*

No	Metode Distribusi	$x^2_{hitung}$	$x^2_{cr}$	Keterangan
1	Distribusi Gumbel	1,200	3,8410	Memenuhi
2	Distribusi Log Pearson III	2,000	3,8410	Memenuhi

Sumber: Perhitungan, 2023

#### 4.4.2. Uji Smirnov Kolmogorof

##### 1. Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorof Distribusi Gumbel

**Tabel 4. 21** Uji *Smirnov-Kolmogorof* Untuk Distribusi Gumbel

No	X	m	$S_n$ (X)	$Y_T$	$Tr$	$Pr$	$P_x(X)$	D
1	113,48	1	0,091	0,191	0,909	0,111	0,889	0,020
2	126,92	2	0,182	1,148	0,818	0,222	0,778	0,040
3	115,41	3	0,273	0,329	0,727	0,333	0,667	0,061
4	125,68	4	0,364	1,060	0,636	0,444	0,556	0,081
5	102,19	5	0,455	-0,613	0,545	0,556	0,444	0,101
6	92,20	6	0,545	-1,324	0,455	0,667	0,333	0,121
7	91,60	7	0,636	-1,367	0,364	0,778	0,222	0,141
8	96,53	8	0,727	-1,016	0,273	0,889	0,111	0,162
9	118,67	9	0,818	0,561	0,182	1,000	0,000	0,182
10	125,31	10	0,909	1,033	0,091	1,111	-0,111	0,202

Sumber: Perhitungan, 2023

$$\text{Rerata } X_i = 110,80$$

$$\text{Standar Deviasi} = 14,04$$

$$D \text{ Maks} = 0,2020$$

N (Jumlah data) = 10  
 a (derajat kepercayaan) = 5% (angka yang biasa diambil)  
 D Kritis = 0,4090

Karena  $D_{Maks} < D_{Kritis} \implies$  **Distribusi Frekuensi Diterima**

## 2. Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorof Distribusi Log Person III

**Tabel 4. 22** Uji Smirnov-Kolmogorof Untuk Distribusi Log Person III

No	X	Log X	Cs	m	$S_n(X)$	Pr	Px (X)	D
1	113,482	2,055	0,242	1,000	0,091	0,036	0,964	0,8727
2	126,922	2,104	1,105	2,000	0,182	0,036	0,964	0,7823
3	115,414	2,062	0,372	3,000	0,273	0,036	0,964	0,6909
4	125,682	2,099	1,029	4,000	0,364	0,016	0,984	0,6202
5	102,193	2,009	-0,566	5,000	0,455	0,017	0,983	0,5288
6	92,202	1,965	-1,359	6,000	0,545	0,017	0,983	0,4376
7	91,599	1,962	-1,410	7,000	0,636	0,014	0,986	0,3499
8	96,527	1,985	-1,006	8,000	0,727	0,014	0,986	0,2591
9	118,675	2,074	0,587	9,000	0,818	0,015	0,985	0,1672
10	125,311	2,098	1,006	10,000	0,909	0,016	0,984	0,0750

Sumber: Perhitungan, 2023

Rerata Log X = 2,041  
 Standar Deviasi = 0,056  
 D Maks = 0,8727  
 N (jumlah data) = 10  
 A (derajat kepercayaan) = 5%  
 D Kritis = 0,409

Karena  $D_{Maks} < D_{Kritis} \implies$  **Distribusi Frekuensi Ditolak**

**Tabel 4. 23** Rekapitulasi Uji Smirnov Kolmogorof Log Person III

No	Metode Distribusi	$\chi^2_{hitung}$	$\chi^2_{cr}$	Keterangan
1	Distribusi Gumbel	0,2020	0,4090	Memenuhi
2	Distribusi Log Pearson III	0,8727	0,4090	Tidak Memenuhi

Sumber: Perhitungan, 2023

Berdasarkan uji *Chi-Kuadrat* dan uji *Smirnov-Kolmogorof* diatas dapat disimpulkan bahwa perhitungan probabilitas rata-rata hujan harian maksimum tahunan memakai jenis distribusi Gumbel.

#### 4.5. Analisa Debit Rencana

Perhitungan debit rencana saluran drainase didaerah permukiman padat dapat dilakukan dengan menggunakan rumus rasional. Analisis penampang drainase menghitung luas basah dan keliling basah penampang penampang didrainase tersebut dan menganalisis volume penampang dengan persamaan manning. Selanjutnya menghitung debit saluran yang terjadi.

Perhitungan debit banjir rencana dilakukan melalui metode rasional, yang melibatkan faktor-faktor parameter seperti koefisien limpasan, intensitas hujan daerah, dan luas *catchment area*.

##### **Data Hidrologi Penampang Saluran Drainase Jalan Waru:**

Panjang Aliran (L)	= 1720 m
Koefisien Pengaliran (C)	= 0,4
Luas catchment area (A)	= 10 Ha
Jarak tempuh aliran terjauh diatas permukaan (Lo)	= 275 m

##### **4.5.1. Waktu Konsentrasi Hujan**

Waktu konsentrasi merujuk pada periode yang diperlukan untuk air mengalir dari titik terjauh dalam suatu daerah aliran menuju titik kontrol yang telah ditentukan di bagian hilir hulu aliran tersebut. Rumus yang digunakan untuk menghitung waktu konsentrasi dapat ditemukan menggunakan rumus empiris, contohnya adalah rumus *kirpich*, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,0195 \times \left(\frac{L_0}{\sqrt{S}}\right)^{0,77} \\
 &= 0,0195 \times \left(\frac{275}{\sqrt{0,0017}}\right)^{0,77} \\
 &= 17,16 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_d &= \frac{L_s}{60 \times V} \\
 &= \frac{1720}{60 \times 0,40} \\
 &= 71,67 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_c &= T_0 + T_d \\
&= 17,16 + 71,67 \\
&= 88,83 \text{ menit} \\
&= 1,48 \text{ jam}
\end{aligned}$$

#### 4.5.2. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh dalam satu satuan waktu atau kedalaman tertentu. Intensitas Curah Hujan dapat dihitung menggunakan Rumus Mononobe, khususnya ketika data hujan jangka pendek tidak tersedia, dan hanya terdapat data harian hujan.

$$\begin{aligned}
I &= \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} \\
&= \frac{108,90}{24} \times \left(\frac{24}{1,48}\right)^{2/3} \\
&= 29,06 \text{ mm/jam}
\end{aligned}$$

#### 4.5.3. Menghitung Debit Rencana Dengan Metode Rasional

Metode rasional digunakan untuk mengestimasi debit pada suatu DAS yang tidak memiliki data pengamatan debit. Metode ini biasa digunakan untuk saluran drainase dengan DAS yang relatif tidak besar, luas DAS < 300 ha atau sekitar 40-80 km<sup>2</sup>.

Rumus menghitung debit periode ulang 2 tahun sebagai berikut:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$Q_p = 0,278 \times 0,4 \times 29,06 \times 10 = 32,32 \text{ m}^3/\text{det}$$

Selanjutnya hasil perhitungan debit rencana untuk periode ulang selanjutnya di tabelkan.

Tabel 4. 24 Debit Banjir Rencana

No	Periode Ulang	Debit Banjir Rencana (m <sup>3</sup> /det)
1	2	32,32
2	5	37,29
3	10	40,59
4	25	44,75
5	50	47,83
6	100	50,90

Sumber: Perhitungan, 2023

#### 4.6. Skema Jaringan Drainase Jalan Waru

Skema jaringan drainase Jalan Waru Mranggen dirancang untuk mengelola aliran air hujan dan mengurangi risiko genangan di wilayah tersebut. Dengan pengaturan yang optimal, jaringan ini mencakup berbagai elemen seperti saluran drainase, *junction*, *outfall*, dan *subcatchment*.

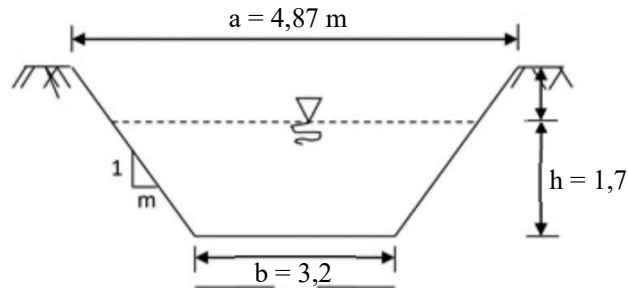


**Gambar 4. 5** Skema Jaringan Saluran Drainase

(Sumber: Data Olahan, 2023)

#### 4.7. Analisa Kapasitas Saluran Drainase

Pada penelitian ini akan menganalisa kapasitas saluran drainase dengan debit yang telah direncanakan yaitu  $37,29 \text{ m}^3/\text{det}$  dengan kala ulang  $Q_5$  tahun sebagai berikut:



**Gambar 4. 6** Penampang Trapesium Saluran

(Sumber: Data Olahan, 2023)

$$\begin{aligned}
 \text{a. Luas Penampang (A)} &= (b + m \times h) \times h \\
 &= (3,2 + 1 \times 1,7) \times 1,7 \\
 &= 8,33 \text{ m}^2 \\
 \text{b. Keliling basah (P)} &= b + 2 \times h \times \sqrt{1 + m^2} \\
 &= 3,2 + 2 \times 1,7 \sqrt{1 + 1^2} \\
 &= 8,008 \text{ m} \\
 \text{c. Jari-jari hidrolik (R)} &= \frac{A}{P} = \frac{8,33}{8,008} = 1,04 \text{ m} \\
 \text{d. Kecepatan aliran (V)} &= \left( \left( \frac{1}{n} \right) \times R^{\frac{2}{3}} \right) \times S^{\frac{1}{2}} \\
 &= \left( \left( \frac{1}{0,02} \right) \times 1,04^{\frac{2}{3}} \right) \times 0,0017^{\frac{1}{2}} \\
 &= 2,116 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{e. Debit Saluran (Qsaluran)} &= A \times V < Q_p \\
 &= 8,33 \times 2,116 < 27,45 \\
 &= \mathbf{17,63 \text{ m}^3/\text{det}} < \mathbf{37,29 \text{ m}^3/\text{det}}
 \end{aligned}$$

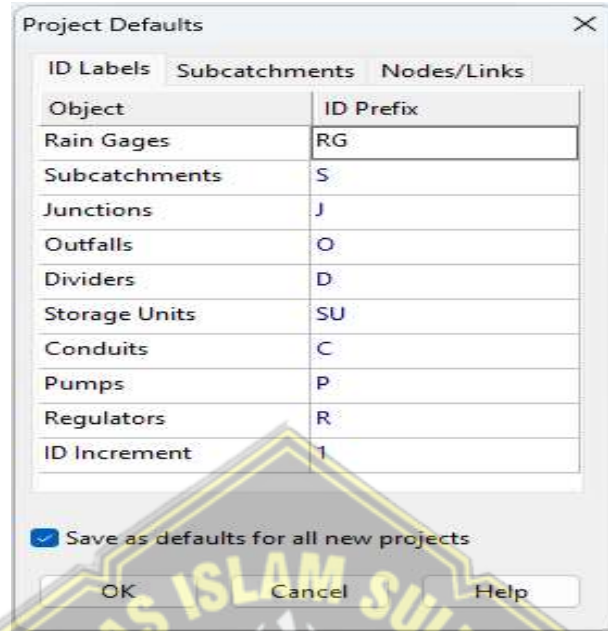
Berdasarkan evaluasi debit kontrol, didapat bahwa Debit Saluran (Qs) = 17,63 m<sup>3</sup>/detik lebih kecil dibandingkan dengan Debit Rencana (Qp) = 37,29 m<sup>3</sup>/detik. Oleh karena itu, saluran dianggap tidak aman, sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang.

#### **4.7.1. Analisa Kapasitas Saluran Drainase Dengan Program EPA - SWMM**

Pemodelan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai debit aliran dan kapasitas drainase di Jalan Waru. Dari hasil pemodelan, kita dapat mengamati keadaan drainase yang rentan terhadap banjir, sehingga dapat merencanakan dimensi saluran yang lebih efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Untuk memfasilitasi proses pemodelan, digunakan program *EPA - SWMM*.

Langkah-langkah dalam melakukan pemodelan drainase Jalan Waru adalah sebagai berikut:

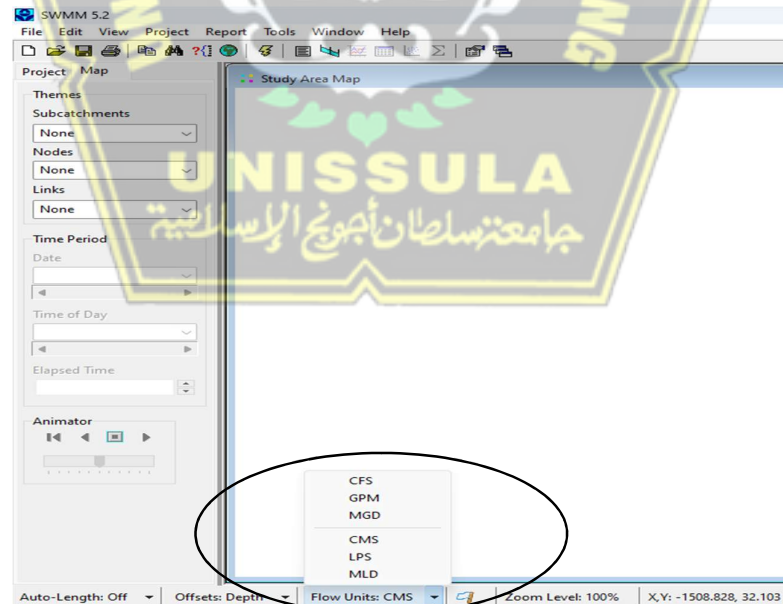
a. Atur *Project Default*



**Gambar 4.7** Pengaturan Project Default

(Sumber: Data Olahan, 2023)

b. Lihat Status Bar pada bagian bawah. Pastikan *auto-length: on*, *offset:off*  
*flow unit: CMS*

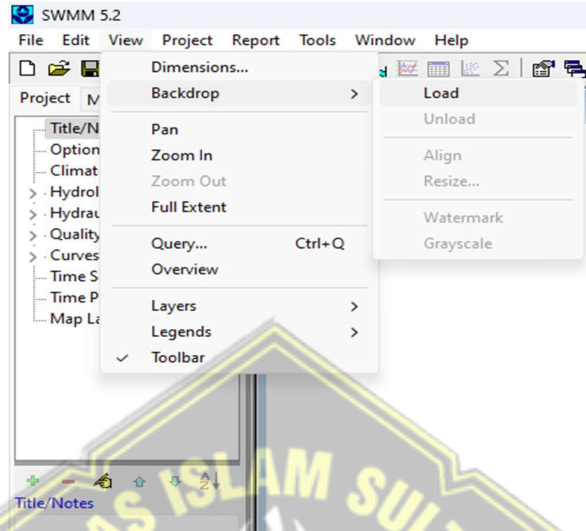


**Gambar 4.8** Pengaturan Status Bar SWMM

(Sumber: Data Olahan, 2023)



- c. Langkah berikutnya adalah memasukkan data penampang. Data yang perlu dimasukkan melibatkan *subcatchment*, *conduit*, *junction*, *outfall*, dan *rain gage*.



**Gambar 4. 9** Menerapkan *Backdrop*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

- d. Setelah tampilan DAS terlihat, langkah pertama melakukan penggambaran *Subcatchment*, dilanjutkan dengan pembuatan *Junction*, *Outfall*, *Conduit*, dan *Rain gage*.
- e. Kemudian sambungkan tiap *Subcatchment* dengan *Junction*, sambungkan *Junction* dengan *Conduit*.



**Gambar 4. 10** Skema Saluran Drainase Pada *Software* EPA-SWMM

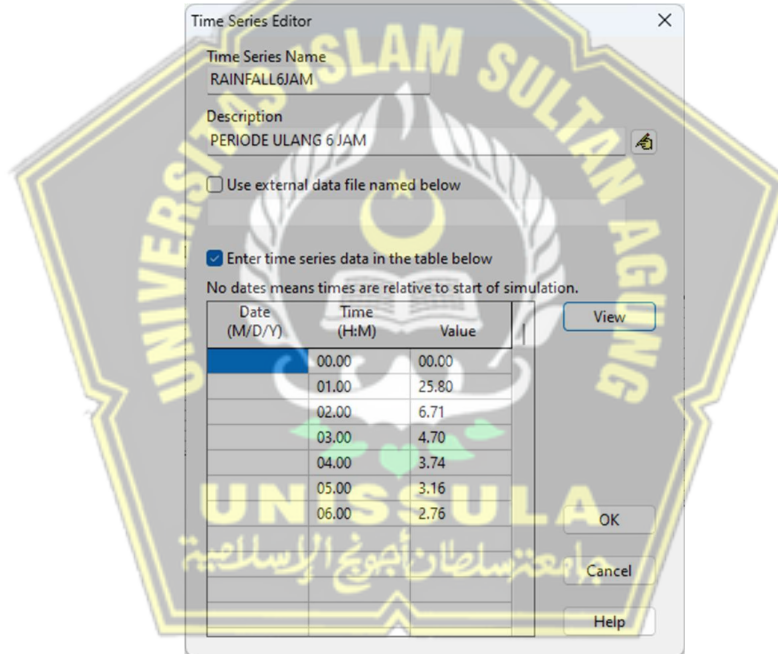
(Sumber: Data Olahan, 2023)

- f. Isi *table time series* dengan data hujan rencana

**Tabel 4. 25** Distribusi Hujan Tiap Jam

Waktu (jam)	Ratio (%)	Kumulatif (%)	Curah Hujan Tiap Jam	
			2 th	5 th
1	55,03	55,03	22,03	25,80
2	14,30	69,34	5,73	6,71
3	10,03	79,37	4,02	4,70
4	7,99	87,36	3,20	3,74
5	6,75	94,10	2,70	3,16
6	5,90	100,00	2,36	2,76

Sumber: Perhitungan, 2023



**Gambar 4. 11** Nilai *Time series*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

Dalam mengisi data untuk *Time Series*, sebagai contoh pada PUH 5 Tahun, diperlukan informasi mengenai Curah Hujan per Jam, seperti pada jam pertama sebanyak 25,80 mm, pada jam kedua sebanyak 6,71 mm, pada jam ketiga sebanyak 4,70 mm, dan pada jam keempat sebanyak 3,74 mm, dan seterusnya.

g. Isi *table Rain Gage 1* dengan format sebagai berikut:

Property	Value
Name	RG1
X-Coordinate	4173.355
Y-Coordinate	1733.547
Description	
Tag	
Rain Format	INTENSITY
Time Interval	1:00
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES

Type of rainfall data recorded at rain gage

**Gambar 4. 12** *Table Rain Gage 1*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

h. Isi *table Subcatchment* dengan format sebagai berikut:

Property	Value
Name	S1
X-Coordinate	2439.212
Y-Coordinate	2451.169
Description	
Tag	
Rain Gage	RG1
Outlet	J1
Area	1.2
Width	11.974

Rain gage assigned to subcatchment

**Gambar 4. 13** *Format Subcatchment*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

Untuk mengisi data *subcatchment*, sebagai contoh pada penampang melintang J1 Drinase Jalan Waru Mranggen, diketahui data Luas Area subcatchment sebesar 1,2 Ha, Outlet air masuk melalui JUNC 1, dan width 11,9 m.

- i. Isi *table Junction* dengan format sebagai berikut:

Junction J1	
Property	Value
Name	J1
X-Coordinate	1011.236
Y-Coordinate	1717.496
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	135
Max. Depth	2.2

Click to specify any external inflows received at the junction

**Gambar 4. 14** Format *Junction*

(Sumber: Data Olan, 2023)

- j. Langkah berikutnya adalah mengisi data *conduit* dengan cara mengklik garis *conduit* pada gambar dan kemudian melakukan klik kanan, seperti gambar berikut:



**Gambar 4. 15** Format *Conduits*

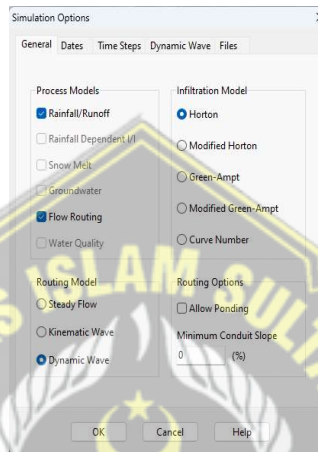
(Sumber: Data Olan, 2023)

Pada penampang melintang Drainase Jalan Waru Mranggen menggunakan saluran berbentuk trapesium dengan lebar  $b = 3,2$  m, tinggi  $h = 1,7$  m, dan luas  $a = 4.87$  m.

## 1. Persiapan Menjalankan Simulasi

Simulasi menggunakan EPA - SWMM dapat dilakukan setelah menyelesaikan tahapan persiapan pengolahan data yang tersedia. Proses menjalankan simulasi ini melibatkan beberapa tahap penyesuaian pada bagian general options, date option, time step option, dynamic wave. Detail langkah-langkah penyesuaian ini terdapat di dalam jendela proyek, dengan penjelasannya dapat ditemukan di bawah ini:

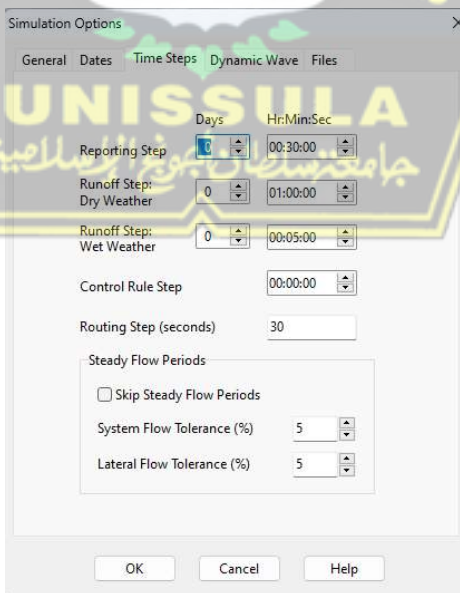
- a. Isi table *General Options* dengan format sebagai berikut:



**Gambar 4. 16** Format *General Options*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

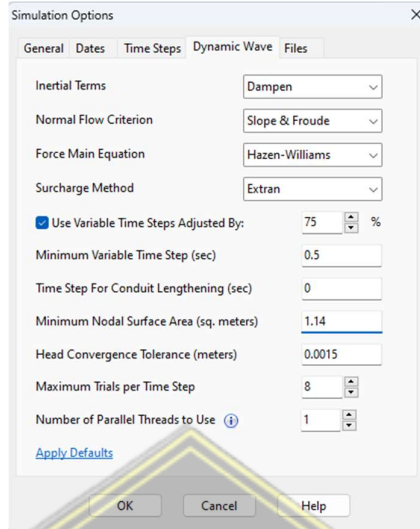
- b. Isi table *Time Step Options* dengan format sebagai berikut:



**Gambar 4. 17** Format *Time Step Options*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

c. Isi table *Dynamic Wave Options* dengan format sebagai berikut:



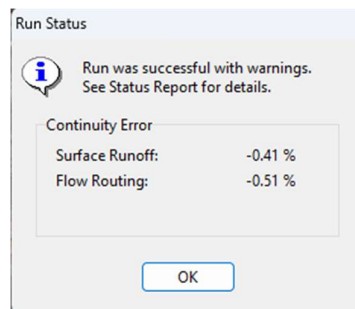
**Gambar 4. 18** Format *Dynamic Wave Options*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

## 2. Persiapan Menjalankan Simulasi

Data dan pengaturan yang diperlukan telah dimasukkan dan disesuaikan di tempatnya masing-masing. Langkah berikutnya adalah menjalankan simulasi dengan mengklik logo petir yang terdapat pada *interface software*. Kemudian pengguna perlu menunggu beberapa saat hingga status laporan muncul sebagai hasilnya. Data tersebut akan memberikan deskripsi apabila terdapat kesalahan yang mungkin terjadi selama proses simulasi *EPA - SWMM*, termasuk saluran yang meluap. Contoh status laporan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.17. Hasil simulasi dengan periode ulang 2 tahun menghasilkan data banjir saluran seperti yang terlihat pada gambar 4.18.

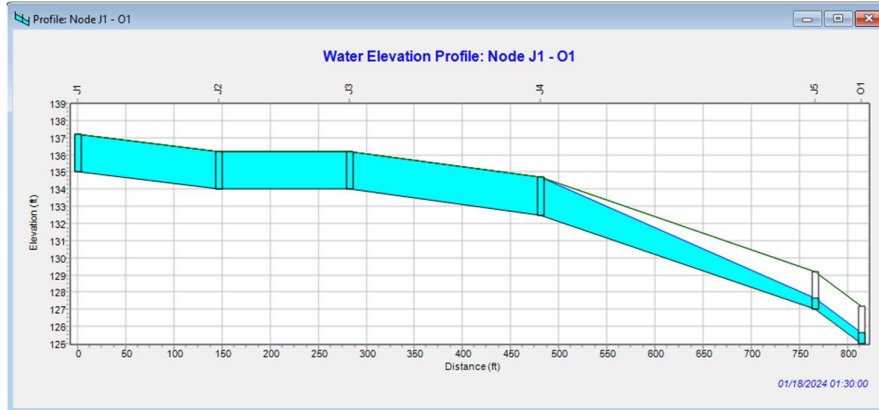
a. Simulasi *Run Status*



**Gambar 4. 19** Simulasi *Run Status*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

b. Hasil Run Status



**Gambar 4. 20** Hasil Run Status

(Sumber: Data Olahan, 2023)

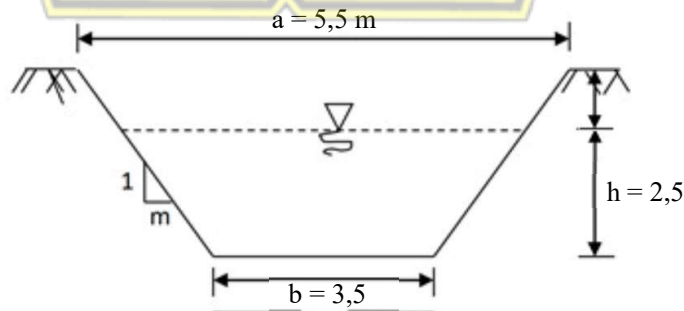
Berdasarkan hasil simulasi EPA SWMM, ditemukan adanya genangan di beberapa lokasi pada sistem drainase. Pada gambar 4.20 di atas, terlihat bahwa saluran pada titik J1 sampai J4 tidak mampu menampung aliran air karena dimensinya tidak memadai. Hal ini menyebabkan terjadinya genangan, bahkan risiko banjir.

#### 4.8. Analisa Rencana Dimensi Saluran Drainase

Karena saluran drainase tidak aman maka diperlukan perencanaan ulang, berikut adalah perhitungan rencana dimensi saluran drainase.

##### 4.8.1. Penampang Trapesium

Setelah melakukan beberapa percobaan dimensi saluran drainase trapesium maka direncanakan ulang dengan dimensi saluran penampang drainase sebagai berikut:



**Gambar 4. 21** Penampang Trapesium Rencana

(Sumber: Data Olahan, 2023)

$$\begin{aligned}
 \text{a. Luas Penampang (A)} &= (b + m \times h) \times h \\
 &= (3,5 + 1 \times 2,5) \times 2,5 \\
 &= 15 \text{ m}^2 \\
 \text{b. Keliling basah (P)} &= b + 2 \times h \times \sqrt{1 + m^2} \\
 &= 3,5 + 2 \times 2,5 \sqrt{1 + 1^2} \\
 &= 10,57 \text{ m} \\
 \text{c. Jari-jari hidrolik (R)} &= \frac{A}{P} = \frac{15}{10,57} = 1,42 \text{ m} \\
 \text{d. Kecepatan aliran (V)} &= \left( \left( \frac{1}{n} \right) \times R^{\frac{2}{3}} \right) \times S^{\frac{1}{2}} \\
 &= \left( \left( \frac{1}{0,02} \right) \times 1,42^{\frac{2}{3}} \right) \times 0,0017^{\frac{1}{2}} \\
 &= 2,604 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{e. Debit Saluran (Qsaluran)} &= A \times V > Q_p \\
 &= 15 \times 2,604 > 27,45 \\
 &= \mathbf{39,06 \text{ m}^3/\text{det}} > \mathbf{37,29 \text{ m}^3/\text{det}}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan evaluasi debit kontrol, didapat bahwa Debit Saluran (Qs) = 39,06 m<sup>3</sup>/detik lebih besar dibandingkan dengan Debit Rencana (Qp) = 37,29 m<sup>3</sup>/detik. Oleh karena itu, saluran dianggap aman, maka dapat digunakan.

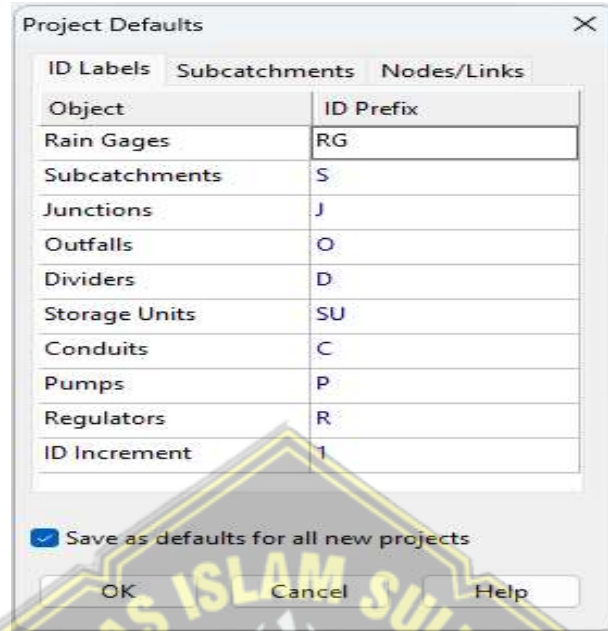
#### **4.8.2. Analisa Rencana Dimensi Drainase Dengan Program EPA - SWMM**

Pemodelan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai debit aliran dan kapasitas drainase di Jalan Waru. Dari hasil pemodelan, kita dapat mengamati keadaan drainase yang rentan terhadap banjir, sehingga dapat merencanakan dimensi saluran yang lebih efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Untuk memfasilitasi proses pemodelan, digunakan program EPA – SWMM.

Langkah-langkah dalam melakukan pemodelan drainase Jalan Waru adalah sebagai berikut:



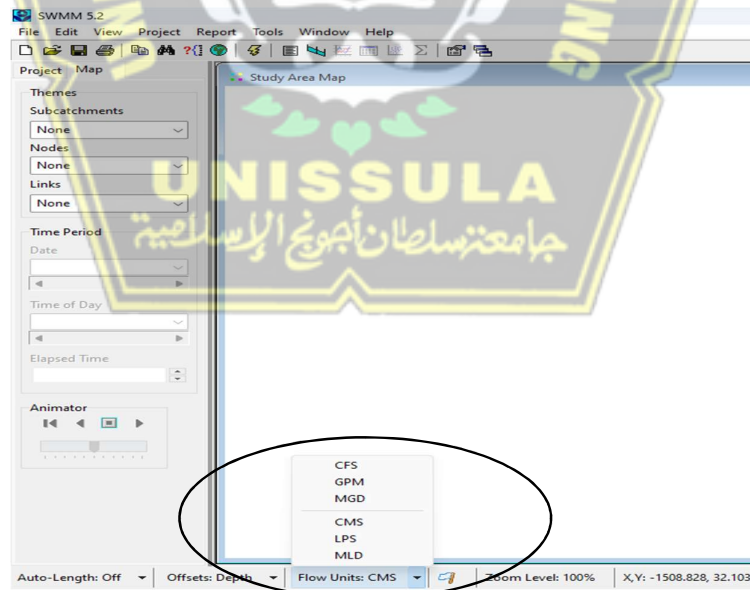
a. Atur *Project Default*



**Gambar 4. 22** Pengaturan *Project Default*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

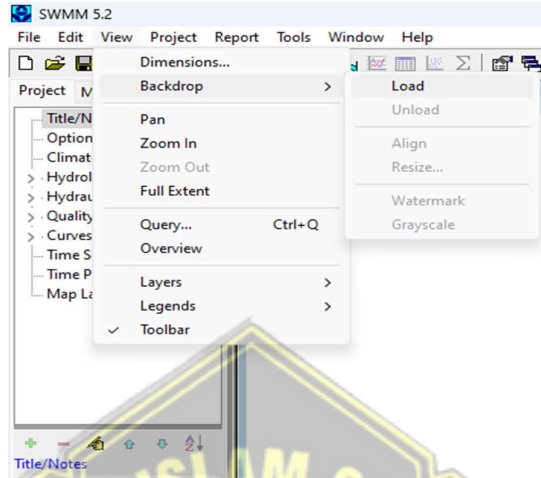
b. Lihat Status Bar pada bagian bawah. Pastikan *auto-length: on*, *offset:off*  
*flow unit: CMS*



**Gambar 4. 23** Pengaturan *Status Bar SWMM*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

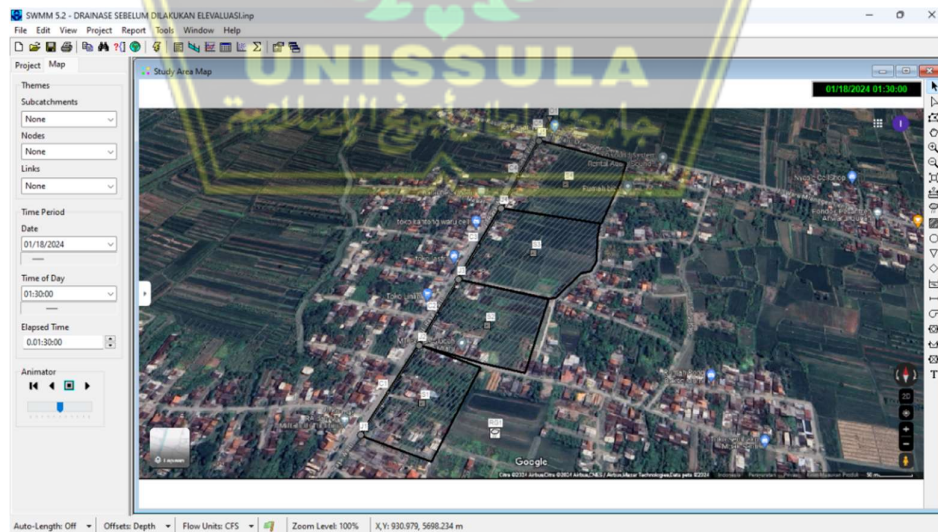
- c. Langkah berikutnya adalah memasukkan data penampang. Data yang perlu dimasukkan melibatkan *subcatchment*, *conduit*, *junction*, *outfall*, dan *rain gage*.



**Gambar 4. 24** Menerapkan *Backdrop*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

- d. Setelah tampilan DAS terlihat, langkah pertama melakukan penggambaran *Subcatchment*, dilanjutkan dengan pembuatan *Junction*, *Outfall*, *Conduit*, dan *Rain gage*.
- e. Kemudian sambungkan tiap *Subcatchment* dengan *Junction*, sambungkan *Junction* dengan *Conduit*.



**Gambar 4. 25** Skema Saluran Drainase Pada *Software* EPA-SWMM

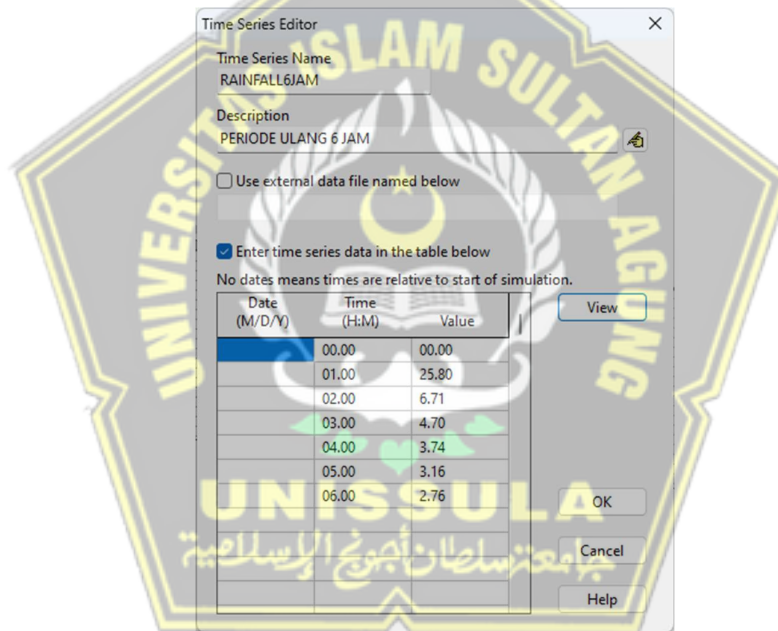
(Sumber: Data Olahan, 2023)

- f. Isi *table time series* dengan data hujan rencana

**Tabel 4. 26** Distribusi Hujan Tiap Jam

Waktu (jam)	Ratio (%)	Kumulatif (%)	Curah Hujan Tiap Jam	
			2 th	5 th
1	55,03	55,03	22,03	25,80
2	14,30	69,34	5,73	6,71
3	10,03	79,37	4,02	4,70
4	7,99	87,36	3,20	3,74
5	6,75	94,10	2,70	3,16
6	5,90	100,00	2,36	2,76

Sumber: Perhitungan, 2023



**Gambar 4. 26** Nilai *Time series*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

Dalam mengisi data untuk *Time Series*, sebagai contoh pada PUH 5 Tahun, diperlukan informasi mengenai Curah Hujan per Jam, seperti pada jam pertama sebanyak 25,80 mm, pada jam kedua sebanyak 6,71 mm, pada jam ketiga sebanyak 4,70 mm, dan pada jam keempat sebanyak 3,74 mm, dan seterusnya.

g. Isi table *Rain Gage 1* dengan format sebagai berikut:

Rain Gage RG1	
Property	Value
Name	RG1
X-Coordinate	4526.485
Y-Coordinate	1508.828
Description	
Tag	
Rain Format	INTENSITY
Time Interval	1:00
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES

Type of rainfall data recorded at rain gage

**Gambar 4. 27** *Table Rain Gage 1*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

h. Isi table *Subcatchment* dengan format sebagai berikut:

Subcatchment S1	
Property	Value
Name	S1
X-Coordinate	2452.982
Y-Coordinate	2499.660
Description	
Tag	
Rain Gage	RG1
Outlet	J1
Area	1.2
Width	11.974

Rain gage assigned to subcatchment

**Gambar 4. 28** *Format Subcatchment*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

Untuk mengisi data subcatchment, sebagai contoh pada penampang melintang J1 Drinase Jalan Waru Mranggen, diketahui data Luas Area subcatchment sebesar 1,2 Ha, Outlet air masuk melalui JUNC 1, dan width 11,9 m

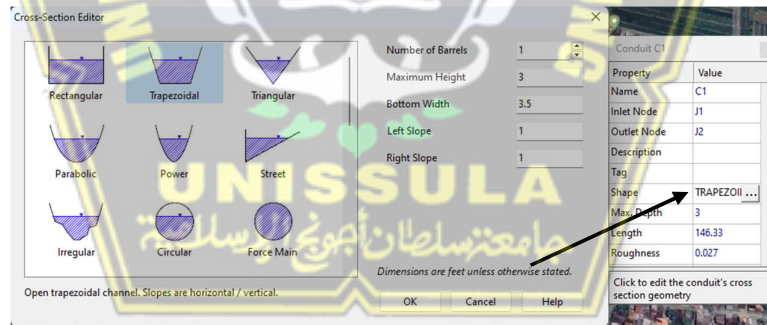
- i. Isi *table Junction* dengan format sebagai berikut:

Junction J1	
Property	Value
Name	J1
X-Coordinate	995.185
Y-Coordinate	1717.496
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	135
Max. Depth	3
Elevation of junction's invert (ft)	

**Gambar 4. 29** Format *Junction*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

- j. Langkah berikutnya adalah mengisi data *conduit* dengan cara mengeklik garis *conduit* pada gambar dan kemudian melakukan klik kanan, seperti gambar berikut:



**Gambar 4. 30** Format *Conduits*

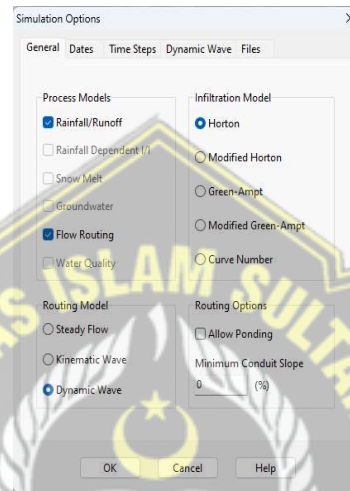
(Sumber: Data Olahan, 2023)

Pada penampang melintang Rencana Drainase Jalan Waru Mranggen menggunakan saluran berbentuk trapesium dengan lebar  $b = 3,5$  m, tinggi  $h = 3$  m, dan luas  $a = 5,5$  m.

## 1. Persiapan Menjalankan Simulasi

Simulasi menggunakan EPA - SWMM dapat dilakukan setelah menyelesaikan tahapan persiapan pengolahan data yang tersedia. Proses menjalankan simulasi ini melibatkan beberapa tahap penyesuaian pada bagian general options, date option, time step option, dynamic wave. Detail langkah-langkah penyesuaian ini terdapat di dalam jendela proyek, dengan penjelasannya dapat ditemukan di bawah ini:

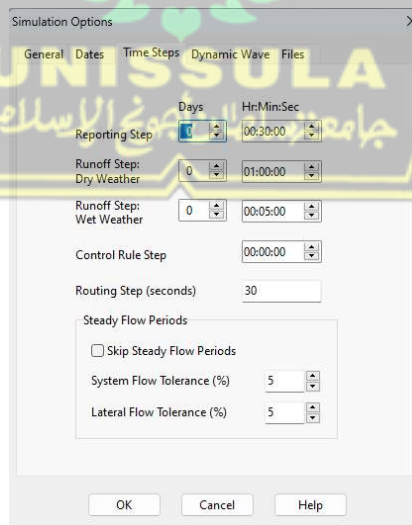
- d. Isi table *General Options* dengan format sebagai berikut:



**Gambar 4. 31** Format *General Options*

(Sumber: Data Olan, 2023)

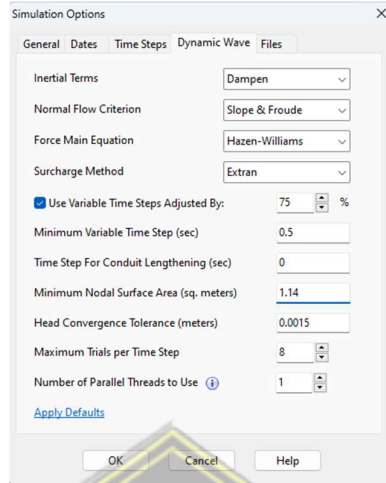
- e. Isi table *Time Step Options* dengan format sebagai berikut:



**Gambar 4. 32** Format *Time Step Options*

(Sumber: Data Olan, 2023)

f. Isi table *Dynamic Wave Options* dengan format sebagai berikut:



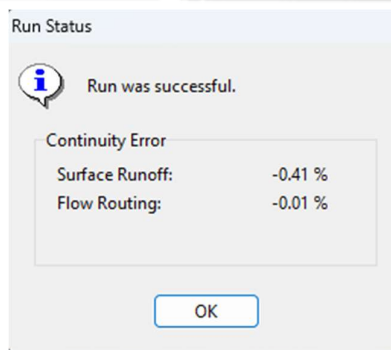
**Gambar 4. 33** Format *Dynamic Wave Options*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

## 2. Persiapan Menjalankan Simulasi

Data dan pengaturan yang diperlukan telah dimasukkan dan disesuaikan di tempatnya masing-masing. Langkah berikutnya adalah menjalankan simulasi dengan mengklik logo petir yang terdapat pada *interface software*. Kemudian pengguna perlu menunggu beberapa saat hingga status laporan muncul sebagai hasilnya. Data tersebut akan memberikan deskripsi apabila terdapat kesalahan yang mungkin terjadi selama proses simulasi *EPA - SWMM*, termasuk saluran yang meluap. Contoh status laporan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.34. Hasil simulasi dengan periode ulang 5 tahun menghasilkan data banjir saluran seperti yang terlihat pada gambar 4.35.

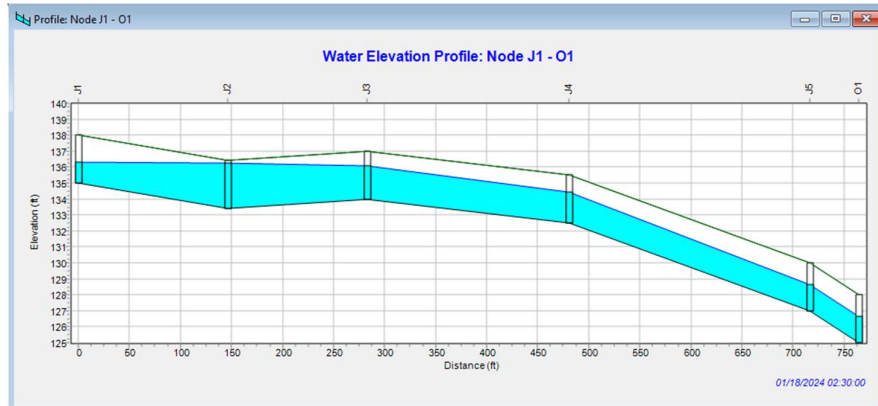
c. Simulasi *Run Status*



**Gambar 4. 34** Simulasi *Run Status*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

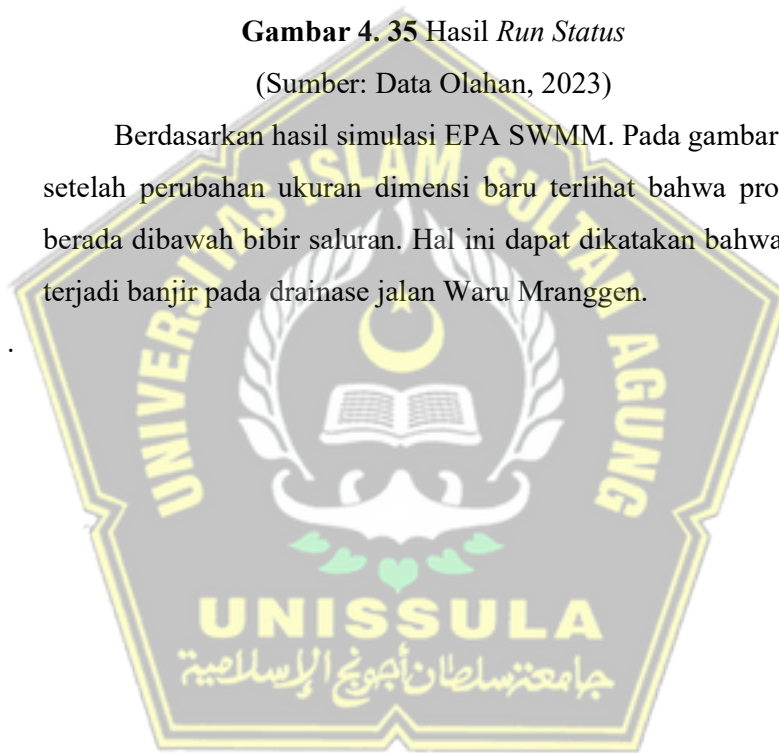
d. Hasil *Run Status*



**Gambar 4. 35** Hasil *Run Status*

(Sumber: Data Olahan, 2023)

Berdasarkan hasil simulasi EPA SWMM. Pada gambar 4.35 di atas, setelah perubahan ukuran dimensi baru terlihat bahwa profil muka air berada dibawah bibir saluran. Hal ini dapat dikatakan bahwa sudah tidak terjadi banjir pada drainase jalan Waru Mranggen.





## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa hidrologi dan analisa hidrolika sebagai dasar evaluasi sistem drainase dalam upaya penanggulangan banjir di Drainase Jalan Waru Mranggen maka peneliti dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis kondisi eksisting drainase pada lokasi penelitian, ditemukan bahwa kondisi eksisting drainase di Jalan Waru Mranggen saat ini menunjukkan adanya permasalahan serius yang mengakibatkan kinerjanya tidak optimal dan berpotensi menimbulkan banjir. Kapasitas saluran drainase tidak mencukupi untuk menangani volume air selama musim hujan, dan adanya tumpukan sampah di sekitar drainase juga menjadi hambatan terhadap aliran air, memperburuk situasi dan mengganggu kinerja drainase secara keseluruhan.
2. Debit maksimum drainase di lokasi penelitian telah dihitung dan mencapai nilai 37,29 m<sup>3</sup>/det. Perhitungan ini memberikan gambaran mengenai kemampuan sistem dalam menangani aliran air di lokasi tersebut.
3. Setelah dilakukan perencanaan ulang terhadap saluran drainase, terlihat pengaruh positif dimana saluran drainase baru memiliki kapasitas yang lebih besar, mampu menampung debit aliran air hujan dengan lebih efektif. Perubahan ini berpengaruh terhadap kapasitas dan kinerja sistem, sehingga meningkatkan atau mengurangi risiko banjir.
4. Hasil analisis penampang drainase menggunakan program *EPA - SWMM* menunjukkan bahwa pada penampang eksisting drainase tidak mampu menampung debit banjir. Setelah dilakukan perubahan ukuran dimensi saluran drainase mampu menampung debit banjir, sehingga mampu menanggulangi volume air yang ada. Program ini memberikan dukungan yang efektif dalam memahami karakteristik dan kinerja sistem drainase.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka peneliti dapat menyampaikan beberapa saran / rekomendasi sebagai berikut:

1. Perencanaan ulang harus difokuskan pada optimalisasi kapasitas saluran drainase, terutama pada titik-titik yang memiliki potensi untuk menahan aliran banjir.
2. Lakukan perbaikan pada infrastruktur drainase yang membutuhkan perhatian, termasuk pemeliharaan dan perbaikan saluran yang mungkin mengalami penyempitan atau kerusakan.
3. Lakukan monitoring berkelanjutan terhadap kondisi saluran drainase setelah perencanaan ulang, guna memastikan bahwa perubahan yang diimplementasikan memberikan hasil yang diinginkan.

Dengan implementasi saran-saran di atas, diharapkan dapat meningkatkan kinerja dan ketahanan sistem drainase, serta mengurangi risiko banjir di lokasi penelitian.



## DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali-Juana. (2022). *Peta Daerah Aliran Sungai (DAS)*.
- Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang (PUSDATARU) Provinsi Jawa Tengah. *Data Curah Hujan 2013-2022*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Pemerintah No. 37 Tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Jakarta.
- Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Kulon Progo. (2022). *Mengenal Jenis-Jenis Drainase*.
- Nugroho, L., & Ulum, M. (2022). *Analisa Teknis Penampang Sungai Dombo Bagian Hilir (Sungai Sayung) di Kecamatan Sayung Kabupaten Demak*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Buta, D. S., Dr. H. Azis Rachman, S. M., & Rahmaway Ntau, S. (2018). Evaluasi Sistem Drainase di Kelurahan Bugis Kota Timur Gorontalo. *RADIAL – Jurnal perAdaban saIns, rekayasa dan teknoLogi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo*, 22-30.
- Hasmar, H. (2001). *Drainasi Terapan*. Yogyakarta: UII Press.
- Kodoatie, R. J., & Sugiyanto. (2002). *Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya Dalam Perspektif Lingkungan*. Yogyakarta: Cetakan 1, Pustaka Pelajar.
- Latuconsina, H. (2019). *Ekologi Perairan Tropis: Prinsip Dasar Pengelolaan Sumber Daya Hayati Perairan*. Yogyakarta: UGM Press.
- Sosrodarsono, S. (1985). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (1987). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sucipto. (2008). *Kajian Sedimentasi di Sungai Kali Garang dalam Upaya Pengelolaan DAS Kaligarang Semarang*. Semarang: Tesis Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
- Suita, D., & Simorangkir, S. P. (2018). Evaluasi Sistem Drainase Untuk Menanggulangi Banjir. *Buletin Utama Teknik*, 21-28.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Masduki, H.S. (1998), *Drainase Pemukiman (Hand Book)*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Lukman, A (2018). Evaluasi Sistem Drainase Di Kecamatan Helvetia Kota Medan, *Buletin Utama Teknik*.
- Rossman, Lewis A & Hubber W. C. 2015. *Storm Water Management Reference Manual*. Cincinnati, OH: U.S Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory.