

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN DAN KAPASITAS TAMPUNGAN KALI SEMARANG**

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



**Disusun Oleh :**

**Ahmad Dwi Krisna Febriansyah**

**Ardianto Kisti Werdhana**

**NIM : 30202000221**

**NIM : 30202000265**

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

**2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN DAN KAPASITAS TAMPUNGAN KALI SEMARANG



**Ahmad Dwi Krisna Febriansyah**

NIM : 30202000221



**Ardianto Kisti Werdhana**

NIM : 30202000265

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 14 Agustus 2024

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA**  
NIDN: 0613026601
2. **Ir. Gata Dian Asfari, MT**  
NIDN: 0628055801
3. **Lisa Fitriyana, ST., M.Eng**  
NIDN: 0631128901

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: 41 / A.2 / SA – T / VIII / 2024

Pada hari ini tanggal 12-08-2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing :

Nama : Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA  
Jabatan Akademik : Guru Besar  
Jabatan : Dosen Pembimbing

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

Ahmad Dwi Krisna Febriansyah  
Nim : 30202000221

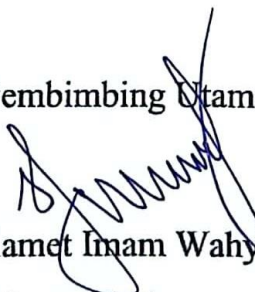
Ardianto Kisti Werdhana  
Nim : 30202000265

Judul : Analisis Debit Banjir Rancangan dan Kapasitas Tampung Kali Semarang.  
Dengan tahapan sebagai berikut:

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1.	Penunjukan Dosen Pembimbing	25/03/2024	
2.	Seminar Proposal	16/07/2024	ACC
3.	Pengumpulan Data	25/07/2024	
4.	Analisis Data	26/07/2024	
5.	Penyusunan Laporan	02/08/2024	
6.	Selesai Laporan	12/08/2024	ACC

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

Dosen Pembimbing Utama

  
Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA

Mengetahui,  
**Ketua Program Studi Teknik Sipil**

  
Muhamad Rusli Abhyar, ST., M.Eng

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

1. NAMA : AHMAD DWI KRISNA FEBRIANSYAH  
NIM : 30202000221
2. NAMA : ARDIANTO KISTI WERDHANA  
NIM : 30202000265

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

**Analisis Debit Banjir Rancangan dan Kapasitas Tampungan Kali Semarang**

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

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Agustus 20224

Yang membuat pernyataan,

The image shows two handwritten signatures in blue ink. Between the signatures is a green and white 'METERAI TEMPEL' (Postage Stamp) with a value of 20,000. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'TEL 20 METERAI TEMPEL' and 'K9FB5EALX349539872'. The background of the page features a large, faint watermark of the logo of Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA), which includes a crescent moon, a star, and an open book.

Ahmad Dwi Krisna Febriansyah

NIM: 30202000221

Ardianto Kisti Werdhana

NIM: 30202000265

## PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

1. NAMA : AHMAD DWI KRISNA FEBRIANSYAH  
NIM : 30202000221
2. NAMA : ARDIANTO KISTI WERDHANA  
NIM : 30202000265  
JUDUL TUGAS AKHIR : **Analisis Debit Banjir Rancangan dan Kapasitas Tmpungan Kali Semarang**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami 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 ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Dengan demikian pernyataan ini kami buat

Semarang, Agustus 20224

Yang membuat pernyataan,



Ahmad Dwi Krisna Febriansyah

NIM: 30202000221



Ardianto Kisti Werdhana

NIM: 30202000265

## MOTTO

“Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.” (Q.S. Ali Imron 110)

“Tidak sepatutnya bagi orang-orang mukmin pergi semuanya (ke medan perang). Mengapa tidak pergi dari tiap-tiap golongan di antara mereka beberapa orang untuk memperdalam pengetahuan mereka tentang agama dan untuk memberi peringatan kepada kaumnya apabila mereka telah kembali kepadanya, supaya mereka dapat menjaga diri mereka.”  
(QS. At-Taubah 122)

“Barangsiapa yang pergi untuk menuntut ilmu, maka dia telah termasuk golongan *sabilillah* (orang yang menegakkan agama Allah) hingga ia pulang kembali.” (HR. Tirmidzi).

"Jika kamu tidak sanggup menahan letihnya belajar maka kamu harus menahan perihnya kebodohan".  
(Imam Syafi'i)

## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah*, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Bapak Basuni dan Almh. Ibu Maemunatun yang sudah memberikan kasih sayang dan do'a yang tulus dari sewaktu kecil sampai dengan saat ini. Meskipun saat ibu sudah tiada namun, selalu teringat bagaimana beliau membesarkan Krisna dengan tulus.
2. Mbah Saniatun dan Mbah Rochmad, sebagai orang tua pengganti yang kasih sayang dan do'anya selalu membersamai dalam setiap langkah Saya.
3. Mbak Ika, Mas Ahzam, dan Hasya yang senantiasa menghidupkan kembali suasana ceria di rumah.
4. Semua keluarga tercinta yang tidak dapat saya tuliskan satu persatu.
5. Para Dosen dan Pembimbing Terima kasih atas ilmu, bimbingan, dan dedikasi yang telah kalian berikan sepanjang perjalanan akademis saya.
6. Ardianto Kisti Werdhana selaku rekan satu tim yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dalam suka maupun duka.
7. Teman-teman dan Rekan Seperjuangan, Kepada sahabat-sahabat dan rekan-rekan seperjuangan UTUNISSOLA, Yusan, Mas Roni, Mas Dhani yang selalu ada di setiap suka dan duka, terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan tawa yang membuat perjalanan ini penuh warna.
8. Universitas Islam Sultan Agung, terima kasih telah menjadi tempatku menimba ilmu dan berkembang.

Dengan penuh syukur dan kebanggaan, kututup satu bab ini dan siap membuka lembaran baru dalam hidupku.

Ahmad Dwi Krisna F  
NIM: 30202000221

## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah*, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Bapak Sukis dan Ibu Siti Zulaihah yang sudah memberikan semangat, motivasi, nasihat, dukungan finansial, pendidikan mental, dan doa di setiap langkah yang saya lewati.
2. Semua keluarga tercinta yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA selaku dosen pembimbing saya yang telah memberikan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing dan memberikan ilmu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Dosen dan Staf Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan ilmu serta arahan kepada saya.
5. Ahmad Dwi Krisna Febriansyah selaku partner satu tim yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dalam suka maupun duka.
6. Pondok Modern Darussalam Gontor yang telah mendidik dan memberikan arti kehidupan yang sesungguhnya.
7. Dia yang saya anggap spesial namun tidak berlaku sebaliknya, yang telah saya jadikan motivasi untuk terus menjadi yang lebih baik.
8. Dan semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada saya, baik secara moral maupun material dalam menyelesaikan penyusunan laporan ini.

Dengan mengucapkan *Alhamdulillah*, saya tutup perjalanan arti kehidupan yang singkat dan tak ternilai harganya. Dan dengan mengucapkan *Bismillah*, saya mulai tulisan pada lembaran baru yang akan saya ukir kedepannya.

Ardianto Kisti Werdhana  
NIM : 30202000265



## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia – Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul ” ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN DAN KAPASITAS TAMPUNGAN KALI SEMARANG” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

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

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
  2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
  3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
  4. 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 dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para Pembaca.

Semarang, Agustus 2024

Penyusun

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO .....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
Abstrak .....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Maksud dan Tujuan.....	3
1.5 Manfaat .....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Drainase.....	5
2.2 Siklus Hidrologi .....	6
2.2.1 Daerah Tangkapan Hujan ( <i>Catchmen Area</i> ).....	9
2.2.2 Presipitasi .....	9
2.2.3 Evapotranspirasi.....	10
2.2.4 Infiltrasi dan Perkolasi .....	11
2.2.5 Limpasan ( <i>Run Off</i> ).....	12
2.3 Analisis Hidrologi .....	13
2.3.1 Curah Hujan .....	14
2.3.2 Debit Aliran Permukaan.....	21
2.3.3 Analisis Hidrograf.....	21

2.4 Banjir.....	24
2.5 Penelitian Terdahulu .....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Uraian Umum.....	27
3.2 Tahapan Persiapan .....	27
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	27
3.4 Analisis Hidrologi .....	28
3.4.1 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Maksimum.....	28
3.4.2 Analisis Frekuensi.....	28
3.4.3 Uji Kesesuaian Distribusi.....	28
3.4.4 Uji Sebaran Hujan .....	29
3.4.5 HSS Nakayasu.....	29
3.5 Analisis Hidrolika.....	29
3.6 Diagram Alir .....	30
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Analisis Hidrologi.....	36
4.1.1 Data Curah Hujan Maksimum - Bulanan.....	36
4.1.2 Analisis Curah Hujan Rata – Rata Maksimum .....	38
4.1.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rancangan.....	39
4.1.4 Analisis Curah Hujan Rancangan .....	48
4.1.5 Analisis Debit Banjir Rancangan.....	49
4.2 Analisis Hidrolika .....	59
4.2.1 Input Data Geometri Sungai.....	60
4.2.3 <i>Cross Section</i> Sungai.....	61
4.2.4 Tipe Aliran .....	62
4.2.5 Besaran Debit Sungai.....	63
4.2.6 Hasil Simulasi Hidrolika .....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	68
5.1 Kesimpulan .....	68
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA .....	70

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Keadaan dan Intensitas Curah Hujan .....	10
<b>Tabel 2. 2</b> Ukuran, Massa dan Kecepatan Jatuh Butir Hujan.....	10
<b>Tabel 2. 3</b> Laju Infiltrasi menurut Jenis Tanah.....	12
<b>Tabel 2. 4</b> Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi .....	16
<b>Tabel 2. 5</b> Nilai Koefisien Untuk Distribusi Normal .....	17
<b>Tabel 4. 1</b> Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Madukoro.....	37
<b>Tabel 4. 2</b> Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Simongan .....	37
<b>Tabel 4. 3</b> Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Tanjung Mas .....	37
<b>Tabel 4. 4</b> Luas Pengaruh Polygon Thiessen .....	38
<b>Tabel 4. 5</b> Data Curah Hujan Rerata Maksimum Harian .....	39
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil Perhitungan Parameter Statistik Normal.....	40
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil Perhitungan Parameter Statistik Log Normal .....	40
<b>Tabel 4. 8</b> Hasil Perhitungan Parameter Statistik Log Pearson III.....	41
<b>Tabel 4. 9</b> Hasil Perhitungan Dispersi .....	42
<b>Tabel 4. 10</b> Rekapitulasi Hasil Pengukuran Dispersi Terhadap Syarat.....	42
<b>Tabel 4. 11</b> Data Curah Hujan Maksimum Terurut.....	43
<b>Tabel 4. 12</b> Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi - Kuadrat (Uji Satu Sisi) .....	44
<b>Tabel 4. 13</b> Perhitungan Uji Chi - Kuadrat Untuk Distribusi Gumbel.....	45
<b>Tabel 4. 14</b> Urutan Data Curah Hujan Maksimum.....	46
<b>Tabel 4. 15</b> Hasil Uji Smirnov Kolmogorov .....	46
<b>Tabel 4. 16</b> Tabel Distribusi Log Pearson III untuk Koefisien Kemencengan (Cs) .....	47
<b>Tabel 4. 17</b> Rekap Pengujian Chi - Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov.....	48
<b>Tabel 4. 18</b> Hasil Perhitungan Distribusi Curah Hujan Rancangan Menggunakan Metode Gumbel.....	48
<b>Tabel 4. 19</b> Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Jam ke - t.....	49
<b>Tabel 4. 20</b> Presentase Intensitas Hujan .....	50
<b>Tabel 4. 21</b> Distribusi Hujan Tiap Jam.....	50
<b>Tabel 4. 22</b> Hasil Perhitungan Ordinat (QT) HSS Nakayasu .....	52
<b>Tabel 4. 23</b> Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 2 Tahun.....	54
<b>Tabel 4. 24</b> Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 5 Tahun.....	55
<b>Tabel 4. 25</b> Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 10 Tahun.....	55
<b>Tabel 4. 26</b> Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 20 Tahun.....	56
<b>Tabel 4. 27</b> Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 25 Tahun.....	56
<b>Tabel 4. 28</b> Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 50 Tahun.....	57
<b>Tabel 4. 29</b> Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 100 Tahun.....	58
<b>Tabel 4. 30</b> Rekapitulasi Debit Banjir Kala Ulang T (Tahun) .....	59
<b>Tabel 4. 31</b> Hasil Simulasi Pada Profil Melintang ( <i>Cross Section</i> ) .....	65

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Lokasi Penelitian .....	2
<b>Gambar 2. 1</b> Daur Hidrologi DAS.....	8
<b>Gambar 2. 2</b> Contoh Metode Poligon Thiessen.....	15
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian.....	30
<b>Gambar 4. 1</b> Peta DAS Kali Semarang.....	36
<b>Gambar 4. 2</b> Polygon Thiessen DAS Kali Semarang.....	38
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik Anallisis Curah Hujan Rancangan Harian Maksimum Tiap Tahun.....	49
<b>Gambar 4. 4</b> Grafik Ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	53
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik Rekapitulasi Satuan Banjir Rancangan Metode HSS <i>Nakayasu</i> .....	58
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik Rekapitulasi Debit Banjir Kala Ulang T (Tahun) .....	59
<b>Gambar 4. 7</b> Proyeksi Alur Sungai Utama Dengan RAS Mapper.....	60
<b>Gambar 4. 8</b> Input Alur Sungai .....	60
<b>Gambar 4. 9</b> Input Data Cross Section .....	61
<b>Gambar 4. 10</b> Input Tipe Aliran Sungai .....	62
<b>Gambar 4. 11</b> Input Debit Banjir Rancangan Hasil <i>Running</i> Program .....	63
<b>Gambar 4. 12</b> Hasil Simulasi Pada Profil Memanjang ( <i>Long Section</i> ) dengan Periode 25 Tahun .....	64
<b>Gambar 4. 13</b> Hasil Simulasi Pada Profil Memanjang ( <i>Long Section</i> ) dengan Periode 50 Tahun .....	64
<b>Gambar 4. 14</b> Sta. 7 + 500 Periode Ulang 50 Tahun.....	65
<b>Gambar 4. 15</b> Sta. 7 + 500 Periode Ulang 25 Tahun.....	65
<b>Gambar 4. 16</b> Sta. 6 + 500 Periode Ulang 50 Tahun.....	65
<b>Gambar 4. 17</b> Sta. 6 + 500 Periode Ulang 25 Tahun.....	65
<b>Gambar 4. 18</b> Sta. 5 + 500 Periode Ulang 50 Tahun.....	65
<b>Gambar 4. 19</b> Sta. 5 + 500 Periode Ulang 25 Tahun.....	65
<b>Gambar 4. 20</b> Sta. 4 + 500 Periode Ulang 50 Tahun.....	66
<b>Gambar 4. 21</b> Sta. 4 + 500 Periode Ulang 25 Tahun.....	66
<b>Gambar 4. 22</b> Sta. 3 + 500 Periode Ulang 50 Tahun.....	66
<b>Gambar 4. 23</b> Sta. 3 + 500 Periode Ulang 25 Tahun.....	66
<b>Gambar 4. 24</b> Sta. 2 + 500 Periode Ulang 50 Tahun.....	66
<b>Gambar 4. 25</b> Sta. 2 + 500 Periode Ulang 25 Tahun.....	66
<b>Gambar 4. 26</b> Sta. 1 + 500 Periode Ulang 50 Tahun.....	67
<b>Gambar 4. 27</b> Sta. 1 + 500 Periode Ulang 25 Tahun.....	67

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Berita Acara Seminar Proposal Tugas Akhir
- Lampiran 2 : Berita Acara Seminar Hasil Tugas Akhir
- Lampiran 3 : Lembar Koreksi Tugas Akhir
- Lampiran 4 : Daftar Hadir Dosen Penguji Seminar Hasil Tugas Akhir
- Lampiran 5 : Lembar Bimbingan Tugas Akhir
- Lampiran 6 : Lembar Bimbingan Tugas Akhir
- Lampiran 7 : Turnitin
- Lampiran 8 : Hasil Analisis Hidrolika Menggunakan HEC-RAS



# ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN DAN KAPASITAS TAMPUNGAN KALI SEMARANG

## Abstrak

Curah hujan yang sangat tinggi sering terjadi di Kota Semarang. Hal tersebut mengakibatkan beberapa masalah yang berkaitan dengan sistem drainase. Salah satu drainase yang perlu diperhatikan yaitu Kali Semarang yang terletak di jantung Kota Semarang. Banyak perumahan warga maupun Kawasan wisata yang dilewati oleh Kali Semarang. Sehingga kondisi eksisting Kali Semarang perlu dipastikan dalam keadaan optimal dalam mengalirkan debit banjir.

Dalam penelitian ini digunakan data curah hujan 10 tahun terakhir untuk mengetahui nilai dari debit banjir rancangan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun pada Kali Semarang. Metode yang digunakan untuk mencari debit banjir rancangan adalah metode HSS Nakayasu. Hasil dari perhitungan debit banjir rancangan kemudian digunakan dalam menganalisis penampang sungai menggunakan program HEC-RAS versi 6.5.

Hasil dari perhitungan debit banjir rancangan kala ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun berurutan sebagai berikut 26,38 m<sup>3</sup>/detik; 31,92 m<sup>3</sup>/detik; 35,68 m<sup>3</sup>/detik; 39,33 m<sup>3</sup>/detik; 40,50 m<sup>3</sup>/detik; 44,14 m<sup>3</sup>/detik; 47,78 m<sup>3</sup>/detik yang kemudian digunakan sebagai acuan dalam mengetahui penampang Kali Semarang yang ternyata belum mampu dalam mengaliri debit banjir rancangan secara optimal. Setelah di analisis menggunakan aplikasi HEC-RAS, didapati bahwa beberapa elevasi dari dasar Kali Semarang tidak semuanya sesuai dengan kondisi yang normal. Selain itu ada beberapa tinggi jagaan sungai yang tidak dapat menahan air, sehingga terjadi luapan.

**Kata Kunci :** *debit banjir rancangan; kapasitas tampungan; HEC-RAS*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kota Semarang sebagai salah satu kota dengan lokasi yang sangat strategis dan merupakan penghubung kota – kota besar di Jawa bagian barat dan Jawa bagian timur memiliki perkembangan sangat pesat sejak masa Pemerintahan Kolonial Belanda. Saat ini Kota Semarang yang merupakan Ibukota Provinsi Jawa Tengah resmi menjadi salah satu Kota Metropolitan yang ada di Indonesia.

Dibalik kemajuan yang sangat pesat terdapat masalah kompleks yang sering terjadi berkaitan dengan sistem drainase. Semarang adalah salah satu wilayah yang rentan terhadap banjir. Masalah utama yang dihadapi di Semarang adalah banjir dengan genangan yang bertahan cukup lama. Hampir setiap musim hujan, Kota Semarang mengalami bencana banjir yang umumnya disebabkan oleh aliran sungai yang tidak terkendali, peningkatan debit, pendangkalan dasar sungai, dan penyempitan sungai akibat sedimentasi, serta kerusakan lingkungan di daerah hulu atau daerah tangkapan air (Wahyuningtyas et al., 2017).

Salah satu saluran drainase yang menjadi faktor penting perkembangan Kota Semarang dan perlu menjadi perhatian Pemerintah Kota Semarang yaitu Kali Semarang. Kali Semarang yang sering disebut sebagai wajah Kota Semarang dikarenakan konsep awal pembangunan Saluran Kali Semarang adalah *watter front city* yang mana di sepanjang Kali Semarang terdapat pemukiman etnis seperti, Kampung Melayu, Kampung Sekayu, Kampung Kauman, Kampung Pecinan dan Pemukiman Eropa (sekarang Kota Lama).

Dengan letak Kali Semarang yang berada pada jantung Kota Semarang dan disekitarnya banyak pemukiman penduduk maka dari itu, dibuatlah penelitian dengan Judul “Analisis Debit Banjir Rancangan dan Kapasitas Tampung Kali Semarang”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kapasitas tampungan pada aliran Kali Semarang apakah kondisi eksisting Sungai Semarang saat ini mampu menampung debit banjir rancangan pada saat terjadinya intensitas hujan yang sangat tinggi.





**Gambar 1. 1** Lokasi Penelitian

### **1.2 Rumusan Masalah**

Pada tugas akhir ini, akan dibahas tentang penelitian masalah banjir yang terjadi di Kali Semarang dengan meneliti debit air yang mengalir di Kali Semarang. Maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah debit banjir kala ulang pada eksisting Kali Semarang?
2. Apakah kondisi eksisting Kali Semarang dapat menampung debit banjir rancangan kala ulang 25 dan 50 tahun?
3. Bagaimana solusi untuk mengoptimalkan kapasitas tampungan Kali Semarang jika ternyata tidak efektif dalam menampung debit banjir rencana?

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam Tugas Akhir akan dibahas tentang kapasitas tampungan Kali Semarang yang berhulu dari Banjir Kanal Barat. Dalam pembuatan Tugas Akhir ini dibatasi dalam ruang lingkup yang meliputi:

1. Perhitungan debit banjir rancangan yang bersumber dari data curah hujan 10 tahun terakhir mulai dari tahun 2013 sampai dengan 2022.
2. Perhitungan kapasitas tampungan pada Kali Semarang dengan panjang 7.960 m.
3. Analisa Hidrologi menggunakan metode HSS Nakayasu untuk menentukan debit banjir rencana
4. Simulasi Hidrolika menggunakan software HEC-RAS.

5. Dalam penelitian ini tidak mempertimbangkan pasang surut air laut.

#### **1.4 Maksud dan Tujuan**

Maksud dari penulisan Tugas Akhir ini adalah melakukan analisis tampungan Kali Semarang dalam menampung debit banjir rencana. Adapun Tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui debit banjir rancangan kala ulang yang terjadi di eksisting Kali Semarang.
2. Mengetahui kapasitas tampungan pada Kali Semarang dalam menampung debit banjir rancangan kala ulang 25 dan 50 tahun.
3. Mendapatkan solusi dalam mengoptimalkan saluran Kali Semarang.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian laporan ini adalah mendapatkan hasil analisis kapasitas saluran Kali Semarang yang dapat dijadikan acuan dalam mengoptimalkan peran dari Kali Semarang sebagai saluran drainase yang berperan penting dalam rangka pengendalian banjir di Kota Semarang.

#### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Dalam mempermudah penyusunan Tugas Akhir ini, Penyusun membagi laporan ini dengan sistematika sebagai berikut :

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Maksud dan Tujuan, dan Sistematika Penulisan

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini membahas mengenai pengertian Banjir, Sungai, DAS dan landasan teori yang berkaitan dengan analisis banjir dan kapasitas tampungan.

##### **BAB III METODOLOGI**

Berisi tentang kondisi umum wilayah Kali Semarang, metode pengumpulan data, metode analisis data dan metode perumusan kesimpulan dan saran.

##### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini berisi tentang gambaran umum dan data teknis dari Kali Semarang,

mendiskripsikan tentang analisis perhitungan dan pengolahan data yang di dapatkan pada saat penelitian di lapangan, perencanaan dimensi penampang Kali Semarang dengan rumus yang di gunakan sebagai analisis pemecahan masalah adalah rumus yang sebagaimana di uraikan dalam bab 2 serta menggunakan metode yang di asumsikan sebagaimana di uraikan dalam bab 3 dan juga menampilkan output dari permodelan simulasi hidrolika menggunakan software HEC-RAS.

## **BAB V PENUTUP**

Dalam bab ini berisi kesimpulan dan saran-saran mengenai hasil-hasil penelitian Analisis Debit Banjir Rancangan dan Kapasitas Tampung Kali Semarang.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSAKA**

#### **2.1 Drainase**

Salah satu tugas utama dan tanggung jawab Kementerian Pekerjaan Umum melalui Subdirektorat Jenderal Sumber Daya Air (SDA) adalah mengendalikan kerusakan yang disebabkan oleh air, baik dalam sistem daerah aliran sungai maupun dalam sistem drainase perkotaan. Menurut literatur, drainase adalah sistem yang berfungsi untuk mengalirkan, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai sistem pembuangan air yang bertujuan untuk mengontrol kelebihan air akibat curah hujan yang tinggi serta menjaga kualitas air terkait sanitasi, sehingga lahan dapat berfungsi dengan baik dan tidak terjadi banjir atau genangan (Suripin, 2004).

Selain pengertian diatas, terdapat pendapat lain menurut Soehardjono yang menyatakan bahwa Drainase merupakan metode untuk menghilangkan kelebihan air yang tidak diinginkan dari suatu area serta langkah-langkah penanggulangan dampak yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. Tujuan utama drainase adalah mengalirkan air yang berlebihan di permukaan tanah atau menurunkan dan menjaga tingkat air tanah agar tidak terjadi genangan, sehingga dampak negatif dari genangan dapat dihindari (Soehardjono, 1984: 3).

Dari beberapa definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa drainase adalah sistem infrastruktur air yang bertujuan untuk membuang dan mengurangi kelebihan air dari suatu area, yang berperan dalam penanggulangan banjir dan genangan saat curah hujan tinggi sehingga lahan dapat berfungsi dengan optimal. Selain itu, drainase juga berfungsi untuk mengontrol kualitas air tanah, yang berkaitan dengan sistem sanitasi. Drainase adalah komponen penting dalam tata kelola suatu wilayah atau kota, yang memastikan masyarakat merasa bersih, aman, dan nyaman dari bencana seperti banjir, rob, dan genangan yang dapat mengganggu aktivitas sehari-hari.

Sedangkan fungsi drainase Menurut Kodoatie (2003), meliputi:

1. Menghilangkan genangan air, erosi, dan banjir dari suatu wilayah, terutama di kawasan padat permukiman.

2. Mengurangi risiko kesehatan lingkungan dengan memperlancar aliran air, sehingga bebas dari malaria (nyamuk) dan penyakit lainnya.
3. Meningkatkan kegunaan tanah di kawasan padat permukiman dengan menghindari kelembaban.
4. Mengoptimalkan tata guna lahan dengan sistem drainase yang baik serta mengurangi kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan lainnya.
5. Mempertimbangkan keberfungsian drainase dalam merencanakan pembangunan sistem drainase di kawasan perkotaan.
6. Membangun sistem drainase sebagai salah satu infrastruktur kota yang berlandaskan konsep ramah lingkungan.

## 2.2 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah peredaran air yang terus-menerus antara atmosfer dan bumi, dengan matahari sebagai penggerak utamanya. Proses ini melibatkan beberapa komponen penting: kondensasi, di mana uap air berubah menjadi awan; presipitasi, yaitu turunnya air dari awan dalam bentuk hujan atau salju; infiltrasi, saat air meresap ke dalam tanah; limpasan permukaan (*runoff*), ketika air mengalir di permukaan tanah; evaporasi, penguapan air kembali ke atmosfer; dan transpirasi, pelepasan uap air dari tumbuhan ke udara. Semua komponen ini berperan dalam menjaga keseimbangan air di alam (Novianto, dkk., 2001)

Hal penting yang perlu dimengerti adalah bahwa prinsip dasar pengendalian banjir akan dirancang dan dilakukan dengan berdasarkan alur siklus hidrologi dalamsuatu sistim sungai.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah lahan yang dikelilingi oleh batas topografi, seperti punggung bukit atau gunung, yang berfungsi sebagai pemisah aliran air (*topographic divide*). Area ini bertindak sebagai penangkap curah hujan, menyimpan air tersebut, dan kemudian mengalirkannya melalui berbagai saluran hingga mencapai satu titik tertentu, yang dikenal sebagai outlet. Outlet ini biasanya terletak di muara sungai atau danau. DAS memainkan peran penting dalam mengumpulkan dan mendistribusikan air hujan secara efisien, mengatur aliran air dalam ekosistemnya, dan mempengaruhi distribusi sumber daya

air di wilayah tersebut. Topografi DAS memastikan bahwa semua air yang jatuh di dalam wilayah tersebut diarahkan ke saluran-saluran pengaliran yang bermuara di titik akhir, menjaga keseimbangan hidrologis dan mendukung kehidupan ekosistem di sekitarnya. Dengan demikian, DAS tidak hanya mengelola curah hujan dan aliran air, tetapi juga berkontribusi pada stabilitas lingkungan dan ketersediaan air bagi keperluan berbagai makhluk hidup (Watiningsih, 2009)

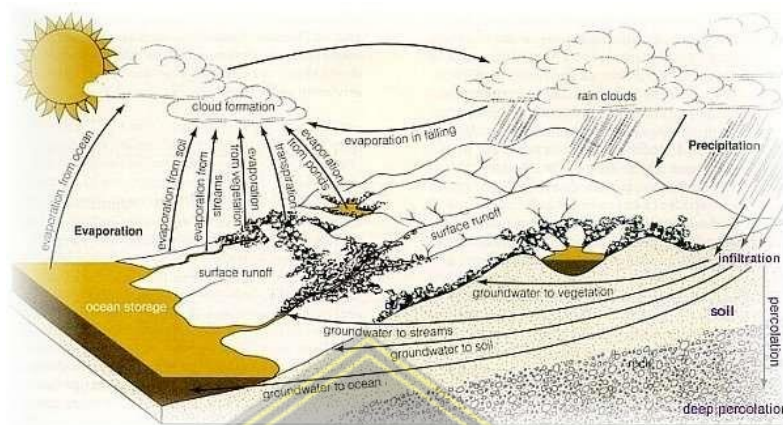
Menurut Irfan Aulia (2022) Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah sebuah ekosistem yang terdiri dari vegetasi, tanah, air, dan manusia, bersama dengan segala aktivitas yang dilakukan di dalamnya. Dalam ekosistem ini, terjadi interaksi antara faktor fisik dan biotik, yang mencerminkan keseimbangan antara masukan dan keluaran seperti erosi dan sedimentasi. Secara ringkas, pengertian DAS dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Wilayah daratan yang menampung, menyimpan, dan kemudian mengalirkan air hujan ke laut atau danau melalui satu sungai utama.
2. Suatu daerah yang aliran sungainya dipisahkan dari daerah lain oleh batas topografis, sehingga seluruh wilayah daratan terbagi menjadi beberapa DAS.
3. Komponen utama dalam DAS meliputi sumber daya alam seperti tanah, vegetasi, dan air, yang merupakan sasaran pengelolaan sumber daya.
4. Komponen-komponen dalam DAS (sumber daya alam dan manusia) membentuk sebuah ekosistem, di mana kejadian pada satu komponen akan mempengaruhi komponen lainnya.

Dalam pendefinisian DAS pemahaman akan konsep daur hidrologi sangat diperlukan terutama untuk melihat masukan berupa curah hujan yang selanjutnya didistribusikan melalui beberapa cara seperti diperlihatkan pada **Gambar 2.1**. Konsep daur hidrologi DAS menjelaskan bahwa air hujan langsung sampai ke permukaan tanah untuk kemudian terbagi menjadi air larian, evaporasi dan air infiltrasi, yang kemudian akan mengalir ke sungai sebagai debit aliran.

Daerah aliran sungai (DAS) umumnya terbagi menjadi tiga bagian: hulu, tengah, dan hilir. Secara biogeofisik, wilayah hulu DAS memiliki karakteristik sebagai berikut: berfungsi sebagai daerah konservasi, memiliki kerapatan drainase yang tinggi, terletak di daerah dengan kemiringan lereng yang curam (lebih dari 15%),

bukan merupakan daerah rawan banjir, pengaturan pemakaian air didasarkan pada pola drainase, dan vegetasi utamanya berupa hutan.



**Gambar 2. 1 Daur Hidrologi DAS**

Sebaliknya, wilayah hilir DAS ditandai oleh beberapa ciri: berfungsi sebagai daerah pemanfaatan, memiliki kerapatan drainase yang rendah, terletak di daerah dengan kemiringan lereng yang landai hingga sangat landai (kurang dari 8%), beberapa bagian merupakan daerah rawan banjir atau genangan, pengaturan pemakaian air dilakukan melalui bangunan irigasi, dan vegetasinya didominasi oleh tanaman pertanian, kecuali di daerah estuaria yang didominasi oleh hutan bakau atau gambut.

Wilayah tengah DAS berfungsi sebagai zona transisi yang menggabungkan karakteristik biogeofisik dari hulu dan hilir (Abdurrozaq, 2018).

Serkiraan secara kuantitatif dari siklus hidrologi dapat dinyatakan berdasarkan prinsip konservasi massa yang dikenal dengan persamaan neraca air. Persamaan ini menggambarkan dalam suatu hidrologi (DAS, waduk, danau, aliran permukaan) dapat dievaluasi air yang masuk dan keluar dalam periode waktu tertentu.

$$P + Q_i + G_i - E - T - Q_o - G_o - \frac{\Delta S}{\Delta t} = 0 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$P$  = Presipitasi (mm/hari)

$Q_i, Q_o$  = Debit aliran masuk dan keluar ( $m^3/s$ )

$G_i, G_o$  = Aliran air tanah masuk dan keluar

- $E$  = Evaporasi (m/s)  
 $T$  = Evapotranspirasi (mm/s)  
 $\Delta S$  = Perubahan volume tampungan untuk selang waktu  $\Delta t$

### 2.2.1 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchmen Area*)

Daerah tangkapan hujan (*Catchment area*) adalah wilayah daratan yang membentuk satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, berfungsi untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan secara alami menuju danau atau laut. Batas daratannya ditentukan oleh pemisah topografis seperti punggung bukit atau gunung, sementara batas lautnya mencakup area perairan yang masih dipengaruhi oleh aktivitas daratan.

*Catchment area* bisa dianggap sebagai ekosistem yang mencakup berbagai aliran sungai, hutan, dan komponen ekosistem lainnya, termasuk sumber daya alam. Elemen terpenting dalam ekosistem ini adalah air, yang mencakup air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat (Perkasa & Setiawan, 2017).

### 2.2.2 Presipitasi

Presipitasi adalah proses jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, yang dapat berupa hujan, salju, kabut, embun, atau hujan es. Di wilayah tropis, hujan menjadi bentuk presipitasi yang paling dominan, sehingga istilah presipitasi seringkali diidentikkan dengan hujan di daerah tersebut (Zakaria dkk, 2005). Secara alami hujan terjadi dari proses kondensasi uap air di udara yang selanjutnya membentuk suatu awan. Bila kondisi fisis baik di dalam maupun diluar awan mendukung, maka proses hujan akan berlangsung. Oleh karena itu sifat dan kondisi suatu hujan atau musim hujan sangat tergantung sekali pada kondisi cuaca atau iklim yang terjadi (Tikno, 2000).

Hujan adalah bentuk tetesan air yang mempunyai garis tengah lebih dari 0,50 mm atau lebih kecil dan terhambur luas pada suatu kawasan. Hujan merupakan salah satu faktor yang menentukan laju sedimen sebuah sungai. Biasanya dinyatakan oleh jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu dan disebut intensitas curah hujan (Sentani, dkk., 2009).



Besaran dari presipitasi atau hujan biasanya dinyatakan dalam beberapa istilah seperti intensitas hujan (*rainfall intensity*) dan jumlah hujan atau tinggi hujan (*rainfall depth*). Intensitas hujan merupakan jumlah curah hujan per satuan waktu (mm/jam atau mm/hari) yang menunjukkan derajat derasnya hujan dan diberi notasi *i*. Sedangkan *rainfall depth* adalah jumlah curah hujan dalam suatu periode tertentu, dengan notasi *P*, misal hujan tahunan dinyatakan dalam mm/tahun (Fachruddin, 1997). Sosrodarsono dan Takeda (1985) mengemukakan penggolongan hujan dan intensitasnya serta ukuran butir hujan, massa dan kecepatan jatuh butir hujan.

**Tabel 2. 1** Keadaan dan Intensitas Curah Hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)	
	1 Jam	24 Jam
Hujan Sangat Ringan	< 1	< 5
Hujan Ringan	1-5	5-20
Hujan Normal	5-20	20-50
Hujan Lebat	10-20	50-100
Hujan Sangat Lebat	> 20	> 100

Sumber: Sosrodarsono dan Takeda, 1985

**Tabel 2. 2** Ukuran, Massa dan Kecepatan Jatuh Butir Hujan

Jenis	Diameter Bola (mm)	Massa (mg)	Kecepatan Jatuh (m/sec)
Hujan Gerimis	0,15	0,0024	0,5
Hujan Halus	0,5	0,065	2,1
Hujan Normal (Lemah)	1	0,52	4,0
Hujan Normal (Deras)	2	4,2	6,5
Hujan Sangat Deras	3	14	8,1

Sumber : Sosrodarsono dan Takeda, 1985

### 2.2.3 Evapotranspirasi

Dalam mempelajari keseimbangan hidrologi untuk suatu DAS, biasanya hanya digunakan penguapan total (evapotranspirasi). Evapotranspirasi adalah proses perpindahan air dari tanah ke tanaman lalu ke atmosfer (transpirasi) serta perpindahan air dari tanah ke permukaan tanah kemudian ke atmosfer (evaporasi) (Eko dkk, 2005). Penggunaan konsumtif adalah penguapan total suatu DAS (evaporasi) ditambah air yang digunakan langsung dalam pembangunan jaringan

tanaman (transpirasi). Perbedaan antara kedua istilah tersebut sangat teoretis dan sekarang keduanya dianggap berarti sama (Suripin, 2004).

Evapotranspirasi adalah kombinasi dari dua proses yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses penguapan air dari lautan, danau, badan air lainnya, dan permukaan daratan. Sedangkan transpirasi adalah proses penguapan air dari tanaman. Kedua proses ini berlangsung secara bersamaan dan sulit untuk dibedakan (Nurhayati, 2016).

Evaporasi dan transpirasi saling berkaitan, sehingga dinamakan evapotranspirasi. Evapotranspirasi dinyatakan dalam milimeter per hari (mm/hr). Akan tetapi untuk suatu permasalahan banjir, air yang hilang oleh penguapan dapat diabaikan (Triatmodjo, 2010).

#### **2.2.4 Infiltrasi dan Perkolasi**

Infiltrasi adalah proses peresapan air ke dalam tanah melalui pori-pori yang dipengaruhi oleh tekstur tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan faktor lainnya. Mekanisme infiltrasi melibatkan tiga proses utama yang independen satu sama lain, yaitu masuknya air hujan melalui pori-pori permukaan tanah, penampungan air hujan di dalam tanah, dan aliran air menuju area lain (Arianto dkk, 2021). Perkolasi adalah proses pergerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh yang terletak antara permukaan tanah hingga ke permukaan air tanah (zona jenuh). Kecepatan perkolasi dapat mencapai 1 - 3 mm per hari (Garsia dkk, 2014).

Infiltrasi berubah-ubah sesuai dengan intensitas curah hujan, tetapi setelah mencapai limitnya, banyaknya infiltrasi akan berlangsung terus sesuai dengan kecepatan absorpsi setiap tanah. Pada tanah yang sejenis, kapasitas infiltrasinya berbeda-beda, tergantung dari kondisi permukaan tanah, struktur tanah, tumbuh-tumbuhan dan lain-lain. Disamping intensitas curah hujan, infiltrasi berubah-ubah karena pengaruh kelembaban tanah dan udara dalam tanah.

Menurut Susanto (2008), laju infiltrasi berbeda menurut jenis tanahnya. Klasifikasi tanah dibedakan menurut tanah ringan, sedang dan berat.

**Tabel 2. 3** Laju Infiltrasi menurut Jenis Tanah

Jenis Tanah	Laju Infiltrasi (mm/menit)
Tanah ringan ( <i>sandy, soil</i> )	0,212-0,423
Tanah sedang ( <i>loam clay, loam silt</i> )	0,042-0,212
Tanah berat ( <i>clay, clay loam</i> )	0,004-0,042

Sumber : Susanto, 2008

Infiltrasi dan limpasan (*runoff*) merupakan suatu keterikatan yang tidak dapat dipisahkan. Daya infiltrasi menentukan banyaknya air hujan yang dapat terserap ke dalam tanah. Makin besar daya infiltrasi, perbedaan antara intensitas hujan dengan daya infiltrasi menjadi semakin kecil. Akibatnya, limpasan (*runoff*) semakin kecil, sehingga debit puncaknya juga akan kecil.

Pengisian lengas tanah (*soil moisture*) dan air tanah merupakan hal yang penting untuk pertanian. Akar tanaman menembus zona tidak jenuh dan menyerap air yang diperlukan untuk transpirasi. Pengisian lengas tanah merupakan selisih antara infiltrasi dan perkolasi (jika ada).

### 2.2.5 Limpasan (*Run Off*)

Selama peristiwa hujan, sebagian air ditahan oleh tanaman sebelum mencapai permukaan bumi (*interception*). Air ini sebagian jatuh ke bumi dan yang lainnya menguap. Pada kawasan hutan rimba, sebagian hujan ditangkap dedaunan dan ranting. Jika kapasitas dedaunan penuh, air turun melalui cabang batang pohon dan menetes ke bawah. Jumlah air yang tertahan oleh hutan lebat berkisar antara 8 – 45% dari total hujan. Jadi apabila terjadi hujan pendek dan tidak deras, sebagian besar air dapat ditahan oleh tanaman (Linsley, et. al., 1996).

Akan tetapi apabila intensitas hujan tinggi, limpasan akan terjadi ketika intensitas hujan lebih tinggi dari kapasitas infiltrasi, evaporasi, transpirasi dan perkolasi. Besar kecilnya aliran permukaan dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu iklim (intensitas curah hujan) dan faktor-faktor yang berkaitan dengan karakteristik DAS (Suripin, 2004).

### 2.3 Analisis Hidrologi

Faktor-faktor hidrologi yang sangat berpengaruh terhadap terjadinya erosi lahan adalah curah hujan rata-rata, intensitas hujan dan debit banjir. Setelah diketahui besar curah hujan, maka besar intensitas hujan dapat dipakai untuk menghitung debit banjir pada suatu daerah (P. Susantiyo, dkk., 2008).

Curah hujan dan kualitas ruang hidrologi merupakan hal yang mempengaruhi debit air sungai (Wibowo, 2005). Debit maksimum rencana pada suatu periode bervariasi berdasarkan panjang sungai dan luas daerah tangkapan (Pertiwi, dkk., 2011). Langkah – langkah analisis hidrolgi yaitu :

1. Dari Daerah Aliran Sungai (*Catchment Area*) akan dicari bobot kontribusi suplai curahhujan, dengan menggunakan *Metode Polygoon Thieseen*.
2. Data curah hujan yang diambil dari beberapa Stasiun Pengukur curah hujan (besarannya diambil dari jumlah data curah hujan harian rata-rata *maximum* dari curah hujan harian terbesar setiap tahunnya).
3. Dengan menggunakan *Metode Gumbel*, hujan terbesar setiap tahunnya (dari no.2) akan dicari hujan *probability* harian dengan kala ulang tertentu.
4. Dilakukan analisis pola pembagian hujan, dengan rumus hubungan antara *intensitas* hujan, durasi hujan, *intensitas* hujan dan rata-rata hujan akan didapatkan *prosentase* curah hujan terhadap hujan dengan kala ulang tertentu pada jam yang ke t (akan dipakai untuk analisis pembagian hujan efektif).
5. Diperhitungkan analisis koefisien *run-off*
6. Dibuat analisis HSS (*Hidrograf Satuan Sintetis*) *Nakayasu* dengan kaidah-kaidahnya, termasuk *Grafik Nakayasu*.
7. Dilakukan analisis pembagian hujan efektif berdasarkan hasil perhitungan pola pembagian hujan, *probability* hujan harian dengan kala ulang tertentu, koefisien *run-off*, sehingga akan dihasilkan pembagian hujan efektif dalam interval waktu jam- jaman untuk kala ulang tertentu.
8. Selanjutnya akan diimplementasikan dalam perhitungan *Hidrograf* banjir berdasarkan hasil perhitungan unit *Hidrograf* dan analisis pembagian hujan efektif – dari hujan rata-rata untuk interval waktu kala ulang tertentu.
9. Dibuat debit total hidrograf banjir dengan kala ulang tertentu beserta grafiknya.

### **2.3.1 Curah Hujan**

Soewarno (2000) menyatakan bahwa curah hujan adalah banyaknya air yang jatuh ke permukaan bumi, dalam hal ini permukaan bumi dianggap datar dan kedap, tidak mengalami penguapan dan tersebar merata serta dinyatakan sebagai ketebalan air (*rain fall depth*, mm, cm). Pengukuran hujan di stasiun-stasiun hujan merupakan hujan titik (*point rainfall*), sedangkan informasi yang dibutuhkan dalam analisis adalah hujan yang terjadi dalam suatu DAS tertentu (*catchment rainfall*). Untuk memperkirakan hujan rata-rata DAS dapat dilakukan dengan beberapa metode sebagai berikut ini (Chow dan Maidment, 1988; Sri Harto, 2000).

#### **2.3.1.1 Stasiun Pengukur Curah Hujan**

Stasiun pengukur curah hujan merupakan tempat yang digunakan untuk mengukur curah hujan. Masing-masing sistem sungai diperlukan stasiun pengukur curah hujan, yang ditempatkan pada areal DAS yang bersangkutan, dengan pemilihan tempat dan lokasi stasiun pengukur curah hujan yang cukup strategis dalam arti cukup representative berada di dalam kawasan DAS serta gampang untuk dikelola oleh petugas yang akan selalu mencatat data curah hujan yang terjadi sepanjang tahun.

#### **2.3.1.2 Pengambilan Data Curah Hujan**

Data curah hujan akan diambil oleh Instansi terkait (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), dengan lokasi pengambilan data adalah stasiun pada tiap sistem sungai. Data akan diambil setiap hari (pada musim hujan), dan tercatat dengan benar sepanjang tahun pengamatan. Pengambilan data akan dilaksanakan terus-menerus sepanjang tahun oleh petugas Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika sebagai kewajiban dinas.

#### **2.3.1.3 Analisa Tinggi Curah Hujan**

Data curah hujan harian terbesar tahunan dapat digunakan untuk menentukan tinggi

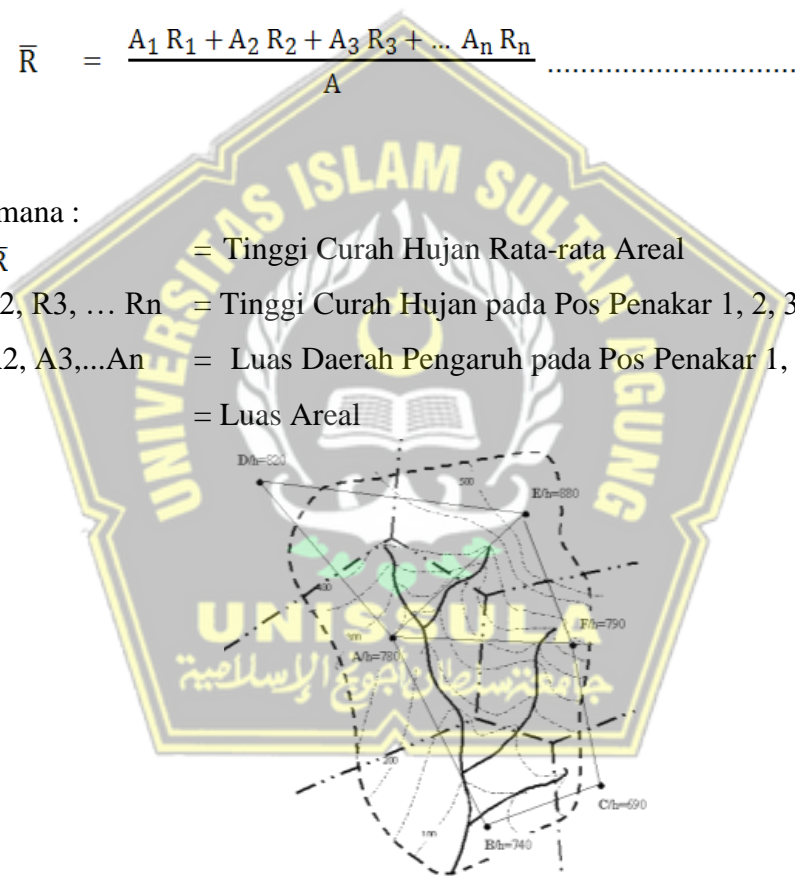
curah hujan terbesar tahunan. Kebanyakan peneliti menggunakan Metode Poligon Thiessen dalam penelitiannya untuk menghitung curah hujan rata-rata di suatu wilayah.

Metode ini dilakukan dengan menarik garis-garis sumbu pada garis-garis yang menghubungkan antara dua titik lokasi stasiun pengukur yang berdekatan, hingga diperoleh poligon. Dengan demikian, hujan kawasandapat diartikan jumlah hasil kali luas poligon dan curah hujan dari pengukuran hujan. Dalam poligon tersebut dibagi dengan luas total (misal: luas daerah tangkapan A).

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- $\bar{R}$  = Tinggi Curah Hujan Rata-rata Areal
- $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$  = Tinggi Curah Hujan pada Pos Penakar 1, 2, 3, ..., n
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = Luas Daerah Pengaruh pada Pos Penakar 1, 2, 3, ..., n
- $A$  = Luas Areal



**Gambar 2. 2** Contoh Metode Poligon Thiessen

#### 2.3.1.4 Analisis Frekuensi Distribusi

Analisis Frekuensi ini digunakan untuk mencari keterkaitan antara besarnya suatu kejadian ekstrem (maksimum atau minimum) serta frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas

Hubungan antara besarnya kejadian ekstrem dan frekuensinya atau kejadian

peluang kejadiannya adalah berbanding terbalik. Dengan kata lain dapat ditulis secara sistematis dengan rumus sebagai berikut :

$$X = \frac{1}{P} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana,

X = Besarnya suatu kejadian

P = Frekuensi atau peluang suatu kejadian

Ada beberapa metode yang sering digunakan dalam analisis frekuensi data hujan atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu: Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III.

Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat seperti pada Tabel berikut.

**Tabel 2. 4** Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4
2	Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3
3	Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> + 3Cv Ck = Cv <sup>8</sup> + 6Cv <sup>6</sup> + 15Cv <sup>4</sup> + 16Cv <sup>2</sup> + 3
4	Log Pearson III	Selain dari di atas

(Sumber: Bambang, 2008)

Penjelasan beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan dalam hidrologi secara lebih detail dapat adalah sebagai berikut.

**a. Metode Distribusi Probabilitas Gumbel**

Jika data hujan yang digunakan dalam perhitungan merupakan sampel (populasi terbatas), maka perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel dilakukan dengan rumus – rumus berikut:

$$X_T = \bar{X} + S \times K \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana,

$X_T$  = Hujan rencana atau debit dengan periode ulang  $T$  (mm/hari)

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

$S$  = Standar deviasi dari data hujan

$F$  = Faktor frekuensi Gumbel:  $K = \frac{Y_t \cdot Y_n}{S_n}$  .....(2.5)

$Y_t$  = Reduced variate =  $-\ln - \ln \frac{T-1}{T}$  .....(2.6)

$S_n$  = Reducade standar deviasi

$Y_n$  = Reducade mean

**b. Metode Distribusi Probabilitas Normal**

Metode Distribusi Probabilitas Normal sering diterapkan dalam menganalisis frekuensi curah hujan, distribusi statistik curah hujan tahunan, serta debit rata-rata tahunan (Sudarmin, 2017). Perhitungan yang didasarkan pada Distribusi Probabilitas Normal, apabila menggunakan data berupa sampel, dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$X_T = \bar{X} + K T S$  .....(2.7)

Dimana,

$X_T$  = Hujan rencana atau debit dengan periode ulang  $T$  (mm/hari)

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

$K T$  = Faktor frekuensi, nilainya tergantung dari  $T$

$S$  = Standar deviasi dari data hujan (mm)

**Tabel 2. 5** Nilai Koefisien Untuk Distribusi Normal

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



**c. Metode Distribusi Probabilitas Log Normal**

Menurut Soemarno (1995) dalam Sudarmin (2017), metode distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari metode distribusi normal, di mana varian X diubah menjadi varian logaritmik dari X. Perhitungan rencana yang didasarkan pada Distribusi Probabilitas Log Normal, jika menggunakan data berupa sampel, dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Log XT} = \overline{\text{Log X}} + \text{KT} \times \text{S Log X} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana,

Log XT = Nilai logaritmis hujan rencana periode ulang T

$$\overline{\text{Log X}} = \text{Nilai rata-rata dari log X} = \sum_{i=1}^n \text{Log Xi} \dots\dots\dots(2.9)$$

KT = Faktor frekuensi, nilainya tergantung dari T

$$\begin{aligned} \text{S Log X} &= \text{Deviasi standar dari log X} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log Xi} - \overline{\text{Log X}})^2}{n - 1} \dots\dots\dots(2.10) \end{aligned}$$

**d. Metode Distribusi Probabilitas Log Pearson III**

Menurut Soemarno (1995) dalam Sudarmin (2017), metode distribusi log normal adalah hasil transformasi dari metode distribusi normal dengan mengubah varian X menjadi varian logaritmik dari X. Perhitungan rencana yang didasarkan pada Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III, jika data yang digunakan berupa sampel, dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Nilai Rata-Rata: } \text{Log X} = \sqrt{\log X} = \frac{\sum \log X}{n} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\text{Standar Deviasi: } S = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \log n)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\text{Koefisien Kemencengan: } CS = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)S^4} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^3 \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\text{Koefisien Kurtosis: } CK = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^4 \dots\dots\dots(2.14)$$

Logaritma curah hujan dengan waktu balik dihitung dengan rumus:

$$Xt = X + K.S \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana,

$X_t$  = Logaritma curah hujan dalam periode ulang T tahun (mm/hari)

$X$  = Nilai rata-rata

$S$  = Standar deviasi

$N$  = Jumlah pengamatan

$C_s$  = Koefisien kemencengan

### 2.3.1.5 Uji Kecocokan Sebaran

Untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat mewakili distribusi tersebut, diperlukan pengujian parameter (*the goodness of fit test*). Terdapat dua metode yang dapat digunakan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data, yaitu Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov.

#### a. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat menggunakan nilai  $\chi^2$  yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\chi^2 = \sum_{i=0}^N \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots(2.16)$$

- Dimana,
- $\chi^2$  = Nilai Chi-Kuadrat terhitung
  - $E_f$  = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
  - $O_f$  = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama
  - $N$  = Jumlah sub kelompok dalam satu grup

Nilai  $\chi^2$  yang diperoleh harus lebih kecil dari nilai  $\chi^2_{cr}$  (Chi- Kuadrat kritik), untuk suatu derajat nyata tertentu, yang sering diambil 5%.

$$DK = K - (\alpha + 1) \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

$DK$  = Derajat kebebasan

$K$  = Banyaknya kelas

$\alpha$  = Banyaknya keterikatan (parameter),  
untuk Uji Chi-Kuadrat = 2

Nilai  $\chi_{cr}^2$  disarankan agar banyaknya kelas tidak kurang dari 5 dan frekuensi absolut tiap kelas tidak kurang dari 5 juga.

### b. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov Kolmogorov* juga disebut uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak memakai fungsi distribusi tertentu, namun dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data pada kertas probabilitas. Dari gambar diketahui jarak penyimpangan tiap titik data terhadap kurva.

Jarak penyimpangan terbesar merupakan nilai  $\Delta_{maks}$  dengan kemungkinan didapat nilai lebih kecil dari nilai  $\Delta_{kritik}$ , maka jenis distribusi yang dipilih dapat digunakan

#### 2.3.1.6 Intensitas Curah Hujan

Rumus dari *Dr. Mononobe* digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan setiap waktu berdasarkan data curah hujan harian.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

$I_t$  = Intensitas curah hujan untuk lama hujan  $t$  (mm/jam)

$R_{24}$  = Tinggi curah hujan maksimum 24 jam (mm)

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari *Kirpich*.

$$\frac{0,06628L^{0,77}}{S^{0,385}} t_c = \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

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

$S$  = Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum

### 2.3.2 Debit Aliran Permukaan

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah Metode Rasional USSCS (1973). Model ini merupakan Model Kotak Hitam (Suripin, 2004) dan saat ini masih banyak digunakan di Indonesia dengan menurunkan hujan menjadi aliran permukaan (Suharini, dkk., 2010).

$$Q_R = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana,

$Q_R$  = Debit aliran permukaan (m<sup>3</sup>/detik)

$C$  = Koefisien *Runoff*

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

$A$  = Luas DAS (ha)

Namun, menurut Triatmodjo (2010), metode rasional lebih cocok dan valid untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) kecil, dimana Ponce (1989) berpendapat bahwa DAS kecil adalah DAS yang mempunyai ukuran kurang dari 2,5 km<sup>2</sup>. Oleh sebab itu, dalam analisis debit puncak DAS Seluna yang termasuk DAS besar digunakan analisis hidrograf.

### 2.3.3 Analisis Hidrograf

Hidrograf satuan digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Apabila data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetis (HSS) yang didasarkan padakarakteristik fisik

dari DAS (Triatmodjo, 2010).

HSS Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang. Metode HSS Nakayasu telah dipakai di beberapa penelitian di Indonesia (Sutapa, 2005; L.Lily, 2009; Natakusumah, dkk., 2011 dan Tunas, dkk., 2011). Studi ini dilakukan sebagai perbandingan dari metode-metode yang lain (Metode *Snyder*, GAMA I, *Soil Conservation Service/SCS* dan lain-lain).

Menurut Sutapa (2005), suatu hidrograf banjir perlu dicari karakteristik daerah pengalirannya. Karakteristik-karakteristik tersebut adalah :

- a. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai dengan puncak hidrograf (*time to peak magnitude*);
- b. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai dengan titik berat hidrograf (*time lag*);
- c. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograf*);
- d. Luas daerah pengaliran;
- e. Panjang alur sungai utama (*length of the longest channel*).

Persamaan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left( \frac{A R_e}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \dots\dots\dots (2.21)$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \dots\dots\dots (2.22)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \text{ (untuk } L > 15 \text{ km)} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \text{ (untuk } L < 15 \text{ km)} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \dots\dots\dots (2.25)$$

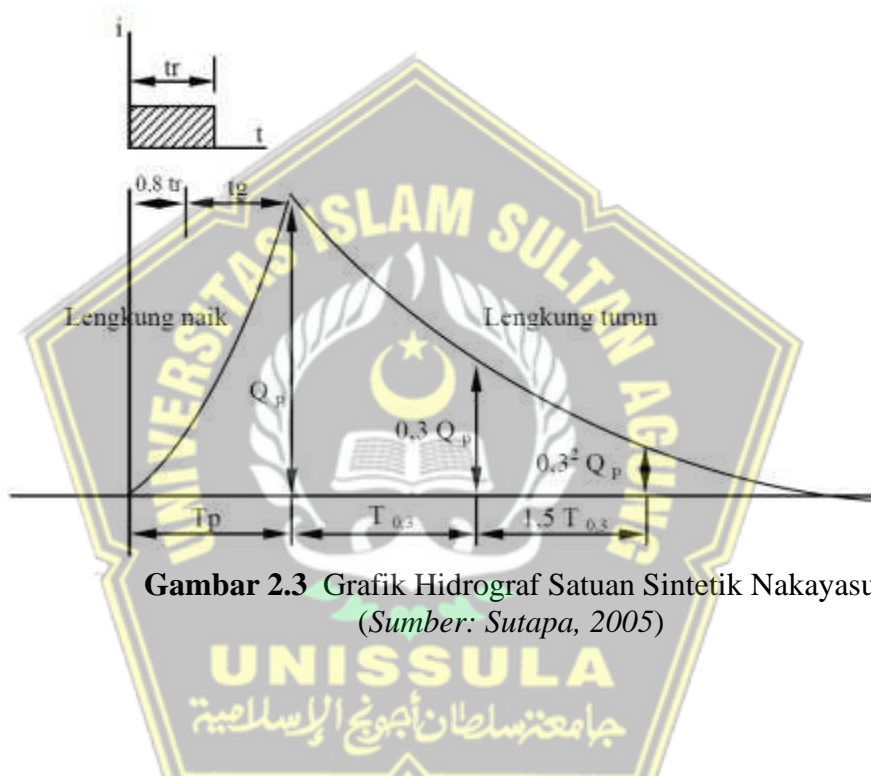
$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

$Q_p$  = Debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/det)

$A$  = Luas DAS (km<sup>2</sup>)

- $R_e$  = Curah hujan efektif (1 mm)
- $T_p$  = Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)
- $T_{0,3}$  = Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)
- $t_g$  = Waktu konsentrasi (jam)
- $T_r$  = Satuan waktu dari curah hujan (jam)
- $\alpha$  = Koefisien karakteristik DAS (biasanya diambil 2)
- $L$  = Panjang sungai utama (km)



**Gambar 2.3** Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu  
(Sumber: Sutapa, 2005)

Bentuk hidrograf satuan diberikan oleh persamaan berikut:

- a. Pada kurva naik ( $0 < t < T_p$ )

$$Q_t = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots (2.27)$$

- b. Pada kurva turun ( $T_p < t < T_p + T_{0,3}$ )

$$Q_r = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots (2.28)$$

c. Pada kurva turun ( $T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$ )

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{[(t - T_p) + (0,5T_{0,3})]}{(1,5T_{0,3})} \dots\dots\dots(2.29)$$

d. Pada kurva turun ( $t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$ )

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{[(t - T_p) + (0,5T_{0,3})]}{(2T_{0,3})} \dots\dots\dots(2.30)$$

## 2.4 Banjir

Banjir terjadi bilamana keadaan sungai aliran airnya tidak tertampung oleh palung sungai. Lahan yang pada waktu-waktu tertentu terlanda atau tergenang banjir disebut dataran banjir (TKPSDA, 2003). Banjir merupakan permasalahan umum terjadi di sebagian wilayah Indonesia, terutama di daerah padat penduduk misalnya di kawasan perkotaan. Dengan anggapan bahwa, permasalahan banjir merupakan masalah umum, maka sudah semestinya dari berbagai pihak perlu memperhatikan hal-hal yang dapat mengakibatkan banjir dan sedini mungkin diantisipasi, untuk memperkecil kerugian yang ditimbulkan (Kodoatie, 2002).

Banjir merupakan salah satu masalah lingkungan hidup yang dapat mengancam eksistensi manusia. Upaya pengendalian banjir harus berpedoman pada suatu perencanaan matang dengan terlebih dahulu mengetahui semua rantai interaksi yang menjadi determinan (mata rantai pokok) faktor penyebab banjir dan harus didasarkan pada suatu analisis mendalam melalui *ecological study*. Upaya-upaya di dalam pengendalian banjir adalah normalisasi alur sungai dan pengerukan sedimentasi. Cara ini bisa dilakukan dengan pengerukan sedimentasi dan normalisasi saluran agar kapasitas tampung sungai tetap optimal dan aliran air menuju ke muara dapat lancar. Salah satu langkah yang lebih dulu dapat dilakukan adalah mencegah sedimentasi yang berlebihan di sungai.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

**Tabel 2. 6** Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Tujuan	Hasil
1.	Faruq Abdurrozak, dan Saipil Bakri	ANALISIS DEBIT AIR SUNGAI DALAM PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI BABON	Laporan ini bertujuan untuk menganalisis debit air pada sungai Babon untuk penanganan Banjir wilayah Banjir Kanal Timur dalam upaya membebaskan kota Semarang dari ancaman bencana banjir	Berdasarkan hasil perhitungan pada tugas akhir ini, debit banjir rancangan berdasarkan curah hujan 10 tahun (2006-2016) adalah $Q_{100} = 600$ m <sup>3</sup> /detik. Hasil perhitungan debit banjir rancangan ini dapat dipergunakan sebagai dasar analisis selanjutnya pada sungai Babon hilir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Babon. Kapasitas penampang sungai Babon di dapat dari hasil analisis debit banjir rancangan dengan kala ulang 100 tahunan. Rekomendasi strategi pengendalian banjir yaitu <i>collecting sub system, transporting sub system, dan disporal sub system.</i>
2.	Noor Salim, Adhitya surya Manggala	ANALISIS DAN EVALUASI KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI JATIROTO DENGAN MENGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS 4.1	Studi yang dilaksanakan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kapasitas eksisting sungai Jatiroto dalam menampung debit banjir dan normalisasi Sungai Jatiroto sebagai dalam upaya pengendalian banjir.	<i>Dari hasil perhitungan, di dapat debit puncak sebesar 153.20 m<sup>3</sup>/s. Dari hasil penelitian menggunakan program HEC-RAS, di dapat beberapa titik yang terlihat tidak mampu menampung debit banjir sehingga perlu untuk dilakukan normalisasi saluran. Titik yang terjadi luapan air yaitu patok nomor 13, 12.9, 12.8, 12.7, 12.6, 12.5, 12.2, 12, 11.9, 11.8, 11.6, 11.5, 11.4, 11.3, 11.1, 11, 10.9, 10.8, dan 10.3.</i>
3.	Evi Rahmawati, Nurhayati Aritonang	ANALISA KAPASITAS TAMPUNGAN PADA SUNGAI PUCANG KABUPATEN SIDOARJO DALAM MENAMPUNG DEBIT BANJIR	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh hasil perhitungan dari data-data dan hasil simulasi aliran seperti (1) besar debit banjir eksisting dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun pada sungai Pucang, (2) kapasitas tampung sungai Pucang saat menampung debit banjir maksimal kala ulang 10 tahun	Hasil penelitian ini diperoleh dari perhitungan debit banjir maksimal kala ulang 10 tahun dengan menggunakan persamaan Manning yaitu sebesar $Q_{10} = 110.42$ m <sup>3</sup> /detik. Kapasitas tampung debit banjir yang dapat ditampung oleh sungai Pucang sebesar $Q_{sal} = 68.23$ m <sup>3</sup> /detik yang artinya bahwa $Q_{10} = 110.42$ m <sup>3</sup> /detik > $Q_{sal} = 68.23$ m <sup>3</sup> /detik. Adapun penyebab meluapnya sungai Pucang dikarenakan oleh endapan sedimen dan



			(saluran primer), (3) Faktor-faktor penyebab banjir pada sungai Pucang dan (4) solusi penanggulangan dari permasalahan banjir yang terjadi pada sungai Pucang.	besarnya debit banjir yang ditampung sungai Pucang.
4.	Ichsan Syahputra1	KAJIAN HIDROLOGI DAN ANALISA KAPASITAS TAMPANG SUNGAI KRUENG LANGSA BERBASIS HEC-HMS DAN HEC-RAS	Penelitian ini dilakukan untuk melakukan kajian terhadap debit banjir eksisting yang pernah terjadi di wilayah DAS tersebut serta perlu dianalisis besar kapasitas penampang sungai Krueng Langsa sebagai upaya untuk memperoleh alternatif dari pengendalian bencana banjir secara menyeluruh dan mereduksi muka air banjir.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Debit puncak di outlet Sungai Krueng Langsa sebesar 59,3 m<sup>3</sup>/dt untuk periode ulang 2 tahun.</li> <li>2. Pada analisa Passing capacity , didapatkan banjir penampang existing sebesar 60,07 m<sup>3</sup>/det.</li> <li>3. Hasil analisa HEC-RAS dengan simulasi input Q 2 tahun, terhadap 140 buah cross section memberikan gambaran bahwa hampir semua alur sungai mengalami kondisi banjir (luapan), hanya beberapa bagian saja yang tidak mengalami kondisi banjir. Hal ini disebabkan karena elevasi muka air banjir melebihi elevasi bank.</li> <li>4. Skenario pengendalian banjir dilakukan dengan cara normalisasi sungai, yaitu memperbesar dimensi penampang sungai existing dengan lebar dasar sungai rata-rata 20 m menjadi 60 m dan perencanaan tanggul sungai pada elevasi puncak tanggul +2.00 m dengan tinggi jagaan (freeboard) 0.50 m dari muka air banjir.</li> <li>5. Pada bagian muara sungai, yaitu mulai dari titik STA.0+000 sampai STA.2+000 28 Volume 1, No. 1, Januari 2015 direncanakan menggunakan revetment sungai dari tumpukan batu (Dump Stone)</li> </ol>
5.	Herinda Ferizal dan Malik Khoiru Sibghoh	ANALISIS DEBIT BANJIR SUNGAI ONGGORAWA KABUPATEN DEMAK	Tugas akhir ini meninjau tentang analisis debit banjir rencana dari sungai Onggorawe. Dalam proses menghitung analisis debit banjir ada beberapa parameter yang akan digunakan diantaranya analisa curah hujan rencana dan debit banjir rencana. Dari hasil analisa ini didapatkan debit banjir rencana yang digunakan sebagai acuan untuk mengetahui besar debit banjir sungai Onggorawe	Berdasarkan hasil perhitungan pada tugas akhir ini, membuktikan bahwa adanya pendekatan rancangan debit banjir rancangan menggunakan metode hidrograf satuan sinetis Nakayasu untuk sungai Onggorawe Demak dengan berdasarkan curah hujan 10 tahun (2006-2015) adalah Q100 = 596,18 m <sup>3</sup> /detik dengan luas DAS 144,52 m <sup>2</sup>

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Uraian Umum**

Kali Semarang yang akan digunakan sebagai objek penelitian merupakan saluran drainase yang membentang di pusat Kota Semarang. Sungai sepanjang 7.960 m dengan hulu terletak di Banjir Kanal Barat dan Hilir di Laut Jawa. Metode yang digunakan dalam penulisan ini yaitu menghitung menggunakan data curah hujan selama 10 tahun. Kemudian dilakukan analisis curah hujan rata – rata maksimum dan debit banjir rencana serta kapasitas tampungan dari Kali Semarang. Struktur kegiatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan
2. Pengumpulan Data
3. Studi Pustaka
4. Analisis
5. Kesimpulan dan Saran

#### **3.2 Tahapan Persiapan**

Tahapan persiapan adalah kegiatan sebelum memulai mengumpulkan data. Pada tahap persiapan ini menyusun rangkaian atau kerangka kegiatan yang akan dilakukan dengan tujuan agar waktu dan pekerjaan yang akan dilakukan bisa efektif.

#### **3.3 Teknik Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data adalah teknik atau cara yang dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Data yang digunakan dalam penulisan ini yaitu data sekunder.

Pengumpulan data sekunder pada penulisan ini diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana (BBWS) Semarang dan Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Dan Penata Ruang Provinsi Jawa Tengah (PUSDATARU), data

sekunder yang digunakan yaitu:

1. Peta DAS Kali Semarang
2. Peta Stasiun Hujan
3. Data Teknis Kali Semarang
4. Data Hujan Harian Maksimum

### **3.4 Analisis Hidrologi**

Metode yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu *Metode Polygon Thiessen* yang bertujuan menganalisis curah hujan maksimum dan HSS Nakayasu untuk menghitung debit banjir rencana.

#### **3.4.1 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Maksimum**

Menghitung curah hujan daerah rata-rata maksimum dengan menggunakan Metode *Polygon Thiessen*. Metode ini merupakan metode yang paling akurat dan sering digunakan dalam menghitung rerata curah hujan di suatu daerah.

#### **3.4.2 Analisis Frekuensi**

Analisis besar curah hujan rencana untuk mengetahui besarnya nilai curah hujan kala ulang 10 tahun. Ada beberapa jenis sebaran yang dapat dilakukan untuk menganalisis, pada perhitungan ini menggunakan akan diuji terlebih dahulu beberapa metode distribusi dan akan dipilih yang memenuhi dari uji kesesuaian distribusi. Beberapa metode dalam analisis frekuensi yaitu Metode Normal, Metode Gumbel, Metode Log Normal, dan Metode Log Pearson Type III.

#### **3.4.3 Uji Kesesuaian Distribusi**

Metode yang digunakan untuk pengujian ini yaitu Metode Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov. Pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. (Fairizi, 2015).

### 3.4.4 Uji Sebaran Hujan

Uji sebaran hujan atau pola distribusi hujan merupakan pola sebaran hujan dimana pencatatan hujan biasanya dilakukan dengan suatu interval waktu tertentu, dimana pada umumnya dilakukan dalam satuan waktu harian, jam-jaman atau menit.

### 3.4.5 HSS Nakayasu

Di daerah dimana data hidrologi tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. Hidrograf satuan sintetis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

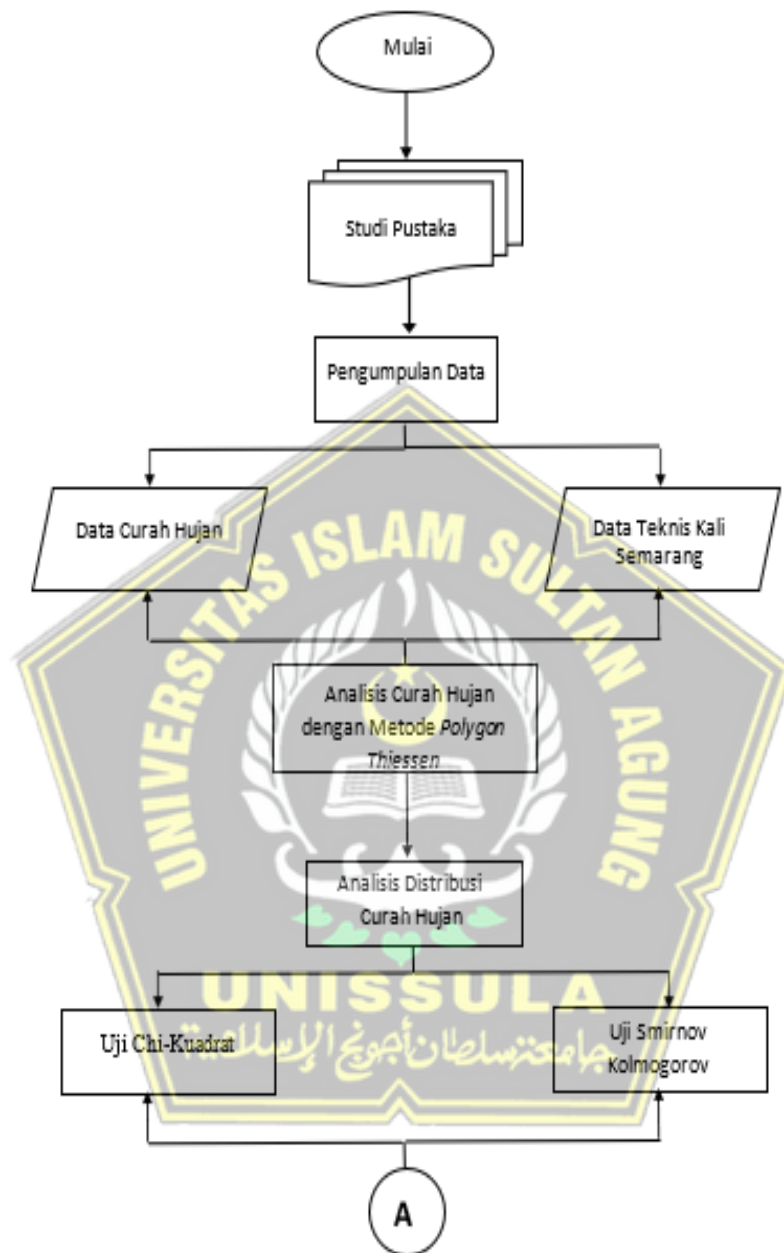
1. Tenggang waktu dari pemulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time to peak magnitude*),
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*),
3. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*),
4. Luas Daerah Aliran Sungai,
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*).
6. Koefisien Pengaliran.

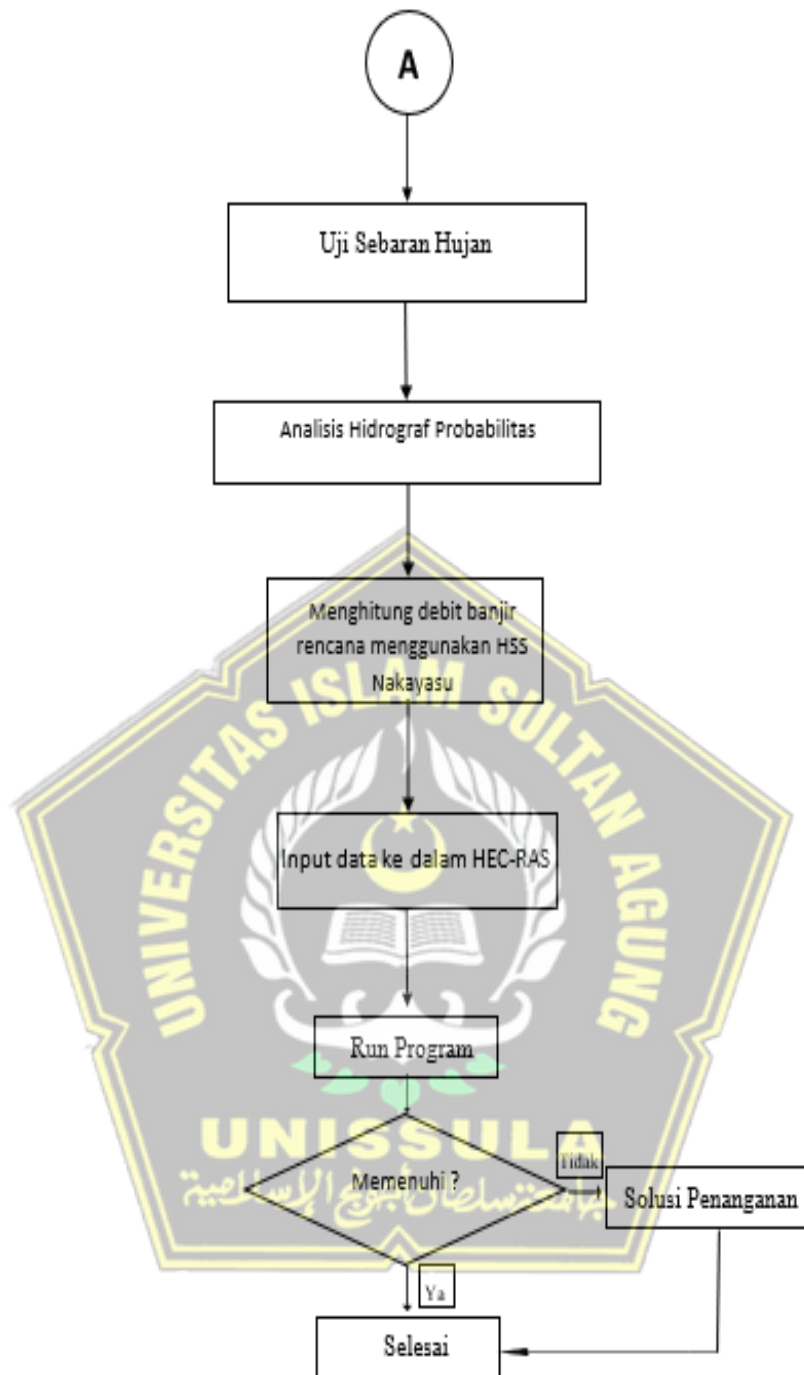
### 3.5 Analisis Hidolika

HEC-RAS merupakan sebuah program aplikasi untuk memodelkan aliran sungai *River Analysis System* (RAS), yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi didalam *Institute For Water Resource* (IWR) dibawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). HEC-RAS mampu menampilkan perhitungan penampang muka air aliran subkritis dan superkritis Sistem ini mengandung 3 komponen analisis hidrolis satu dimensi yaitu, perhitungan penampang muka air aliran tetap (*steady flow*), aliran tidak tetap (*unsteady flow*), dan perhitungan transportasi sedimen. Ketiga komponen akan menggunakan tampilan data geometric dan perhitungan geometric hidrolika.

### 3.6 Diagram Alir

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian





## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Hidrologi

Untuk mengetahui karakteristik dari suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) perlu dilakukan analisis hidrologi guna mendapatkan debit banjir rencana yang didapatkan dari pengolahan data curah hujan harian dari beberapa stasiun curah hujan yang terletak pada DAS ataupun yang berada di sekitaran DAS. Dalam penentuan dan pembuatan peta Daerah Aliran Sungai Kali Semarang digunakan aplikasi *Global Mapper* dan juga *Google Earth Pro* untuk mengetahui koordinat dari stasiun curah hujan yang berada relatif dekat dengan Kali Semarang.



**Gambar 4. 1** Peta DAS Kali Semarang

##### 4.1.1 Data Curah Hujan Maksimum - Bulanan

Data yang digunakan adalah data curah hujan yang berasal dari stasiun curah hujan yang ada disekitar DAS dalam kurun waktu 10 tahun. Data diolah dari curah hujan harian, kemudian diubah menjadi curah hujan harian maksimum dan kemudian diubah lagi menjadi data curah hujan harian maksimum-bulanan, seperti yang disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 4. 1** Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Madukoro

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)												Rmax (mm)
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des	
2012	126	83	65	32	93	55	16	0	0	62	76	70	126
2013	94	150	27	76	48	140	33	24	20	50	33	65	150
2014	155	95	26	12	53	73	77	12	0	16	57	56	155
2015	64	155	50	51	52	42	0	0	0	0	72	60	155
2016	50	105	43	86	22	68	120	29	80	29	60	20	120
2017	70	145	60	70	40	55	19	2	18	90	66	32	145
2018	44	120	67	84	5	19	0	0	0	14	54	84	120
2019	44	119	42	54	0	0	0	0	9	53	15	62	119
2020	53	115	41	48	40	4	49	30	27	40	40	100	115
2021	50	180	24	50	30	70	12	62	71	38	60	48	180

**Tabel 4. 2** Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Simongan

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)												Rmax (mm)
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des	
2012	90	100	40	32	70	33	16	0	4	54	71	130	130
2013	97	135	44	57	33	76	63	5	83	67	77	62	135
2014	135	85	55	48	46	53	15	30	0	25	67	46	135
2015	45	130	47	85	19	0	0	3	0	22	40	73	130
2016	62	100	50	44	22	64	84	12	83	65	71	110	110
2017	130	99	64	88	53	32	70	22	30	50	76	69	130
2018	54	95	97	110	22	43	8	0	4	15	47	70	110
2019	30	75	62	116	82	0	5	0	25	0	16	67	116
2020	83	93	45	80	43	11	45	11	45	11	56	115	115
2021	71	160	50	43	27	35	10	100	57	44	63	47	160

**Tabel 4. 3** Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Tanjung Mas

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)												Rmax (mm)
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des	
2012	49	96	69	36	24	35	1	0	27	77	65	105	105
2013	102	135	75	48	42	49	43	44	9	21	50	60	135
2014	121	88	33	18	37	23	46	27	2	7	35	57	121
2015	43	119	37	50	39	15	2	12	34	1	19	53	119
2016	120	64	35	44	37	4	3	55	74	30	32	22	120
2017	45	150	47	86	40	34	10	2	21	40	34	55	150
2018	37	130	72	44	10	50	0	0	3	42	38	106	130
2019	57	93	120	48	37	0	1	5	48	0	24	125	125
2020	106	84	29	41	39	17	64	0	45	18	37	140	140
2021	88	145	150	47	47	45	4	90	89	52	71	59	150

(sumber : hasil perhitungan, 2024)



## 4.1.2 Analisis Curah Hujan Rata – Rata Maksimum

### 4.1.2.1 Penentuan Titik dan Luasan Garis Pengaruh Polygon Thiessen

Perhitungan curah hujan ini menggunakan metode *Polygon Thiessen* dengan mempertimbangkan daerah yang terpengaruh oleh setiap titik stasiun curah hujan. Untuk menentukan garis pengaruh *Polygon Thiessen* digunakan peta DAS Kali Semarang beserta dengan titik stasiun curah hujannya yang kemudian di plot ke aplikasi *Global Mapper* dan selanjutnya klik pada opsi *create voronoi/thiessen diagram*, maka aplikasi akan secara otomatis dapat menghubungkan titik stasiun curah hujan dan menggambarkan garis pengaruh serta luas pengaruh dari masing-masing stasiun curah hujan.



**Gambar 4. 2** Polygon Thiessen DAS Kali Semarang

**Tabel 4. 4** Luas Pengaruh Polygon Thiessen

STASIUN	LUAS PENGARUH CURAH HUJAN ( $Km^2$ )
Sta. Madukoro	3,354
Sta. Simongan	5,671
Sta. Tanjung Mas	3,447
Total area	12,472

#### 4.1.2.2 Menghitung Curah Hujan Rerata Harian Maksimum

Setelah didapatkan luasan dari tiap – tiap garis pengaruh, selanjutnya data tersebut akan digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata harian maksimum. Dengan cara mengalikan curah hujan maksimum harian tiap tahun dengan luasan garis pengaruh tiap stasiun curah hujan kemudian dibagi dengan total luasan DAS. Dengan menggunakan rumus dari Pollygon Thiessen sebagai berikut :

Contoh perhitungan curah hujan rerata maksimum tahun 2013 menggunakan persamaan (2.2):

$$d = \frac{3,354 \cdot 126 + 5,671 \cdot 130 + 3,447 \cdot 105}{12,472}$$

$$d = 122$$

Untuk perhitungan curah hujan rerata maksimum tiap tahun lengkap dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 4. 5** Data Curah Hujan Rerata Maksimum Harian

Tahun	Stasiun Madukoro		Stasiun Simongan		Stasiun Tanjung Mas		Curah Hujan Rerata Max (mm)
	Rmax (mm)	Rmax x Luas	Rmax (mm)	Rmax x Luas	Rmax (mm)	Rmax x Luas	
2013	126	423	130	737	105	362	122
2014	150	503	135	766	135	465	139
2015	155	520	135	766	121	415	136
2016	155	520	130	737	119	412	134
2017	120	402	110	624	120	414	115
2018	145	486	130	737	150	517	140
2019	120	402	110	624	130	448	118
2020	119	399	116	658	125	431	119
2021	115	386	115	652	140	483	122
2022	180	604	160	907	150	517	163

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

#### 4.1.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rancangan

##### 4.1.3.1 Pemilihan Jenis Analisis Frekuensi

Terdapat dua parameter statistik yang digunakan dan akan dianalisis yaitu parameter statistik normal (untuk analisis distriibusi Normal dan distribusi Gumbel) dan parameter statistik logaritma (untuk analisis distribusi Log Normal

dan Log Pearson III). Perhitungan parametrik statistik normal meliputi  $(x_i - \bar{x})$ ,  $(x_i - \bar{x})^2$ ,  $(x_i - \bar{x})^3$ ,  $(x_i - \bar{x})^4$  dan perhitungan parametrik logaritma meliputi  $(\log x_i - \log \bar{x})$ ,  $(\log x_i - \log \bar{x})^2$ ,  $(\log x_i - \log \bar{x})^3$ ,  $(\log x_i - \log \bar{x})^4$ .

**Tabel 4. 6** Hasil Perhitungan Parameter Statistik Normal

No.	Tahun	X terurut	$(X_i - X_{\text{rerata}})$	$(X_i - X_{\text{rerata}})^2$	$(X_i - X_{\text{rerata}})^3$	$(X_i - X_{\text{rerata}})^4$
1	2012	122,015	-8,811	77,641	-684,130	6028,166
2	2013	139,034	8,208	67,364	552,897	4537,946
3	2014	136,371	5,545	30,744	170,464	945,168
4	2015	133,793	2,967	8,804	26,124	77,513
5	2016	115,453	-15,373	236,337	-3633,262	55855,039
6	2017	139,561	8,735	76,303	666,518	5822,141
7	2018	118,217	-12,609	158,998	-2004,883	25280,482
8	2019	119,294	-11,532	132,989	-1533,639	17686,053
9	2020	121,909	-8,917	79,509	-708,965	6321,687
10	2021	162,615	31,788	1010,502	32122,240	1021114,484
<b>Jumlah :</b>		1308,263	0,000	1879,191	24973,363	1143668,680

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

**Tabel 4. 7** Hasil Perhitungan Parameter Statistik Log Normal

No.	$X_i$	Log $X_i$	$(\text{Log } X_i - \text{rerata Log } X)$	$(\text{Log } X_i - \text{rerata Log } X)^2$	$(\text{Log } X_i - \text{rerata Log } X)^3$	$(\text{Log } X_i - \text{rerata Log } X)^4$
1	122,01	2,086	-0,02802	0,00079	-0,00002	0,00000
2	139,03	2,143	0,02868	0,00082	0,00002	0,00000
3	136,37	2,134	0,02029	0,00041	0,00001	0,00000
4	133,79	2,126	0,01200	0,00014	0,00000	0,00000
5	115,45	2,062	-0,05203	0,00271	-0,00014	0,00001
6	139,56	2,144	0,03033	0,00092	0,00003	0,00000
7	118,22	2,072	-0,04176	0,00174	-0,00007	0,00000
8	119,29	2,076	-0,03782	0,00143	-0,00005	0,00000
9	121,91	2,086 0	-0,02840	0,00081	-0,00002	0,00000
10	162,61	2,211 2	0,09672	0,00936	0,00090	0,00009
TOTAL	1308,2 626	21,14 44	0,00000	0,01913	0,00065	0,00010

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

**Tabel 4. 8** Hasil Perhitungan Parameter Statistik Log Pearson 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	122	2,1	-0,0280	0,0008	0,0000	0,0000
2	139	2,1	0,0287	0,0008	0,0000	0,0000
3	136	2,1	0,0203	0,0004	0,0000	0,0000
4	134	2,1	0,0120	0,0001	0,0000	0,0000
5	116	2,1	-0,0520	0,0027	-0,0001	0,0000
6	140	2,1	0,0303	0,0009	0,0000	0,0000
7	118	2,1	-0,0418	0,0017	-0,0001	0,0000
8	119	2,1	-0,0378	0,0014	-0,0001	0,0000
9	122	2,1	-0,0284	0,0008	0,0000	0,0000
10	163	2,2	0,0967	0,0094	0,0009	0,0001
TOTAL	1308,3	21,1	0,0000	0,0191	0,0007	0,0001

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

Selanjutnya akan dilakukan pengukuran dispersi yang mana akan dicari nilai dari standar deviasi (Sd), koefisien kemencengan (Cs), koefisien variasi (Cv), dan koefisien kurtosis (Ck). Berikut adalah sampel untuk perhitungan manual distribusi:

- a. Standar Deviasi (Sd) menggunakan persamaan (2.12)

$$Sd = \sqrt{\frac{1879,191}{9}}$$

$$Sd = 14,449$$

- b. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{x}$$

$$Cv = \frac{14,449}{130,8263}$$

$$Cv = 0,107$$

- c. Koefisien Kemiringan/Skewness (Cs) menggunakan persamaan (2.13)

$$Cs = \frac{10}{(10 - 1)(10 - 2)(14,449)^3} \times 24973,363$$

$$Cs = 1,1496$$

d. Koefisien Kurtosis (Ck) menggunakan persamaan (2.14)

$$Ck = \frac{10^2}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3)(14,449)^4} \times 1143668,68$$

$$Ck = 5,205$$

**Tabel 4. 9** Hasil Perhitungan Dispersi

<b>Distibusi Normal dan Gumbel</b>			
Sd	Cv	Cs	Ck
14,44988	0,11045092	1,149613	5,204904
<b>Distribusi Log Normal</b>			
Sd	Cv	Cs	Ck
0,046099	0,0218022	0,926942	4,521604
<b>Distibusi Log Pearson III</b>			
Sd	Cv	Cs	Ck
0,046099	0,0218022	0,926942	4,521604

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

Langkah selanjutnya adalah pemilihan jenis sebaran dimana hasil dari perhitungan dispersi akan dibandingkan dengan syarat pemilihan distribusi. Jenis sebaran yang memenuhi syarat akan dipilih dan digunakan sebagai metode dalam mencari curah hujan rencana.

**Tabel 4. 10** Rekapitulasi Hasil Pengukuran Dispersi Terhadap Syarat

No	Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan	Syarat	Keterangan	
1	Normal	Cs	1,15	Cs ≈ 0	Kurang Mendekati
		Ck	5,20	Ck ≈ 3	
2	Gumbel	Cs	1,15	Cs ≈ 1,139	Mendekati
		Ck	5,20	Ck ≈ 5,402	
3	Log Normal	Cs	0,93	Cs ≈ 1,137	Kurang Mendekati
		Ck	4,52	Ck ≈ 5,383	
4	Log Pearson III	Cs	0,93	Cs ≠ 0	Kurang Mendekati
		Cv	0,02	Cv ≈ 0,3	

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

Dari tabel 4.10 dapat disimpulkan bahwa metode Gumbel lebih mendekati dengan syarat sebaran dibandingkan dengan jenis sebaran yang lainnya. Maka dari itu untuk perhitungan curah hujan rancangan akan menggunakan metode Gumbel.

#### 4.1.3.2 Uji Kesesuaian Distribusi

Langkah untuk menguji kesesuaian distribusi yaitu dengan menggunakan metode Chi- Kuadrat dan Metode Smirnov Kolmogorov.

##### 4.1.3.2.1 Uji Chi Kuadrat

- Mengurutkan data hujan maksimum tiap tahun dari yang terkecil hingga terbesar.

**Tabel 4. 11** Data Curah Hujan Maksimum Terurut

No.	Tahun	X
1	115	2017
2	118	2019
3	119	2020
4	122	2013
5	122	2021
6	134	2016
7	136	2015
8	139	2014
9	140	2018
10	163	2022

- Menentukan Jumlah Kelas (G)

$$G = 1 + 3,322 \log (n)$$

$$G = 1 + 3,322 \log(10)$$

$$G = 4,322$$

$$G = 4$$

- Mencari Nilai Ik

$$R (\text{selisih}) = R_{\text{max terbesar}} - R_{\text{max terkecil}}$$

$$R (\text{selisih}) = 162,61 - 115,45$$

$$R (\text{selisih}) = 47,16$$

$$Ik = \frac{R}{n}$$

$$Ik = \frac{47,16}{10}$$

$$Ik = 4,72$$

d. Mencari Nilai Sebaran Analitis (Ei)

$$Ei = \frac{n}{G}$$

$$Ei = \frac{10}{4}$$

$$Ei = 2,5$$

$$Ei \times Ik = 2,5 \times 4,72 = 11,79$$

e. Mencari Derajat Kebebasan (DK)

$$DK = G - (R + 1)$$

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

$$DK = 1$$

f. Derajat Kepercayaan

Biasa digunakan 5% untuk derajat kepercayaan.

g. Nilai Kritis Untuk Uji Chi Kuadrat

**Tabel 4. 12** Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi - Kuadrat (Uji Satu Sisi)

Dk	a derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,93E-05	0,000157	0,000982	0,00393	<b>3.841</b>	5.024	6.635	7.879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7.378	9.210	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	14.860
5	0,412	0,554	0,831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0,676	0,872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0,989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801

16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	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	9.390	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	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	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	9.260	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	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
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

(Sumber: Bonnier, 1980)

#### h. Perhitungan Uji Chi - Kuadrat

**Tabel 4. 13** 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		
1	X < 118,322	2,000	2,500	0,250	0,100
2	118,322 < X < 128,868	3,000	2,500	0,250	0,100
3	128,868 < X < 142,248	4,000	2,500	2,250	0,900
4	X > 142,248	1,000	2,500	2,250	0,900
Jumlah :		10,000	10,000	5,000	<b>2,000</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

#### i. Korelasi Hasil Uji Kecocokan

Syarat :

$$X^2 \text{ hitung} < X^2 \text{ kritis}$$

$$2,0 < 3,841 \text{ (OKE)}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai Chi Square ( $X^2$ ) hitung = 2,00. Sedangkan nilai batas kritis dari Chi-Square untuk  $Dk = 1$  dan derajat kepercayaan 5% didapatkan nilai ( $X^2$ ) kritis = 3,841. Sehingga nilai Chi Square ( $X^2$ ) hitung memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari ( $X^2$ ) kritis



4.1.3.2.2 Uji Smirnov Kolmogorov

a. Mengurutkan data curah hujan dari yang terbesar ke terkecil.

**Tabel 4.14** Urutan Data Curah Hujan Maksimum

No.	Tahun	X
1	163	2017
2	140	2019
3	139	2020
4	136	2013
5	134	2021
6	122	2016
7	122	2015
8	119	2014
9	118	2018
10	115	2022

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

- b. Rerata X = 130,8263  
 c. Standar Deviasi (S) = 14,4499  
 d. N (jumlah data) = 10

**Tabel 4. 15** Hasil Uji Smirnov Kolmogorov

No.	Tahun	X	m	S <sub>n</sub> (X)	Y <sub>r</sub>	Tr	Pr	Px (X)	D
									I P <sub>x</sub> (X) - S <sub>n</sub> (X)
1	2012	122,01	1	0,0909	-0,6098	0,9091	0,1111	0,8889	0,0202
2	2013	139,03	2	0,1818	0,5680	0,8182	0,2222	0,7778	0,0404
3	2014	136,37	3	0,2727	0,3837	0,7273	0,3333	0,6667	0,0606
4	2015	133,79	4	0,3636	0,2053	0,6364	0,4444	0,5556	0,0808
5	2016	115,45	5	0,4545	-1,0639	0,5455	0,5556	0,4444	0,1010
6	2017	139,56	6	0,5455	0,6045	0,4545	0,6667	0,3333	0,1212
7	2018	118,22	7	0,6364	-0,8726	0,3636	0,7778	0,2222	0,1414
8	2019	119,29	8	0,7273	-0,7981	0,2727	0,8889	0,1111	0,1616
9	2020	121,91	9	0,8182	-0,6171	0,1818	1,0000	0,0000	0,1818
10	2021	162,61	10	0,9091	2,1999	0,0909	1,1111	-0,1111	0,2020

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

- e. D Maks. = 0,2020
- f. Rerata X = 130,8263
- g. Standar Deviasi (S) = 14,4499
- h. D Maks. = 0,2020
- i. N (jumlah data) = 10
- j. a (derajat kepercayaan) = 5% (angka yang biasa diambil)

**Tabel 4. 16** Tabel Distribusi Gumbel untuk Koefisien Kemencengan (Cs)

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	<b>0,409</b>	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

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

k. D Kritis = 0,4090

l. Korelasi Hasil Uji Smirnov Kolmogorov

Nilai  $\Delta$  maks tabel harus lebih kecil dari  $\Delta$  kritis. Distribusi terbaik adalah yang memberikan nilai  $\Delta$  maks tabel paling kecil.

Syarat:

$$D \text{ Maks} < D \text{ Kritis}$$

$$0,2020 < 0,4090 \quad (\text{Distribusi Frekuensi Diterima})$$

Dari hasil perhitungan diatas, D Maks perhitungan yang lebih kecil daripada D Kritis sehingga hasilnya memenuhi syarat.

**Tabel 4. 17** Rekap Pengujian Chi - Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov

UJI CHI-SQUARE			
Metode Distribusi	Nilai $X^2$ hitung	Nilai $X^2$ Kritis	Keterangan
Distribusi Gumbel	2,00	3,841	Memenuhi
UJI SMIRNOV KOLMOGOROF			
Metode Distribusi	Nilai D hitung	Nilai D Kritis	Keterangan
Distribusi Gumbel	0,202	0,409	Memenuhi

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

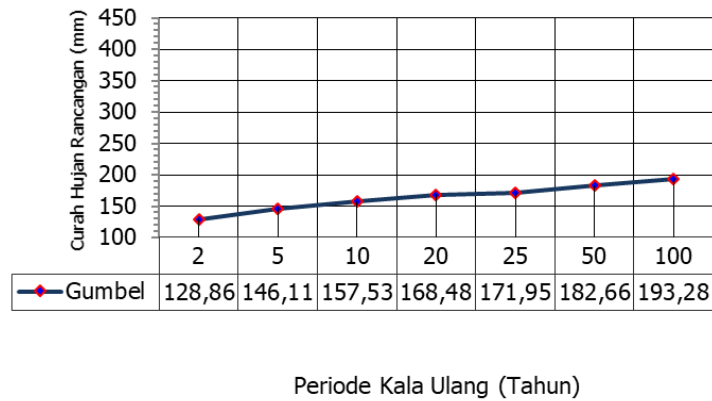
#### 4.1.4 Analisis Curah Hujan Rancangan

Setelah dipastikan memenuhi Uji Chi- Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov maka, perhitungan curah hujan rancangan menggunakan rumus – rumus empiris yang ada dengan menggunakan distribusi Gumbel.

**Tabel 4. 18** Hasil Perhitungan Distribusi Curah Hujan Rancangan Menggunakan Metode Gumbel

T	$Y_T$	Sd	$Y_n$	$S_n$	K	X (mm/hari)
2	0,3665	14,4499	0,4952	0,9497	-0,1355	128,8683
5	1,4999	14,4499	0,4952	0,9497	1,0580	146,1136
10	2,2504	14,4499	0,4952	0,9497	1,8481	157,5315
20	2,9702	14,4499	0,4952	0,9497	2,6061	168,4838
25	3,1985	14,4499	0,4952	0,9497	2,8465	171,9580
50	3,9019	14,4499	0,4952	0,9497	3,5872	182,6605
100	4,6001	14,4499	0,4952	0,9497	4,3224	193,2839

(sumber : hasil perhitungan, 2024)



**Gambar 4.3** Grafik Analisis Curah Hujan Rancangan Harian Maksimum Tiap Tahun.

Dilihat dari grafik pada **Gambar 4.3** menunjukkan bahwa setiap periode kala ulang memiliki kenaikan curah hujan maksimum dengan curah hujan tertinggi yaitu pada periode kala ulang 100 tahun dengan nilai 193,28 mm.

#### 4.1.5 Analisis Debit Banjir Rancangan

##### 4.1.5.1 Sebaran Hujan Jam – jaman Metode Mononobe

1. Rata – rata hujan sampai jam ke – T melihat persamaan (2.18) Untuk waktu hujan harian terpusat adalah 6 jam.

$$\text{Intensitas (I) atau } RT = \left(\frac{Rn}{6}\right) \times \left(\frac{6}{T}\right)^{2/3}$$

2. Curah hujan pada jam ke - t

$$RT = T \times Rt - (T - 1) \times R(T - 1)$$

**Tabel 4. 19** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Jam ke - t

Jam ke	Rata-rata Hujan Sampai Jam ke T (RT)		CH Pada Jam ke - T (Rt)	
[1]	[2]		[3]	
1	0,55	Rn	0,550	
2	0,35	Rn	0,143	
3	0,26	Rn	0,100	
4	0,22	Rn	0,080	
5	0,19	Rn	0,067	
6	0,17	Rn	0,059	

(sumber : hasil perhitungan, 2024)

**Tabel 4. 20** Presentase Intensitas Hujan

<b>t</b> (jam)	<b>RT</b>	<b>Rt</b>	<b>Prosentase</b>
[1]	[2]	[3]	[4]
1	0,550	0,550	55,03%
2	0,347	0,143	14,30%
3	0,265	0,100	10,03%
4	0,218	0,080	7,99%
5	0,188	0,067	6,75%
6	0,167	0,059	5,90%
Total			100%

(sumber : hasil perhitungan, 2024)

3. Distribusi hujan tiap jam

Koefisien pengaliran untuk  $R_t < 200$  mm

$$C = 1 - \left( \frac{3,14}{R_t^{1/3}} \right)$$

Hujan Efektif ( $R_n$ )

$$R_n = C \times R$$

Curah hujan tiap jam

$$RT = R_t \times R_n$$

**Tabel 4. 21** Distribusi Hujan Tiap Jam

Waktu (jam)	Ratio (%)	Kumulatif (%)	Curah Hujan Tiap Jam						
			2 th	5 th	10 th	20 th	25 th	50 th	100 th
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
1	55,03	55,03	26,83	32,47	36,29	40,01	41,20	44,89	48,60
2	14,30	69,34	6,97	8,44	9,43	10,40	10,71	11,67	12,63
3	10,03	79,37	4,89	5,92	6,62	7,29	7,51	8,19	8,86
4	7,99	87,36	3,89	4,71	5,27	5,81	5,98	6,52	7,05
5	6,75	94,10	3,29	3,98	4,45	4,90	5,05	5,50	5,96
6	5,90	100,00	2,87	3,48	3,89	4,29	4,41	4,81	5,21
PROBABILITAS HUJAN HARIAN			128,87	146,11	157,53	168,48	171,96	182,66	193,28
KOEFSISIEN PENGALIRAN			0,38	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46
HUJAN EFEKTIF			48,76	59,01	65,94	72,70	74,86	81,57	88,32

(sumber : hasil perhitungan, 2024)

#### 4.1.5.2 Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

1. Data yang digunakan untuk menentukan ordinat HSS Nakayasu :

$$\text{Luas DAS (A)} = 12,47 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 7,96 \text{ km}$$

$$\text{Kofisien DAS } (\alpha) = 3$$

$$\text{Re (Curah Hujan Efektif)} = 1 \text{ mm (hujan satuan)}$$

2. Hasil Perhitungan :

Waktu Kelambatan ( $T_g$ ) lihat persamaan (2.23) untuk  $L < 15 \text{ km}$

$$T_g = 0,21 \cdot 7,96^{0,7}$$

$$T_g = 0,90$$

Waktu Durasi Hujan lihat persamaan (2.26) ( $T_r$ )

$$T_r = 0,75 \times 0,90$$

$$T_r = 0,67 \text{ jam}$$

Lihat persamaan (2.22) untuk Waktu Puncak ( $T_p$ )

$$T_p = T_g + 0,8 \times T_r$$

$$T_p = 0,90 + 0,8 \times 0,67$$

$$T_p = 1,44 \text{ jam}$$

Lihat persamaan (2.25) untuk Waktu Saat 0.3 Kali Debit Puncak ( $T_{0.3}$ )

$$T_{0.3} = \alpha \times 0,90$$

$$T_{0.3} = 3 \times 0,90$$

$$T_{0.3} = 2,69 \text{ jam}$$

$$\text{Satuan Kedalaman Hujan Re} = 1 \text{ mm}$$

Melihat persamaan (2.21) untuk Debit Puncak Hidrograf

$$Q_{Maks} = \frac{1}{3,6} \times 1,47 \times \frac{1}{(0,3 \times 1,44 + 2,69)}$$

$$Q_{Maks} = 1,11 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0,3} &= 1,44 + 2,69 \\ &= 4,13 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0,3} + 1,5 \times T_{0,3} &= 1,44 + 2,69 + 1,5 \times 2,69 \\ &= 8,16 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0,3} + 1,5 \times T_{0,3} + 2 T_{0,3} &= 1,44 + 2,69 + 1,5 \times 2,69 + 2 \times 2,69 \\ &= 13,55 \text{ Jam} \end{aligned}$$

3. Lihat persamaan (2.27) untuk mengetahui Persamaan Hidrograf Satuan Untuk Kurva Naik

$$\Rightarrow 0 \leq t_1 \leq 1,435$$

4. Persamaan Hidrograf Satuan Untuk Kurva Turun

a. Lihat persamaan (2.28)

$$\Rightarrow 1,435 \leq t_2 \leq 4,127$$

b. Lihat persamaan (2.29)

$$\Rightarrow 4,127 \leq t_3 \leq 8,164$$

c. Lihat persamaan (2.30)

$$\Rightarrow T \geq 8,164$$

**Tabel 4. 22** Hasil Perhitungan Ordinat (QT) HSS Nakayasu

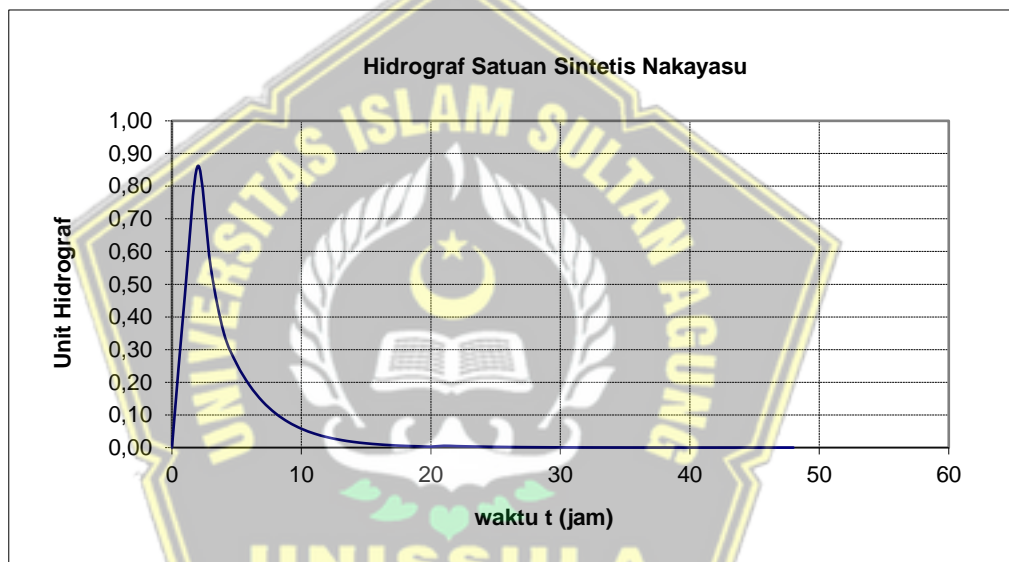
Waktu Jam	Qt m <sup>3</sup> /det	bentuk kurva
0	0,0000	t1
1	0,4661	t1
2	0,8620	t2
3	0,5511	t2
4	0,3523	t2
5	0,2566	t3
6	0,1904	t3
7	0,1413	t3
21	0,0057	t4
22	0,0045	t4
23	0,0036	t4
24	0,0029	t4
25	0,0023	t4
26	0,0018	t4
27	0,0015	t4
28	0,0012	t4
29	0,0009	t4
30	0,0008	t4

8	0,1049	t3
9	0,0778	t3
10	0,0578	t3
11	0,0429	t3
12	0,0318	t3
13	0,0236	t3
14	0,0175	t3
15	0,0130	t3
16	0,0097	t3
17	0,0072	t3
18	0,0053	t3
19	0,0039	t3
20	0,0029	t3

31	0,0006	t4
32	0,0005	t4
33	0,0004	t4
34	0,0003	t4
35	0,0002	t4
36	0,0002	t4
37	0,0002	t4
38	0,0001	t4
39	0,0001	t4
40	0,0001	t4
41	0,0001	t4
42	0,0001	t4

Sumber : Hasil Perhitungan,2024

**Gambar 4. 4** Grafik Ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu



Dari **Tabel 4.22** dan grafik ordinnat Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu pada **Gambar 4.4**, dapat diketahui bahwa debit puncak terjadi pada waktu 2 jam, dengan unit hidrograf sebesar 0,8620 m<sup>3</sup>/detik/mm.

5. Perhitungan debit banjir rancangan untuk hujan jam – jaman dengan metode HSS Nakayasu menggunakan prinsip super posisi. Berikut sampel perhitungan untuk hujan jam – jaman periode kala ulang 2 tahun :

$$Q1 = R_{n1} \times HS1$$

$$Q2 = R_{n1} \times HS2 + R_{n2} \times HS1$$



$$Q_3 = R_{n1} \times HS_3 + R_{n2} \times HS_1 + R_{n1} \times HS_1$$

$$Q_n = R_{n1} \times HS_n + R_{n2} \times HS_{(n-1)} + R_{n1} \times HS_{(n-1)} + \dots + R_n \times HS_1$$

$$Q_1 = R_{n1} \times HS_1$$

$$= 26,03 \times 0,4661$$

$$= 12,51 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_2 = R_{n1} \times HS_2 + R_{n2} \times HS_1$$

$$= 26,83 \times 0,8620 + 6,97 \times 0,4661$$

$$= 69,2 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 4. 23** Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 2 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)
		26,83 (mm)	6,97 (mm)	4,89 (mm)	3,89 (mm)	3,29 (mm)	2,87 (mm)	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	0,4661	12,51	-	-	-	-	-	12,51
2,00	0,8620	23,13	3,25	-	-	-	-	26,38
3,00	0,5511	14,79	6,01	2,28	-	-	-	23,08
4,00	0,3523	9,45	3,84	4,22	1,82	-	-	19,33
5,00	0,2566	6,88	2,46	2,70	3,36	1,53	-	16,93
6,00	0,1904	5,11	1,79	1,72	2,15	2,84	1,34	14,94
7,00	0,1413	3,79	1,33	1,26	1,37	1,81	2,48	12,04
8,00	0,1049	2,81	0,99	0,93	1,00	1,16	1,58	8,47
9,00	0,0778	2,09	0,73	0,69	0,74	0,84	1,01	6,11
10,00	0,0578	1,55	0,54	0,51	0,55	0,63	0,74	4,52

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

**Tabel 4. 24 Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 5 Tahun**

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)
		32,47 (mm)	8,44 (mm)	5,92 (mm)	4,71 (mm)	3,98 (mm)	3,48 (mm)	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	0,47	15,13	-					15,13
2,00	0,86	27,99	3,93	-				31,92
3,00	0,55	17,90	7,28	2,76	-			27,93
4,00	0,35	11,44	4,65	5,10	2,20	-		23,39
5,00	0,26	8,33	2,97	3,26	4,06	1,86	-	20,49
6,00	0,19	6,18	2,17	2,09	2,60	3,43	1,62	18,09
7,00	0,14	4,59	1,61	1,52	1,66	2,19	3,00	14,57
8,00	0,10	3,41	1,19	1,13	1,21	1,40	1,92	10,25
9,00	0,08	2,53	0,89	0,84	0,90	1,02	1,23	7,39
10,00	0,06	1,88	0,66	0,62	0,67	0,76	0,89	5,47

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

**Tabel 4. 25 Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 10 Tahun**

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)
		36,29 (mm)	9,43 (mm)	6,62 (mm)	5,27 (mm)	4,45 (mm)	3,89 (mm)	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	0,47	16,91	-					16,91
2,00	0,86	31,28	4,40	-				35,68
3,00	0,55	20,00	8,13	3,08	-			31,21
4,00	0,35	12,79	5,20	5,70	2,46	-		26,14
5,00	0,26	9,31	3,32	3,65	4,54	2,07	-	22,89
6,00	0,19	6,91	2,42	2,33	2,90	3,83	1,81	20,21
7,00	0,14	5,13	1,80	1,70	1,86	2,45	3,35	16,28

8,00	0,10	3,81	1,33	1,26	1,35	1,57	2,14	11,46
9,00	0,08	2,82	0,99	0,94	1,00	1,14	1,37	8,26
10,00	0,06	2,10	0,73	0,69	0,74	0,85	1,00	6,11

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

**Tabel 4. 26** Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 20 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)
		40,01 (mm)	10,40 (mm)	7,29 (mm)	5,81 (mm)	4,90 (mm)	4,29 (mm)	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	0,47	18,65	-	-	-	-	-	18,65
2,00	0,86	34,49	4,85	-	-	-	-	39,33
3,00	0,55	22,05	8,96	3,40	-	-	-	34,41
4,00	0,35	14,10	5,73	6,29	2,71	-	-	28,82
5,00	0,26	10,27	3,66	4,02	5,01	2,29	-	25,24
6,00	0,19	7,62	2,67	2,57	3,20	4,23	2,00	22,28
7,00	0,14	5,65	1,98	1,87	2,05	2,70	3,70	17,95
8,00	0,10	4,20	1,47	1,39	1,49	1,73	2,36	12,63
9,00	0,08	3,11	1,09	1,03	1,11	1,26	1,51	9,11
10,00	0,06	2,31	0,81	0,77	0,82	0,93	1,10	6,74

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

**Tabel 4. 27** Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 25 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)
		41,20 (mm)	10,71 (mm)	7,51 (mm)	5,98 (mm)	5,05 (mm)	4,41 (mm)	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	0,47	19,20	-	-	-	-	-	19,20
2,00	0,86	35,51	4,99	-	-	-	-	40,50

3,00	0,55	22,70	9,23	3,50	-			35,43
4,00	0,35	14,52	5,90	6,47	2,79	-		29,68
5,00	0,26	10,57	3,77	4,14	5,15	2,35	-	25,99
6,00	0,19	7,84	2,75	2,65	3,30	4,35	2,06	22,94
7,00	0,14	5,82	2,04	1,93	2,11	2,78	3,80	18,48
8,00	0,10	4,32	1,51	1,43	1,53	1,78	2,43	13,01
9,00	0,08	3,21	1,12	1,06	1,14	1,30	1,56	9,38
10,00	0,06	2,38	0,83	0,79	0,85	0,96	1,13	6,94

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

**Tabel 4. 28** Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 50 Tahun

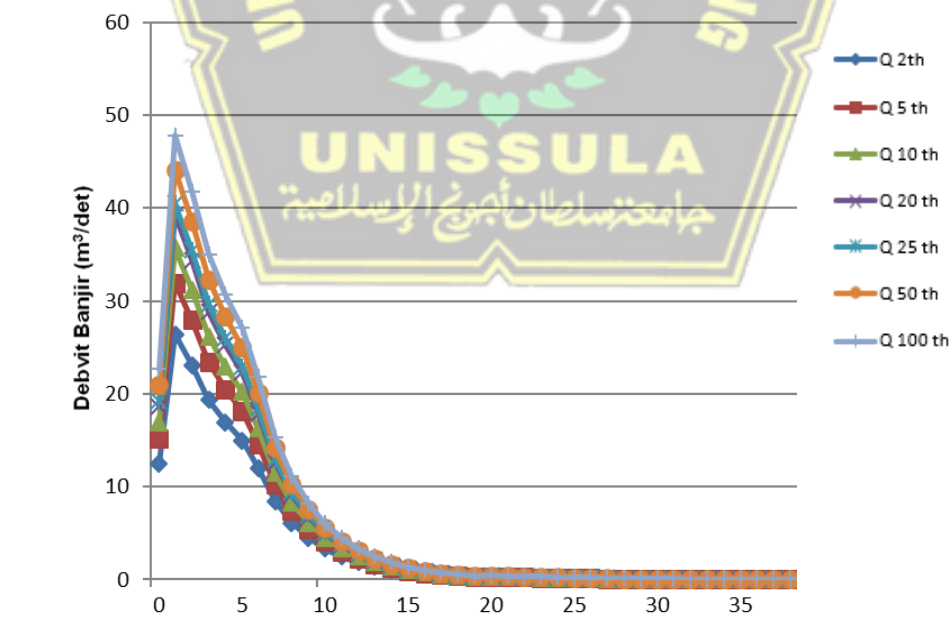
Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)
		44,89 (mm)	11,67 (mm)	8,19 (mm)	6,52 (mm)	5,50 (mm)	4,81 (mm)	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	0,47	20,92	-	-	-	-	-	20,92
2,00	0,86	38,70	5,44	-	-	-	-	44,14
3,00	0,55	24,74	10,06	3,81	-	-	-	38,61
4,00	0,35	15,82	6,43	7,06	3,04	-	-	32,34
5,00	0,26	11,52	4,11	4,51	5,62	2,56	-	28,32
6,00	0,19	8,55	2,99	2,88	3,59	4,74	2,24	25,00
7,00	0,14	6,34	2,22	2,10	2,30	3,03	4,15	20,14
8,00	0,10	4,71	1,65	1,56	1,67	1,94	2,65	14,18
9,00	0,08	3,49	1,22	1,16	1,24	1,41	1,69	10,22
10,00	0,06	2,59	0,91	0,86	0,92	1,05	1,23	7,56

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)

**Tabel 4. 29** Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 100 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)
		48,60 (mm)	12,63 (mm)	8,86 (mm)	7,05 (mm)	5,96 (mm)	5,21 (mm)	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	0,47	22,65	-	-	-	-	-	22,65
2,00	0,86	41,89	5,89	-	-	-	-	47,78
3,00	0,55	26,78	10,89	4,13	-	-	-	41,80
4,00	0,35	17,12	6,96	7,64	3,29	-	-	35,01
5,00	0,26	12,47	4,45	4,88	6,08	2,78	-	30,66
6,00	0,19	9,25	3,24	3,12	3,89	5,14	2,43	27,07
7,00	0,14	6,87	2,41	2,27	2,49	3,28	4,49	21,80
8,00	0,10	5,10	1,79	1,69	1,81	2,10	2,87	15,35
9,00	0,08	3,78	1,32	1,25	1,34	1,53	1,83	11,07

Sumber : Hasil Perhitungan, 2024

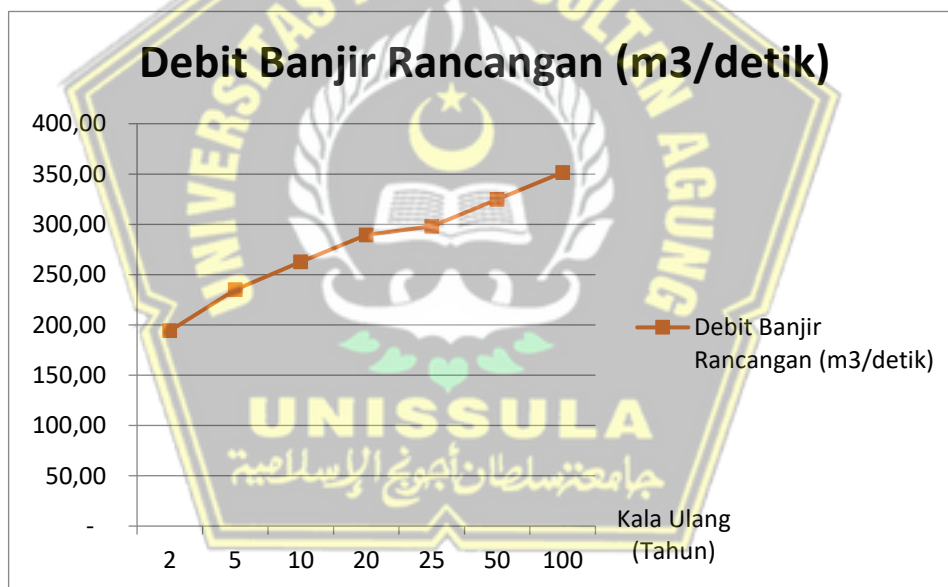


**Gambar 4. 5** Grafik Rekapitulasi Satuan Banjir Rancangan Metode HSS *Nakayasu*

**Tabel 4. 30** Rekapitulasi Debit Banjir Kala Ulang T (Tahun)

Kala Ulang (tahun)	Debit Banjir Rancangan (m <sup>3</sup> /detik)
2	26,38
5	31,92
10	35,68
20	39,33
25	40,50
50	44,14
100	47,78

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2024)



**Gambar 4. 6** Grafik Rekapitulasi Debit Banjir Kala Ulang T (Tahun)

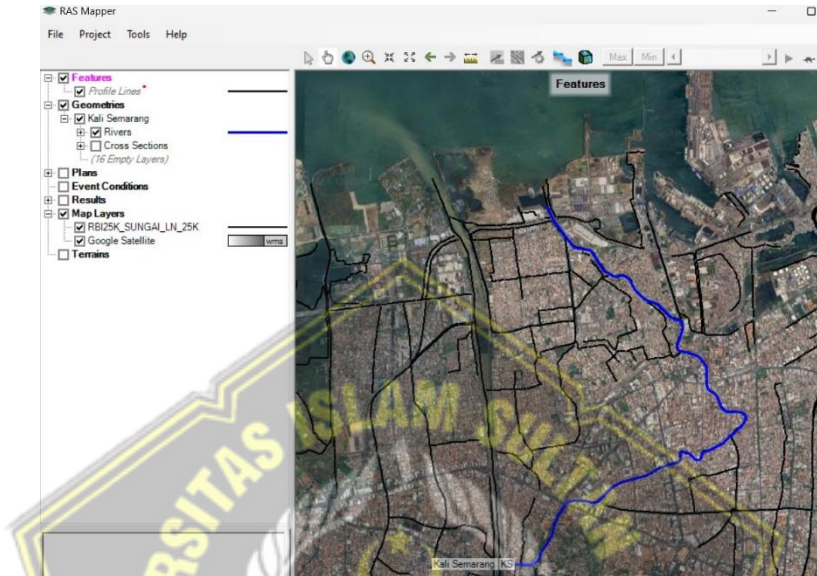
Sesuai dengan grafik pada **Gambar 4.6**, debit banjir rancangan selalu meningkat seiring dengan periode kala ulang dari tahun.

#### 4.2 Analisis Hidrolika

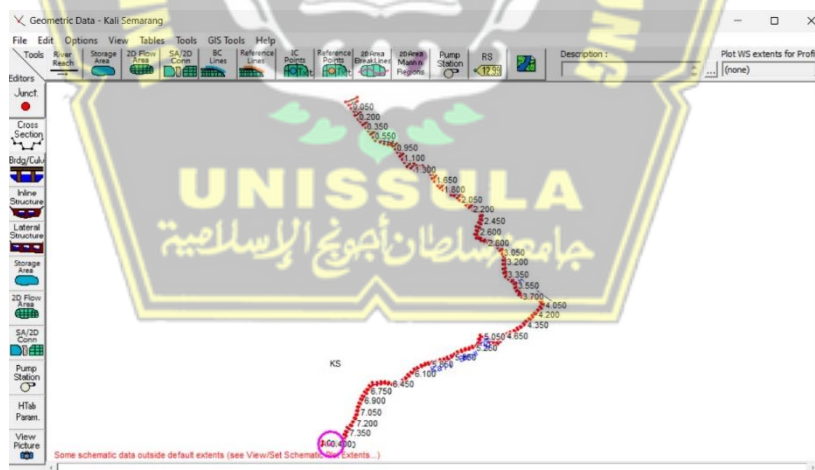
Untuk menganalisis dimensi penampang Kali Semarang digunakan *software* HEC-RAS yang bertujuan mengetahui kemampuan kondisi eksisting dalam menampung

banjir rancangan kala ulang. Banjir kala ulang yang digunakan dalam *running* program HEC-RAS yaitu Q25 dan Q50. Berikut adalah gambaran dalam input data sampai dengan hasil *running* pada program HEC-RAS. Input Data Geometri Sungai.

#### 4.2.1 Input Data Geometri Sungai



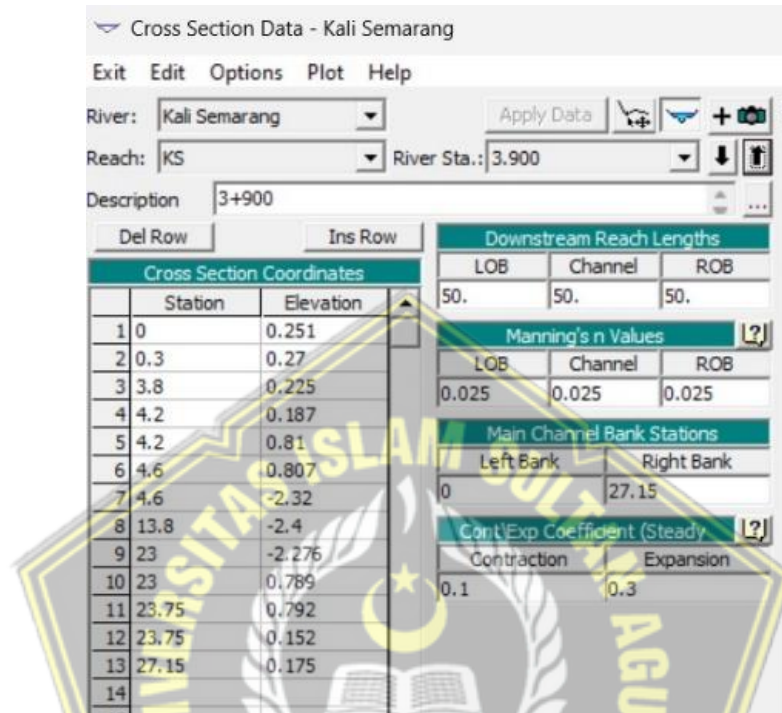
Gambar 4. 7 Proyeksi Alur Sungai Utama Dengan RAS Mapper



Gambar 4. 8 Input Alur Sungai

### 4.2.3 Cross Section Sungai

Tahap pertama dalam permodelan aliran sungai pada HEC-RAS yaitu memasukkan data *cross section* untuk mengetahui elevasi dari berbagai bagian dari suatu sungai yang di tinjau. Berikut merupakan fitur untuk memodelkan *cross section* (Penampang Sungai) dalam aplikasi HEC-RAS.



Gambar 4. 9 Input Data Cross Section

Keterangan:

1. *River Sta*

Merupakan kolom untuk memberi nama bagian penampang yang akan dimodelkan

2. *Station*

Merupakan kolom untuk menginput Panjang (arah x) penampang Sungai

3. *Elevation*

Merupakan kolom untuk memodelkan tinggi-rendahnya penampang yang akan dimodelkan

4. *Downstream Reach*

Kolom untuk mengatur Panjang dan jarak antar cross section (penampang).

5. *Manning Values*

Kolom untuk mengatur nilai koefisien kekasaran penampang Sungai

6. *LOB*

Tanggul sebelah kiri



7. ROB

Tanggul Sebelah Kanan

8. *Channel*

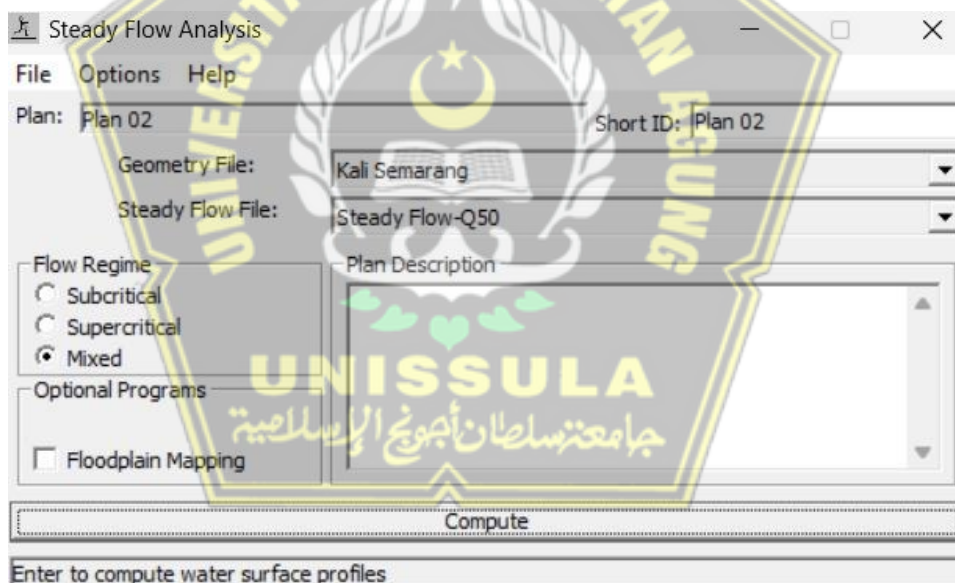
Penampang salura utama

9. *Main Channel Bank*

Merupakan kolom untuk menentukan titik elevasi tanggul sehingga membentuk saluran utama.

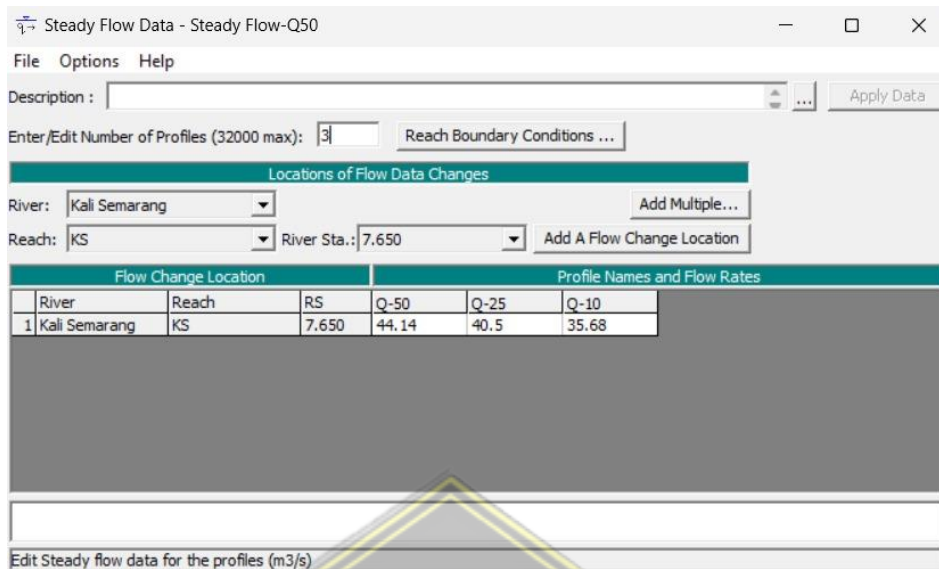
#### 4.2.4 Tipe Aliran

Dalam analisis hidrolika pada Kali Semarang digunakan jenis aliran tetap atau . Pengertian dari aliran tetap sendiri sudah dijelaskan pada kajian pustaka. Pemilihan jenis aliran ini tergantung pada kondisi esisting sungai dan tidak mempertimbangkan adanya struktur hidrolika seperti jembatan, gorong – gorong, dll.



**Gambar 4. 10** Input Tipe Aliran Sungai

#### 4.2.5 Besaran Debit Sungai



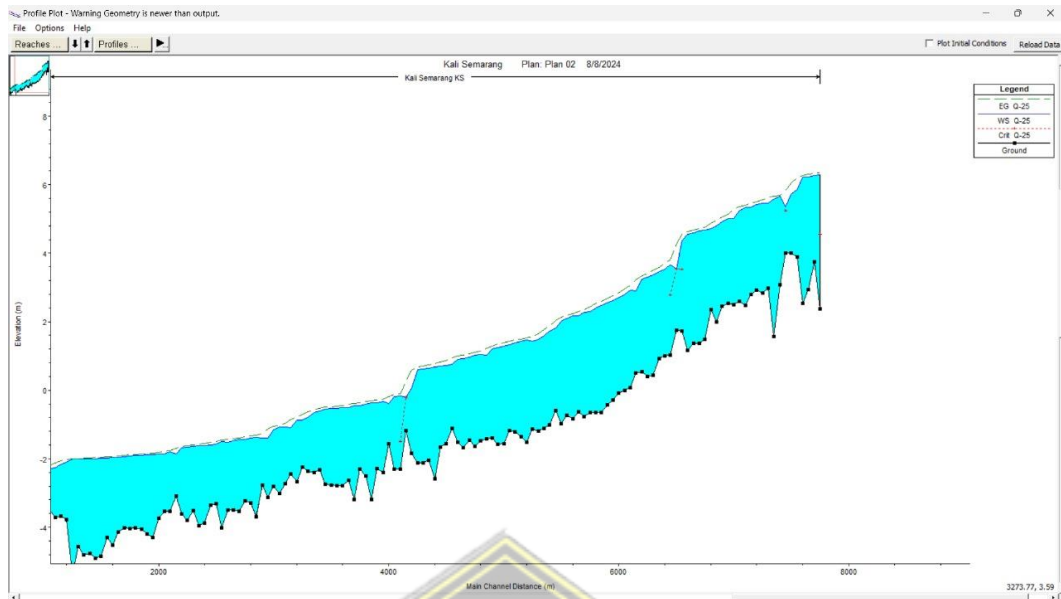
**Gambar 4. 11** Input Debit Banjir Rancangan Hasil Perhitungan

Perhitungan analisis hidrologi yang sudah dilakukan untuk mencari debit banjir rancangan selanjutnya digunakan untuk parameter dalam mengetahui kapasitas tampungan dari Kali Semarang.

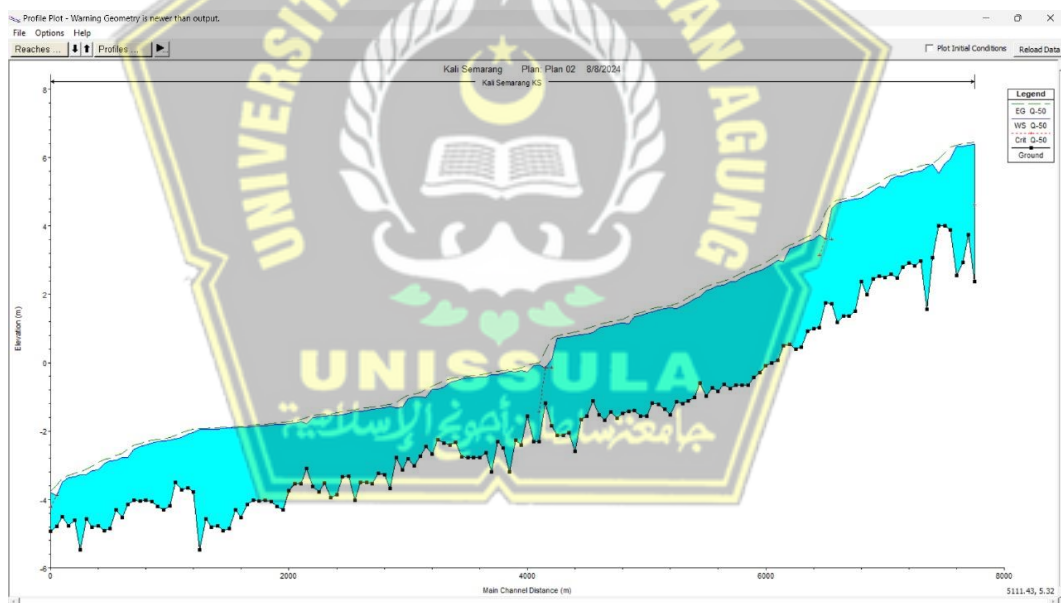
Digunakan Q50 tahun untuk *running* program HEC-RAS sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 28 Tahun 2015. Alasan dari penggunaan Q50 tahun yaitu dikarenakan pertimbangan perubahan tata guna lahan yang akan mempengaruhi aliran dari suatu sungai. Kemudian digunakan Q25 tahun sebagai pembanding.

#### 4.2.6 Hasil Simulasi Hidrolika

Dapat dilihat hasil dari simulasi hidrolika menunjukkan sebagian penampang sungai tidak mampu untuk menampung debit banjir rancangan. Faktor utama yang menyebabkan tidak dapat tertampungnya debit banjir rancangan yaitu elevasi dari dasar sungai Kali Semarang yang seharusnya semakin rendah seiring dengan menuju ke hilir, namun dapat dilihat dari Gambar 4.12 dan 4.13 justru beberapa penampang terdapat elevasi yang naik sebelum akhirnya kembali turun. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya *backwater* sehingga menimbulkan limpasan air atau banjir.

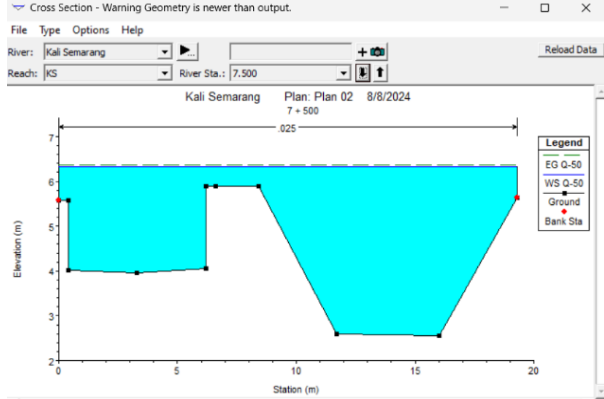
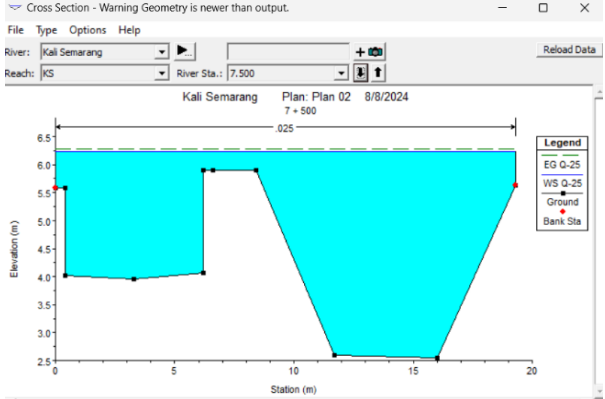
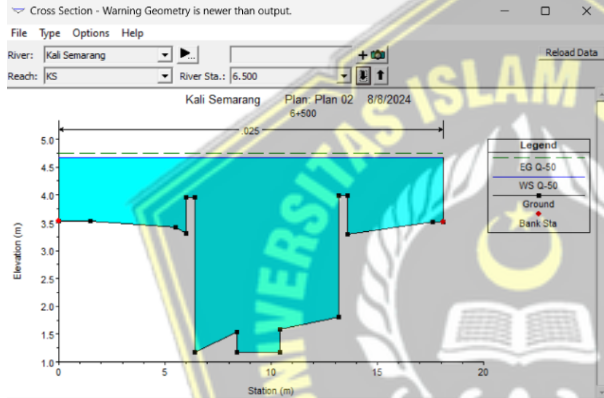
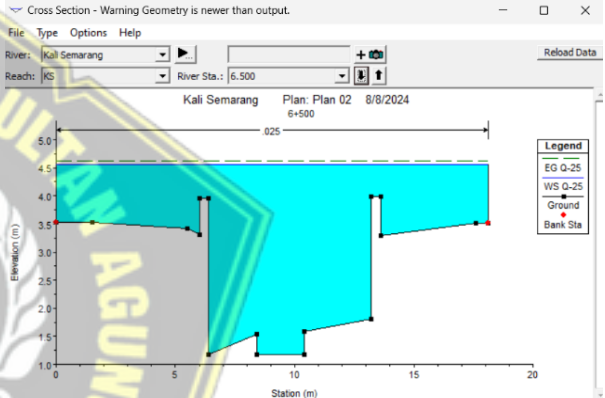
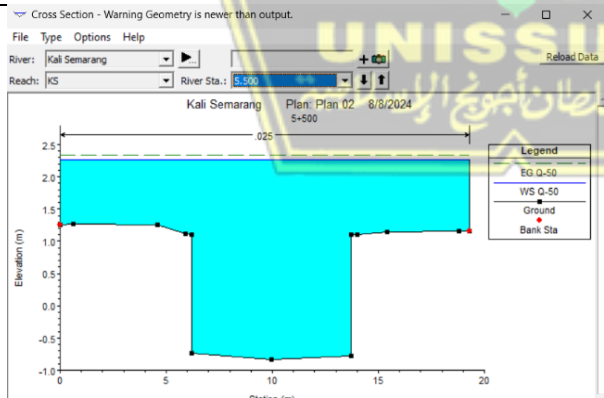
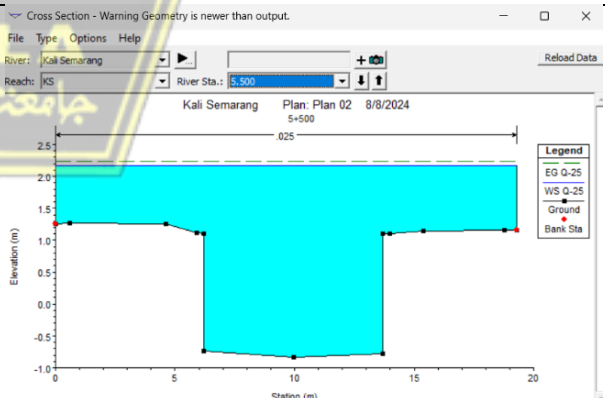


**Gambar 4. 12** Hasil Simulasi Pada Profil Memanjang (*Long Section*) dengan Periode 25 Tahun

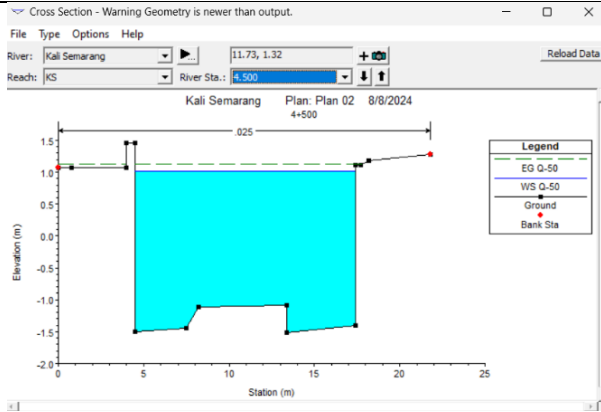


**Gambar 4. 13** Hasil Simulasi Pada Profil Memanjang (*Long Section*) dengan Periode 50 Tahun

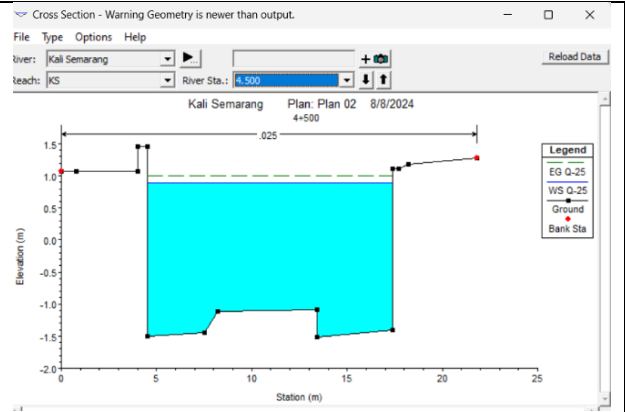
**Tabel 4. 31 Hasil Simulasi Pada Profil Melintang (*Cross Section*)**

NO	Q-50	Q-25
1	 <p><b>Gambar 4. 14</b> Sta. 7 + 500 Periode Ulang 50 Tahun</p>	 <p><b>Gambar 4. 15</b> Sta. 7 + 500 Periode Ulang 25 Tahun</p>
2	 <p><b>Gambar 4. 16</b> Sta. 6 + 500 Periode Ulang 50 Tahun</p>	 <p><b>Gambar 4. 17</b> Sta. 6 + 500 Periode Ulang 25 Tahun</p>
3	 <p><b>Gambar 4. 18</b> Sta. 5 + 500 Periode Ulang 50 Tahun</p>	 <p><b>Gambar 4. 19</b> Sta. 5 + 500 Periode Ulang 25 Tahun</p>

4

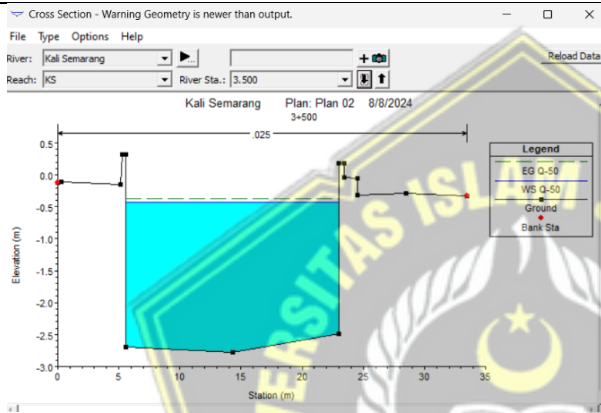


**Gambar 4. 20** Sta. 4 + 500 Periode Ulang 50 Tahun

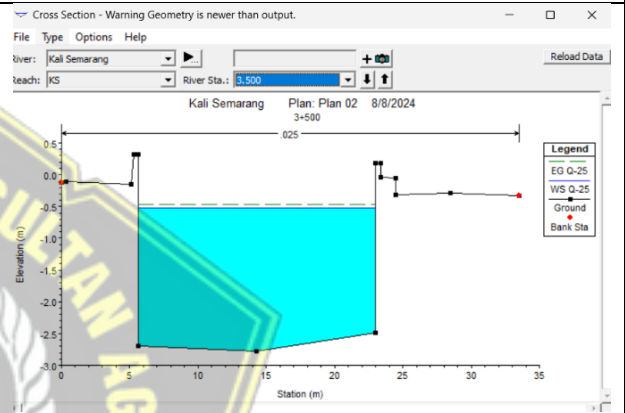


**Gambar 4. 21** Sta. 4 + 500 Periode Ulang 25 Tahun

5

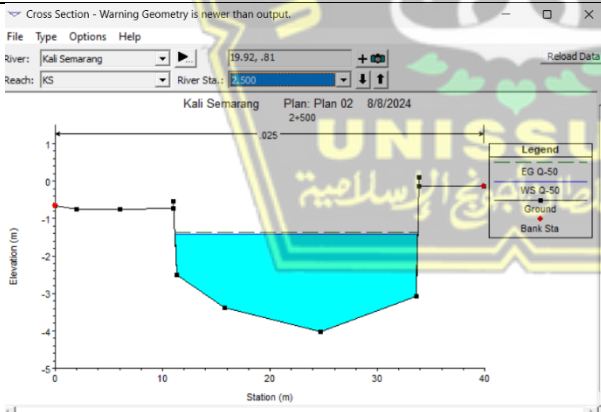


**Gambar 4. 22** Sta. 3 + 500 Periode Ulang 50 Tahun

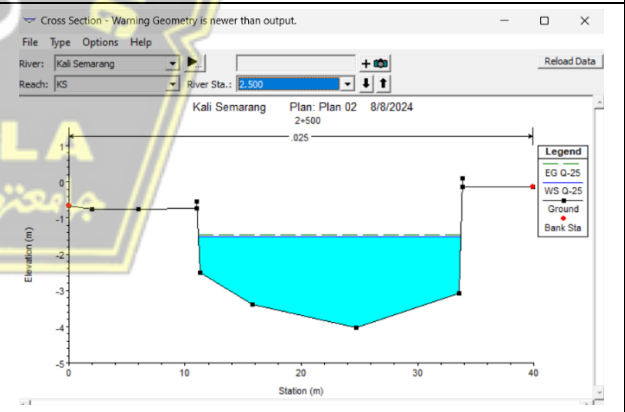


**Gambar 4. 23** Sta. 3 + 500 Periode Ulang 25 Tahun

6

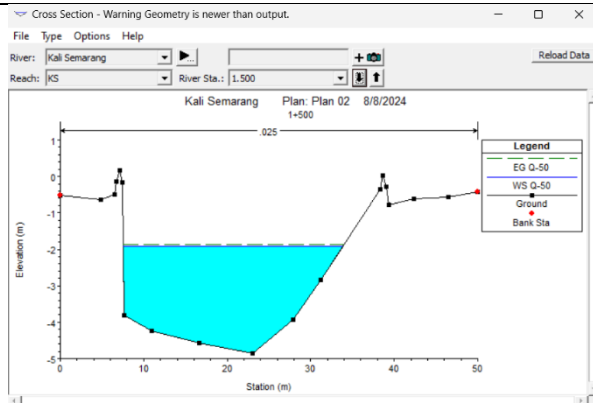


**Gambar 4. 24** Sta. 2 + 500 Periode Ulang 50 Tahun

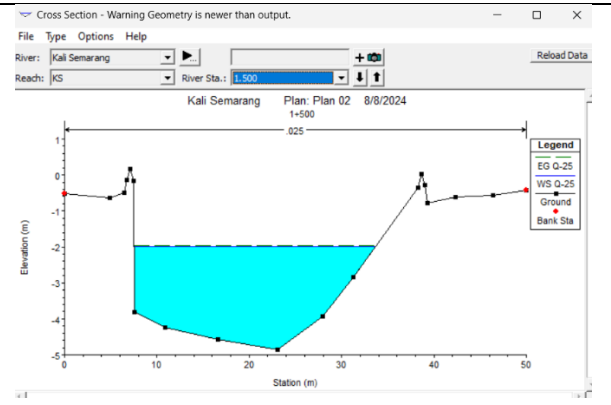


**Gambar 4. 25** Sta. 2 + 500 Periode Ulang 25 Tahun

7



**Gambar 4. 26** Sta. 1 + 500 Periode Ulang 50 Tahun



**Gambar 4. 27** Sta. 1 + 500 Periode Ulang 25 Tahun

Pada **Gambar 4.14** s/d **Gambar 4.27** merupakan titik sampel yang diambil dari hasil analisis hidrolika menggunakan HEC-RAS. Pengambilan setiap satu titik sampel mewakili panjang sungai sejauh 1 km. Dimana titik 7 + 500 merupakan representatif dari bagian hulu, sedangkan untuk titik 1 + 500 mewakili Kali Semarang pada bagian hilir.

Pada sebagian *cross section* memiliki dimensi yang tidak sesuai untuk dapat mengalirkan debit banjir rancangan dengan optimal. Salah satu penyebab utamanya adalah ketidaksesuaian elevasi dasar saluran yang mana semakin menuju ke hilir tidak semakin rendah. Adanya *cross section* yang memiliki elevasi mendekati hilir namun memiliki elevasi dasar sungai yang lebih tinggi dari elevasi sebelumnya yang mendekati hulu akan menyebabkan *backwater* atau aliran balik yang mana apabila tinggi jagaan sungai dari saluran yang terpengaruh *backwater* tersebut tidak mampu menampung limpasan air maka akan terjadi luapan sungai.

Keterangan :

1. EG (*Energy Gradline*)

Merupakan garis yang menunjukkan total energi yang tersedia dalam system pada tiap penampang

2. WS (*Water Surface*)

Merupakan garis yang menunjukkan nilai keadaan muka air pada tiap station

3. Crit (*Critical*)

Merupakan garis kritis nilai muka air yang terdapat pada saluran tersebut

4. *Ground*

Merupakan titik dasar penampang Sungai

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan, pembahasan dan analisis data, peneliti dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis hidrograf banjir diperoleh debit maksimum Q25 sebesar  $40,50 \text{ m}^3/\text{det}$  dan debit maksimum Q50 sebesar  $44,14 \text{ m}^3/\text{det}$
2. Sebagian besar dari penampang Kali Semarang dapat menampung debit banjir rancangan kala ulang 25 dan 50 tahun, kecuali untuk beberapa *cross section* memang perlu diadakannya normalisasi agar dapat berfungsi maksimal. *Cross section* yang perlu diperhatikan yaitu Sta. 7+500 s/d Sta. 7+650 ; Sta. 6+450 s/d Sta. 6+850 ; Sta. 4+800 s/d Sta. 5+950.
3. Untuk penyebab dari beberapa penampang sungai yang tidak dapat mengaliri debit banjir rancangan memiliki faktor utama yaitu elevasi dan tinggi jagaan sungai yang tidak sesuai semestinya dan mengakibatkan *backwater* atau aliran balik pada beberapa *cross section* Kali Semarang.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan dari analisis diatas, maka ada beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk memperbaiki permasalahan dari kondisi eksisting Kali Semarang sebagai berikut:

1. Perlu segera dilakukan perbaikan kondisi eksisting Kali Semarang dengan memperhatikan parameter yang ada di lapangan sebagai acuan dalam mengambil langkah secara efektif.
2. Beberapa hal yang bisa dilakukan segera yaitu dengan mendesain ulang atau melakukan kalkulasi ulang penampang yang tidak mampu untuk menampung debit banjir rancangan, melakukan pengerukan sedimentasi agar elevasi dari *main channel* atau dasar sungai sesuai dengan keadaan yang optimal, untuk beberapa penampang memang perlu menambah tinggi dari jagaan sungai agar air tidak melimpas dan masih banyak lagi solusi yang dapat dilakukan agar dapat membuat eksisting dari Kali Semarang menjadi optimal dalam mengaliri debit banjir rancangan.
3. Dengan beberapa saran yang ada, harapannya adalah agar segera adanya tindakan nyata dari pemerintah agar segera memberikan dampak yang baik bagi seluruh seluruh

masyarakat yang berada di sekitar Kali Semarang pada khususnya dan bagi Kota Semarang pada umumnya.





## DAFTAR PUSTAKA

- Novianto, N., Chandra, A. A., & Bahtiar, B. (2021). Pengaruh Sistem Biopori Untuk Menangani Genangan Pada Tanah Lanau. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 2(1), 18-24.
- Watiningsih, R. (2009). Daerah aliran sungai Mahakam. *Online <https://staff.blog.ui.ac.id/tarsoen>*, (2009), 11.
- Aulia, I. *Analisis Spasial Perubahan Bentuk Fisik Sungai Berbasis Penginderaan Jauh Sub DAS Hilir Sungai di Kota Langsa* (Bachelor's thesis, Jakarta: FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Abdurrozaq, F., & Bakri, S. (2018). *Analisis Debit Air Sungai Dalam Pengendalian Banjir Sungai Babon* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik UNISSULA).
- Perkasa, A. G., & Setiawan, G. E. (2017). *Potensi Kolam Retensi Dan Simulasi Kapasitas Tampungan Dan Pompa Di Sungai Seringin Kota Semarang* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik UNISSULA).
- Zakaria, A., Welly, M., & Cambodia, M. (2005). Model Stokastik Curah Hujan Harian dari Beberapa Stasiun Curah Hujan di Way Jepara. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Lampung*, 19(2), 140234.
- Tikno, S. (2000). Kajian Peluang Curah Hujan Bulanan Dan Perkiraan Hasil Tambahan Air Sebagai Bahan Pertimbangan Penentuan Waktu Pelaksanaan Modifikasi Cuaca (Hujan Buatan) Kasus: DAS Riam Kanan, Kalimantan Selatan. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 1(2), 143-152.
- Sulistiyono, E., & Ramdiani, Y. (2005). Defisit evapotranspirasi sebagai indikator kekurangan air pada padi gogo (*Oryza sativa* L.). *Indonesian Journal of Agronomy*, 33(1).
- Nurhayati, N., & Aminuddin, J. (2016). Pengaruh kecepatan angin terhadap evapotranspirasi berdasarkan metode penman di kebun stroberi purbalingga. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 2(1), 21-28.

- Arianto, W., Suryadi, E., & Perwitasari, S. D. N. (2021). Analisis laju infiltrasi dengan metode horton pada sub das cikeruh. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 9(1), 8-19.
- Garsia, D., Sujatmoko, B., & Rinaldi, R. (2014). *Analisis Kapasitas Tampung Embung Bulakan Untuk Memenuhi Kekurangan Kebutuhan Air Irigasi Di Kecamatan Payakumbuh Selatan* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Andi Offset.
- Soehardjono. 1984. *Drainase Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*. Malang.
- Kodoatie, R. J. 2010. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu, Cetakan Kedua Edisi Revisi*, Yogyakarta: Andi Offset.

