TUGAS AKHIR

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN PENAMPANG SUNGAI WULAN DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA KABUPATEN DEMAK

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

Disusun Oleh :

Ahmad Afuradan
NIM : 30202100020

Daffa Reyhan Fakhrizi
NIM : 30202100061

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2025

Dipindai dengan CamScanner

TUGAS AKHIR

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN PENAMPANG SUNGAI WULAN DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA KABUPATEN DEMAK

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan Program Sarjana

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

Disusun Oleh :

Ahmad Afuradan
NIM : 30202100020

Daffa Reyhan Fakhrizi
NIM : 30202100061

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

2025

Dipindai dengan CamScanner

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN PENAMPANG SUNGAI WULAN DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA KABUPATEN DEMAK

Diajukan oleh :

Ahmad Afuradan
NIM : 30202100020

Daffa Reyhan Fakhrizi
NIM : 30202100061

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 2025 :

Tim Penguji :

Tanda Tangan

1. **Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA**
   NIDN : 0613026601 .....
2. **Ir. M. Faiqun Niam, MT., Ph.D**
   NIDN : 0612106701 .....

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

Dipindai dengan CamScanner

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No : 29 / A.2 / SA – T / IX / 2025

Pada hari ini tanggal Mei 2025 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing :

Nama : Ir. M. Faiqun Niam, MT., Ph.D

Jabatan Akademik :

Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Ahmad Afuradan
NIM : 30202100020

Daffa Reyhan Fakhrizi
NIM : 30202100061

Judul : " ANALISIS DEBIT BANJIR DAN PENAMPANG SUNGAI WULAN DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA KABUPATEN DEMAK"

Dengan tahapan Sebagai Berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	20 Februari 2025	ACC
2	Seminar Proposal	28 April 2025	
3	Pengumpulan Data	31 April 2025	
4	Analisis Data	3 Mei 2025	
5	Penyusunan Laporan	1 Juli 2025	
6	Selesai Laporan	31 Juli 2025	

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

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Ir.M.Faiqun Niam, MT., Ph.D

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

1. NAMA : Ahmad Afuradan
   NIM 30202100020
2. NAMA : Daffa Reyhan Fakhrizi
   NIM 30202100061

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
ANALISIS DEBIT BANJIR DAN PENAMPANG SUNGAI DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA SUNGAI WULAN KABUPATEN DEMAK

Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku. Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 2025

Yang Membuat Pernyataan,

Ahmad Afuradan
NIM : 30202100020

Daffa Reyhan Fakhrizi
NIM : 30202100061

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

1. NAMA : Ahmad Afuradan
   NIM 30202100020
2. NAMA : Daffa Reyhan Fakhrizi
   NIM 30202100061

Judul: ANALISIS DEBIT BANJIR DAN PENAMPANG SUNGAI DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA SUNGAI WULAN KABUPATEN DEMAK

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 2025

Yang Membuat Pernyataan,

Ahmad Afuradan
NIM : 30202100020

Daffa Reyhan Fakhrizi
NIM : 30202100061

Dipindai dengan CamScanner

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Ahmad Afuradan (30202100020)

: Daffa Reyhan Fakhrizi. (30202100061)

Judul Tugas Akhir : Analisa Debit Banjir dan Penampang Sungai Wulan

Dosen Pembimbing : Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	20/02/25	- Siapkan peta stasiun CH. Pilih 3 stasiun utk poligon. - Data CH pd 3 stasiun tsb, 10 th terakhir - Q kala ulang sampai Q100 thn. - Lanjutkan kelengkapan data & bab 2, 3.	
2.	11/03/25	- Disetujui stasiun hujan: Pakatawu, Tunjungan & Banyubiru - Tinjauan pustaka, penelitian terdahulu, metodologi: fokus pd point 2 tujuan. - Lanjutkan s/d bab 3	

Dipindai dengan CamScanner

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
3.	14/4/2025	- Teori teknologi & kuisioner dilengkapi - Penelitian terdahulu disesuaikan - Lanjutkan bab 3	
4.	21/4/2025	- Perhatikan tata tulis sesuai template & pandua penulisan TA. - Flowchart bab 3 diperbaiki - Lanjutkan bab 4	
5.	07/5/2025	- Perbaiki bagan alur sesuai saran - Lengkapi data cara hujan 10 th terakhir dari 3 stasiun hujan - Lanjutkan bab 4	
6.	14/5/2025	- Ulangi analisis kuisioner dari awal hingga generate ke Nakagami	
7.	19/5/2025	- Analisis cara hujan disempurnakan	

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية
Dipindai dengan CamScanner

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
8	21/5/2025	- Lanjutkan analisis bab 3 sesuai tujuan - Data curah hujan 3 stasiun hrs. dicantumkan di ~~bab~~ awal bab 3	
9.	26/5/2025	- Bagan alir perbaiki sesuai saran. - Lanjutkan penampang eksisting berdasar elevasi - Analisis hidrologi Q50 dan Q100. - HEC-RAS berdasar Q terpilih	
4.	17/6/2025	- Lanjutkan HEC RAS - Pilih potongan di lokasi yg overtoping/meluap	
5	04/07 2025	- Periksa lagi analisis HEC RAS	
6	09/07 2025	- Perbaiki yg meluap HEC RAS tanggul yg overtopping - 11/7 konsultasi bab - Dilengkapi halaman depan abstraksi	

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA

Dipindai dengan CamScanner

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
7.	11/07/2025	ACC Seminar.	

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

Dipindai dengan CamScanner

MOTTO

"Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah..."

(QS. Ali Imran 110)

"Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan"

(QS. Al-Insyirah : 5)

"Barang siapa bersungguh-sungguh, maka ia akan berhasil."

(HR.Muslim)

"Dan bersabarlah kamu, sesunguhnya janji Allah adalah benar"

(QS. Ar-Rum :60)

"Waktu itu bagaikan pedang. Jika kamu tidak memanfaatkannya dengan baik, maka ia akan memanfaatkanmu"

(HR. Muslim)

"Kesuksesan bukan milik orang pintar, tapi milik mereka yang mau berusaha."

(B.J Habibie)

"Untuk setiap lelah yang tak terlihat, semoga menjadi hasil yang pantas dikenang."

(The Jeblogs, Sambutlah)

"Dunia boleh saja melawanku, Ku punya doa Ibu"

(Perunggu, Tapi)

Dipindai dengan CamScanner

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, kami memohon pertolongan, pengampunan serta petunjuk-Nya. Serta Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW. Dengan ini, saya persembahkan laporan Tugas Akhir ini kepada :

1. Kedua orang tua saya Ayah dan Ibu, cinta dan doa kalian adalah cahaya dalam setiap langkahku. Tanpa restu dan pengorbanan kalian, aku tak akan sampai sejauh ini.
2. Saudara-saudaraku tercinta, terima kasih atas semangat, tawa, dan kebersamaan yang selalu menguatkan.
3. Bapak Ir.M.Faiqun Niam,MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing dan seluruh saya yang telah sabar memberikan saya ilmu dalam pembuatan laporan ini.dosen di kampus ini, atas ilmu, kesabaran, dan keteladanan yang luar biasa.
4. Sahabat-sahabat seperjuangan, yang telah menjadi bagian dari cerita perjuangan ini, terima kasih atas tawa, tangis, dan kebersamaan kita.
5. Diriku sendiri, karena telah berjuang dan bertahan meski banyak rintangan.
6. Semoga karya ini menjadi awal dari langkah-langkah besar berikutnya.
7. Partner Tugas Akhir saya, yaitu Saudara Daffa Rayhan Fakhrizi. Terima kasih telah menemani dan membersamai semua proses yang kita jalani.

Ahmad Afuradan

30202100020

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

Dipindai dengan CamScanner

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, kami memohon pertolongan, pengampunan serta petunjuk-Nya. Serta Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW. Dengan ini, saya persembahkan laporan Tugas Akhir ini kepada :

1. Seluruh keluarga besar terutama Ibu saya Sri Harini dan Bapak saya Subiyantoro yang senantiasa memberikan doa, cinta, dan dukungan tiada henti, serta motivasi baik secara moril maupun materil. Terima kasih telah menjadi sumber inspirasi saya dan selalu ada di setiap Langkah saya, dan juga kepada saudara saya (Dila dan Adit) yang selalu memberikan doa, cinta dan dukungan tanpa syarat serta hiburan hingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir.M.Faiqun Niam,MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar memberikan saya ilmu dalam pembuatan laporan ini.
3. Sahabat-sahabat seperjuangan, yang telah menjadi bagian dari cerita perjuangan ini, terima kasih atas tawa, tangis, dan kebersamaan kita.
4. Partner Tugas Akhir saya, yaitu Saudara Ahmad Afuradan. Terima kasih telah menemani dan membersamai semua proses yang kita jalani.

Daffa Reyhan Fakhrizi

30202100061

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.,

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "Analisis Debit Banjir Dan Penampang Sungai w u l a n Dengan Metode Hss Nakayasu Pada Kabupaten Demak" guna untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., M.T. selaku Dekan Fakultas Tenik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Fakultas Tenik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah membantu dalam urusan akademik.
3. Bapak Bapak. Prof. Dr. Ir. Imam Slamet Wahyudi, DEA. selaku Dosen Pembanding yang selalu memberikan waktu dalam memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Fakultas Tenik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan wawasan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh Program Studi S-1 Teknik Sipil.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun para pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Semarang, 2025

Penulis

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR ISI

JUDUL i

LEMBAR 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 xiv

DAFTAR GAMBAR xvii

ABSTRAK xviii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Tujuan 2

1.4. Batasan Masalah 2

1.5. Lokasi ujian 2

1.6. Sistematika Penulisan Laporan 3

BAB II TINJAUAN PUSAKA 5

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) 5

2.1.1 Fungsi Daerah Aliran Sungai 5

2.1.2 Karakteristik Daerah Aliran Sungai 5

2.1.3 Pengelolaan Daerah Aliran Sungai 6

2.2. Banjir 6

2.2.1 Penyebab Banjir 7

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية
Dipindai dengan CamScanner

2.3 Analisis Hidrologi 10
2.3.1 Parameter statistik 10
2.3.2 Analisis Frekuensi 10
2.3.3 Curah hujan daerah rata rata maksimum 13
2.3.4 Analisa debit banjir dengan metode nakayasu 15
2.4. Analisi hidrolika 17
2.4.1 HEC-RAS 17
2.5. Penelitian Terdahulu 21
2.5.1 "ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI BATANG MAHAT" 22
2.5.2 Analisis Debit Banjir Sungai Tondano (Rapar dkk Tahun 2004) 23
2.5.3 "Analisis Debit Banjir Rancangan Bendungan Way Yori" 24
2.5.4 "Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Banjir Anak Sungai Tondano" (tekno, 2024) 24
2.5.5 "Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak SungaTikala" (Shawn D. Kairupan, Jeffry S. F. Sumarauw, dan Liany A. Hendratta, 2024) 25
2.5.6 " Analisis Debit Banjir Rancangan Bendungan Gintung "(rico sihotang dkk, 2011) 26
2.5.7 "Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala"(isabella E. G. Palit dkk, 2022) 26
2.6. Penelitian Terdahulu 27
BAB III METODE PENELITIAN 29
3.1. Uraian Umum 29
3.2. Tahapan Persiapan 29
3.3. Teknik Pengumpulan Data 29
3.4. Analisis Hidrologi 30

Dipindai dengan CamScanner

3.4.1 Uji Kesesuaian Distribusi 30
3.5. Analisis Hidrolika 31
3.5.1 Debit Banjir Rencana 31
3.5.2 Hirograf Satuan Sintetikd 31
3.6. Diagram Alir 32
BAB IV 34
HASIL DAN PEMBAHASAN 34
4.1. Analisis Curah Hujan Rata-Rata 34
4.1.1 Analisis Curah Hujan Maksimum Rata-Rata Dengan Metode Polygon Thiessen 34
4.1.2 Analisis Frekuensi 40
4.1.3 Pengukuran Dispersi 40
4.1.4 Pemilihan Distribusi Curah Hujan 42
4.1.5 Pengujian Kesesuaian Distribusi 43
4.1.6 Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Chi-Kuadrat 43
4.1.7 Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Smirnov Kolmogorov 46
4.2 Distribusi Curah Hujan Metode Log Pearson Type III 52
4.3 Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu 53
4.3.1 perhitungan rerata hujan dari awal sampai jam ke -T 53
4.3.1 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn) 57
4.3.2 Hasil Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu 59
4.4 Analisis Debit Banjir Menggunakan Aplikasi HEC – RAS 78
4.4.1 Default Project Folder 79
4.4.2 Unit System 80
4.4.3 Pembuatan Geometri Saluran 80
4.4.4 Hasil Run Steady Flow Analisis 85

Dipindai dengan CamScanner

BAB V PENUTUP 88
A. Kesimpulan 88
B. Saran 88
DAFTAR PUSAKA xvi

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Persyaratan untuk Menentukan Jenis Distribusi 10
Tabel 2. 2 Debit banjir rencana berbagai periode ulang untuk setiap metode 24
Tabel 2. 3 Besar Debit Air Rencana 25
Tabel 2. 4 berikut ini menunjukkan perbandingan antara penelitian yang akan dilakukan dalam skripsi ini dengan penelitian – penelitian terdahulu yang serupa 27
Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Rahtawu 35
Tabel 4. 2 Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Dumpil 36
Tabel 4. 3 Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Banyubiru 36
Tabel 4. 4 Tabel perhitungan luasan menggunakan ACAD 37
Tabel 4. 5 Tabel perhitungan luas pengaruh curah hujan 37
Tabel 4. 6 Curah Hujan Maksimum Rata-rata Per Tahun pada Stasiun Rahtawu 38
Tabel 4. 7 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata harian pada Stasiun Dumpil 38
Tabel 4. 8 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata harian pada Stasiun Banyubiru 38
Tabel 4. 9 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata daerah 40
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata 41
Tabel 4. 11 Syarat Pemilihan Distribusi 42
Tabel 4. 12 Syarat Pemilihan Distribusi 43
Tabel 4. 13 Urutan Data Hujan Maksimum Tahunan 44
Tabel 4. 14 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat 45
Tabel 4. 15 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat 46
Tabel 4. 16 Urutan Curah Hujan Maksimum Tahunan 47
Tabel 4. 17 Perhitungan Nilai S dan Cs 48
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Nilai Cs 49

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية
Dipindai dengan CamScanner

Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov 50
Tabel 4. 20 Harga D Kritis untuk Smirnov Kolmogorov Test 51
Tabel 4. 21 Nilai Cs untuk Nilai Positif 51
Tabel 4. 22 Harga Perhitungan Nilai Cs Metode Log Pearson Type III 52
Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson Type III 53
Tabel 4. 24 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Gumbel 53
Tabel 4. 25 Nilai Rasio Hujan Harian Maksimum 57
Tabel 4. 26 Tabel Koefisien Pengaliran 57
Tabel 4. 27 Curah Hujan Rencana Efektif (Rn) 58
Tabel 4. 28 Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman 58
Tabel 4. 29 Ordinat Hidrograf Satuan 61
Tabel 4. 30 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun 62
Tabel 4. 31 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun 64
Tabel 4. 32 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun 66
Tabel 4. 33 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 20 Tahun 68
Tabel 4. 34 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun 70
Tabel 4. 35 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun 72
Tabel 4. 36 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun 74
Tabel 4. 37 Tabel Banjir Rencana Metode Nakayasu 77

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Kajian 3

Gambar 2.2 Metode Isoyet 15

Gambar 2.3 Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu 17

Gambar 2.4 Menu Edit Data Geometri Sungai 20

Gambar 3.1 Diagaram Alir 32

Gambar 4.1peta Das Wilayah Sungai Wulan 35

Gambar 4.2 Polygon Thiessen Das Wulan 37

Gambar 4.3 Grafik Ordinat Hidrograf Satuan 60

Gambar 4.4 Grafik Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir Rencana Metode Nakayasu 76

Gambar 4.5 Tangkapan Layar Folder Penyimpanan Data 78

Gambar 4.6 Tangkapan Layar Pengaturan Sistem Satuan 80

Gambar 4.7 Menu Ras Mapper Untuk Membuat Geometri 80

Gambar 4.8 Tampilan Saat Menu Ras Mapper Diklik 81

Gambar 4.9 Opsi Pilihan Menu Pada Ras Mapper 81

Gambar 4.10 Gambar Terrains Yang Telah Di Masukkan 82

Gambar 4.11 Membuat Geometri Dengan Mengklik Opsi Menu Geometri 82

Gambar 4.12 Membuat Geometri Yang Terdiri Atas Long Dan Cross Section 83

Gambar 4.13 Tampilan Pada Menu Steady Flow Boundary 84

Gambar 4.14 Tampilan Pada Menu Steady Flow Analysis 85

Gambar 4.15 Profil Melintang Sungai Sta+32818 85

Gambar 4.16 Profil Melintang Sungai Sta+32868 86

Gambar 4.17 Profil Melintang Sungai Sta+32918 86

Gambar 4.18 Profil Melintang Sungai Sta+32968 87

Gambar 4.19 Profil Melintang Sungai Sta+33018 87

Dipindai dengan CamScanner

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN PENAMPANG SUNGAI DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA SUNGAI WULAN KABUPATEN DEMAK

Abstrak

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, termasuk di Daerah Aliran Sungai (DAS) Wulan, Jawa Tengah. Dalam beberapa tahun terakhir, frekuensi dan intensitas banjir di wilayah ini meningkat akibat perubahan tata guna lahan dan sedimentasi sungai yang menyebabkan penurunan kapasitas aliran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik curah hujan, menghitung debit banjir rencana dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu, serta mengevaluasi kapasitas penampang Sungai Wulan terhadap pengendalian banjir.

Data curah hujan maksimum harian selama 10 tahun digunakan untuk perhitungan curah hujan rata-rata dengan metode poligon Thiessen. Analisis frekuensi dilakukan menggunakan Distribusi Log Pearson Type III untuk memperoleh debit rencana pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Simulasi hidrolika menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dilakukan untuk mengetahui profil muka air dan kemampuan penampang sungai menampung debit banjir.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit banjir meningkat secara signifikan seiring bertambahnya kala ulang. Sebagian besar penampang sungai di wilayah kajian tidak mampu menampung debit banjir pada kala ulang tinggi, sehingga diperlukan tindakan pengendalian struktural seperti normalisasi sungai. Studi ini memberikan dasar teknis untuk mitigasi risiko banjir dan pengelolaan sumber daya air di DAS Wulan.

Kata kunci: DAS Wulan, debit banjir, HSS Nakayasu, HEC-RAS, penampang sungai

Dipindai dengan CamScanner

ANALYSIS OF FLOOD DISCHARGE AND RIVER CROSS-SECTION USING THE NAKAYASU HSS METHOD ON THE WULAN RIVER, DEMAK REGENCY

Abstrak

Flooding is one of the natural disasters that frequently occurs in Indonesia, including in the Wulan Watershed (DAS Wulan), Central Java. In recent years, the frequency and intensity of floods in this region have increased due to land use changes and river sedimentation, which have led to reduced flow capacity. This study aims to analyze rainfall characteristics, calculate design flood discharge using the Synthetic Unit Hydrograph (HSS) Nakayasu Method, and evaluate the cross-sectional capacity of the Wulan River for flood control.

Daily maximum rainfall data over the past 10 years were used to calculate average rainfall using the Thiessen polygon method. Frequency analysis was carried out using the Log Pearson Type III distribution to obtain design flood discharges for return periods of 2, 5, 10, 25, 50, and 100 years. Hydraulic simulations using HEC-RAS software were conducted to determine the water surface profile and the river's capacity to accommodate flood discharge.

The results indicate that flood discharge increases significantly with longer return periods. Most of the river cross-sections in the study area are unable to accommodate high return period flood discharges, highlighting the need for structural flood control measures such as river normalization. This study provides a technical basis for flood risk mitigation and water resource management in the Wulan Watershed.

Keywords: *Wulan Watershed, flood discharge, HSS Nakayasu, HEC-RAS, river cross-section.*

UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

Dipindai dengan CamScanner

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia dan memberikan dampak signifikan terhadap kehidupan masyarakat serta infrastrukturnya. Sungai Wulan, yang merupakan salah satu sungai utama di Jawa Tengah, memiliki peran vital dalam sistem drainase dan pengairan wilayah sekitarnya.Namun, dalam beberapa tahun terakhir, permasalahan banjir di sekitar Sungai Wulan semakin meningkat, yang mengindikasikan adanya ketidakseimbangan antara kapasitas sungai dengan debit air yang mengalir.

Perubahan tata guna lahan di daerah aliran sungai (DAS) Wulan, seperti pembukaan lahan untuk permukiman dan pertanian, telah mengakibatkan perubahan karakteristik aliran permukaan. Hal ini berdampak pada peningkatan volume limpasan air yang masuk ke badan sungai. Selain itu, sedimentasi yang terjadi di sepanjang alur sungai juga menyebabkan pendangkalan dan penyempitan penampang sungai, yang pada akhirnya mengurangi kapasitas sungai dalam mengalirkan debit air.

Analisis debit banjir dan penampang sungai wulan sangat penting untuk memahami karakteristik hidrologis Sungai Wulan dan kapasitasnya dalam menampung aliran air, terutama pada saat musim hujan. Pemahaman ini diperlukan sebagai dasar dalam perencanaan pengendalian banjir dan pengelolaan sumber daya air yang efektif. Dengan mengetahui hubungan antara debit banjir dan geometri penampang sungai, dapat dilakukan evaluasi terhadap kemampuan sungai dalam mengalirkan debit puncak banjir

Studi mengenai analisis debit banjir dan penampang Sungai Wulan ini juga penting mengingat wilayah di sekitar sungai merupakan kawasan produktif dengan berbagai aktivitas ekonomi, seperti pertanian, industri, dan permukiman. Kejadian banjir yang berulang dapat mengakibatkan kerugian material yang besar dan mengganggu aktivitas masyarakat. Oleh karena itu, di perlukan kajian komprehensif untuk menganalisis karakteristik debit banjir dan

kondisi penampang Sungai Wulan sebagai upaya mitigasi bencana banjir di masa mendatang.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisa curah hujan di DAS Wulan?
2. Bagaimana hasil analisa debit banjir puncak menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu pada DAS Wulan?
3. Menganlisa besarnya debit banjir rencana pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun?
4. Bagaimana hasil analisis kapasitas maksimum penampang terhadap pengendalian banjir di DAS Wulan?

1.3. Tujuan

Tujuan yang akan kami bahas dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa Curah hujan di DAS Wulan
2. Menganalisa besarnya debit banjir puncak menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu pada DAS Wulan
3. Menganalisa besarnya debit banjir rencana pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun.
4. Menganalisis kapasistas maksimum penampang Sungai Wulan

1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam Tugas Akhir ini sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka perlu batasan masalah, meliputi:

1. Menghitung debit banjir rencana pada berbagai kala ulang
2. Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu
3. Menggunakan data curah hujan 10 tahun di DAS Wulan

1.5. Lokasi Tujuan

Lokasi kajian yang kami bahas dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu Sungai Wulan yang berada di Kabupaten Demak

Gambar 1.1. Lokasi Kajian
(Sumber: Google Earth 2017)

1.6. Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika Penulisan yang akan disusun pada Tugas Akhir ini, penyusun terbagi menjadi 5 (lima) bab yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan dari penyusunan Tugas Akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai teori, rumus, dan segala sesuatu yang dibutuhkan penyusun sesuai dengan judul untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode pengumpulan data, pengelolaan data, serta sistematika perencanaan yang akan digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang hasil dan pembahasan dari penyusunan Tugas Akhir.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang menjawab tujuan yang telah di tulis serta saran yang dapat diberikan untuk melanjutkan penulisan yang sudah dikerjakan.

BAB II
TINJAUAN PUSAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah daratan yang secara topografis dibatasi oleh punggung bukit atau pegunungan, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan melalui sungai utama dan anak-anak sungainya menuju laut atau danau. Komponen utama dalam ekosistem DAS meliputi manusia, hewan, vegetasi, tanah, iklim, dan air, yang saling berinteraksi secara dinamis untuk menjaga keseimbangan inflow dan outflow material serta energi.

2.1.1. Fungsi Daerah Aliran Sungai

DAS memiliki beberapa fungsi penting, antara lain:

- **Fungsi Hidrologis**: Sebagai pengatur tata air, DAS menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan ke sungai utama dan anak-anak sungainya, menjaga keseimbangan ketersediaan air.
- **Fungsi Ekologis**: Menyediakan habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna, sehingga mendukung kelestarian keanekaragaman hayati.
- **Fungsi Ekonomis**: Mendukung kegiatan pertanian, perikanan, peternakan, industri, pariwisata, dan transportasi air. Sungai dalam DAS dimanfaatkan sebagai sumber air irigasi, bahan baku air minum, dan pembangkit listrik tenaga air.

2.1.2. Karakteristik Daerah Aliran Sungai

Karakteristik DAS dapat dibedakan berdasarkan beberapa kriteria:

- **Bentuk DAS**: Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1982), terdapat tiga bentuk utama DAS:
  - *Corak Bulu Burung*: Bentuk ramping menyerupai bulu burung, dengan aliran anak sungai bertemu sungai utama seperti ruas bulu. Risiko banjir kecil karena aliran air tidak kembali ke sungai utama secara bersamaan.

- *Corak Radial*: Bentuk menyebar dengan anak sungai bercabang sebelum mengalir ke sungai utama menuju laut. Risiko banjir tinggi, terutama di pertemuan anak sungai.
- *Corak Paralel*: Dua jalur aliran sungai utama dengan cabang anak sungai masing-masing, yang kemudian bertemu membentuk satu aliran utama menuju laut. Risiko banjir tinggi di titik pertemuan kedua aliran utama.

2.1.3. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Pengelolaan DAS bertujuan untuk memanfaatkan sumber daya alam secara maksimal, lestari, dan berkelanjutan, sehingga diperoleh kondisi tata air yang baik. Hal ini mencakup upaya konservasi, rehabilitasi, dan pengendalian pemanfaatan lahan agar fungsi hidrologis, ekologis, dan ekonomis DAS tetap terjaga.

2.2. Banjir

Banjir terjadi ketika air tidak dapat tertampung dalam saluran pembuangan seperti kali atau ketika aliran air terhambat di dalam saluran pembuangan tersebut. Banjir merupakan kondisi di mana suatu wilayah terendam akibat luapan air yang melebihi kapasitas pembuangan air di wilayah tersebut, sering kali terjadi sebagai ancaman musiman (Rahayu, 2009). Banjir umumnya disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan ketidakmampuan drainase dalam menampung intensitas hujan tersebut (Situmorang & Nirmala, 2015). Tingkat aliran banjir dapat diidentifikasi melalui ketinggian air, di mana apabila aliran melebihi debit normal dan mencapai ketinggian yang melebihi kapasitas tanggul atau tebing, air berlebih akan meluap dan menggenangi wilayah sekitarnya (Paimin & Purwanto, 2010). Banjir di wilayah hulu cenderung memiliki arus deras dan daya gerus yang besar, namun durasinya singkat, sedangkan di wilayah hilir, arusnya cenderung tidak deras karena topografi yang landai, namun durasi banjirnya lebih panjang.

Menurut (Kodoatie & Sjarief, 2017). Banjir bisa terjadi dengan cepat atau lambat tergantung pada musim. Ada dua jenis banjir: pertama, banjir di daerah non- akumulasi, dan kedua, banjir yang disebabkan oleh tidak mampunyai sungai menampung debit banjir sehingga terjadi limpasan.

2.1.4. Penyebab Banjir

Terdapat banyak faktor yang menjadi penyebab terjadinya banjir, namun secara umum, penyebabnya dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, banjir yang disebabkan oleh faktor alami dan banjir yang diakibatkan oleh tindakan manusia.Yang termasuk sebab – sebab alami diantaranya sebagai berikut:

1. Curah Hujan

Musim hujan di Indonesia, biasanya dari bulan Oktober hingga Maret, disertai curah hujan tinggi yang sering menyebabkan banjir sungai dan genangan jika melampaui batas tebing sungai. Sedangkan pada musim kemarau, yang berlangsung dari bulan April hingga September, curah hujan lebih rendah.

2. Pengaruh Fisiografi

Fisiografi atau geografi fisik sungai, termasuk bentuk, fungsi, dan kemiringan daerah pengaliran sungai (DPS), geometri hidrolik seperti lebar, kedalaman, dan potongan memanjang, serta lokasi sungai, merupakan faktor-faktor yang berperan dalam mempengaruhi kejadian banjir.

3. Erosi dan Sedimentasi

Erosi dan sedimentasi di daerah pengaliran sungai (DPS) berdampak pada pengurangan kapasitas penampang sungai. Fenomena tersebut menjadi masalah klasik pada sungai-sungai di Indonesia. Akumulasi sedimentasi yang signifikan dapat menyebabkan penyempitan saluran, yang pada akhirnya menyebabkan genangan dan banjir di sungai.

4. Kapasitas sungai

Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat dipicu oleh beberapa faktor, termasuk pengendapan akibat erosi di daerah pengaliran sungai (DPS), erosi yang berlebihan di tanggul sungai, dan sedimentasi di sungai yang disebabkan oleh kurangnya vegetasi penutup dan praktek penggunaan lahan yang tidak tepat.

5. Kapasitas Drainase yang tidak memadai

Kebanyakan kota di Indonesia memiliki sistem drainase yang kurang memadai, sehingga rentan mengalami banjir saat musim hujan.

6. Pengaruh air pasang

Aliran sungai ke laut terhambat oleh pasang air laut, yang dapat memperbesar genangan atau banjir saat air pasang bertepatan dengan banjir sungai. Fenomena ini, dikenal sebagai *backwater*, sering terjadi di Kota Semarang dan Jakarta, terutama saat musim hujan dan kemarau.

Yang termasuk sebab – sebab tindakan manusia diantaranya sebagai berikut:

1. Perubahan Kondisi Daerah Pengaliran Sungai (DPS)

Perubahan dalam daerah pengaliran sungai, seperti deforestasi (Penggundulan hutan), praktik pertanian yang tidak tepat, urbanisasi yang luas, dan modifikasi tata guna lahan, dapat memperparah masalah banjir dengan meningkatkan volume aliran banjir. Modifikasi tata guna lahan memiliki dampak signifikan terhadap intensitas dan karakteristik banjir, baik dari segi kuantitas maupun kualitas air.

2. Kawasan kumuh

Kawasan permukiman yang tidak teratur yang berada di sepanjang sungai dapat menjadi penghalang bagi aliran air. Kawasan permukiman yang tidak teratur dikenal sebagai penyebab utama banjir di daerah perkotaan.

3. Sampah

Pembuangan sampah secara sembarangan ke sungai oleh masyarakat tanpa memperhatikan tempat yang ditentukan dapat meningkatkan risiko banjir dengan meninggikan muka air sungai karena menghambat aliran air.

4. Drainase lahan

Pengembangan drainase perkotaan dan pertanian di wilayah yang rawan banjir dapat mengurangi kapasitas bantaran sungai dalam menampung debit air yang tinggi.

5. Bendung dan bangunan air

Bendung dan infrastruktur lainnya seperti pilar jembatan dapat meningkatkan elevasi permukaan air banjir karena menyebabkan aliran balik (*backwater*).

6. Kerusakan bangunan pengendali banjir

Pemeliharaan yang tidak memadai terhadap infrastruktur pengendali banjir dapat menyebabkan kerusakan dan kehilangan fungsionalitas, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kuantitas banjir

7. Perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat

Meskipun beberapa sistem pengendalian banjir dapat mengurangi kerusakan akibat banjir kecil hingga sedang, tetapi mungkin dapat meningkatkan kerusakan selama banjir yang besar. Sebagai contoh, bangunan tanggul sungai yang tinggi mungkin dapat menyebabkan keruntuhan tanggul saat terjadi banjir yang melebihi kapasitas, yang kemudian dapat mengakibatkan banjir besar akibat kecepatan aliran air yang sangat tinggi.(Kodoatie, 2002)

Terdapat beberapa faktor yang berkontribusi pada terjadinya banjir, antara lain curah hujan yang tinggi, karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS), penurunan kapasitas drainase, dan perubahan fungsi lahan (Kodoatie & Sjarief, 2017). Di samping perubahan fungsi lahan, faktor yang ikut mempengaruhi terjadinya banjir di suatu kota adalah kondisi sungai besar yang melintasi wilayah tersebut (Kodoatie & Sjarief, 2017). Faktor lain yang berkontribusi pada terjadinya banjir adalah ketidakmampuan sungai dalam menampung volume air dari hujan yang intensitasnya melebihi rata-rata, serta adanya sedimentasi dan kerusakan di daerah resapan air hujan (*catchment area*) karena aktivitas seperti penggundulan hutan, perkembangan pemukiman, dan industri. Hal tersebut didukung oleh pendapat dari (Wesli, 2008) menegaskan bahwa limpasan permukaan yang berlebihan akibat curah hujan tinggi dapat menyebabkan sungai atau sistem drainase mengalami kesulitan dalam menampung limpahan tersebut.

2.3 Analisis Hidrologi

2.3.1. Parameter statistik

Beberapa parameter kunci dalam analisis statistik dasar meliputi mean ($\bar{X}$), simpangan baku (S), koefisien variasi (Cv), koefisien skewness (Cs), dan koefisien kurtosis (Ck) (Upomo dan Kusumawardani, 2016). Berikut ini adalah rumus untuk masing-masing parameter tersebut (Mananoma dan Tanudjaja, 2015).

- $\bar{X} = 1/n \sum Xi$
- $S = \sqrt{[\sum (Xi - \bar{X})^2/n]}$
- $Cv = S/\bar{X}$
- $Cs = n \sum (Xi - \bar{X})^3/[(n-1)(n-2)\ S^3]$
- $Ck = n^2 \sum (Xi - \bar{X})^4/[(n-1)(n-2)(n-3)\ S^4]$

Definisi:
$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

n = Jumlah titik data

S = Simpangan baku

Cv = Koefisien variasi

Cs = Koefisien kemiringan

Ck = Koefisien kurtosis

2.3.2. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk mengukur seberapa besar suatu kejadian serta frekuensi atau periode pengulangannya dengan menggunakan distribusi probabilitas (Talumepa dkk. , 2017). Untuk menentukan jenis distribusi yang paling sesuai dengan data yang ada, kita perlu mencocokkan parameter data tersebut dengan kriteria masing-masing distribusi (Suadnya dkk. , 2017), seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. 1 Persyaratan untuk Menentukan Jenis Distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

(**Sumber**: Triatmodjo, 2008)

Dalam analisis frekuensi untuk hidrologi, terdapat beberapa jenis fungsi distribusi teoritis yang sering digunakan. Jenis-jenis distribusi frekuensi tersebut antara lain (Suadnya dkk. , 2017):

- Distribusi Normal

  Distribusi ini banyak dipakai dalam analisis hidrologi, contohnya dalam analisis frekuensi hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, serta debit rata-rata tahunan (Talumepa dkk. , 2017). Fungsi distribusi normal dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

  XT = $\bar{X}$ + z. S

  Keterangan:

  - XT = Curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun (mm/hari)
  - $\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata (mm/hari)
  - z = Faktor frekuensi (Tabel 2)
  - S = Standar deviasi

- Distribusi Lognormal

  Distribusi lognormal digunakan ketika nilai-nilai dari variabel acak tidak mengikuti pola distribusi normal, namun nilai logaritmanya memenuhi kriteria distribusi normal (Triatmodjo, 2008). Rumus yang dipakai adalah:

LogXT = $\overline{\text{Log}}\ \overline{\overline{X}}$ + z. Slog

Di mana:

Log XT = Logaritmik curah hujan yang diperkirakan terjadi pada periode ulang T tahun (mm/hari)

$\overline{\text{Log}}\ \overline{\overline{X}}$ = Logaritmik curah hujan rata-rata (mm/hari)

z = Faktor frekuensi

S = Standar deviasi

- Distribusi Gumbell

Distribusi Gumbell sering digunakan dalam analisis maksimum data, terutama untuk studi frekuensi banjir (Triatmodjo, 2008). Berikut adalah rumus yang digunakan dalam analisis ini:

XT = $\bar{X}$ + S. K

Di mana nilai K (faktor frekuensi) diperoleh dari persamaan berikut (Upomo dan Kusumawardani, 2016):

K = $\frac{Y_{Tr}}{S_n}$

Nilai YTr (reduced variate) dapat dinyatakan dengan rumus (Upomo dan Kusumawardani, 2016) berikut:

YTr = -ln $\{-ln\ \frac{T_r-1}{T_r}\}$

Tr

Keterangan:

XT = Curah hujan yang direncanakan untuk periode ulang T tahun (mm/hari)

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

K = Faktor frekuensi

S = Standar deviasi

Yn = Reduced mean

Sn = Reduced standard deviation

Y_{Tr} = Reduced variate

- Distribusi Log Pearson III

  Distribusi ini merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson III dengan transformasi variat menjadi nilai log (Triatmodjo, 2008).

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

  $$X_T = 10^{(\text{Log } Y)}$$

  Keterangan:

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

  Log $\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata logaritmik (mm/hari)

  K = Variabel standar berdasarkan nilai C_s

  S = Standar deviasi

2.3.3. Curah hujan daerah rata rata maksimum

Dalam bidang penelitian hidrologi, penilaian rata-rata curah hujan maksimum untuk suatu wilayah sangat penting untuk pengelolaan sumber daya air dan mitigasi banjir yang efektif. Rata-rata curah hujan maksimum ini merupakan volume curah hujan terbesar yang terjadi dalam jangka waktu tertentu di wilayah tersebut. Ada beberapa metode yang umum digunakan untuk menghitungnya:

a Metode rerata aljabar

Metode penghitungan rata-rata aljabar rata-rata aritmatika biasanya diterapkan pada daerah datar, terutama bila terdapat sejumlah besar stasiun curah hujan dan asumsi distribusi curah hujan seragam di seluruh wilayah. Umumnya, stasiun curah hujan yang termasuk dalam perhitungan ini adalah yang terletak di dalam daerah aliran sungai; namun, stasiun di sekitar di luar daerah aliran sungai juga dapat dipertimbangkan.rumus perhitungan curah hujan rata – rata yaitu sebagai berikut :

$$\boldsymbol{Rn = \frac{P1 + P2 + \cdots + Pn}{n}}$$

Dimana R_n merupakan rata-rata curah hujan, P_1, P_2, hingga P_n merupakan stasiun atau pos-pos yang dilengkapi alat pengukur curah hujan, dan n merupakan banyaknya pos-pos stasiun. (Limantara, 2010 dalam Surya, 2020)

b Metode poligon thiessen

Pendekatan ini diterapkan dengan mengasumsikan bahwa setiap stasiun curah hujan di suatu wilayah memiliki area pengaruh tertentu, yang berfungsi sebagai faktor koreksi untuk mengubah curah hujan yang tercatat di stasiun menjadi curah hujan di area tersebut. Prosedur ini melibatkan pemetaan lokasi stasiun curah hujan ke citra daerah aliran sungai yang sesuai. Selanjutnya, sebuah garis ditarik untuk menghubungkan setiap stasiun, dan garis sumbu tegak lurus dibuat. Meskipun populer dan efektif, metode ini memiliki keterbatasan karena tidak memperhitungkan pengaruh topografi. Metode ini berlaku dalam skenario di mana hanya ada sedikit stasiun curah hujan yang tersedia.

$$d = \frac{A1d1 + A2d2 + \cdots + Andn}{A1 + A2 + \cdots + An}$$

Dimana,

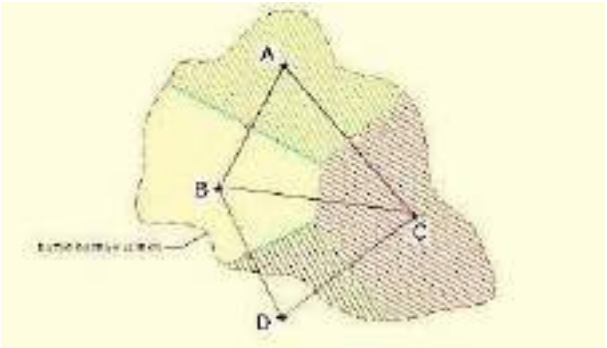
d = tinggi curah hujan rata-rata daerah (DAS)

A = Luas daerah (DAS)

d1,d2,...,dn = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,…,n

A1,A2,…,An = luas daerah pengaruh pos 1,2,…,n

n = banyaknya pos penakar (Surya, 2020)



Gambar 2.1 Metode poligon thiessen

(**Sumber**: Komunitas Atlas, 2010)

c Metode isohyet

Prinsip isohyet mengacu pada garis yang menghubungkan lokasi yang mengalami jumlah atau kedalaman curah hujan yang sama. Dengan demikian, isohyet berfungsi sebagai metode untuk menggambar garis yang menghubungkan wilayah dengan tingkat curah hujan yang sama.

$$d = \frac{A1\frac{d0+d1}{2} + A2 + \frac{d1+d2}{2} + \cdots + An\frac{dn+dn+1}{2}}{A1 + A2 + \cdots + A}$$

Dimana:

D = tinggi curah hujan rata-rata daerah (DAS)

A = Luas daerah (DAS)

d0,d1,...,dn = Tinggi curah hujan pada isohyet 1,2,…,n A1,A2,…,

An = luas bagian areal yang dibatasi oleh isohyet

n = banyaknya pos penakar (Surya, 2020)

Gambar 2.2. Metode Isohyet

(**Sumber**: Komunitas Atlas, 2010)

2.3.4. Analisa debit banjir dengan metode nakayasu

Untuk melaksanakan debit banjir rencana, salah satu metode yang digunakan untuk memperoleh debit banjir pasang puncak adalah metode nakayasu. Metode Nakayasu adalah salah satu metode hidrologi yang digunakan untuk menghitung debit banjir berdasarkan konsep *Synthetic Unit Hydrograph (SUH)* atau hidrograf satuan sintetis, metode ini biasayan sering digunakan untuk

memperkirakan debit puncak banjir di suatu daerah aliran sungai(DAS).

Untuk menentukan debit puncak banjir, metode Nakayasu menggunakan rumus:

$$Qp = \frac{\mathbf{Cp} \times \mathbf{A}}{\mathbf{Tp}}$$

Di mana:

Qp = Debit puncak banjir (m^3/detik)

Cp = Koefisien hidrograf satuan (berkisar antara 0,3 - 0,8)

A = Luas daerah aliran sungai (km^2)

Tp = Waktu puncak (jam), dihitung dengan:

$$\mathbf{Tp = Tc + 0,8Tr}$$

Di mana:

Tc = Waktu konsentrasi (jam)

Tr = Lama hujan efektif (jam)

Selain itu, untuk menghitung debit pada waktu tertentu digunakan persamaan:

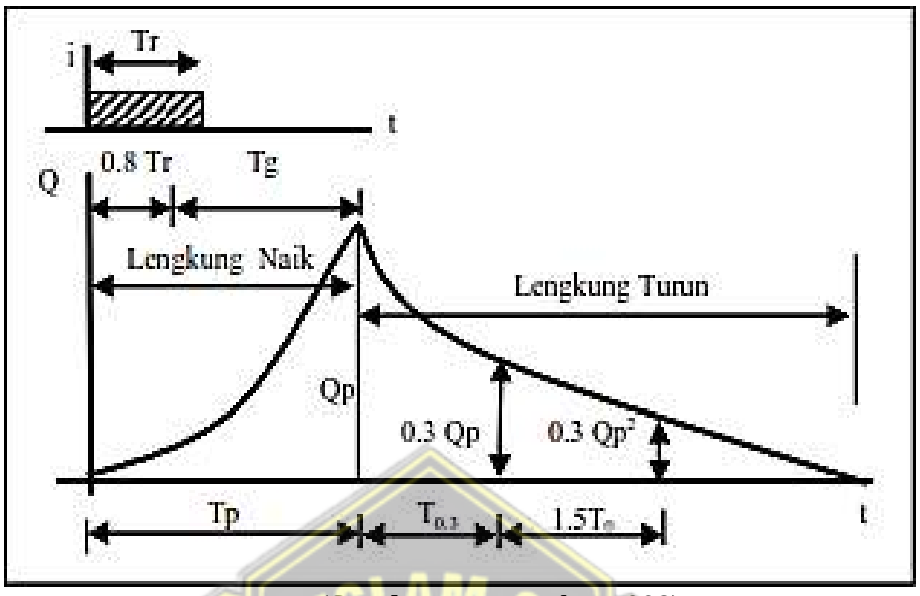
$$\mathbf{Qt = Qp \times } e^{-\frac{t}{Tp}}$$

Di mana:

Qt = Debit pada waktu ttt

e = Basis logaritma natural (~2,718)

t = Waktu sejak awal hujan



(**Sumber** : triatmodjo, 2008)

gambar 2.3. hidrograf satuan sintesis nakayasu

2.4. Analisi hidrolika

Analisis hidrolika bertujuan untuk menganalisis profil muka air banjir dengan periode ulang tertentu berdasarkan debit rencana. Melalui analisis ini, akan dihitung pengaruh pengendalian banjir secara struktural terhadap ketinggian muka air banjir dan lokasi luapan yang mungkin terjadi. Dalam proses analisis hidrolika, profil muka air dihitung dengan menggunakan berbagai data yang dihasilkan dari analisis hidrologi, sehingga diperoleh gambaran yang akurat tentang profil muka air tersebut (Suadnya dkk. , 2017). Selain itu, dalam analisis ini juga digunakan perangkat lunak pemodelan HEC-RAS untuk membantu proses perhitungan.

2.4.1 HEC-RAS

Dalam tugas akhir ini, pemodelan tinggi muka air dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*). HEC-RAS, yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) di bawah *Institute for Water Resource* (IWC) dari (USACE), merupakan aplikasi yang umum *US Army Corps of Engineers* digunakan untuk menganalisis kapasitas sungai atau drainase (Suadnya dkk. , 2017). Perangkat lunak ini mampu

memodelkan aliran satu dimensi, baik permanen *(steady)* maupun tak permanen *(unsteady).*

Tujuan utama penggunaan HEC-RAS adalah untuk menghitung elevasi muka air pada setiap tampang melintang *(cross-section)* yang diteliti sepanjang sungai atau aliran, berdasarkan nilai debit aliran yang diberikan. Perhitungan profil muka air ini dilakukan secara iteratif, dimulai dari potongan melintang dengan kondisi awal yang diketahui atau diperkirakan, kemudian dilanjutkan ke arah hulu untuk aliran subkritis dan ke arah hilir untuk aliran superkritis (Meris, 2020).

Untuk menganalisis penampang sungai menggunakan HEC-RAS, diperlukan data- data sebagai berikut (Wigati dan Soedarsono, 2016):

1. Data penampang memanjang dan melintang sungai.
2. Data debit yang mengalir melalui sungai.
3. Angka koefisien kekasaran Manning (n) untuk setiap penampang sungai.
4. Data geometri aliran dan dimensi sungai.

Beberapa hal penting yang perlu dipahami dalam simulasi aliran *steady flow* dengan HEC-RAS adalah:

a) Persamaan Dasar untuk Perhitungan Profil

Profil permukaan air dihitung dengan memecahkan persamaan kekekalan energi antara dua potongan melintang saluran. Proses ini menggunakan prosedur interaktif yang dikenal sebagai Metode Tahap Standar (*Standard Step Method*). Persamaan kekekalan energi, menurut Dalrino dkk. (2018), dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dengan:

Y_1, Y_2 = kedalaman air pada potongan melintang

Z_1, Z_2 = elevasi dasar saluran utama

V_1, V_2 = kecepatan rata-rata aliran

a_1, a_2 = koefisien tinggi kecepatan

h_e = kehilangan energi

Kehilangan energi (he) antara dua potongan melintang disebabkan oleh gesekan dan ekspansi/kontraksi. Persamaan kehilangan tinggi energi, menurut Dalrino dkk. (2018) adalah:

$$h_e = LS_f + C\left[\frac{a_2 V2^2}{2_g} - \frac{a_1 V1^2}{2_g}\right]$$

dengan:

L = jarak antara dua potongan

melintang Sf = kemiringan gesekan

rata-rata

C = koefisien ekspansi atau kontraksi

Jarak (L) sepanjang bentang yang ditinjau dihitung dengan persamaan berikut (Dalrino dkk. , 2018):

$$L = \frac{L_{lob}Q_{lob} + L_{lob}Q_{lob} + L_{lob}Q_{lob}}{Q_{lob} + Q_{lob} + Q_{lob}}$$

dengan:

L_{lob} = jarak sepanjang potongan melintang pada pinggir kiri Sungai/*left overbank (lob),* saluran utama/*main channel (ch),* dan pinggir kanan Sungai/*right overbank (rob).*

Q_{lob} = debit pada pinggir kiri sungai, saluran utama, dan pinggir kanan sungai.

b) Pembagian Potongan Melintang *Cross Sections*:

Untuk menghitung penyaluran total aliran dan koefisien kecepatan, potongan melintang dibagi menjadi beberapa bagian sehingga kecepatan terdistribusi merata. HEC-RAS membagi daerah aliran dengan menggunakan nilai koefisien kekasaran Manning (n) sebagai dasar pembagian. Penyaluran aliran dihitung dalam setiap subbagian menggunakan bentuk persamaan Manning berikut (Dalrino dkk. , 2018):

$$Q = KS_{f1/2} \qquad K = \frac{1{,}486}{n} AR^{1/2}$$

dengan:

K = penyaluran untuk suatu subbagian

n = koefisien kekasaran Manning untuk subbagian

A = luas daerah aliran pada subagian

R = jari-jari hidraulik pada subagian

Gambar 2.4. Menu edit data geometri Sungai

Program ini akan menghitung jumlah penyaluran tambahan yang ada di pinggir saluran untuk mendapatkan total penyaluran di sisi kiri dan kanan sungai. Penyaluran dari saluran utama dihitung sebagai satu bagian dari keseluruhan penyaluran. Total penyaluran dapat diperoleh dengan menjumlahkan tiga sub bagian, yaitu: sub bagian di sisi kiri sungai, saluran utama, dan sub bagian di sisi kanan sungai.

c) Perhitungan Nilai Rata-Rata Energi Kinetik

HEC-RAS adalah perangkat lunak yang dirancang untuk menghitung profil permukaan air dalam dimensi satu, sehingga mampu menghitung satu permukaan air dan satu tinggi energi rata-rata pada setiap potongan melintang. Dengan mengetahui nilai permukaan air, rata-rata tinggi energi dapat ditentukan melalui perhitungan tinggi energi aliran yang dibagi menjadi tiga bagian pada potongan melintang, yaitu left overbank, main channel, dan right overbank.

Menurut Dalrino dkk. (2018), dalam menghitung rata-rata energi kinetik, diperlukan suatu perhitungan untuk koefisien tinggi kecepatan, yang dikenal sebagai alpha (α). Alpha dihitung dengan metode sebagai berikut:

$$\frac{V}{2g}\alpha = \frac{Q_1\left(\frac{V_1^2}{2g}\right) + Q_2\left(\frac{V_2^2}{2g}\right)}{Q_1 + Q_2}$$

$$\alpha = \frac{2g\left[Q_1\left(\frac{V^2}{2g}\right) + Q_2\left(\frac{V^2}{2g}\right)\right]}{(Q_1 + Q_2)V^2}$$

$$\alpha = \frac{Q_1V_1^2 + Q_2V_1^2}{Q_1 + Q_2V^2}$$

Dalam bentuk umumnya :

$$\alpha = \frac{Q_1{V_1}^2 + Q_2{V_1}^2 + \cdots + Q_N{V_N}^2}{Q\bar{V}^2}$$

Koefisien kecepatan, α, diperoleh dari analisis penyaluran di tiga bagian aliran. Persamaan ini dapat dinyatakan dalam bentuk penyaluran dan luas area, sebagaimana tertulis dalam persamaan berikut:

$$\alpha = \frac{(A_t)^2\left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2}\right]}{(K_t)^3}$$

dimana:

A_t = jumlah total luas daerah aliran pada potongan melintang
A_{lob}, A_{ch}, A_{rob} = luas daerah pada tiap sub bagian penampang saluran
K_t = jumlah total penyaluran pada potongan melintang
K_{lob}, K_{ch}, K_{rob} = penyaluran pada sub bagian penampang saluran

2.5. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi salah satu acuan dalam melaksanakan penelitian sehingga dapat menambah teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang akan dilakukan. Ada beberapa penelitian mengenai analisis debit banjir dengan beberapa metode yaitu sebagai berikut:

2.5.1. “ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI BATANG MAHAT”

Analisis Sungai Batang Mahat bertujuan untuk menilai kapasitasnya dalam mengelola pembuangan banjir secara efektif. Studi ini sangat penting mengingat sejarah banjir yang dialami sungai tersebut, yang telah diperparah oleh berbagai faktor seperti pendangkalan, penyempitan sungai, dan erosi yang terjadi di tepi sungai. Berikut adalah rincian tujuan utama dan temuan dari analisis ini:

Tujuan Analisis

1. Penilaian Risiko Banjir: Tujuan utama analisis ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana Sungai Batang Mahat dapat menangani berbagai skenario pembuangan banjir. Memahami kapasitas ini sangat krusial untuk manajemen risiko banjir dan keselamatan publik.
2. Simulasi Numerik: Studi ini menggunakan simulasi numerik dengan model RAS HEC untuk memprediksi perilaku sungai dalam berbagai kondisi pembuangan. Pendekatan ini membantu dalam memvisualisasikan potensi dampak banjir serta mengidentifikasi area-area kritis yang berisiko.
3. Rekomendasi untuk Pengelola: Analisis ini bertujuan memberikan rekomendasi praktis untuk pengelolaan sungai, dengan fokus pada peningkatan kapasitas sungai guna mengurangi risiko banjir.

Hasil Analisis

1. Pengamatan Banjir: Hasil penelitian menunjukkan bahwa di bawah kondisi pembuangan Q2, terjadi banjir yang signifikan karena ketinggian permukaan air melebihi ketinggian tanggul baik di daerah hulu maupun tengah. Temuan ini menyoroti kerentanan sungai terhadap banjir selama peristiwa debit tinggi.
2. Tren Ketinggian Permukaan Air: Analisis juga mengungkapkan adanya hubungan langsung antara peningkatan debit banjir dengan kenaikan ketinggian permukaan air. Hubungan ini menunjukkan bahwa ketika debit meningkat, kemungkinan terjadinya banjir juga meningkat, sehingga diperlukan strategi manajemen yang proaktif.

3. Rekomendasi Pengelola: Berdasarkan temuan tersebut, penelitian merekomendasikan upaya normalisasi sungai, yang mencakup pendalaman dan pelebaran saluran. Modifikasi ini sangat penting untuk meningkatkan kapasitas sungai dalam menangani banjir yang lebih besar serta mengurangi risiko bagi infrastruktur publik.
4. Identifikasi Faktor Penyebab: Analisis identifikasi isu-isu utama seperti pendangkalan, penyempitan, dan erosi tepi sebagai faktor signifikan penyebab banjir. Mengatasi masalah-masalah ini sangat penting untuk pengelolaan banjir yang efektif dan keberlanjutan sistem sungai dalam jangka panjang.

   Secara keseluruhan, analisis Sungai Batang Mahat memberikan wawasan penting mengenai kemampuan pengelolaan banjir dan menekankan perlunya intervensi strategis untuk mengurangi risiko banjir dengan efektif.

2.5.2. Analisis Debit Banjir Sungai Tondano (Rapar dkk Tahun 2004)

Pada penelitian meyimpulkan bahwa penggunaan peta topografi dengan skla 1 : 200.0000 untuk menghitung debit banjir di sungai tondano menggunakan data curah hujan di stasiun kayu watu , stasiun papakelan , dan stasiun wasian kakas dengan metode pencatatan tahun 1992 sampai 2011. Sementara itu , hasil analisis debit banjir rencana untuk kedua metode dengan berbagai periode ulang memperoleh analisis dari HSS Gama I yaitu memberikan nilai terbesar, dan kemudian diikuti oleh HSS Limantara. Sedangkan

analisi Frekuesinya memberikan nilai terkecil. Besaran debit banjir rencana metode HSS Limantara menggunakan metode Analisis Frekuensi lebih mendekati analisis

Dalam analisis ini, metode hidrologi digunakan untuk memperkirakan debit banjir, sementara metode hidrolik diterapkan untuk menentukan ketinggian permukaan air dengan mempertimbangkan periode pengembalian tertentu (2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun).

Studi ini juga memanfaatkan data curah hujan maksimum harian serta Metode Rasional untuk analisis hidrologi, dan perangkat lunak HEC-RAS untuk analisis hidrolik.

Hasil Analisis:

Tabel 2. 2 Debit banjir rencana berbagai periode ulang untuk setiap metode

Periode Ulang (Tr)	HSS		Analisis Frekuensi	Metode Empiris			
	Gama I	Limantara		Metode Rasional	Metode Melchior	Metode Weduwen	Metode Haspers
1	1268.73	700,47	45.56	1538.37	359.76	396.28	234.01
2	2814.45	1597.24	91.06	3229.85	630.76	696.24	411.14
5	4711.88	2698.08	162.40	4937.96	964.34	1064.44	628.37
10	6202.11	3582.66	229.06	6279.49	1226.33	1353.62	799.34
50	10188.54	5875.47	450.70	9868.15	1927.16	2127.20	1256.15
100	12208.71	7047.50	585.49	11696.74	2282.32	2519.22	1487.64

2.5.3. "Analisis Debit Banjir Rancangan Bendungan Way Yori" (muh azmin sudarmin, 2017)

Studi ini bertujuan untuk menganalisis langkah-langkah pengendalian banjir di bendungan Way Yori , dengan penekanan pada pemahaman terhadap pembuangan banjir dan ketinggian air.

Hasil

1. Besarnya Curah Hujan Maksimum yang Mungkin Terjadi (PMP) yaitu sebesar 1465.436 mm.
2. Dalam penelitian ini di dapat hasil analisis debit banjir dengan metode HSS Nakayasu untuk kala ulang 2, 5, 10, 50, 100 berturut – turut yaitu 159.5119 m^3 /d, 196.6425 m^3 /d, 212.1519 m^3 /d, 225.9868 m^3 /d, 233.5844 m^3 /d, 239.5599 m^3 /d, 244.3738 m^3 /d, 253.1852 m^3 /d, dan 1299.615 m^3 /d.
3. Kapasitas bangunan pelimpah pada Bendungan Way Yori sebesar 1074.324 m^3/d. Debit banjir PMF tinggi muka air maksimum yaitu 6.295 m di atas pelimpah sehingga elevasi maksimum muka air yaitu sebesar ± 93.795 mdpl.

2.5.4. "Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Banjir Anak Sungai Tondano" (tekno, 2024)

Pada studi ini Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Banjir Anak Sungai Tondano Di Kompleks Rumah Sakit Manado Medical Center Kota Manado dengan menggunakan metode rasional dan HEC-RAS

Hasil

Tabel 2. 3 Besar Debit Air Rencana

Kala Ulang Tahun	C	I (mm/jam	A (km2)	Q (m3/detik)
2	0.6	36.31	1.341	8.12
5	0.6	45.65	1.341	10.21
10	0.6	51.18	1.341	11.45
25	0.6	57.55	1.341	12.87
50	0.6	61.97	1.341	13.86
100	0.6	66.13	1.341	14.79

Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan bahwa semua penampang Anak Sungai Tondano yang ditinjau dari STA 0+25 sampai STA 0+150 tidak mampu menampung debit banjir untuk semua kala ulang rencana.

2.5.5. "Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tikala" (Shawn D. Kairupan, Jeffry S. F. Sumarauw, dan Liany A. Hendratta, 2024)

- Pada penelitian ini betujuan untuk Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tikala dengan Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 hingga 2022. Metode yang digunkana adalah program HEC-RASyang digunakan untuk menganalisis hidrologi dan HEC-RAS untuk menganalisis hidrolika.

Hasil

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang Debit banjir rencana untuk berbagai kala ulang:

- 2 tahun: 25,0 m³/det
- 5 tahun: 38,0 m³/det
- 10 tahun: 46,4 m³/det

- 25 tahun: 56,5 m³/det
- 50 tahun: 63,7 m³/det
- 100 tahun: 70,6 m³/det

Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukan pada STA 0+25 kala ulang 2 tahun dan kala ulang 5 tahun tidak meluap, luapan air yang terjadi STA 0+25 pada kala ulang 10 tahun sampai kala ulang 100 tahun, pada STA 0+50 sampai STA 0+150 terjadi luapan air untuk semua kala ulang.

2.5.6. " Analisis Debit Banjir Rancangan Bendungan Gintung "(rico sihotang dkk, 2011)

Penelitian yang bertajuk "analisis debit banjir rancangan bendungan gintung" ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir rancangan bendungan gintungdengan menggunakan metode nakayasu. Dari uraian hasil perhitungan dapat disimpulkan:

1. Hasil dari analisis probabilitas menghasilkan kesesuaian nilai Cs dan Ck yang diisyaratkan pada Metode Gumbel. Maka metode yang dpilih yaitu Log Pearson Type III karena yang paling mendekati dengan syarat, dengan hasil nilai Ck = 0,207 dan Cs = 2,826.
2. Uji distribusi prpbabilitas X^2 terhadap Metode Log Pearson Type III masih memenuhi syarat karena $X^2 < X^2CR$ yaitu X^2 0,05 = 5,991 dan X^2 0,01 = 9,210 mm , X^2CR = 5,991 sehingga tingkat kepercayaan hasil perhitungan data masih memenuhi syarat.

2.5.7. "Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala"(isabella E. G. Palit dkk, 2022)

Studi ini bertujuan untuk menganalisis langkah-langkah pengendalian banjir di kawasan Sungai Tikala, dengan penekanan pada pemahaman terhadap pembuangan banjir dan ketinggian air Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menentukan debit banjir dan ketinggian air Sungai Tikala, guna menerapkan langkah-langkah pengendalian banjir yang lebih efektif. Penelitian ini menggunakan analisis frekuensi curah hujan dengan metode Log Pearson III, yang

melibatkan pengumpulan data curah hujan maksimum harian dari dua stasiun pengukur hujan (Sawangan dan Rumengkor) selama periode sepuluh tahun, yaitu dari 2011 hingga 2020. Dalam penelitian ini, perangkat lunak HEC-RAS digunakan untuk memodelkan limpasan curah hujan. Metode *Soil Conservation Services* (SCS) diterapkan untuk estimasi kerugian, sementara analisis aliran dasar dilakukan menggunakan metode resesi. Kalibrasi parameter dilakukan untuk memastikan akurasi simulasi debit banjir. Parameter yang dikalibrasi mencakup waktu jeda, jumlah kurva, konstanta resesi, aliran dasar, dan rasio terhadap puncak. Semua ini penting untuk mensimulasikan debit banjir secara tepat.

Hasil Penelitian:

- Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Tikala adalah 95.918 km².
- Hasil analisis menunjukkan bahwa semua penampang Sungai Tikala tidak dapat menampung debit banjir untuk kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.
- Debit banjir yang dihasilkan:
    - Kala ulang 5 tahun: 66,5 m³/det
    - Kala ulang 10 tahun: 120,1 m³/det
    - Kala ulang 25 tahun: 220,3 m³/det
    - Kala ulang 50 tahun: 316,4 m³/det
    - Kala ulang 100 tahun: 440,8 m³/det

Jadi, Debit banjir meningkat seiring dengan kala ulang yang lebih panjang.

2.6. Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 4 berikut ini menunjukkan perbandingan antara penelitian yang akan dilakukan dalam skripsi ini dengan penelitian – penelitian terdahulu yang serupa.

No	Nama, Tahun, Judul	Metode	Hasil
1	Ahmad, 2021, "Flood Discharge Analysis Using HSS Nakayasu Method"	Metode HSS Nakayasu	Ditemukan bahwa metode ini memberikan estimasi debit banjir yang akurat dalam 85% kasus.
2	Sari, 2020, "River Cross-Section Analysis for Flood Management"	Analisis Penampang	Penampang sungai yang lebih lebar mengurangi risiko banjir hingga 30%.
3	Budi, 2022, "Application of Nakayasu Method in Urban Flood Analysis"	Metode HSS Nakayasu	Metode ini berhasil memprediksi debit banjir di daerah perkotaan dengan akurasi tinggi.

4	Lestari, 2023, "Hydrological Modeling of River Basins Using HSS Nakayasu"	Pemodelan Hidrologi	Hasil menunjukkan bahwa model ini efektif dalam memprediksi aliran sungai selama musim hujan.
5	Prasetyo, 2019, "Impact of River Cross-Section on Flood Discharge"	Analisis Penampang	Penampang yang optimal dapat mengurangi debit banjir hingga 25%.
6	Nuraini, 2021, "Flood Risk Assessment Using HSS Nakayasu Method"	Penilaian Risiko	Identifikasi area rawan banjir meningkat 40% dengan metode ini.
7	Setiawan, 2022, "Comparative Study of Flood Discharge Estimation Methods"	Studi Komparatif	Metode HSS Nakayasu lebih unggul dibandingkan metode tradisional dalam estimasi debit.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Uraian Umum

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menghitung menggunakan data curah hujan selama 10 tahun terakhir. Kemudian dilakukan analisis curah hujan rata – rata maksimum dan debit banjir. Lingkup 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 serangkaian kegiatan awal sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahapan ini ada beberapa hal yang perlu di perhatikan yaitu:

1. Studi kasus mengenai masalah yang akan dibahas
2. Menentukan dan mencari kebutuhan data

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder. Menurut Hasan (2002) data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian sumber – sumber yang telah ada. Data ini digunakan untuk mendukung informasi primer, dimana data ini bisa diperoleh yaitu dari bahan pustaka, literatur, penelitian terdahulu, buku, dan lain sebagainya. Pengumpulan data sekunder pada penelitian ini didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana Semarang dan Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penata Ruang Provinsi Jawa Tengah (PUSDATARU), data sekunder yang akan digunakan antara lain:

1. Data curah hujan 10 tahun terakhir
2. Peta DAS Wulan
3. Peta stasiun hujan
4. Data hujan harian maksimum
5. Gambar penampang sungai wulan

3.4. Analisis Hidrologi

Metode yang akan digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu yang bertujuan untuk menganalisa curah hujan dan debit banjir dengan mencari debit rencana pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun

3.4.1 Perhitungan Curah Hujan Dearah Menggunakan Metode Thiessen

Untuk mendapatkan parameter curah hujan maksimum yang dapat di anggap sebagai kedalaman hujan yang sebenarnya terjadi diseluruh DAS, Pendekatan ini diterapkan dengan mengasumsikan bahwa setiap stasiun curah hujan di suatu wilayah memiliki area pengaruh tertentu, yang berfungsi sebagai faktor koreksi untuk mengubah curah hujan yang tercatat di stasiun menjadi curah hujan di area tersebut. Prosedur ini melibatkan pemetaan lokasi stasiun curah hujan ke citra daerah aliran sungai yang sesuai. Selanjutnya, sebuah garis ditarik untuk menghubungkan setiap stasiun, dan garis sumbu tegak lurus dibuat. Meskipun populer dan efektif, metode ini memiliki keterbatasan karena tidak memperhitungkan pengaruh topografi.

Pengukuran yang dapat dilakukan pada suatu stasiun curah hujan dapat memperoleh data hujan maksimum yang terjadi pada ssatu wilayah saja. Untuk menghitung curah hujan daerah rata – rata maksimum dengan menggunakan Metode Polygon Thiessen. Metode ini merupakan metode yang paling sederhana untuk rerata curah hujan di suatu daerah.

3.4.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi digunakan untuk menganalisis besar curah hujan rencana

yang di gunakan untuk mengetahiu bessarnya nilai curah hujan yang terjadi dalam kal ulang 2, 5, 10, 25, 100 tahun segai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi. Terdapat beberapa jenis besaran yang dapat di lakukan untuk menganalisis hal tersebut, pada perhitungan ini menggunakan metode Distribudi Log Pearson Type III.

3.4.3 Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian parameter yang digunakan untuk uji kecocokan distribusi frekuensi

sampel data terhadap fungsi distrubusi peluang yang diperkirakan dapat menghasilkan gambaran ataupun mewakili distribusi frekuensi tersebut. Untuk mengetahui apakah pemilihan distribusi yang digunakan dalam perhitungan curahhujan rancangan diterima atau ditolak, maka perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi. Uji inidilakukan secara horisontal dengan menggunakan Metode *Smirnov Kolmogorof* dan Metode *Chi Square.*

3.5. Analisis Hidrolika

3.5.1 Debit Banjir Rencana

Penentuan debit banjir rencana yang umum digunakan merupakan transformasi dari data curah hujan. Hal ini dimaksudkan untuk perhitungan elevasi tanggul penutup daerah genangan. Besaran debit banjir rencana diprediksi menggunakan perioda ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.

3.5.2 Hirograf Satuan Sintetikd

Hidrograf Satuan adalah salah satu metode hidrologi yang paling umum digunakan untuk memperkirakan besarnya banjir pada aliran sungai yang disebabkan oleh hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS). Secara sederhana, hidrograf dapat diartikan sebagai kurva yang menggambarkan hubungan antara berbagai parameter aliran dan waktu. Dalam proses pembuatan Hidrograf Satuan, dibutuhkan data hujan dan debit aliran. Metode yang digunakan yaitu metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu, Data yang digunakan dalam metode ini yaitu data banjir besaran tahunan atau curah hujan terbessar tahunan.

3.6. Diagram Alir

Gambar 3.1 Diagram Alir

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Curah Hujan Rata-Rata

Dalam penyusunan rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan pengendali banjir perhitungan curah hujan rata rata di suatu daerah sangat diperlukan. Curah hujan ini disebut curah hujan rata rata daerah. Dengan melakukan penakaran atau pengukuran pada satu stasiun hujan maka hanya didapat curah hujan pada titik tertentu. Apabila di suatu daerah terdapat penakar curah hujan, maka untuk mendapatkan nilai curah hujan dengan cara mengambil nilai rata-ratanya.

4.1.1 Analisis Curah Hujan Maksimum Rata-Rata Dengan Metode Polygon Thiessen

Metode perhitungan berdasarkan rata-rata timbang *(weighted average)*.Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat. Metode ini didasarkanpada asumsi bahwavariasi hujan antara stasiun hujan yang satu dengan lainnya adalah linear dan stasiun hujannya dianggap dapat mewakili kawasan terdekat (Suripin, 2004). Metode ini cocok jika stasiun hujan tidak tersebar merata dan jumlahnya terbatas dibanding luasnya. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien Thiessen. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien Thiessen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut(CD.Soemarto, 1999) :

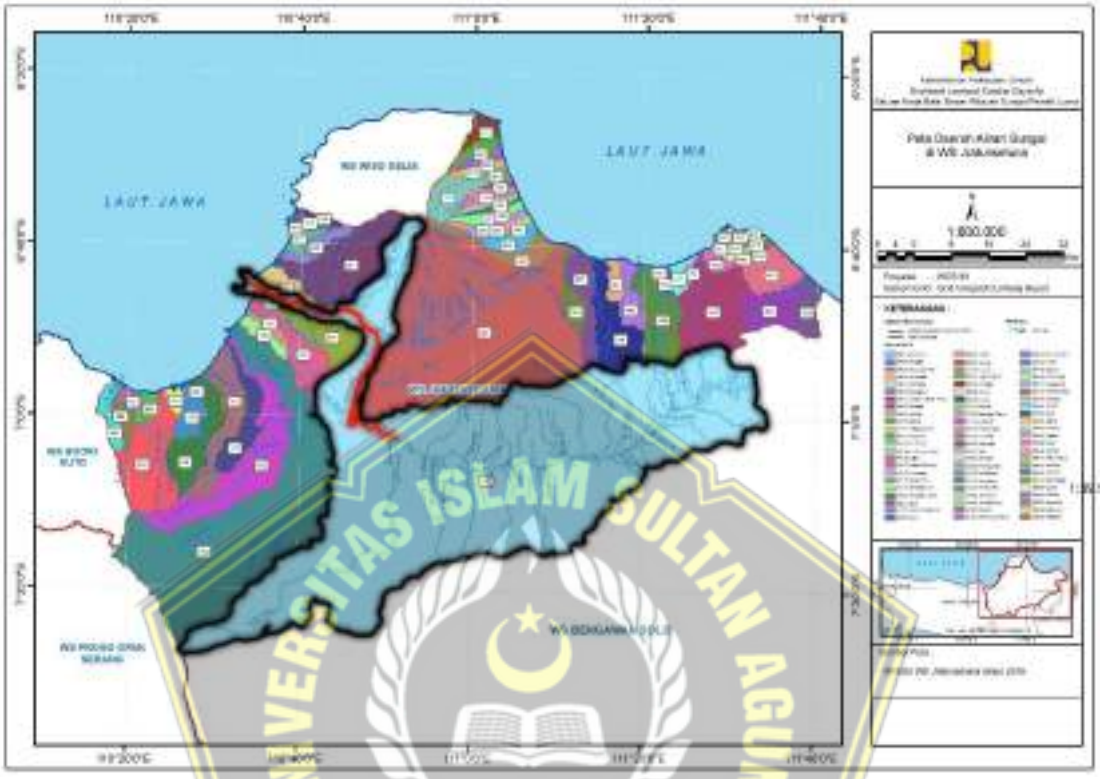
Langkah-langkah metode Thiessensebagai berikut :

1. Lokasi stasiun hujan di plot pada peta. Antar stasiun dibuat garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen.Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan stasiun yang ada didalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap stasiun lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada stasiun tersebut dianggap

representasi hujan pada kawasan dalam poligon yangbersangkutan

3. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total dapat diketahui dengan menjumlahkan luas poligon.

4. Hujan rata-rata hujan antara satu stasiun DAS



Gambar 4.1 Peta DAS Wilayah Sungai Jratunseluna

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2015	317,00	134,00	107,00	97,00	40,00	39,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,00	308,00
2016	109,00	108,00	105,00	81,00	57,00	85,00	42,00	52,00	51,00	69,00	99,00	0,00
2017	67,00	93,00	88,00	58,00	65,00	15,00	13,00	0,00	29,00	45,00	73,00	85,00
2018	98,00	115,00	84,00	20,00	15,00	17,00	0,00	0,00	57,00	37,00	78,00	42,00
2019	118,00	39,00	67,00	118,00	56,00	5,00	0,00	40,00	0,00	0,00	62,00	54,00
2020	45,00	27,00	22,00	55,00	48,00	15,00	28,00	9,00	25,00	41,00	110,00	175,00
2021	148,00	135,00	65,00	32,00	56,00	58,00	15,00	58,00	20,00	33,00	97,00	67,00
2022	194,00	54,00	99,00	55,00	73,00	40,00	150,00	10,00	22,00	39,00	28,00	126,00
2023	164,00	77,00	129,00	60,00	100,00	23,00	13,00	0,00	25,00	0,00	55,00	111,00
2024	67,00	150,00	150,00	84,00	109,00	63,00	9,00	35,00	15,00	33,00	37,00	120,00
Jumlah	1327,00	932,00	916,00	660,00	619,00	360,00	270,00	204,00	244,00	297,00	656,00	1088,00

Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Rahtawu

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2015	29,00	70,00	22,00	34,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,00	71,00
2016	59,00	49,00	95,00	65,00	39,00	63,00	27,00	24,00	64,00	40,00	64,00	60,00
2017	58,00	105,00	114,00	74,00	64,00	30,00	17,00	0,00	0,00	71,00	78,00	64,00
2018	67,00	82,00	128,00	26,00	13,00	35,00	0,00	0,00	47,00	34,00	59,00	45,00
2019	46,00	60,00	43,00	47,00	50,00	0,00	0,00	6,00	4,00	13,00	49,00	60,00
2020	34,00	81,00	0,00	59,00	43,00	10,00	9,00	8,00	17,00	47,00	62,00	49,00
2021	63,00	56,00	38,00	37,00	38,00	44,00	0,00	65,00	36,00	49,00	86,00	99,00
2022	56,00	44,00	45,00	69,00	27,00	35,00	43,00	45,00	25,00	65,00	56,00	64,00
2023	47,00	40,00	87,00	67,00	39,00	13,00	0,00	7,00	24,00	2,00	64,00	70,00
2024	77,00	114,00	66,00	53,00	0,00	14,00	26,00	21,00	44,00	64,00	28,00	39,00
Jumlah	536,00	701,00	638,00	531,00	313,00	247,00	122,00	176,00	261,00	385,00	588,00	621,00

Tabel 4. 2 Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Dumpil

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2015	81,00	42,00	41,00	54,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,00	49,00	167,00
2016	48,00	69,00	98,00	54,00	41,00	24,00	24,00	22,00	69,00	89,00	54,00	56,00
2017	91,00	91,00	54,00	37,00	43,00	25,00	26,00	0,00	3,00	34,00	37,00	75,00
2018	61,00	97,00	100,00	8,00	53,00	7,00	0,00	0,00	20,00	30,00	22,00	93,00
2019	78,00	47,00	52,00	53,00	70,00	0,00	7,00	0,00	0,00	8,00	49,00	55,00
2020	57,00	62,00	60,00	81,00	25,00	4,00	24,00	3,00	29,00	60,00	110,00	97,00
2021	102,00	83,00	72,00	93,00	13,00	29,00	0,00	32,00	33,00	63,00	51,00	26,00
2022	54,00	92,00	67,00	60,00	68,00	71,00	45,00	15,00	17,00	65,00	118,00	120,00
2023	84,00	68,00	88,00	24,00	51,00	10,00	20,00	0,00	6,00	23,00	65,00	40,00
2024	56,00	69,00	196,00	56,00	29,00	35,00	51,00	20,00	113,00	29,00	38,00	75,00
Jumlah	712,00	720,00	828,00	520,00	396,00	205,00	197,00	92,00	290,00	424,00	593,00	804,00

Tabel 4. 3 Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Banyubiru

UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

Gambar 4.2 Polygon Thiessen DAS Wulan

STASIUN	LUAS (ACAD)	PRESENTASE	
sta.rahtawu	1918	25,364	%
sta.dumpil	3344	44,221	%
sta.banyubiru	2300	30,415	%
total area	7.562	100	%

Tabel 4. 4 Tabel perhitungan luasan menggunakan ACAD

STASIUN	LUAS PENGARUH CURAH HUJAN (KM2)
sta.rahtawu	8,702
sta.dumpil	15,172
sta.banyubiru	10,435
total area	34,310

Tabel 4. 5 Tabel perhitungan luas pengaruh curah hujan

a. Stasiun Rahtawu : (25,354/100) x 34,310
: 8,702

b. Stasiun Dumpil : (44,221/100) x 34,310
: 15,172

c. Stasiun Banyubiru : (30,415/100) x 34,310
: 10,435

Rekapitulasi hujan maksimum harian rata-rata 3 posstasiun hujan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Curah Hujan Maksimum Rata-rata Per Tahun pada Stasiun Rahtawu

Data Hujan harian Maximum Rahtawu

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)	Hujan x Luas
1	2015	317	2759
2	2016	109	949
3	2017	93	809
4	2018	115	1001
5	2019	118	1027
6	2020	175	1523
7	2021	148	1288
8	2022	194	1688
9	2023	164	1427
10	2024	150	1305

Tabel 4. 7 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata harian pada Stasiun Dumpil

Data Hujan Harian Maximum Dumpil

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)	Hujan x Luas
1	2015	71	1077
2	2016	95	1441
3	2017	114	1730
4	2018	128	1942
5	2019	60	910
6	2020	81	1229
7	2021	99	1502
8	2022	69	1047
9	2023	87	1320
10	2024	114	1730

Tabel 4. 8 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata harian pada Stasiun Banyubiru

Data Hujan Maximum Banyubiru

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)	Hujan x Luas
1	2015	167	1743
2	2016	98	1023
3	2017	91	950
4	2018	100	1044
5	2019	78	814
6	2020	110	1148
7	2021	102	1064
8	2022	120	1252
9	2023	88	918

10	2024	196	2045

Contoh Perhitungan Curah Hujan Rata – rata Maksimum per Tahun :

a. Tahun 2015 $= \frac{(A1\ x\ d1)+(A2\ x\ d2)+(A3\ x\ d3)}{\sum A}$

$= \frac{(317\ x\ 8{,}702)+(71\ x\ 15{,}172)+(167\ x\ 10{,}435)}{34{,}31}$

=162,59

b. Tahun 2016 $= \frac{(A1\ x\ d1)+(A2\ x\ d2)+(A3\ x\ d3)}{\sum A}$

$= \frac{(109\ x\ 8{,}702)+(95x\ 15{,}172)+(98\ x\ 10{,}435)}{34{,}31}$

= 99,46

c. Tahun 2017 $= \frac{(A1\ x\ d1)+(A2\ x\ d2)+(A3\ x\ d3)}{\sum A}$

$= \frac{(93\ x\ 8{,}702)+(114\ x\ 15{,}172)+(91\ x\ 10{,}435)}{34{,}31}$

=101,46

d. Tahun 2018 $= \frac{(A1\ x\ d1)+(A2\ x\ d2)+(A3\ x\ d3)}{\sum A}$

$= \frac{(115\ x\ 8{,}702)+(128\ x\ 15{,}172)+(100\ x\ 10{,}435)}{34{,}31}$

= 116,19

e. Tahun 2019 $= \frac{(A1\ x\ d1)+(A2\ x\ d2)+(A3\ x\ d3)}{\sum A}$

$= \frac{(118\ x\ 8{,}702)+(60\ x\ 15{,}172)+(78\ x\ 10{,}435)}{34{,}31}$

=80,19

f. Tahun 2020 $= \frac{(A1\ x\ d1)+(A2\ x\ d2)+(A3\ x\ d3)}{\sum A}$

$= \frac{(175\ x\ 8{,}702)+(81\ x\ 15{,}172)+(110\ x\ 10{,}435)}{34{,}31}$

=113,66

g. Tahun 2021 $= \frac{(A1\ x\ d1)+(A2\ x\ d2)+(A3\ x\ d3)}{\sum A}$

$= \frac{(148\ x\ 8{,}702)+(99\ x\ 15{,}172)+(102\ x\ 10{,}435)}{34{,}31}$

=112,34

h. Tahun 2022 $= \frac{(A1\ x\ d1)+(A2\ x\ d2)+(A3\ x\ d3)}{\sum A}$

$= \frac{(194\ x\ 8{,}702)+(\ 69\ x\ 15{,}172)+(120\ x\ 10{,}435)}{34{,}31}$

=116,22

i. Tahun 2023 $= \frac{(A1\ x\ d1)+(A2\ x\ d2)+(A3\ x\ d3)}{\sum A}$

$= \frac{(164\ x\ 8{,}702)+(87\ x\ 15{,}172)+(88\ x\ 10{,}435)}{34{,}31}$

=106,83

j. Tahun 2024 $= \frac{(A1\ x\ d1)+(A2\ x\ d2)+(A3\ x\ d3)}{\sum A}$

$= \frac{(150\ x\ 8{,}702)+(114\ x\ 15{,}172)+(\ 196\ x\ 10{,}435)}{34{,}31}$

=148,07

Tabel 4. 9 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata daerah

No	Tahun	Curah Hujan Rerata Max (mm)
1	2015	162,59
2	2016	99,46
3	2017	101,68
4	2018	116,19
5	2019	80,19
6	2020	113,66
7	2021	112,34
8	2022	116,22
9	2023	106,83
10	2024	148,07
Jumlah		115,72

4.1.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau hujan. Data yang digunakan yaitu data debit hujan maksimum tahunan, yaitu data terbesar yang terjadi dalam satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun.

4.1.3 Pengukuran Dispersi

Nilai faktor hidrologi tidak semua terletak pada nilai rata-ratanya, kemungkinan nilainya lebih besar ataupun lebih kecil dari rata-rata atau biasa disebut dengan faktor. Besar dispersi dapat diketahui melalui perhitungan parameter faktor yaitu nilai rata-rata ($\bar{x}$), standar deviasi (*S*), koefisien variasi (*Cv*), kemiringan/skewness (*Cs*), koefisien kurtosis (*Ck*).

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata

No.	Xi	Log Xi	(Log Xi - rerata Log X)	(Log Xi - rerata Log X)^2	(Log Xi - rerata Log X)^3	(Log Xi - rerata Log X)^4
1	162,59	2,2111	0,1555	0,0242	0,0038	0,0006
2	99,46	1,9977	-0,0579	0,0034	-0,0002	0,0000
3	101,68	2,0072	-0,0484	0,0023	-0,0001	0,0000
4	116,19	2,0652	0,0096	0,0001	0,0000	0,0000
5	80,19	1,9041	-0,1515	0,0229	-0,0035	0,0005
6	113,66	2,0556	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	112,34	2,0505	-0,0050	0,0000	0,0000	0,0000
8	116,22	2,0653	0,0097	0,0001	0,0000	0,0000
9	106,83	2,0287	-0,0269	0,0007	0,0000	0,0000
10	148,07	2,1705	0,1149	0,0132	0,0015	0,0002
TOTAL	1157,2317	20,5558	0,0000	0,0670	0,0015	0,0013

Pengukuran Dispersi:

a. Standar Deviasi (S)

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

$$S = \sqrt{\frac{0,067}{9}} = 0,086$$

b. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}}$$

$$Cv = \frac{0,086}{2,055} = 0,042$$

c. Koefisien Kemiringan/Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3}\sum^{n} (xi - x)^3$$

$$Cs = \frac{10}{(10-1)(10-2)0,086^3} \times (0,0015) = 0,32$$

d. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^{n} (xi - x)^4$$

$$Ck = \frac{10}{(10-1)(10-2)0{,}086^4} \times (0{,}0013)$$

Ck = 4,715

4.1.4 Pemilihan Distribusi Curah Hujan

Dari parameter statistik, setelah itu dapat dilakukan pemilihan jenis analisis frekuensi yang akan digunakan dengan membandingkan persyaratan dengan hasil perhitungan. Dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Syarat Pemilihan Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	Cs ≈ 0 Ck = 3
Gumbel Tipe I	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
Log Pearson Tipe III	Cs ≠ 0
Log normal	Cs ≈ 3Cv + Cv^2 = 3 Ck = 5,383

(Sumber : CD. Soemarto, 1999)

Tabel 4. 12 Syarat Pemilihan Distribusi

No	Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan		Syarat	Keterangan
1	Normal	Cs	0,32	Cs ≈ 0	tidak memenuhi
		Ck	4,78	Ck ≈ 3	
2	Gumbel	Cs	0,32	Cs ≈ 1,139	tidak memenuhi
		Ck	4,78	Ck ≈ 5,402	
3	Log Pearson Tipe III	Cs	0,32	Cs ≠ 0	memenuhi
4	Log Normal	Cs	0,32	Cs ≈ 1,137	tidak memenuhi
		Ck	5,29	Ck ≈ 5,383	

Hasil penentuan tipe sebaran menunjukkan tidak ada parameter statistik dari data pengamatan yang memenuhi syarat untuk distribusi normal, log normal dan distribusi gumbel. Maka akan digunakan distribusi Log Pearson III

4.1.5 Pengujian Kesesuaian Distribusi

Metode yang digunakan untuk menguji keselarasan distribusi secara analitis yaitu menggunakan metode Chi-Kuadrat dan Sminov Kolmogorov secara grafis.

4.1.6 Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Chi-Kuadrat

Langkah pengujian dengan menggunakan metode Chi-Kuadrat yaitu sebagai berikut

a. Mengurutkan data hujan maksimum tahunan dari kecil hingga yang terbesar

Tabel 4. 13 Urutan Data Hujan Maksimum Tahunan

No	Tahun	Curah Hujan Rerata Max (mm)
1	2015	162,59
2	2016	99,46
3	2017	101,68
4	2018	116,19
5	2019	80,19
6	2020	113,66
7	2021	112,34
8	2022	116,22
9	2023	106,83
10	2024	148,07

b. Menentukan Jumlah Kelas (G)

G = 1 + 3,322 log (n)

G = 1 + 3,322 log 10

G = 4,322

G = 4

c. Mencari Nilai lk

R (selisih) = Rmax terbesar – Rmax terkecil

R = 162,59 – 80,19

R = 82,4

lk $= \frac{82,4}{n}$

lk $= \frac{82,4}{10} = 8,24$

d. Mencari Nilai Sebaran Analitis (Ei)

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

$= \frac{10}{4} = 2,5$

Ei x lk = 2,5 x 8,24 = 20,6

e. Mencari Nilai Derajat Kebebasan

DK = G – (R+1)

(R = 2 untuk distribusi Log Pearson Type III)

= 4 – (2+1)

= 1

f. Derajat Kepercayaan = 5%

g. X^2 Tabel =3,841 (dari **Tabel 4.14)**

Tabel 4. 14 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat

dk	α, derajat kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.00004	0.00016	0.00098	0.00039	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	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	35.172	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
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

h. perhitungan untuk batas nilai tiap kelas :

P1 = R max terkecil + (Ei × lk)

= 80,19 + 20,6

= 100,79

P2 = P1 + (Ei × lk)

= 100,79 + 20,6

= 121,39

P3 = P2 + (Ei×Ik)

= 121,39 + 20,6

= 141,99

P4 = P3 + (Ei×Ik)

= 141,99 + 20,6

= 162,59

i. Hitung X^2 hitung dengan Rumus 2.15, perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

No.	Nilai Batas Sub Kelas	Jumlah Data		$(OF - EF)^2$	$(OF - EF)^2 / EF$
		OF	EF		
1	0,000 < 100,79	2,000	2,500	0,250	0,100
2	100,79 < X < 121,39	4,000	2,500	2,250	0,900
3	121,39 < X < 141,99	3,000	2,500	0,250	0,100
4	X > 141,99	1,000	2,500	2,250	0,900
Jumlah :		10,000	10,000	5,000	**2,0**

J. Korelasi Hasil Uji Kecocokan Syarat: X^2 hitung < X^2 tabel

2 < 3,841 (OKE)

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai Chi-Square (X^2) hitung = 2. Batas kritis nilai Chi-Square untuk Dk = 1 dengan derajat kepercayaan 5% dari tabel Chi-Square didapatkan nilai (X^2) kritis = 3,841. Sehingga nilai (X^2) hitung lebih kecil dari (X^2) kritis yaitu 2 < 3,841 maka distribusi Log Pearson III dapat diterima.

4.1.7. Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Smirnov Kolmogorov

Langkah pengujian dengan menggunakan metode Smirnov Kolmogorov yaitu sebagai berikut:

a. Urutkan data dari besar ke kecil untuk menghitung nilai standar deviasi (s) dan koefisien skewness (cs), dan rata-rata (Xrt)

Nilai standar deviasi dan koefisien skewness diambil dari perhitungan pada pengukuran dispersi

Tabel 4. 16 Urutan Curah Hujan Maksimum Tahunan

Tahun	X terurut
1	162,593
2	148,071
3	116,216
4	116,186
5	113,662
6	112,341
7	106,834
8	101,678
9	99,463
10	80,186
Jumlah	1157,232
X rata - rata	115,723
S	0,086
Cs	0,32232

b. Mencari nilai log dari curah hujan maksimum per tahun, rata-rata, standar deviasi, dan koefisien skewness

Contoh perhitungan :

Log Xi (2015) = Log (162,593)

= 2,211

Log Xi (2024) = Log (148,071)

= 2,17

Standart Deviasi (S)

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

$$= \sqrt{\frac{0,067}{9}} = 0,086$$

Koefisien Kemiringan/Skewness (Cs)

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

$$Cs = \frac{10}{(10-1)(10-2)0{,}086^3} \text{ X } (0{,}0015) = 0{,}32$$

Tabel 4. 17 Perhitungan Nilai S dan Cs

No.	Xi	Log Xi	(Log Xi - rerata Log X)	(Log Xi - rerata Log X)^2	(Log Xi - rerata Log X)^3
1	148,07	2,1705	0,1149	0,0132	0,0015
2	162,59	2,2111	0,1555	0,0242	0,0038
3	116,19	2,0652	0,0096	0,0001	0,0000
4	101,68	2,0072	-0,0484	0,0023	-0,0001
5	112,34	2,0505	-0,0050	0,0000	0,0000
6	99,46	1,9977	-0,0579	0,0034	-0,0002
7	113,66	2,0556	0,0000	0,0000	0,0000
8	116,22	2,0653	0,0097	0,0001	0,0000
9	106,83	2,0287	-0,0269	0,0007	0,0000
10	80,19	1,9041	-0,1515	0,0229	-0,0035
TOTAL	1157,2317	20,5558	0,0000	0,0670	0,0015
rata rata	115,723168	2,055585	0,000000	0,006696	0,000148

n	=	10
Rerata Log X	=	2,0556
Standar Deviasi (S . Log X)	=	0,086
C_S	=	0,3195
C_K	=	4,6708

c. Mencari nilai peluang empiris (Pe), F(t), peluang teoritis (Pt), dan ΔP maksimum per tahun

Contoh perhitungan :

Peluang Empiris (Pe)

Rmax (2021) = urutan Rmax / (n+1)

= 1/ (10+1)

= 0,091

Rmax (2018) = urutan Rmax / (n+1)

= 2 / (10+1)

= 0,182

Menghitung nilai F(t)

F(t) 1 $= \frac{(\log xi - xrt)}{s}$

$= \frac{(2{,}2111 - 2{,}056)}{0{,}086}$

=1,81

F(t) 2 $= \frac{(\log xi - xrt)}{s}$

$= \frac{(2{,}1705 - 2{,}056)}{0{,}086}$

= 1,34

Peluang Teoritis (Pt)

Mencari nilai Cs (0,3195) kala ulang 2, 5, 10,20,25, 50, 100 menggunakan interpolasi. Nilai Cs (0,3) san Cs (0,4) dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Nilai Cs

KALA ULANG	NILAI Cs		
	0,3	0,4	0,319
2	-0,050	-0,066	0,0014
5	0,824	0,816	0,8423
10	1,309	1,317	1,2810
20	0,000	0,000	0,0000
25	1,849	1,880	1,7480
50	2,211	2,261	2,0494
100	2,544	2,615	2,3197

Nilai Peluang Teoritis (Pt) dihitung dengan interpolasi nilai F(t) terhadap Nilai Cs (0,3195) pada kala ulang

Contoh perhitungan :

Pt (1) = 0,368, didapatkan dari nilai Ft (1) = 1,34 diantara nilai Cs pada kala ulang 25 tahun dan 50 tahun.

Pt (2) = 0,036, didapatkan dari nilai Ft (2) = 0,53 diantara nilai Cs pada kala ulang 2 tahun dan 5 tahun.

Menghitung ΔP maksimum

ΔP (1) $=|Pe - Pt|$

$=|0{,}091 - 0{,}974|$

=0,8831

ΔP (2) $= |Pe - Pt|$

$= |0{,}182 - 0{,}973|$

= 0,7912

Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov

No	X	Log X	Cs	m	S_n (X)	Pr	Px (X)	D I P_X (X) - S_n (X)
1	148,071	2,170	1,332	1,000	0,091	1,332	-0,332	0,4228
2	162,593	2,211	1,803	2,000	0,182	0,022	0,978	0,7963
3	116,186	2,065	0,111	3,000	0,273	0,023	0,977	0,7047
4	101,678	2,007	-0,561	4,000	0,364	0,026	0,974	0,6105
5	112,341	2,051	-0,059	5,000	0,455	-0,003	1,003	0,5486
6	99,463	1,998	-0,672	6,000	0,545	-0,003	1,003	0,4578
7	113,662	2,056	0,000	7,000	0,636	0,016	0,984	0,3472
8	116,216	2,065	0,112	8,000	0,727	0,016	0,984	0,2563
9	106,834	2,029	-0,312	9,000	0,818	0,018	0,982	0,1637
10	80,186	1,904	-1,756	10,000	0,909	-0,018	1,018	0,1086
Rerata Log X			=	2,0556			**D Maks.**	**0,7963**
Standar Deviasi (S)			=	0,086				
D Maks.			=	0,7963				
N (jumlah data)			=	10				
a (derajat kepercayaan)			=	5%				
D Kritis			=	0,4090				

a. Korelasi Hasil Uji Kecocokan

Nilai Δmaks tabel harus lebih kecil dari Δkritis. Distribusi terbaik adalah yang memberikan nilai Δmaks tabel paling kecil. Dari hasil plotting data diperoleh:

n = 0

α = 5%

Δkritis = 41 (didapat dari Tabel 4.14)

Δmax tabel = 0,7963

Syarat :

Δmax tabel < Δkritis

0,7963 < 41

Dari hasil perhitungan diatas, Δmax tabel yang lebih besar daripada Δkritis sehingga hasilnya tidak memenuhi syarat.

Tabel 4. 20 Harga D Kritis untuk Smirnov Kolmogorov Test

Jumlah data	α derajat kepercayaan			
N	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

Tabel 4. 21 Nilai Cs untuk Nilai Positif

Cs	Kala Ulang											
	1,0101	1,0526	1,1111	1,25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Percent Chance											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.2	-2.175	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.250
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575	4.680
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.3	-1.388	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745	4.965
1.4	-1.318	-1.163	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910	5.250
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.269	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069	5.525

4.2. Distribusi Curah Hujan Metode Log Pearson Type III

Metode perhitungan Log Pearson Type III untuk menganalisis hujan rencana. Pada metode ini diperhitungkan nilai rata-rata curah hujan maksimum (X) dan Standar Deviasi (S) dan nilai Kt (koefisien log pearson type III).

a Standar Deviasi (S)

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

$$S = \sqrt{\frac{0{,}067}{9}} = 0{,}086$$

b Koefisien skewness (Cs)

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

$$\mathbf{Cs} = \frac{10}{(10-1)(10-2)0{,}086^3} \; x \; (0{,}0015) = \mathbf{0{,}3195}$$

c Mencari nilai Kt

Mencari nilai Cs (0,3195) kala ulang 5, 10, 25, 50, 100 menggunakan interpolasi. Nilai Cs (0,3) san Cs (0,4) dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Harga Perhitungan Nilai Cs Metode Log Pearson Type III

Kala Ulang	Nilai Cs		
	0,3	0,3195	0,4
2	-0,050	-0,0531	-0,066
5	0,824	0,8224	0,816
10	1,309	1,3106	1,317
25	1,849	1,8550	1,880
50	2,211	2,2207	2,261
100	2,544	2,5578	2,615

d Menghitung Curah Hujan Rencana (Rn)

Contoh perhitungan untuk Periode Ulang 2 tahun:

$Xt = X + Kt \times Sx$

Xt = 2,0556 + -0,0531 × 0,086 Xt = 2,051 mm

Contoh perhitungan untuk Periode Ulang 5 tahun:

Xt = X + Kt × Sx

Xt = 2,0556 + 0,8224 × 0,086

Xt = 2,126 mm

Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson Type III

T	P	S	X	Kt	Hujan Rencana	
2	50%	0,086	2,0556	-0,0531	2,051	112,469
5	20%	0,086	2,0556	0,8224	2,126	133,761
10	10%	0,086	2,0556	1,3106	2,168	147,336
25	4%	0,086	2,0556	1,8550	2,215	164,109
50	5%	0,086	2,0556	2,2207	2,247	176,434
100	1%	0,086	2,0556	2,5578	2,276	188,613

4.3 Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

4.3.1 Perhitungan Rerata Hujan Dari Awal Sampaijam Ke- T

Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman dan Rasio Hujan Harian Pada Kala Ulang 2 Tahun

Tabel 4. 24 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Gumbel

No.	Tahun	X terurut	log R	(X i - X rerata)	(X i - X rerata)2	(X i - X rerata)3	(X i - X rerata)4
1	2015	162,59	2,21	46,87	2196,80	102964,272	4825941,67
2	2016	99,46	2,00	-16,26	264,38	-4298,783	69897,35
3	2017	101,68	2,01	-14,05	197,26	-2770,569	38912,76
4	2018	116,19	2,07	0,46	0,21	0,099	0,05
5	2019	80,19	1,90	-35,54	1262,91	-44880,815	1594952,13
6	2020	113,66	2,06	-2,06	4,25	-8,753	18,04
7	2021	112,34	2,05	-3,38	11,44	-38,701	130,91
8	2022	116,22	2,07	0,49	0,24	0,120	0,06
9	2023	106,83	2,03	-8,89	79,01	-702,358	6243,26
10	2024	148,07	2,17	32,35	1046,41	33849,481	1094971,19
JUMLAH			**20,56**	**0,00**	**5062,93**	**84113,993**	**7631067,40**
rata rata			**115,72**				
standartd devisisasi			**0,086**				

banyak data	10
CS	0,319
yn	0,4952
sn	0,9495

a. Jam ke- 1

Intensitas (i) atau Rt $= (\frac{R42}{t}) \times (\frac{t}{T})^{2/3}$

$= (\frac{1}{6}) \times (\frac{6}{1})^{2/3}$

$= 0{,}550$ R24

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

$=1\times 0{,}550 - (1-1) \times (1-1)$

$= 0{,}550$

Rn $= C \times R24$

$= 0{,}38 \times 112{,}51$

$= 42{,}50$ mm

Re $= Rt \times Rn$

$= 0{,}550 \times 42{,}50$

$= 23{,}51$ mm

b. Jam Ke-2

Intensitas (i) atau Rt $= (\frac{R42}{t}) \times (\frac{t}{T})^{2/3}$

$= (\frac{1}{6}) \times (\frac{6}{2})^{2/3}$

$= 0{,}347$ R24

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

$=2 \times 0{,}347 - (2-1) \times 0{,}550$

$= 0{,}143$

Rn $= C \times R24$

$= 0{,}38 \times 112{,}51$

$= 42{,}50$ mm

Re = Rt × Rn

= 0,347 × 42,50

= 14,748 mm

c. Jam Ke-3

Intensitas (i) atau Rt $= (\frac{R42}{t}) \times (\frac{t}{T})^{2/3}$

$= (\frac{1}{6}) \times (\frac{6}{3})^{2/3}$

= 0,265 R24

RT = T × Rt – (T–1) × R(T-1)

=3× 0,265 – (3-1) × 0,347

= 0,100

Rn = C × R24

= 0,38 × 112,51

= 42,50 mm

Re = Rt × Rn

= 0,265 × 42,75

= 11,263 mm

d. Jam Ke-4

Intensitas (i) atau Rt $= (\frac{R42}{t}) \times (\frac{t}{T})^{2/3}$

$= (\frac{1}{6}) \times (\frac{6}{1})^{2/3}$

= 0,218 R24

RT = T × Rt – (T–1) × R(T-1)

=4× 0,218 – (4-1) × 0,265

= 0,080

Rn = C × R24

= 0,38 × 112,51

= 42,50 mm

Re = Rt × Rn

= 0,218 × 42,75

= 9,265 mm

e. Jam Ke-5

Intensitas (i) atau Rt $= \left(\frac{R42}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3}$

$= \left(\frac{1}{6}\right) \times \left(\frac{6}{5}\right)^{2/3}$

= 0,188 R24

RT = T × Rt – (T–1) × R(T-1)

= 5× 0,188 – (5-1) × 0,218

= 0,067

Rn = C × R24

= 0,38 × 112,51

= 42,50 mm

Re = Rt × Rn

= 0,188 × 42,50

= 7,99 mm

f. Jam Ke-6

Intensitas (i) atau Rt $= \left(\frac{R42}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3}$

$= \left(\frac{1}{6}\right) \times \left(\frac{6}{6}\right)^{2/3}$

= 0,167 R24

RT = T × Rt – (T–1) × R(T-1)

= 6× 0,167 – (5-1) × 0,188

= 0,059

Rn = C × R24

= 0,38 × 112,51

= 42,50 mm

Re = Rt × Rn

= 0,167 × 42,75

= 7,098 mm

Tabel 4. 25 Nilai Rasio Hujan Harian Maksimum

Jam ke	Rata-rata Hujan Sampai Jam ke T(Rt)	CHPada Jam ke - T(RT)
[1]	[2]	[3]
1	0,550	0,550
2	0,347	0,143
3	0,265	0,100
4	0,218	0,080
5	0,188	0,067
6	0,167	0,059

4.3.2. Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn)

Nilai C diambil dari (Tabel 4.26) karena DAS terletak di daerah Persawahan yang dialiri

Tabel 4. 26 Tabel Koefisien Pengaliran

	Rmskoef. pengaliran suyono--- >hal 146							
1-15,7/Rt3/4	0,55	0,60	0,63	0,55	0,66	0,68	0,69	sungai bagian h
1-5,65/ Rt1/2	0,47	0,51	0,53	0,47	0,56	0,57	0,59	sungai bagian ter
1-7,20/ Rt1/2	0,32	0,38	0,41	0,32	0,44	0,46	0,48	sungai bagian ter
1-3.14/ Rt1/3	0,35	0,39	0,41	0,35	0,43	0,44	0,45	sungai bagian ter
1-6.60/ Rt1/2	0,38	0,43	0,46	0,38	0,49	0,50	0,52	sungai hilir

Contoh perhitungan hujan efektif (Rn) untuk periode ulang 2 tahun

Rn = C × R

= 0.38 × 112,51

= 42,50 mm

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 4.27

Tabel 4. 27 Curah Hujan Rencana Efektif (Rn)

periode ulang (T)	koefisien pengaliran (C)	Curah Hujan Rencana (R)	Curah Hujan Rencana Efektif (Rn)
2	0,38	112,51	42,50
5	0,44	140,82	62,50
10	0,48	159,56	76,19
20	0,50	177,53	89,59
25	0,51	183,24	93,90
50	0,53	200,80	107,28
100	0,55	218,24	120,74

Contoh perhitungan distribusi hujan efektif jam-jaman untuk periode ulang 2 tahun

RT = 0.5503 × 100 × 42,50 × 0,01

= 55,03 × 42,50 × 0,01

= 23,39 mm

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 4.28.

Tabel 4. 28 Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman

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	18,95	36,09	48,92	61,68	65,80	78,71	91,77
2	14,30	69,34	4,93	9,38	12,72	16,03	17,10	20,46	23,85
3	10,03	79,37	3,46	6,58	8,92	11,25	12,00	14,35	16,73
4	7,99	87,36	2,75	5,24	7,10	8,95	9,55	11,42	13,32
5	6,75	94,10	2,32	4,42	6,00	7,56	8,07	9,65	11,25
6	5,90	100,00	2,03	3,87	5,24	6,61	7,05	8,43	9,83
PROBABILITAS HUJAN HARIAN			100,65	156,93	194,19	229,93	241,26	276,19	310,86
KOEFISIEN PENGALIRAN			0,34	0,42	0,46	0,49	0,50	0,52	0,54
HUJAN EFEKTIF			34,44	65,57	88,89	112,08	119,57	143,02	166,76

4.3.3 Hasil Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

Luas DAS (A) = 34,31 km^2

Panjang Sungai (L) = 48,62 km

Koefisien a = 3

R0 = 1 mm (hujan satuan)

Waktu Kelambatan (Tg) untuk L < 15 km

Tg = 0,4 + 0.058 × L

= O,4 + 2,82

= 3,22 jam

Waktu Durasi Hujan (Tr)

Tr = 0.5 Tg s/d 1.0 Tg

= 0,75 × 3,22

= 2,41 jam

Waktu Puncak (Tp)

Tp = 3,22 + 0.8×Tr

= 3,22 + 0.8 × 2,41

= 5,15 jam

Koefisien ὰ

ὰ = 1.5 – 3.0

nilai ὰ = 3

Waktu Saat 0.3 Kali Debit Puncak ($T_{0.3}$)

$T_{0.3}$ = ὰ × Tg

= 3 × 3,22

= 9,66 jam

Satuan Kedalaman Hujan (Ro)

Ro = 1 mm

Debit Puncak Hidrograf

Q_{maks} $= \frac{1}{3,6}\left(\frac{A\ Re}{0,3\ Tp+T0,3}\right)$

$= \frac{1}{3,6}\left(\frac{3.175\times1}{0,3\ 5,15+9,66}\right)$

$= 7.8710\ m^3/$ detik

$Tp + T_{0.3}$ $= 5,15 + 9,66$

$= 14,81$ jam

$Tp + T_{0.3} + 1.5\times T_{0.3}$ $= 5,15 + 9,66 + 1.5 \times 9,66$

$= 29,30$ jam

$Tp + T_{0.3} + 1.5\times T_{0.3} + 2\ T_{0.3}$ $= 5,15 + 9,66 + 1.5 \times 9,66 + 2 \times 9,66$

$= 48,62$ jam

Waktu naik : 0 <= t1 <= Tp

0 < t1 < 5,152

kurva turun (recession line)

a Tp <=t<=(Tp+T0.3)

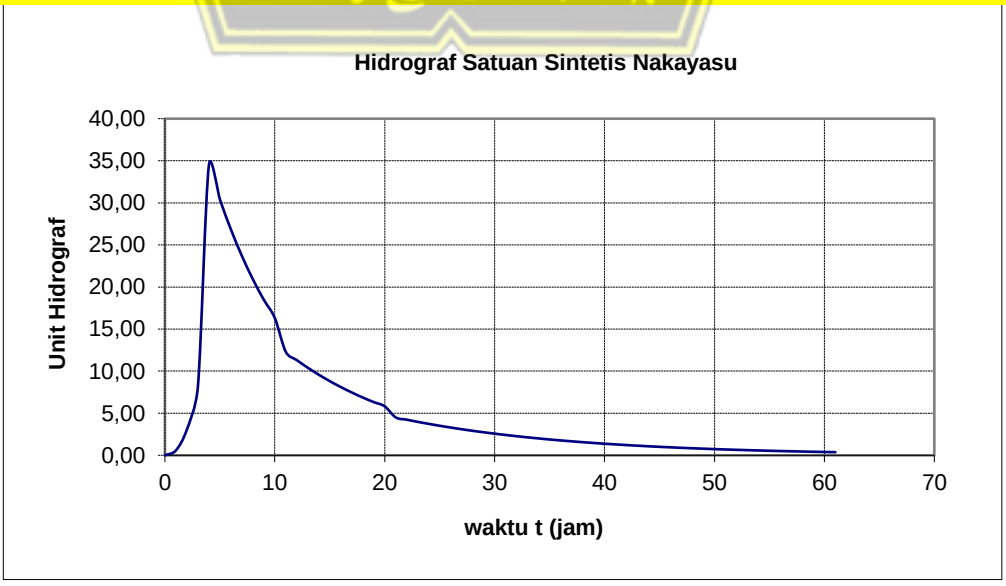
5,152 < t2 < 14,812

b (Tp+T0.3) <=t <=(Tp +T0.3+1.5*T0.3)

14,812 < t3 < 29,302

c t>=(Tp +T0.3+1.5*T0.3)

T > 29,302



Gambar 4.3. Grafik Ordinat Hidrograf Satuan

Tabel 4. 29 Ordinat Hidrograf Satuan

Waktu Jam	Qt m^3/det	bentuk kurva
0	0,0000	t1
1	0,5837	t1
2	3,0806	t1
3	8,1518	t1
4	34,4546	t2
5	30,4171	t2
6	26,8528	t2
7	23,7061	t2
8	20,9282	t2
9	18,4758	t2
10	16,3107	t2
11	12,2905	t3
12	11,3105	t3
13	10,4087	t3
14	9,5788	t3
15	8,8150	t3
16	8,1122	t3
17	7,4654	t3
18	6,8702	t3
19	6,3224	t3
20	5,8183	t3
21	4,5063	t4
22	4,2340	t4
23	3,9782	t4
24	3,7379	t4
25	3,5120	t4
26	3,2998	t4
27	3,1005	t4
28	2,9132	t4
29	2,7372	t4
30	2,5718	t4
31	2,4164	t4
32	2,2704	t4
33	2,1333	t4
34	2,0044	t4
35	1,8833	t4
36	1,7695	t4
37	1,6626	t4
38	1,5621	t4
39	1,4678	t4
40	1,3791	t4
41	1,2958	t4

42	1,2175	t4
43	1,1439	t4
44	1,0748	t4
45	1,0099	t4
46	0,9489	t4
47	0,8915	t4
48	0,8377	t4
49	0,7871	t4
50	0,7395	t4
51	0,6948	t4
52	0,6529	t4
53	0,6134	t4
54	0,5764	t4
55	0,5415	t4
56	0,5088	t4
57	0,4781	t4
58	0,4492	t4
59	0,4221	t4
60	0,3966	t4
61	0,3726	t4

Dari tabel ordinat hidrograf satuan, debit puncak terjadi pada waktu 4 jam, dengan unit hidrograf sebesar 34,4546m^3/detik/mm.

Perhitungan Debit Banjir Rencana Untuk Hujan Jam Jaman dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Dihitung dengan Prinsip Super Posisi. Contoh perhitungan untuk hujan jam-jaman periode 2 tahun:

$Q1 = R_{n1} \times HS_1$

$Q2 = R_{n1} \times HS_2 + R_{n2} \times HS_1$

$Q3 = R_{n1} \times HS_3 + R_{n2} \times HS_1 + R_{n1} \times HS_1$

$Qn = R_{n1} \times HS_n + R_{n2} \times H_{S(n-1)} + R_{n1} \times H_{S(n-1)} + \ldots \quad \ldots\ldots + R_n \times HS_1$

$Q1 = R_{n1} \times HS_1$

$= 23,39 \times 0,0154$

$= 0,36$

$Q2 = R_{n1} \times HS_2 + R_{n2} \times HS_1$

$= 23,39 \times 0,0812 + 6,08 \times 0,0154$

$= 1,99$

Untuk selanjutnya perhitungan dapat di lihat pada tabel 4.25 sampai Tabel 4.30

Tabel 4. 30 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1 20,91 (mm)	R2 5,44 (mm)	R3 3,81 (mm)	R4 3,04 (mm)	R5 2,56 (mm)	R6 2,24 (mm)	Debit Banjir (m^3/det)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	0,5837	12,21	-					12,21
2,00	3,0806	64,42	3,17	-				67,59
3,00	8,1518	170,47	16,74	2,23	-			189,44
4,00	34,4546	720,52	44,31	11,75	1,77	-		778,35
5,00	30,4171	636,09	187,28	31,08	9,35	1,50	-	865,30
6,00	26,8528	561,55	165,33	131,37	24,74	7,90	1,31	892,20
7,00	23,7061	495,75	145,96	115,98	104,58	20,90	6,90	890,06
8,00	20,9282	437,65	128,85	102,39	92,33	88,32	18,27	867,81
9,00	18,4758	386,37	113,76	90,39	81,51	77,97	77,20	827,19
10,00	16,3107	341,09	100,43	79,80	71,96	68,83	68,15	730,26
11,00	12,2905	257,02	88,66	70,45	63,53	60,77	60,17	600,58
12,00	11,3105	236,53	66,80	62,19	56,08	53,65	53,12	528,37
13,00	10,4087	217,67	61,48	46,86	49,51	47,36	46,89	469,77
14,00	9,5788	200,31	56,58	43,13	37,31	41,81	41,40	420,53
15,00	8,8150	184,34	52,07	39,69	34,33	31,50	36,55	378,48
16,00	8,1122	169,64	47,91	36,52	31,59	28,99	27,54	342,21
17,00	7,4654	156,12	44,09	33,61	29,08	26,68	25,34	314,92
18,00	6,8702	143,67	40,58	30,93	26,76	24,55	23,32	289,81
19,00	6,3224	132,21	37,34	28,46	24,62	22,60	21,46	266,70
20,00	5,8183	121,67	34,37	26,20	22,66	20,79	19,75	245,44
21,00	4,5063	94,24	31,63	24,11	20,85	19,14	18,18	208,13
22,00	4,2340	88,54	24,49	22,18	19,19	17,61	16,73	188,75
23,00	3,9782	83,19	23,01	17,18	17,66	16,21	15,39	172,65
24,00	3,7379	78,17	21,62	16,14	13,68	14,91	14,17	158,69
25,00	3,5120	73,44	20,32	15,17	12,85	11,55	13,04	146,37
26,00	3,2998	69,01	19,09	14,25	12,08	10,85	10,10	135,37
27,00	3,1005	64,84	17,94	13,39	11,35	10,20	9,49	127,20
28,00	2,9132	60,92	16,85	12,58	10,66	9,58	8,91	119,51
29,00	2,7372	57,24	15,83	11,82	10,02	9,00	8,38	112,29
30,00	2,5718	53,78	14,88	11,11	9,41	8,46	7,87	105,51
31,00	2,4164	50,53	13,98	10,44	8,84	7,95	7,39	99,13
32,00	2,2704	47,48	13,13	9,81	8,31	7,47	6,95	93,14

33,00	2,1333	44,61	12,34	9,21	7,81	7,02	6,53	87,52
34,00	2,0044	41,92	11,60	8,66	7,33	6,59	6,13	82,23
35,00	1,8833	39,38	10,89	8,13	6,89	6,19	5,76	77,26
36,00	1,7695	37,00	10,24	7,64	6,48	5,82	5,41	72,59
37,00	1,6626	34,77	9,62	7,18	6,08	5,47	5,09	68,21
38,00	1,5621	32,67	9,04	6,75	5,72	5,14	4,78	64,09
39,00	1,4678	30,69	8,49	6,34	5,37	4,83	4,49	60,21
40,00	1,3791	28,84	7,98	5,96	5,05	4,54	4,22	56,58
41,00	1,2958	27,10	7,50	5,60	4,74	4,26	3,96	53,16
42,00	1,2175	25,46	7,04	5,26	4,46	4,00	3,73	49,95
43,00	1,1439	23,92	6,62	4,94	4,19	3,76	3,50	46,93
44,00	1,0748	22,48	6,22	4,64	3,93	3,54	3,29	44,09
45,00	1,0099	21,12	5,84	4,36	3,70	3,32	3,09	41,43
46,00	0,9489	19,84	5,49	4,10	3,47	3,12	2,90	38,93
47,00	0,8915	18,64	5,16	3,85	3,26	2,93	2,73	36,57
48,00	0,8377	17,52	4,85	3,62	3,07	2,76	2,56	34,37
49,00	0,7871	16,46	4,55	3,40	2,88	2,59	2,41	32,29
50,00	0,7395	15,46	4,28	3,19	2,71	2,43	2,26	30,34
51,00	0,6948	14,53	4,02	3,00	2,54	2,29	2,13	28,51
52,00	0,6529	13,65	3,78	2,82	2,39	2,15	2,00	26,78
53,00	0,6134	12,83	3,55	2,65	2,24	2,02	1,88	25,16
54,00	0,5764	12,05	3,33	2,49	2,11	1,90	1,76	23,64
55,00	0,5415	11,32	3,13	2,34	1,98	1,78	1,66	22,22
56,00	0,5088	10,64	2,94	2,20	1,86	1,67	1,56	20,87
57,00	0,4781	10,00	2,77	2,06	1,75	1,57	1,46	19,61
58,00	0,4492	9,39	2,60	1,94	1,64	1,48	1,37	18,43
59,00	0,4221	8,83	2,44	1,82	1,54	1,39	1,29	17,31
60,00	0,3966	8,29	2,29	1,71	1,45	1,30	1,21	16,27
61,00	0,3726	7,79	2,16	1,61	1,36	1,23	1,14	15,29

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 6, dengan debit banjir sebesar 892,20 m^3/detik

Tabel 4. 31 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun

Waktu (jam)	**Hidrograf satuan**	**R1 28,35 (mm)**	**R2 7,37 (mm)**	**R3 5,17 (mm)**	**R4 4,12 (mm)**	**R5 3,48 (mm)**	**R6 3,04 (mm)**	**Debit Banjir (m^3/det)**
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	0,58	16,55	-					16,55
2,00	3,08	87,35	4,30	-				91,65
3,00	8,15	231,14	22,70	3,02	-			256,86

4,00	34,45	976,95	60,08	15,93	2,40	-		1.055,35
5,00	30,42	862,47	253,93	42,14	12,68	2,03	-	1.173,25
6,00	26,85	761,40	224,17	178,13	33,55	10,71	1,77	1.209,73
7,00	23,71	672,18	197,90	157,25	141,81	28,33	9,36	1.206,83
8,00	20,93	593,41	174,71	138,83	125,19	119,75	24,77	1.176,65
9,00	18,48	523,87	154,24	122,56	110,52	105,72	104,67	1.121,58
10,00	16,31	462,49	136,17	108,20	97,57	93,33	92,41	990,15
11,00	12,29	348,49	120,21	95,52	86,13	82,39	81,58	814,33
12,00	11,31	320,71	90,58	84,32	76,04	72,74	72,02	716,41
13,00	10,41	295,13	83,36	63,54	67,13	64,21	63,58	636,96
14,00	9,58	271,60	76,71	58,47	50,58	56,69	56,13	570,19
15,00	8,82	249,95	70,60	53,81	46,55	42,72	49,55	513,17
16,00	8,11	230,02	64,97	49,52	42,84	39,31	37,34	463,99
17,00	7,47	211,68	59,79	45,57	39,42	36,18	34,36	427,00
18,00	6,87	194,80	55,02	41,94	36,28	33,29	31,62	392,95
19,00	6,32	179,27	50,63	38,60	33,39	30,64	29,10	361,62
20,00	5,82	164,98	46,60	35,52	30,73	28,19	26,78	332,79
21,00	4,51	127,77	42,88	32,69	28,28	25,95	24,65	282,21
22,00	4,23	120,05	33,21	30,08	26,02	23,88	22,68	255,92
23,00	3,98	112,80	31,20	23,30	23,95	21,97	20,87	234,09
24,00	3,74	105,99	29,32	21,89	18,55	20,22	19,21	215,17
25,00	3,51	99,58	27,55	20,57	17,43	15,66	17,68	198,46
26,00	3,30	93,57	25,88	19,32	16,37	14,72	13,69	183,55
27,00	3,10	87,91	24,32	18,16	15,38	13,83	12,86	172,46
28,00	2,91	82,60	22,85	17,06	14,45	12,99	12,09	162,04
29,00	2,74	77,61	21,47	16,03	13,58	12,21	11,36	152,25
30,00	2,57	72,92	20,17	15,06	12,76	11,47	10,67	143,05
31,00	2,42	68,52	18,95	14,15	11,99	10,78	10,03	134,41
32,00	2,27	64,38	17,81	13,30	11,27	10,12	9,42	126,29
33,00	2,13	60,49	16,73	12,49	10,58	9,51	8,85	118,66
34,00	2,00	56,83	15,72	11,74	9,95	8,94	8,32	111,49
35,00	1,88	53,40	14,77	11,03	9,34	8,40	7,81	104,76
36,00	1,77	50,17	13,88	10,36	8,78	7,89	7,34	98,43
37,00	1,66	47,14	13,04	9,74	8,25	7,41	6,90	92,48
38,00	1,56	44,29	12,25	9,15	7,75	6,97	6,48	86,89
39,00	1,47	41,62	11,51	8,60	7,28	6,55	6,09	81,64
40,00	1,38	39,10	10,82	8,08	6,84	6,15	5,72	76,71
41,00	1,30	36,74	10,16	7,59	6,43	5,78	5,38	72,08
42,00	1,22	34,52	9,55	7,13	6,04	5,43	5,05	67,72
43,00	1,14	32,44	8,97	6,70	5,68	5,10	4,75	63,63
44,00	1,07	30,48	8,43	6,29	5,33	4,79	4,46	59,79
45,00	1,01	28,63	7,92	5,91	5,01	4,50	4,19	56,17
46,00	0,95	26,90	7,44	5,56	4,71	4,23	3,94	52,78
47,00	0,89	25,28	6,99	5,22	4,42	3,98	3,70	49,59

48,00	0,84	23,75	6,57	4,91	4,16	3,74	3,48	46,60
49,00	0,79	22,32	6,17	4,61	3,91	3,51	3,27	43,78
50,00	0,74	20,97	5,80	4,33	3,67	3,30	3,07	41,14
51,00	0,69	19,70	5,45	4,07	3,45	3,10	2,88	38,65
52,00	0,65	18,51	5,12	3,82	3,24	2,91	2,71	36,31
53,00	0,61	17,39	4,81	3,59	3,04	2,74	2,54	34,12
54,00	0,58	16,34	4,52	3,38	2,86	2,57	2,39	32,06
55,00	0,54	15,35	4,25	3,17	2,69	2,41	2,25	30,12
56,00	0,51	14,43	3,99	2,98	2,52	2,27	2,11	28,30
57,00	0,48	13,56	3,75	2,80	2,37	2,13	1,98	26,59
58,00	0,45	12,74	3,52	2,63	2,23	2,00	1,86	24,99
59,00	0,42	11,97	3,31	2,47	2,09	1,88	1,75	23,48
60,00	0,40	11,24	3,11	2,32	1,97	1,77	1,65	22,06
61,00	0,37	10,56	2,92	2,18	1,85	1,66	1,55	20,73

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 6, dengan debit banjir sebesar 1.209,73 m^3/detik.

Tabel 4. 32 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1 34,39 (mm)	R2 8,94 (mm)	R3 6,27 (mm)	R4 4,99 (mm)	R5 4,22 (mm)	R6 3,68 (mm)	Debit Banjir (m^3/det)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	0,58	20,07	-					20,07
2,00	3,08	105,95	5,22	-				111,16
3,00	8,15	280,35	27,54	3,66	-			311,55
4,00	34,45	1.184,94	72,87	19,32	2,91	-		1.280,04
5,00	30,42	1.046,09	307,99	51,12	15,38	2,46	-	1.423,04
6,00	26,85	923,51	271,90	216,05	40,69	12,99	2,15	1.467,29
7,00	23,71	815,29	240,04	190,73	172,00	34,36	11,35	1.463,77
8,00	20,93	719,75	211,91	168,38	151,84	145,24	30,04	1.427,17
9,00	18,48	635,41	187,08	148,65	134,05	128,22	126,96	1.360,37
10,00	16,31	560,95	165,16	131,23	118,34	113,20	112,08	1.200,96
11,00	12,29	422,69	145,80	115,85	104,47	99,93	98,95	987,70
12,00	11,31	388,98	109,87	102,28	92,23	88,22	87,35	868,93
13,00	10,41	357,97	101,11	77,07	81,42	77,89	77,12	772,57
14,00	9,58	329,43	93,04	70,92	61,35	68,76	68,08	691,59
15,00	8,82	303,16	85,63	65,27	56,46	51,81	60,10	622,43

16,00	8,11	278,99	78,80	60,06	51,96	47,68	45,29	562,78
17,00	7,47	256,75	72,52	55,28	47,82	43,88	41,68	517,91
18,00	6,87	236,27	66,73	50,87	44,00	40,38	38,35	476,61
19,00	6,32	217,44	61,41	46,81	40,50	37,16	35,30	438,61
20,00	5,82	200,10	56,52	43,08	37,27	34,20	32,48	403,64
21,00	4,51	154,98	52,01	39,64	34,30	31,47	29,89	342,29
22,00	4,23	145,61	40,28	36,48	31,56	28,96	27,51	310,41
23,00	3,98	136,82	37,85	28,26	29,04	26,65	25,32	283,93
24,00	3,74	128,55	35,56	26,55	22,50	24,53	23,30	260,98
25,00	3,51	120,78	33,41	24,95	21,14	19,00	21,44	240,71
26,00	3,30	113,49	31,39	23,44	19,86	17,85	16,60	222,63
27,00	3,10	106,63	29,50	22,02	18,66	16,77	15,60	209,18
28,00	2,91	100,19	27,72	20,69	17,53	15,76	14,66	196,54
29,00	2,74	94,13	26,04	19,44	16,47	14,81	13,77	184,67
30,00	2,57	88,45	24,47	18,27	15,48	13,91	12,94	173,51
31,00	2,42	83,10	22,99	17,16	14,54	13,07	12,16	163,03
32,00	2,27	78,08	21,60	16,13	13,66	12,28	11,42	153,18
33,00	2,13	73,37	20,30	15,15	12,84	11,54	10,73	143,92
34,00	2,00	68,93	19,07	14,24	12,06	10,84	10,09	135,23
35,00	1,88	64,77	17,92	13,38	11,33	10,19	9,48	127,06
36,00	1,77	60,86	16,83	12,57	10,65	9,57	8,90	119,38
37,00	1,66	57,18	15,82	11,81	10,01	8,99	8,37	112,17
38,00	1,56	53,72	14,86	11,10	9,40	8,45	7,86	105,39
39,00	1,47	50,48	13,96	10,43	8,83	7,94	7,39	99,03
40,00	1,38	47,43	13,12	9,80	8,30	7,46	6,94	93,04
41,00	1,30	44,56	12,33	9,20	7,80	7,01	6,52	87,42
42,00	1,22	41,87	11,58	8,65	7,33	6,59	6,13	82,14
43,00	1,14	39,34	10,88	8,13	6,88	6,19	5,76	77,18
44,00	1,07	36,96	10,23	7,63	6,47	5,81	5,41	72,51
45,00	1,01	34,73	9,61	7,17	6,08	5,46	5,08	68,13
46,00	0,95	32,63	9,03	6,74	5,71	5,13	4,77	64,02
47,00	0,89	30,66	8,48	6,33	5,37	4,82	4,49	60,15
48,00	0,84	28,81	7,97	5,95	5,04	4,53	4,22	56,52
49,00	0,79	27,07	7,49	5,59	4,74	4,26	3,96	53,10
50,00	0,74	25,43	7,04	5,25	4,45	4,00	3,72	49,89
51,00	0,69	23,90	6,61	4,94	4,18	3,76	3,50	46,88

52,00	0,65	22,45	6,21	4,64	3,93	3,53	3,29	44,05
53,00	0,61	21,10	5,84	4,36	3,69	3,32	3,09	41,39
54,00	0,58	19,82	5,48	4,09	3,47	3,12	2,90	38,89
55,00	0,54	18,62	5,15	3,85	3,26	2,93	2,73	36,54
56,00	0,51	17,50	4,84	3,61	3,06	2,75	2,56	34,33
57,00	0,48	16,44	4,55	3,40	2,88	2,59	2,41	32,25
58,00	0,45	15,45	4,27	3,19	2,70	2,43	2,26	30,31
59,00	0,42	14,52	4,02	3,00	2,54	2,28	2,12	28,47
60,00	0,40	13,64	3,77	2,82	2,39	2,14	2,00	26,75
61,00	0,37	12,81	3,54	2,65	2,24	2,02	1,87	25,14

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 6, dengan debit banjir sebesar 1.467,29 m^3/detik.

Tabel 4. 33 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 20 Tahun

Waktu (jam)	**Hidrograf satuan**	**R1 40,33 (mm)**	**R2 10,48 (mm)**	**R3 7,35 (mm)**	**R4 5,85 (mm)**	**R5 4,94 (mm)**	**R6 4,32 (mm)**	**Debit Banjir (m^3/det)**
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	0,58	23,54	-					23,54
2,00	3,08	124,25	6,12	-				130,37
3,00	8,15	328,78	32,29	4,29	-			365,37
4,00	34,45	1.389,63	85,46	22,65	3,42	-		1.501,16
5,00	30,42	1.226,79	361,19	59,95	18,03	2,89	-	1.668,85
6,00	26,85	1.083,03	318,87	253,37	47,72	15,23	2,52	1.720,74
7,00	23,71	956,12	281,50	223,68	201,71	40,30	13,31	1.716,62
8,00	20,93	844,08	248,52	197,47	178,07	170,33	35,23	1.673,69
9,00	18,48	745,17	219,39	174,33	157,20	150,37	148,89	1.595,36
10,00	16,31	657,85	193,68	153,90	138,78	132,75	131,44	1.408,41
11,00	12,29	495,70	170,99	135,87	122,52	117,20	116,04	1.158,31
12,00	11,31	456,18	128,84	119,94	108,16	103,46	102,44	1.019,03
13,00	10,41	419,81	118,57	90,38	95,49	91,34	90,44	906,02
14,00	9,58	386,33	109,12	83,17	71,95	80,64	79,84	811,05
15,00	8,82	355,53	100,42	76,54	66,21	60,76	70,48	729,95
16,00	8,11	327,18	92,41	70,44	60,94	55,92	53,11	659,99
17,00	7,47	301,10	85,04	64,82	56,08	51,46	48,88	607,37

18,00	6,87	277,09	78,26	59,65	51,61	47,35	44,98	558,94
19,00	6,32	255,00	72,02	54,90	47,49	43,58	41,39	514,38
20,00	5,82	234,66	66,28	50,52	43,70	40,10	38,09	473,37
21,00	4,51	181,75	60,99	46,49	40,22	36,91	35,06	401,42
22,00	4,23	170,77	47,24	42,79	37,01	33,96	32,26	364,03
23,00	3,98	160,45	44,39	33,14	34,06	31,26	29,69	332,98
24,00	3,74	150,76	41,70	31,14	26,38	28,76	27,32	306,06
25,00	3,51	141,65	39,18	29,25	24,79	22,28	25,14	282,29
26,00	3,30	133,09	36,82	27,49	23,29	20,93	19,47	261,09
27,00	3,10	125,05	34,59	25,83	21,88	19,67	18,30	245,31
28,00	2,91	117,49	32,50	24,27	20,56	18,48	17,19	230,49
29,00	2,74	110,40	30,54	22,80	19,32	17,36	16,15	216,57
30,00	2,57	103,73	28,69	21,42	18,15	16,31	15,18	203,48
31,00	2,42	97,46	26,96	20,13	17,05	15,33	14,26	191,19
32,00	2,27	91,57	25,33	18,91	16,02	14,40	13,40	179,64
33,00	2,13	86,04	23,80	17,77	15,06	13,53	12,59	168,79
34,00	2,00	80,84	22,36	16,70	14,15	12,71	11,83	158,59
35,00	1,88	75,96	21,01	15,69	13,29	11,95	11,11	149,01
36,00	1,77	71,37	19,74	14,74	12,49	11,22	10,44	140,00
37,00	1,66	67,06	18,55	13,85	11,73	10,55	9,81	131,55
38,00	1,56	63,00	17,43	13,01	11,03	9,91	9,22	123,60
39,00	1,47	59,20	16,38	12,23	10,36	9,31	8,66	116,13
40,00	1,38	55,62	15,39	11,49	9,73	8,75	8,14	109,12
41,00	1,30	52,26	14,46	10,79	9,15	8,22	7,65	102,52
42,00	1,22	49,10	13,58	10,14	8,59	7,72	7,18	96,33
43,00	1,14	46,14	12,76	9,53	8,07	7,26	6,75	90,51
44,00	1,07	43,35	11,99	8,95	7,59	6,82	6,34	85,04
45,00	1,01	40,73	11,27	8,41	7,13	6,41	5,96	79,90
46,00	0,95	38,27	10,59	7,90	6,70	6,02	5,60	75,08
47,00	0,89	35,96	9,95	7,43	6,29	5,66	5,26	70,54
48,00	0,84	33,79	9,35	6,98	5,91	5,31	4,94	66,28
49,00	0,79	31,74	8,78	6,56	5,55	4,99	4,64	62,27
50,00	0,74	29,83	8,25	6,16	5,22	4,69	4,36	58,51
51,00	0,69	28,02	7,75	5,79	4,90	4,41	4,10	54,98
52,00	0,65	26,33	7,28	5,44	4,61	4,14	3,85	51,65
53,00	0,61	24,74	6,84	5,11	4,33	3,89	3,62	48,53

54,00	0,58	23,25	6,43	4,80	4,07	3,66	3,40	45,60
55,00	0,54	21,84	6,04	4,51	3,82	3,44	3,20	42,85
56,00	0,51	20,52	5,68	4,24	3,59	3,23	3,00	40,26
57,00	0,48	19,28	5,33	3,98	3,37	3,03	2,82	37,83
58,00	0,45	18,12	5,01	3,74	3,17	2,85	2,65	35,54
59,00	0,42	17,02	4,71	3,52	2,98	2,68	2,49	33,39
60,00	0,40	15,99	4,42	3,30	2,80	2,52	2,34	31,38
61,00	0,37	15,03	4,16	3,10	2,63	2,36	2,20	29,48

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 6, dengan debit banjir sebesar 1.720,74 m^3/detik.

Tabel 4. 34 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

Waktu (jam)	**Hidrograf satuan**	**R1 42,24 (mm)**	**R2 10,98 (mm)**	**R3 7,70 (mm)**	**R4 6,13 (mm)**	**R5 5,18 (mm)**	**R6 4,53 (mm)**	**Debit Banjir (m^3/det)**
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	0,58	24,66	-					24,66
2,00	3,08	130,14	6,41	-				136,55
3,00	8,15	344,37	33,83	4,50	-			382,69
4,00	34,45	1.455,50	89,51	23,73	3,58	-		1.572,31
5,00	30,42	1.284,94	378,31	62,79	18,89	3,02	-	1.747,95
6,00	26,85	1.134,37	333,98	265,38	49,99	15,95	2,64	1.802,31
7,00	23,71	1.001,44	294,85	234,28	211,27	42,21	13,94	1.797,99
8,00	20,93	884,09	260,30	206,83	186,51	178,41	36,90	1.753,03
9,00	18,48	780,49	229,79	182,59	164,65	157,50	155,95	1.670,98
10,00	16,31	689,03	202,87	161,19	145,36	139,04	137,67	1.475,17
11,00	12,29	519,20	179,09	142,31	128,33	122,75	121,54	1.213,22
12,00	11,31	477,80	134,95	125,63	113,29	108,37	107,30	1.067,34
13,00	10,41	439,70	124,19	94,66	100,01	95,67	94,73	948,97
14,00	9,58	404,65	114,29	87,12	75,36	84,46	83,63	849,50
15,00	8,82	372,38	105,18	80,17	69,35	63,64	73,83	764,55
16,00	8,11	342,69	96,79	73,78	63,82	58,57	55,63	691,28
17,00	7,47	315,37	89,07	67,90	58,73	53,90	51,19	636,16
18,00	6,87	290,22	81,97	62,48	54,05	49,60	47,11	585,44

19,00	6,32	267,08	75,43	57,50	49,74	45,64	43,36	538,76
20,00	5,82	245,79	69,42	52,92	45,78	42,01	39,90	495,80
21,00	4,51	190,36	63,89	48,70	42,13	38,66	36,72	420,44
22,00	4,23	178,86	49,48	44,81	38,77	35,57	33,79	381,29
23,00	3,98	168,05	46,49	34,71	35,68	32,74	31,10	348,76
24,00	3,74	157,90	43,68	32,61	27,63	30,13	28,62	320,57
25,00	3,51	148,36	41,04	30,64	25,96	23,33	26,33	295,68
26,00	3,30	139,40	38,56	28,79	24,39	21,92	20,40	273,46
27,00	3,10	130,98	36,23	27,05	22,92	20,60	19,16	256,94
28,00	2,91	123,06	34,04	25,42	21,53	19,35	18,01	241,42
29,00	2,74	115,63	31,99	23,88	20,23	18,19	16,92	226,83
30,00	2,57	108,64	30,05	22,44	19,01	17,09	15,90	213,13
31,00	2,42	102,08	28,24	21,08	17,86	16,05	14,94	200,25
32,00	2,27	95,91	26,53	19,81	16,78	15,08	14,03	188,15
33,00	2,13	90,12	24,93	18,61	15,77	14,17	13,19	176,79
34,00	2,00	84,67	23,42	17,49	14,82	13,32	12,39	166,11
35,00	1,88	79,56	22,01	16,43	13,92	12,51	11,64	156,07
36,00	1,77	74,75	20,68	15,44	13,08	11,76	10,94	146,64
37,00	1,66	70,23	19,43	14,51	12,29	11,05	10,28	137,78
38,00	1,56	65,99	18,26	13,63	11,55	10,38	9,66	129,46
39,00	1,47	62,00	17,15	12,81	10,85	9,75	9,07	121,64
40,00	1,38	58,26	16,12	12,03	10,19	9,16	8,52	114,29
41,00	1,30	54,74	15,14	11,31	9,58	8,61	8,01	107,38
42,00	1,22	51,43	14,23	10,62	9,00	8,09	7,53	100,89
43,00	1,14	48,32	13,37	9,98	8,46	7,60	7,07	94,80
44,00	1,07	45,40	12,56	9,38	7,95	7,14	6,64	89,07
45,00	1,01	42,66	11,80	8,81	7,47	6,71	6,24	83,69
46,00	0,95	40,08	11,09	8,28	7,01	6,30	5,86	78,63
47,00	0,89	37,66	10,42	7,78	6,59	5,92	5,51	73,88
48,00	0,84	35,39	9,79	7,31	6,19	5,57	5,18	69,42
49,00	0,79	33,25	9,20	6,87	5,82	5,23	4,86	65,23
50,00	0,74	31,24	8,64	6,45	5,47	4,91	4,57	61,28
51,00	0,69	29,35	8,12	6,06	5,14	4,62	4,29	57,58
52,00	0,65	27,58	7,63	5,70	4,83	4,34	4,04	54,10
53,00	0,61	25,91	7,17	5,35	4,53	4,08	3,79	50,83
54,00	0,58	24,35	6,74	5,03	4,26	3,83	3,56	47,76

55,00	0,54	22,88	6,33	4,72	4,00	3,60	3,35	44,88
56,00	0,51	21,49	5,95	4,44	3,76	3,38	3,14	42,17
57,00	0,48	20,20	5,59	4,17	3,53	3,18	2,95	39,62
58,00	0,45	18,98	5,25	3,92	3,32	2,98	2,78	37,23
59,00	0,42	17,83	4,93	3,68	3,12	2,80	2,61	34,98
60,00	0,40	16,75	4,63	3,46	2,93	2,63	2,45	32,86
61,00	0,37	15,74	4,35	3,25	2,75	2,48	2,30	30,88

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 6, dengan debit banjir sebesar 1.802,31m^3/detik.

Tabel 4. 35 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1 48,21 (mm)	R2 12,53 (mm)	R3 8,79 (mm)	R4 7,00 (mm)	R5 5,91 (mm)	R6 5,17 (mm)	Debit Banjir (m^3/det)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	0,58	28,14	-					28,14
2,00	3,08	148,51	7,31	-				155,82
3,00	8,15	392,98	38,60	5,13	-			436,71
4,00	34,45	1.660,97	102,14	27,08	4,08	-		1.794,27
5,00	30,42	1.466,33	431,72	71,65	21,56	3,45	-	1.994,71
6,00	26,85	1.294,50	381,13	302,84	57,04	18,20	3,01	2.056,74
7,00	23,71	1.142,81	336,47	267,35	241,09	48,17	15,91	2.051,81
8,00	20,93	1.008,89	297,04	236,03	212,84	203,59	42,11	2.000,50
9,00	18,48	890,67	262,23	208,37	187,90	179,74	177,96	1.906,87
10,00	16,31	786,30	231,50	183,95	165,88	158,67	157,11	1.683,42
11,00	12,29	592,49	204,38	162,39	146,44	140,08	138,70	1.384,48
12,00	11,31	545,25	154,00	143,36	129,28	123,67	122,45	1.218,01
13,00	10,41	501,78	141,72	108,03	114,13	109,17	108,10	1.082,93
14,00	9,58	461,77	130,42	99,41	86,00	96,38	95,43	969,42
15,00	8,82	424,95	120,02	91,49	79,14	72,62	84,25	872,48
16,00	8,11	391,07	110,45	84,19	72,83	66,83	63,48	788,87
17,00	7,47	359,89	101,65	77,48	67,03	61,51	58,42	725,97
18,00	6,87	331,19	93,54	71,30	61,68	56,60	53,76	668,08
19,00	6,32	304,79	86,08	65,62	56,76	52,09	49,48	614,82

20,00	5,82	280,48	79,22	60,39	52,24	47,94	45,53	565,80
21,00	4,51	217,24	72,90	55,57	48,07	44,11	41,90	479,80
22,00	4,23	204,11	56,46	51,14	44,24	40,60	38,56	435,11
23,00	3,98	191,78	53,05	39,61	40,71	37,36	35,49	398,00
24,00	3,74	180,19	49,85	37,22	31,53	34,38	32,66	365,82
25,00	3,51	169,31	46,84	34,97	29,63	26,63	30,05	337,42
26,00	3,30	159,08	44,01	32,85	27,84	25,02	23,28	312,07
27,00	3,10	149,47	41,35	30,87	26,16	23,51	21,87	293,21
28,00	2,91	140,44	38,85	29,00	24,58	22,09	20,55	275,50
29,00	2,74	131,95	36,50	27,25	23,09	20,75	19,31	258,86
30,00	2,57	123,98	34,30	25,61	21,70	19,50	18,14	243,22
31,00	2,42	116,49	32,22	24,06	20,38	18,32	17,04	228,52
32,00	2,27	109,45	30,28	22,60	19,15	17,21	16,01	214,72
33,00	2,13	102,84	28,45	21,24	18,00	16,17	15,05	201,74
34,00	2,00	96,63	26,73	19,96	16,91	15,20	14,14	189,55
35,00	1,88	90,79	25,12	18,75	15,89	14,28	13,28	178,10
36,00	1,77	85,30	23,60	17,62	14,93	13,42	12,48	167,34
37,00	1,66	80,15	22,17	16,55	14,03	12,61	11,73	157,23
38,00	1,56	75,31	20,83	15,55	13,18	11,84	11,02	147,73
39,00	1,47	70,76	19,57	14,61	12,38	11,13	10,35	138,81
40,00	1,38	66,48	18,39	13,73	11,63	10,46	9,73	130,42
41,00	1,30	62,47	17,28	12,90	10,93	9,82	9,14	122,54
42,00	1,22	58,69	16,24	12,12	10,27	9,23	8,59	115,14
43,00	1,14	55,15	15,26	11,39	9,65	8,67	8,07	108,18
44,00	1,07	51,81	14,33	10,70	9,07	8,15	7,58	101,65
45,00	1,01	48,68	13,47	10,05	8,52	7,66	7,12	95,50
46,00	0,95	45,74	12,65	9,45	8,00	7,19	6,69	89,73
47,00	0,89	42,98	11,89	8,88	7,52	6,76	6,29	84,31
48,00	0,84	40,38	11,17	8,34	7,07	6,35	5,91	79,22
49,00	0,79	37,94	10,50	7,84	6,64	5,97	5,55	74,43
50,00	0,74	35,65	9,86	7,36	6,24	5,61	5,22	69,94
51,00	0,69	33,50	9,27	6,92	5,86	5,27	4,90	65,71
52,00	0,65	31,47	8,71	6,50	5,51	4,95	4,60	61,74
53,00	0,61	29,57	8,18	6,11	5,17	4,65	4,33	58,01
54,00	0,58	27,78	7,69	5,74	4,86	4,37	4,07	54,51
55,00	0,54	26,11	7,22	5,39	4,57	4,11	3,82	51,21

56,00	0,51	24,53	6,79	5,07	4,29	3,86	3,59	48,12
57,00	0,48	23,05	6,38	4,76	4,03	3,62	3,37	45,21
58,00	0,45	21,65	5,99	4,47	3,79	3,41	3,17	42,48
59,00	0,42	20,35	5,63	4,20	3,56	3,20	2,98	39,91
60,00	0,40	19,12	5,29	3,95	3,35	3,01	2,80	37,50
61,00	0,37	17,96	4,97	3,71	3,14	2,82	2,63	35,24

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 6, dengan debit banjir sebesar 2.056,74 m^3/detik.

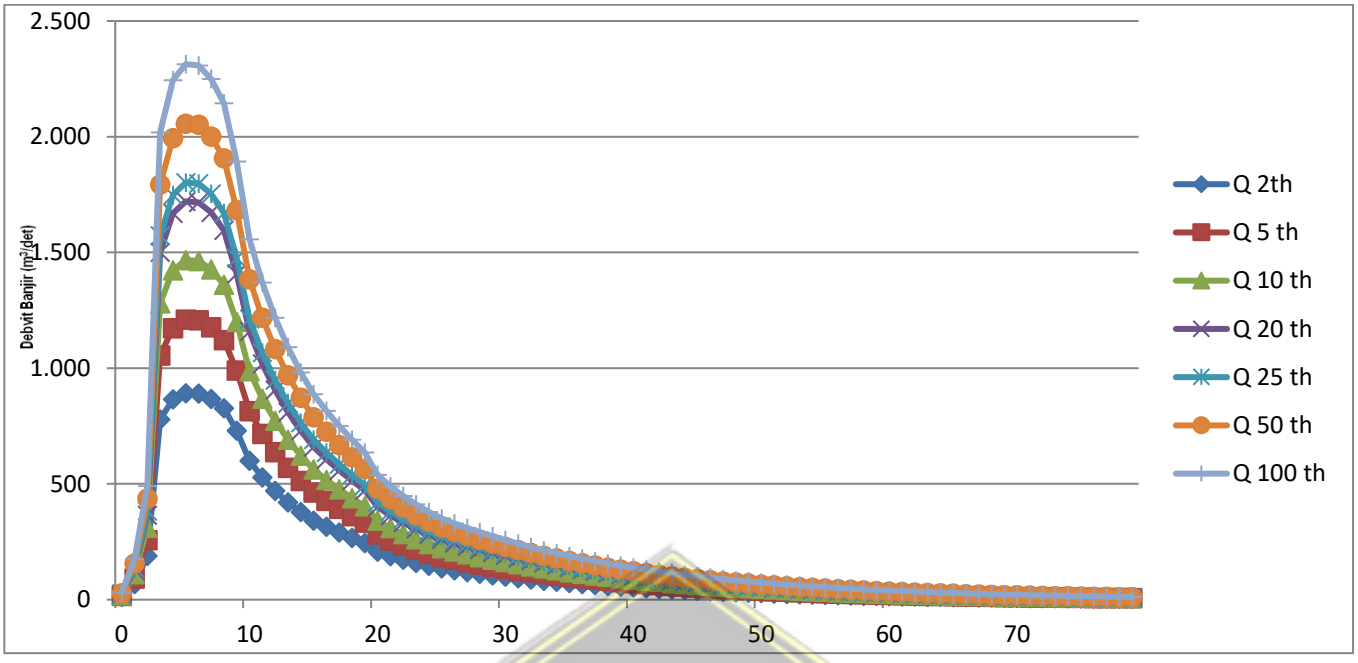
Tabel 4. 36 Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1 54,23 (mm)	R2 14,09 (mm)	R3 9,89 (mm)	R4 7,87 (mm)	R5 6,65 (mm)	R6 5,81 (mm)	Debit Banjir (m^3/det)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	0,58	31,65	-					31,65
2,00	3,08	167,06	8,23	-				175,28
3,00	8,15	442,06	43,42	5,77	-			491,25
4,00	34,45	1.868,40	114,90	30,46	4,59	-		2.018,36
5,00	30,42	1.649,46	485,64	80,60	24,25	3,88	-	2.243,83
6,00	26,85	1.456,17	428,73	340,66	64,17	20,48	3,39	2.313,60
7,00	23,71	1.285,54	378,49	300,74	271,20	54,19	17,90	2.308,05
8,00	20,93	1.134,89	334,14	265,50	239,42	229,02	47,36	2.250,34
9,00	18,48	1.001,90	294,98	234,39	211,37	202,18	200,19	2.145,01
10,00	16,31	884,50	260,42	206,92	186,60	178,49	176,73	1.893,66
11,00	12,29	666,49	229,90	182,68	164,73	157,57	156,02	1.557,39
12,00	11,31	613,35	173,23	161,27	145,43	139,11	137,74	1.370,13
13,00	10,41	564,44	159,42	121,52	128,39	122,81	121,60	1.218,18
14,00	9,58	519,44	146,71	111,83	96,74	108,42	107,35	1.090,49
15,00	8,82	478,02	135,01	102,91	89,03	81,69	94,77	981,44
16,00	8,11	439,91	124,25	94,71	81,93	75,18	71,41	887,39
17,00	7,47	404,83	114,34	87,16	75,40	69,19	65,72	816,63
18,00	6,87	372,55	105,22	80,21	69,39	63,67	60,48	751,52
19,00	6,32	342,85	96,83	73,81	63,85	58,59	55,66	691,60
20,00	5,82	315,51	89,11	67,93	58,76	53,92	51,22	636,46

21,00	4,51	244,37	82,01	62,51	54,08	49,62	47,13	539,72
22,00	4,23	229,60	63,52	57,53	49,77	45,67	43,38	489,45
23,00	3,98	215,73	59,68	44,55	45,80	42,02	39,92	447,70
24,00	3,74	202,70	56,07	41,86	35,47	38,67	36,73	411,51
25,00	3,51	190,45	52,69	39,33	33,33	29,95	33,81	379,55
26,00	3,30	178,94	49,50	36,96	31,31	28,14	26,18	351,04
27,00	3,10	168,13	46,51	34,72	29,42	26,44	24,60	329,83
28,00	2,91	157,97	43,70	32,63	27,64	24,85	23,11	309,91
29,00	2,74	148,43	41,06	30,66	25,97	23,34	21,72	291,18
30,00	2,57	139,46	38,58	28,80	24,40	21,93	20,41	273,59
31,00	2,42	131,04	36,25	27,06	22,93	20,61	19,17	257,06
32,00	2,27	123,12	34,06	25,43	21,54	19,36	18,01	241,53
33,00	2,13	115,68	32,00	23,89	20,24	18,19	16,93	226,94
34,00	2,00	108,69	30,07	22,45	19,02	17,09	15,90	213,23
35,00	1,88	102,13	28,25	21,09	17,87	16,06	14,94	200,35
36,00	1,77	95,96	26,54	19,82	16,79	15,09	14,04	188,24
37,00	1,66	90,16	24,94	18,62	15,78	14,18	13,19	176,87
38,00	1,56	84,71	23,43	17,50	14,82	13,32	12,39	166,18
39,00	1,47	79,59	22,02	16,44	13,93	12,52	11,65	156,14
40,00	1,38	74,79	20,69	15,45	13,09	11,76	10,94	146,71
41,00	1,30	70,27	19,44	14,51	12,30	11,05	10,28	137,85
42,00	1,22	66,02	18,26	13,64	11,55	10,38	9,66	129,52
43,00	1,14	62,03	17,16	12,81	10,86	9,76	9,08	121,69
44,00	1,07	58,29	16,12	12,04	10,20	9,17	8,53	114,34
45,00	1,01	54,76	15,15	11,31	9,58	8,61	8,01	107,43
46,00	0,95	51,46	14,23	10,63	9,00	8,09	7,53	100,94
47,00	0,89	48,35	13,37	9,98	8,46	7,60	7,07	94,84
48,00	0,84	45,43	12,57	9,38	7,95	7,14	6,65	89,11
49,00	0,79	42,68	11,81	8,81	7,47	6,71	6,24	83,73
50,00	0,74	40,10	11,09	8,28	7,02	6,31	5,87	78,67
51,00	0,69	37,68	10,42	7,78	6,59	5,93	5,51	73,92
52,00	0,65	35,40	9,79	7,31	6,20	5,57	5,18	69,45
53,00	0,61	33,26	9,20	6,87	5,82	5,23	4,87	65,26
54,00	0,58	31,25	8,65	6,45	5,47	4,92	4,57	61,31
55,00	0,54	29,37	8,12	6,07	5,14	4,62	4,30	57,61
56,00	0,51	27,59	7,63	5,70	4,83	4,34	4,04	54,13

57,00	0,48	25,93	7,17	5,35	4,54	4,08	3,79	50,86
58,00	0,45	24,36	6,74	5,03	4,26	3,83	3,56	47,79
59,00	0,42	22,89	6,33	4,73	4,01	3,60	3,35	44,90
60,00	0,40	21,50	5,95	4,44	3,76	3,38	3,15	42,19
61,00	0,37	20,21	5,59	4,17	3,54	3,18	2,96	39,64

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 6, dengan debit banjir sebesar 2.313,60 m^3/detik.



Gambar 4.4. Grafik Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir Rencana Metode Nakayasu

Grafik diatas merupakan rekapitulasi hidrograf satuan banjir rencana metode nakayasu, dengan debit puncak terjadi pada jam ke 6, dengan debit banjir pada kala ulang 2 tahun sebesar 892,20 m^3/detik, pada kala ulang 5 tahun sebesar 1.209,73 m^3/detik, pada kala ulang 10 tahun sebesar 1.467,29 m^3/detik, , pada kala ulang 20 tahun sebesar 1.7720,74 m^3/detik, pada kala ulang 25 tahun sebesar 1.802,31m^3/detik, pada kala ulang 50 tahun sebesar 58,61 m^3/detik, pada kala ulang 100 tahun sebesar 2.313,60 m^3/detik.

Tabel 4. 37 Tabel Banjir Rencana Metode Nakayasu

Kala Ulang	Debit
2 Tahun	892,20 m^3/detik
5 Tahun	1.209,73 m^3/detik
10 Tahun	1.467,29 m^3/detik
20 Tahun	1.7720,74 m^3/detik
25 Tahun	1.802,31 m^3/detik
50 Tahun	2.065,74 m^3/detik
100 Tahun	2.313,60 m^3/detik

4.4. Analisis Debit Banjir Menggunakan Aplikasi HEC – RAS

Progam HEC RAS merupakan paket program dari ASCE (American Society of Civil Engineers). HEC-RAS dirancang untuk membuat simulasi aliran satu dimensi.

Perangkat lunak ini memberikan kemudahan dengan tampilan grafisnya. Pada software HEC-RAS ini, dapat ditelusuri kondisi air sungai dalam pengaruh hidrologi dan hidrolikanya, serta penanganan sungai lebih lanjut sesuai kebutuhan. Secara umum perangkat lunak ini menyediakan fungsi-fungsi berikut:

1. Hitungan profil muka air aliran permanen (*steady flow*),
2. Simulasi aliran tak permanen (*unsteady flow*),
3. Hitungan transpor sedimen,
4. Hitungan kualitas air.

Dalam Analisa ini peneliti menggunakan model hitungan profil simulasi aliran tak permanen atau disebut dengan *unsteady flow*.

Analisa Hidraulika S*teady Flow Water Surface Component* adalah modul ini berfungsi untuk menghitung profil muka air permanen. Program mampu memodelkan jaringan Sungai, Sungai dendritik, maupun Sungai Tunggal. Regime aliran yang dapat dimodelkan adalah aliran sub – kritik, super – kritik, maupun campuran antara keduanya.

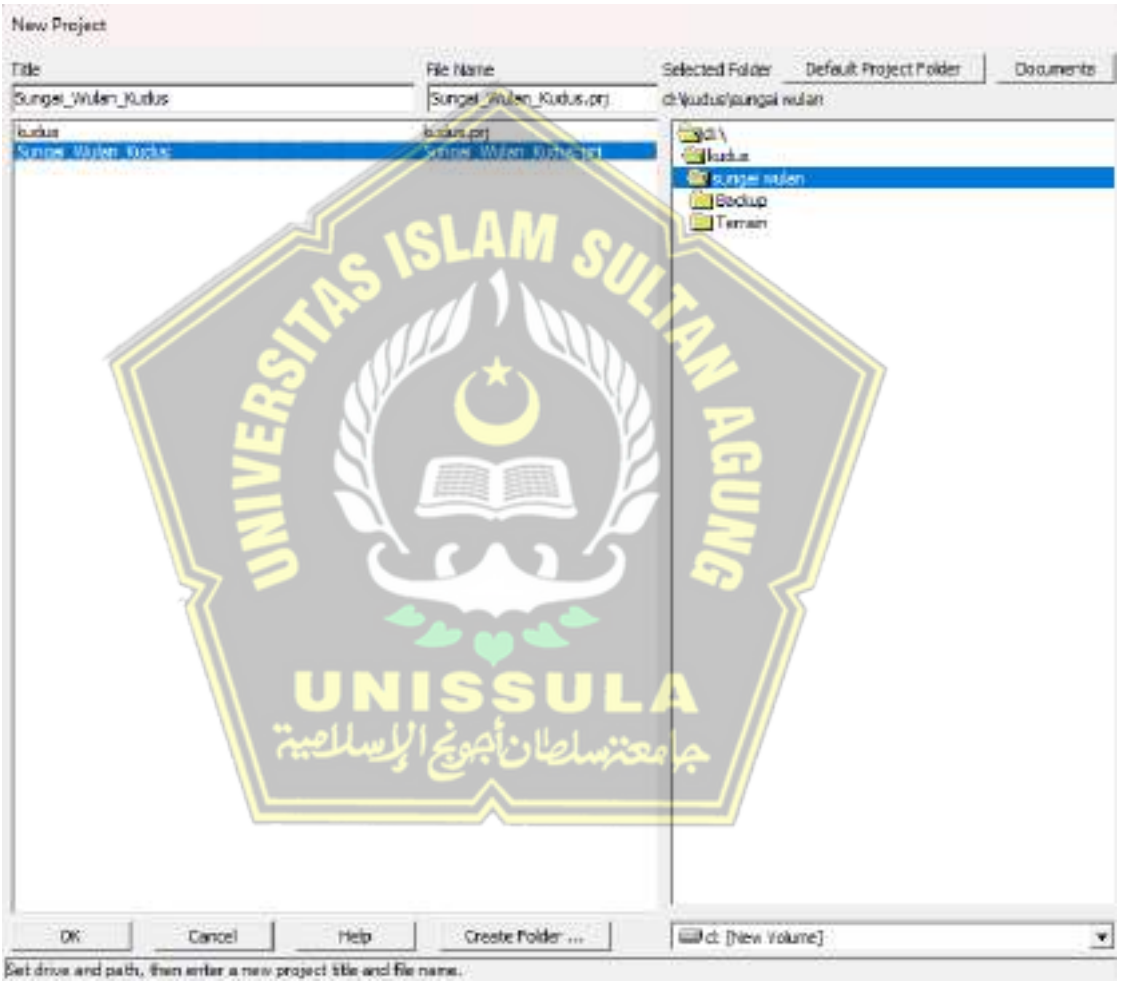
Langkah hitungan profil muka air yang dilakukan oleh modul aliran permanen hecrass didasarkan pada penyelesaian persamaan energi. Kehilangan energi dianggap diakibatkan oleh gesekan dan kontraksi/ekspansi. Persamaan momentum dipakai manakala dijumpai aliran berubah cepat, misalnya campuran regime aliran subkritik dan superkritik, aliran melalui jembatan, aliran di percabangan Sungai.

Berikut adalah Langkah – Langkah Analisa STEADY FLOW menggunakan HEC - RAS :

4.4.1 Default Project Folder

Opsi ini dipakai untuk mengatur folder default yang dipakai untuk menyimpan file project. Pilih menu **Options | Program setup | Default project folder**….. folder penyimpanan *file project* dapat ditentukan, misal folder d:/Kudus/Sungai Wulan seperti tampak pada (gambar 4.4). setelah pengaturan tersebut, maka jika pemakai akan membuka suatu file project dengan mengklick menu **FILE | Open Project** dan mengklik papan menu **Default** *Project* Folder yang ada di kanan atas window, maka pemakai akan dibawa langsung ke folder d:/Kudus/Sungai Wulan.

Gambar 4.4. Tangkapan Layar Folder Penyimpanan Data



(Sumber : HEC – RAS)

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

4.4.2 Unit System

Unit System digunakan dalam HEC – RAS agar dapat mengikuti system Amerika atau system internasional. Untuk mengubahnya, klik pada **menu Options | Unit System …. | System International**. Agar system satuan SI menjadi sistem satuan default setiap kali membuat project baru, klik **Set as default for new projects** dapat dilihat pada (gambar 4.18), yaitu baris ketiga di bawah **System International**. Pengubahan ssitem satuan yang telah ditetapkan pada suatu project, dari US Customary ke S| atau sebaliknya, selalu dapat dilakukan dengan memakai menu **Options | Convert Project Units**.

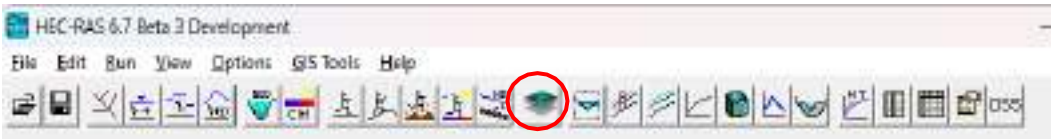
Gambar 4.5 Tangkapan Layar Pengaturan Sistem Satuan

(Sumber : HEC – RAS)

4.4.3 Pembuatan Geometri Saluran

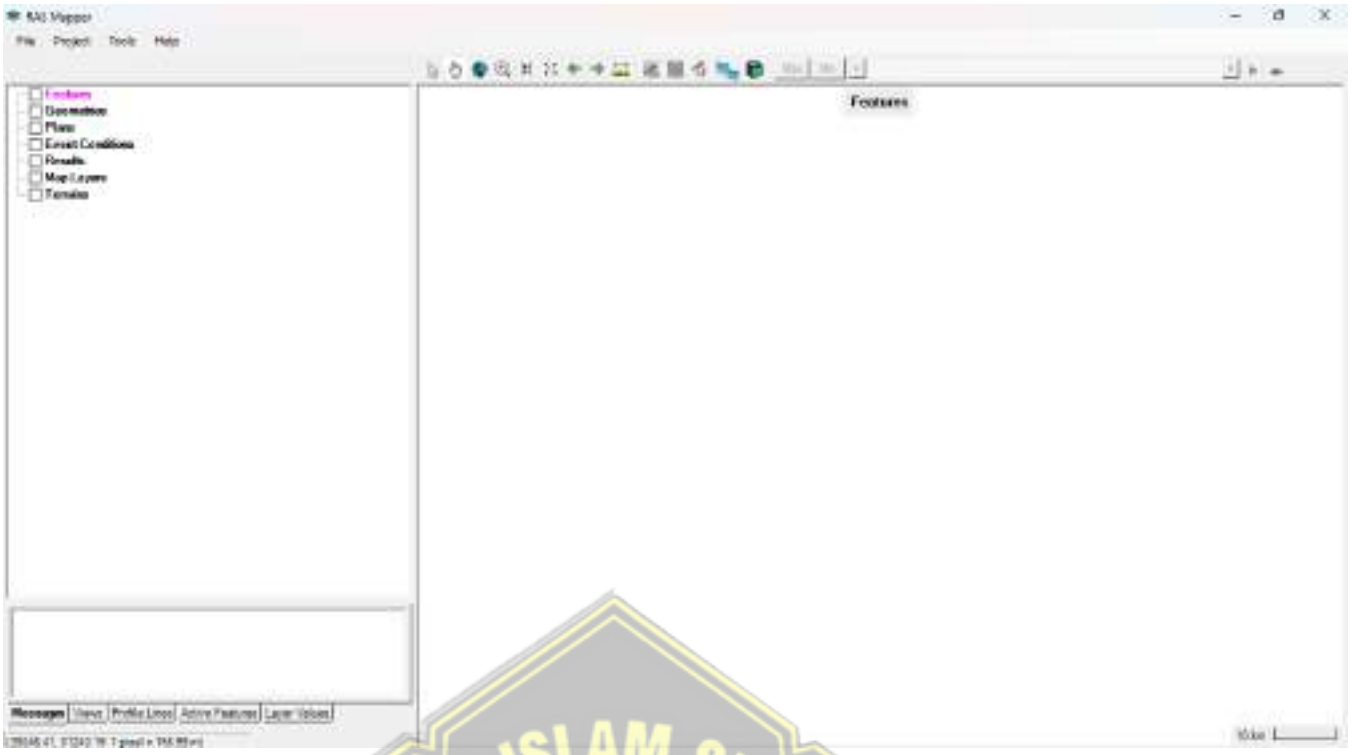
Parameter geometri saluran yang diperlukan pada HEC-RAS adalah alur, tampang Panjang dan koefisien manning atau lintang, kekasaran dasar, serta kehilangan energi di tempat perubahan tampang saluran (koefisien ekspansi dan kontraksi). HEC-RAS juga membutuhkan geometri struktur hidraulik yang ada di sepanjang saluran. Berikut cara peniruan geometri saluran mengikuti langkah - langkah sebagai berikut:

a. Pilih menu RAS Mapper pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Menu RAS Mapper untuk membuat Geometri

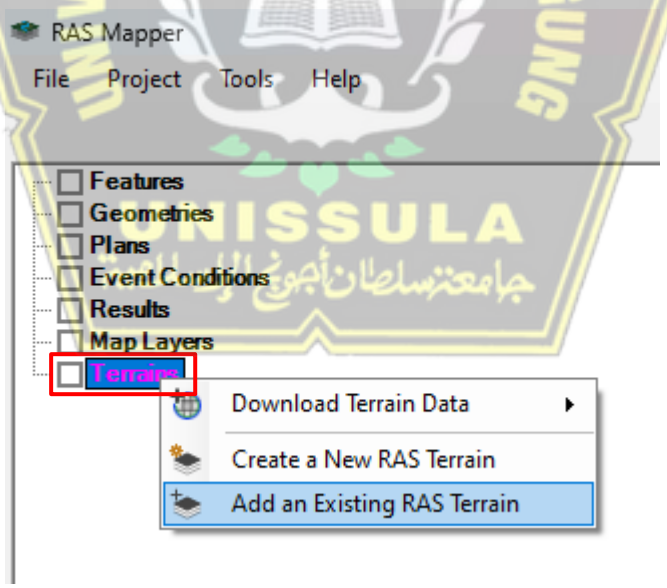
(Sumber : HEC - RAS)



Gambar 4.7 Tampilan saat menu RAS Mapper diklik

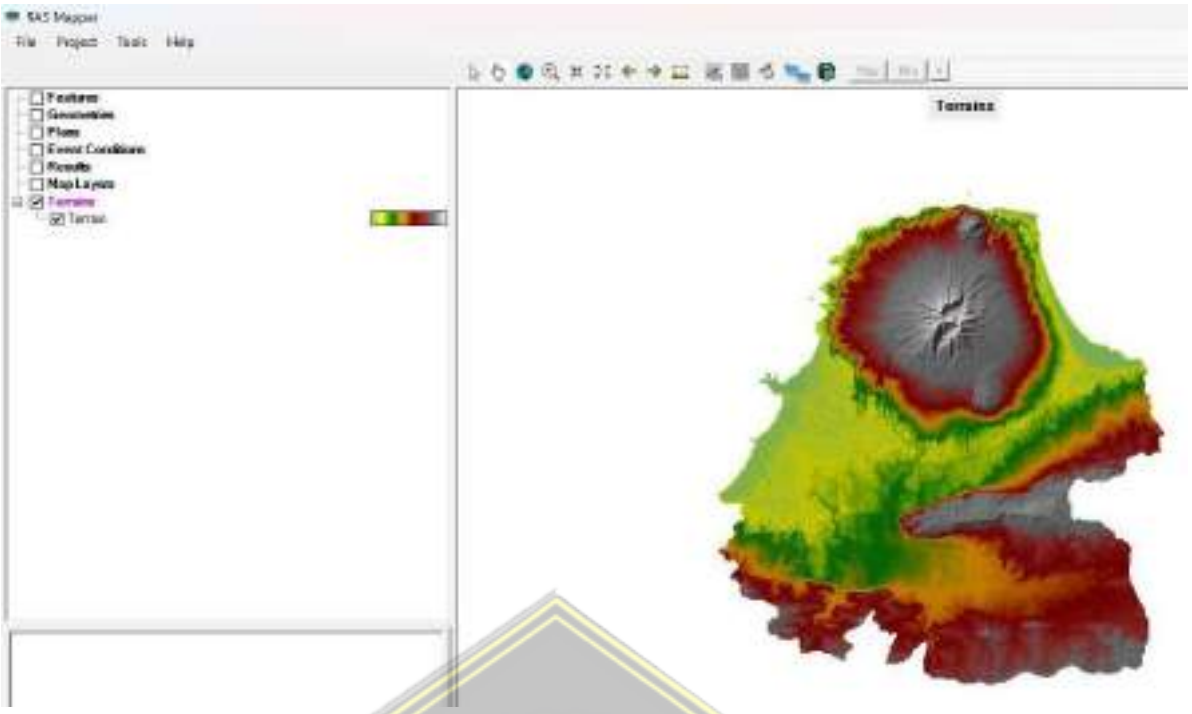
(Sumber : HEC – RAS)

b. Setelah klik kanan pada menu Terrains lalu memasukkan gambar Terrain yang terdapat pada opsi pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Opsi pilihan menu pada RAS Mapper

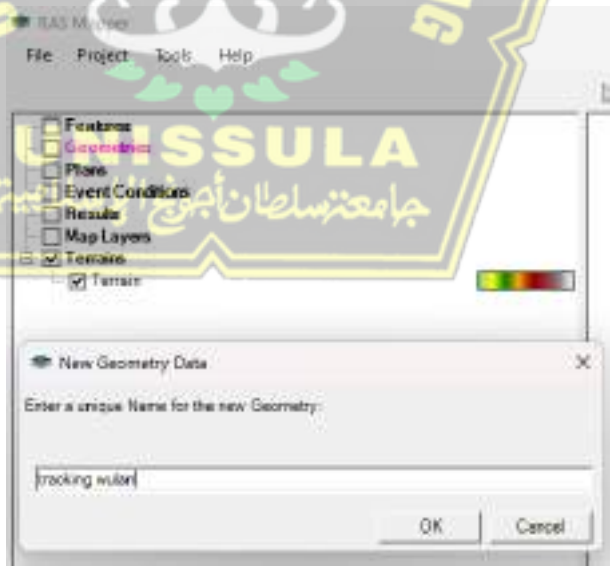
(Sumber : HEC – RAS)

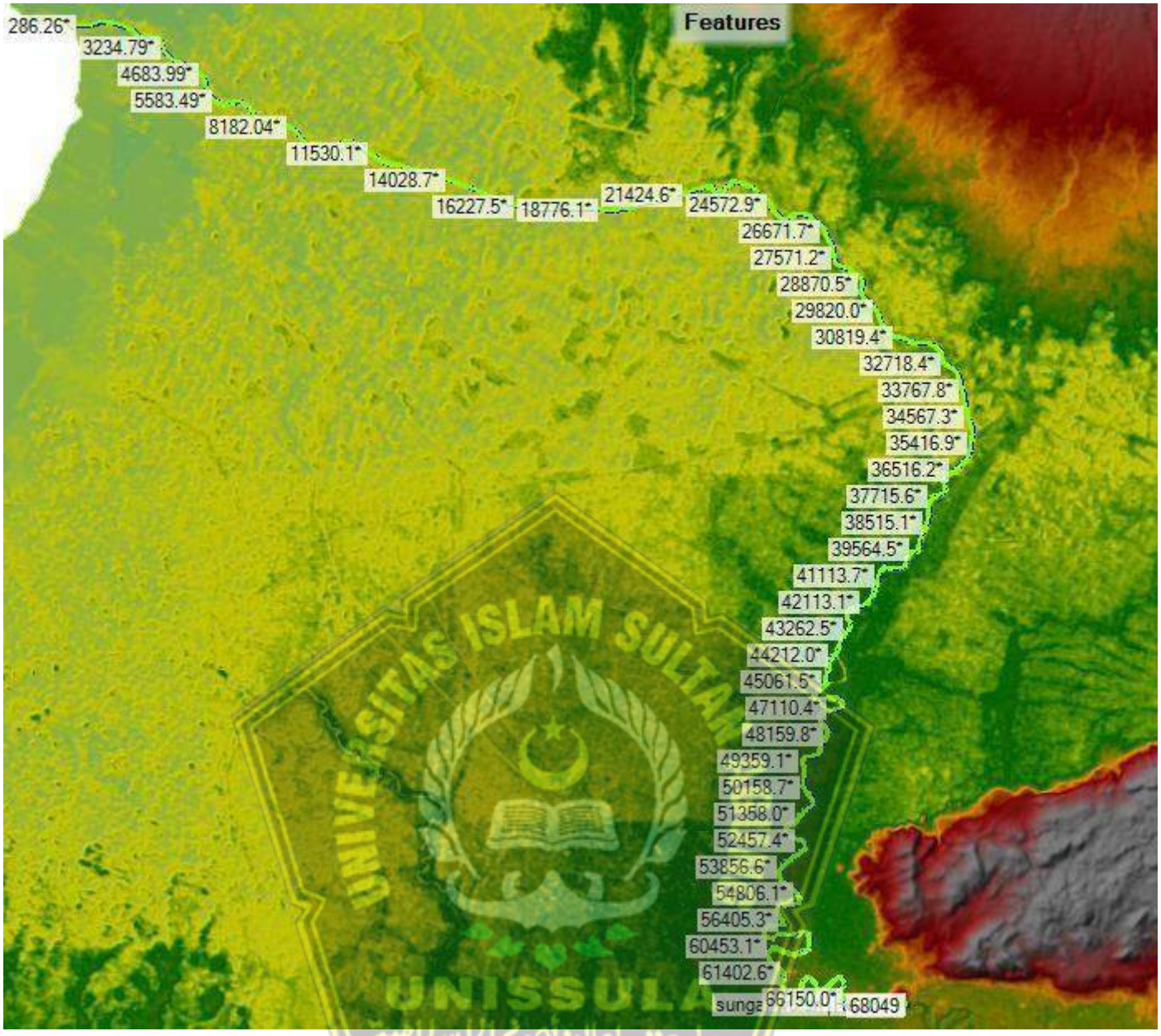


Gambar 4.9 Gambar Terrains yang telah di masukkan

(Sumber : HEC – RAS)

c. Setelah memasukkan data gambar Terrains langkah yang selanjutnya adalah membuat geometri dengan mengklik opsi menu geometri, lalu memberi nama geometri yang akan dibuat, seperti gambar 4.10.





Gambar 4.10 Membuat Geometri yang terdiri atas Long dan Cross Section

(Sumber : HEC – RAS)

2.1.5. Steady Flow Data

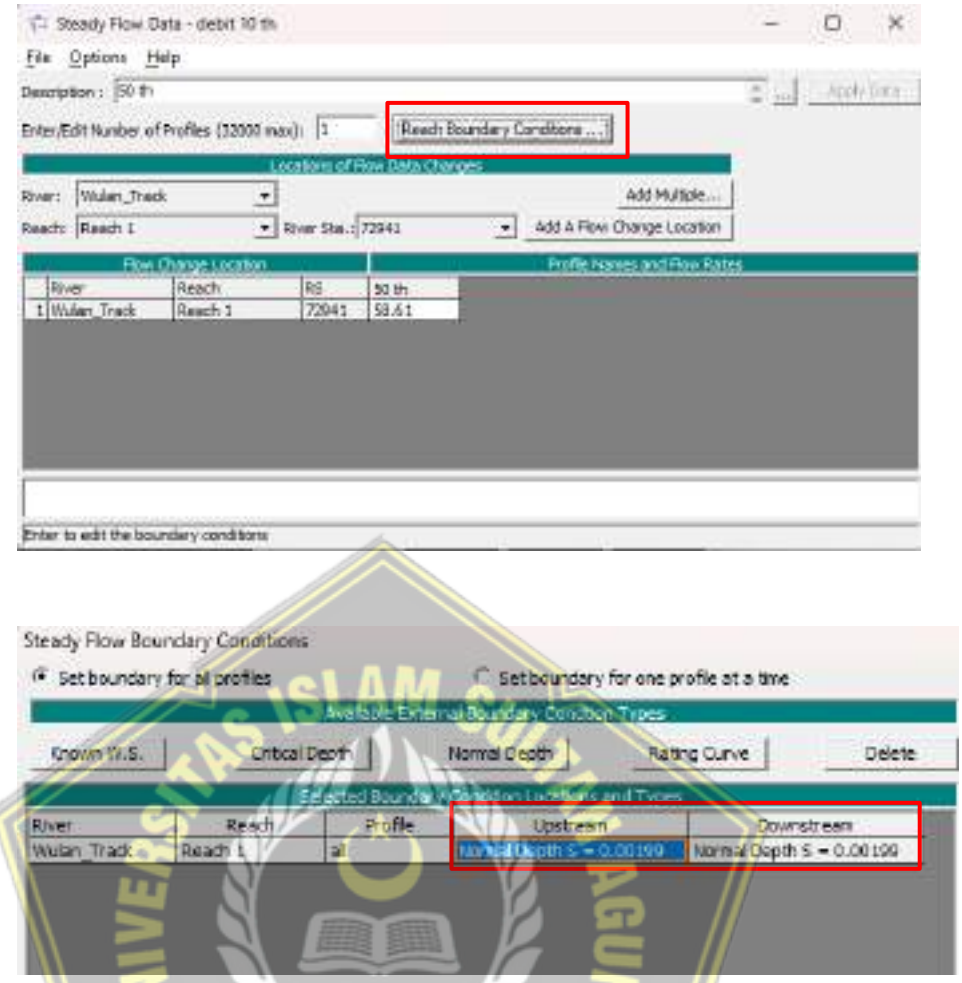
a. Pilih Menu Steady Flow Data seperti pada gambar 4.11

Gambar 4.11 Gambar tampilan steady flow data

(Sumber : HEC - RAS)

b. Kemudian pilih menu Reach Boundary Conditions, lalu mengisi pada bagian

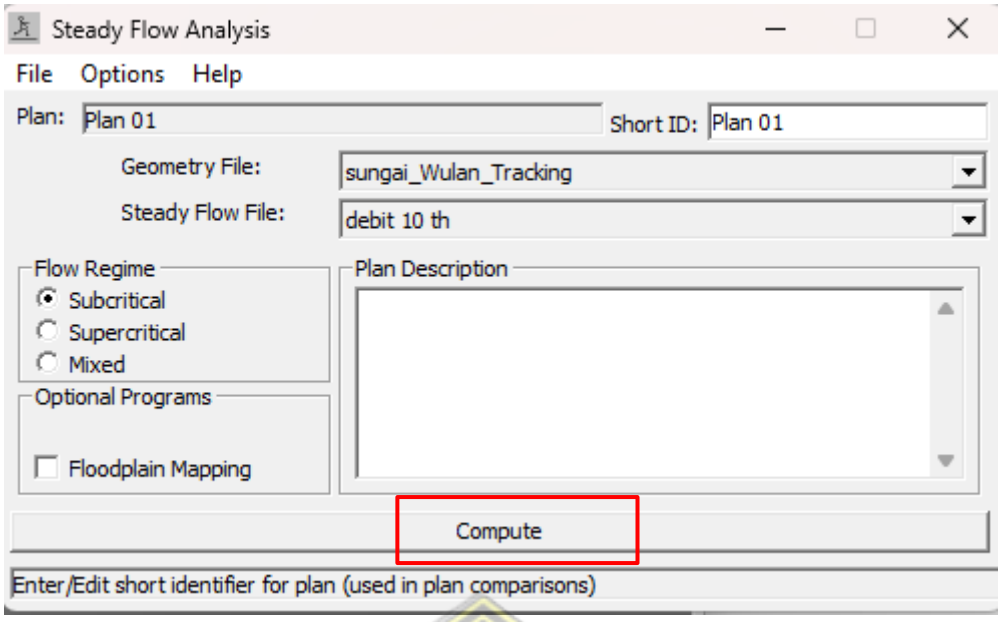
Upstream dan Downstream.



Gambar 4.12 Tampilan pada menu Steady Flow Boundary

(Sumber : HEC – RAS)

c. Langkah selanjutnya adalah analisis data steady flow, setelah memilih menu steady flow analisis lalu klik pada opsi compute.

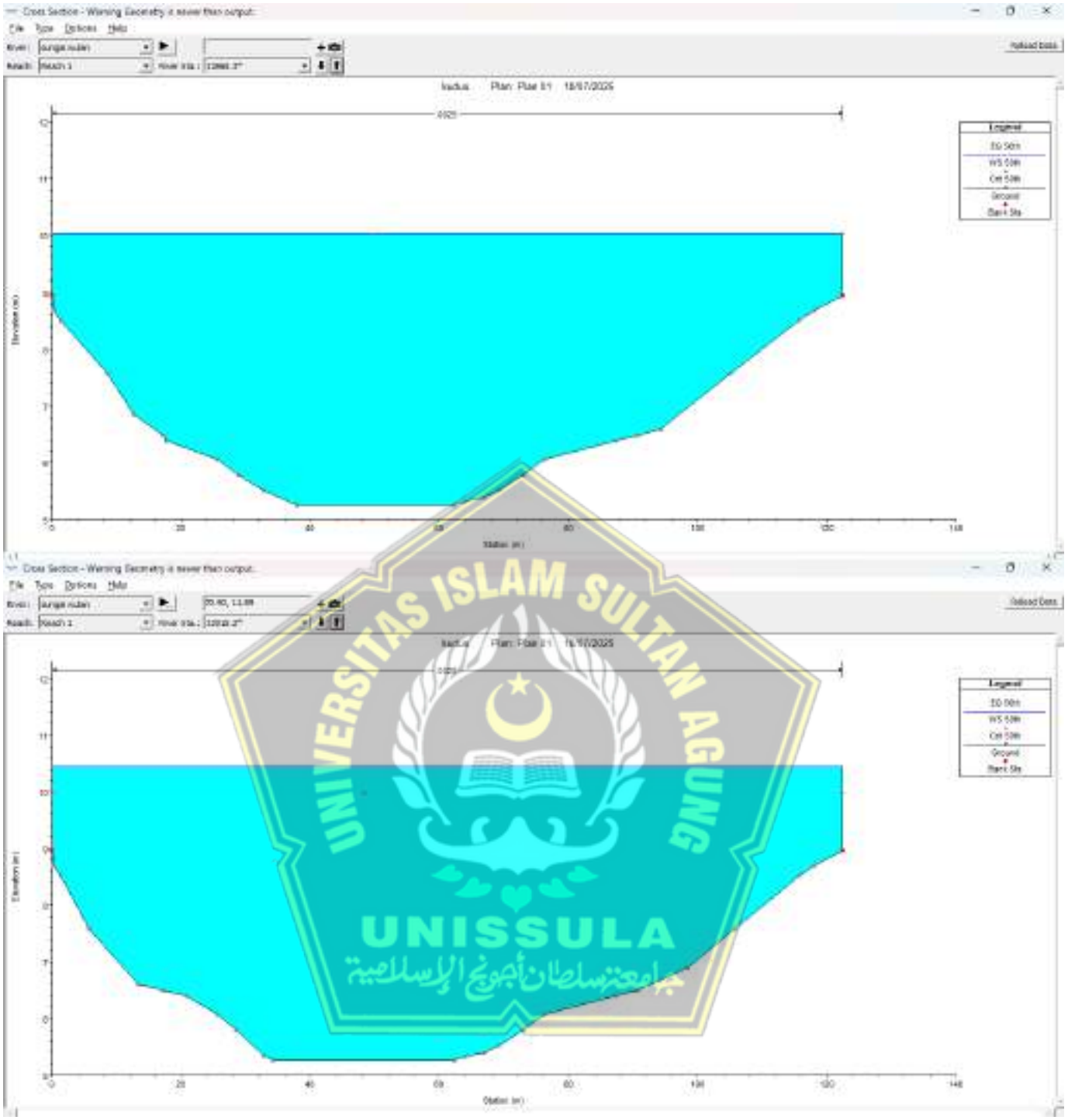


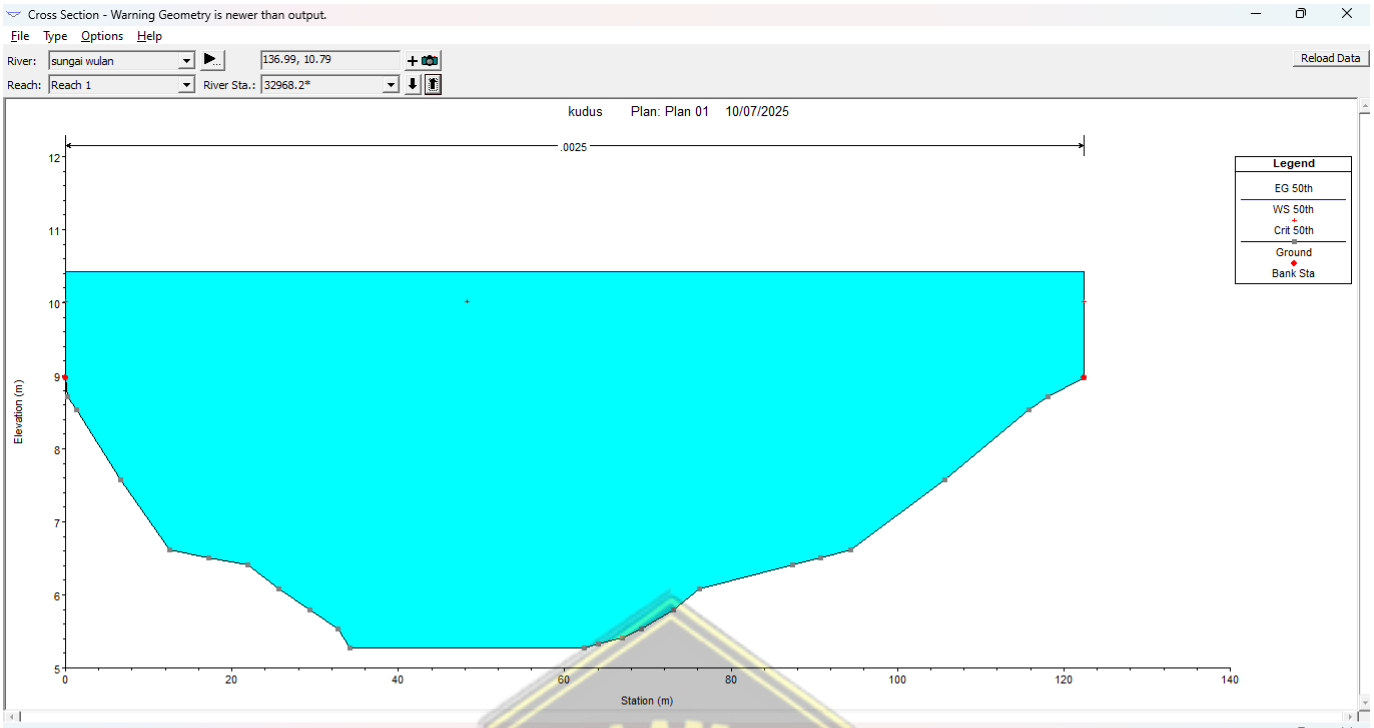
Gambar 4.13 Tampilan pada menu Steady Flow Analysis

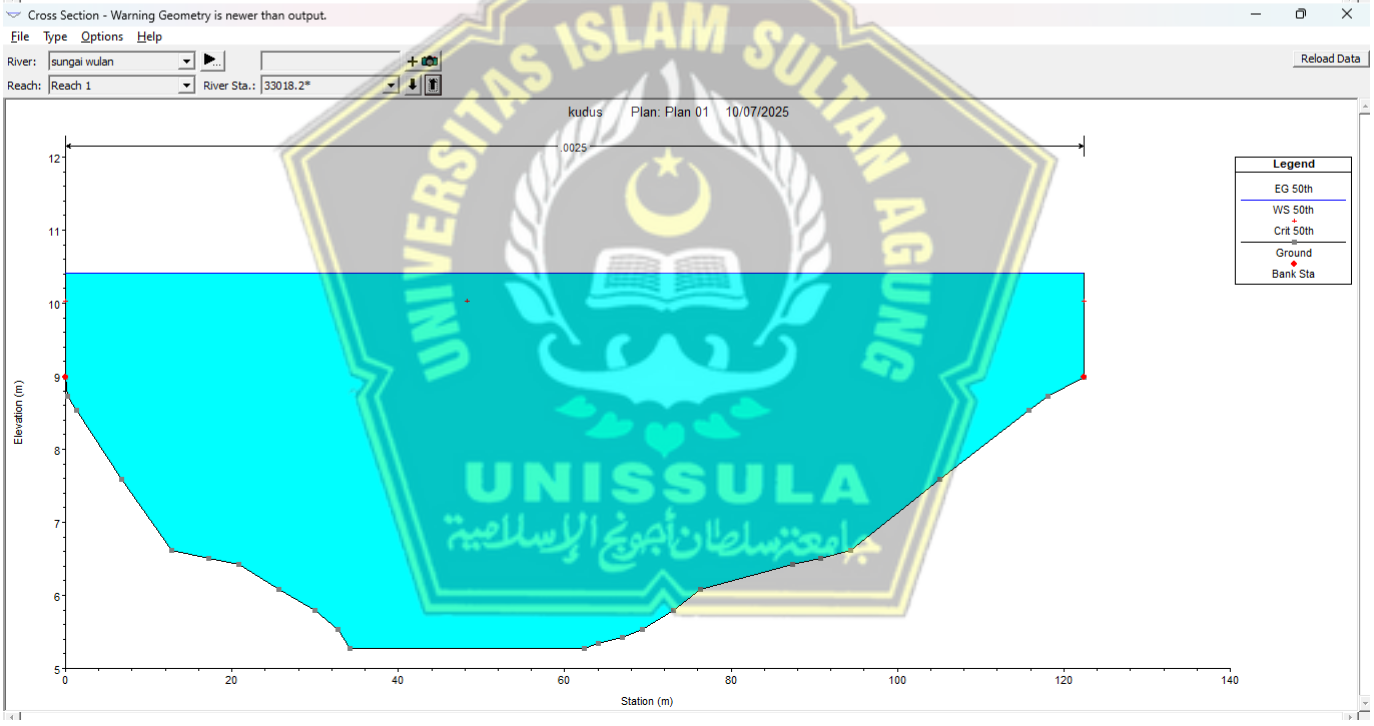
(Sumber : HEC – RAS)

5.4.3 Hasil Run Steady Flow Analisis

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية







UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA

BAB V
PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan penelitian dan pembahasan yang ada pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1) Hasil analisa curah hujan rerata max pada sungai wilan menggunakan metode thiessen, sehingga didapatkan curahhujan max pada tahun 2015 sebesar 162,59 mm, pada tahun 2016 sebesar 99,46 mm, pada tahun 2017 didapatkan curah hujan sebesar 101,68 mm, pada tahun 2018 didabatkan curah hujan sebesar 116,19 mm. Pada tahun 2019 didapatkan curah hujan sebesar 80,19 mm. Pada tahun 2020 di dapatkan curah hujan sebesar 113,66 mm, Pada tahun 2021 didapatkan curah hujan sebesar 112,34 mm, Pada tahun 2022 didapatkan curah hujan sebesar 116,22 mm, Pada tahun 2023 didapatkan curah hujan sebesar 106,83 mm, Pada tahun 2024 didapatkan curah hujan sebesar 148,07 mm. Sehinga rata rata cerah hujan dari tahun 2015 sampai tahun 2024 adalah 115,72
2) Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode HSS Nakayasu diperoleh debit banjir puncak yaitu 34,4546 m^3 dengan waktu puncak sebesar 4 jam.
3) Hasil perhitungan debit banjir rencana sungai wulan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, sehingga didapatkan besar debit rencana periode ulang Q5 tahun sebesar 1.209,73 m3/dtk, periode ulang Q10 tahun sebesar 1.467,29 m3/dtk, periode ulang Q20 tahun sebesar 1.7720,74 m3/dtk, periode ulang Q25 tahun sebesar 1.802,31 m3/dtk, periode ulang Q50 tahun sebesar 2.065,74 m3/dtk, periode ulang Q100 tahun sebesar 2.313,60 m3/dtk.
4) Besar tampungan penampang sungai wulan setelah data debit banjir yang didapatkan di input ke HEC-RAS dan hasilnya ada beberapa titik penampang sungai yang mengalami luapan.

B. Saran

Dari pengamatan di dalam penelitian ini penulis memberikan saran – saran untuk penelitian lebih lanjut, yaitu:

Perlu di lakukan pengembangan penelitian dengan meninjau bagian sungai Wulan yang berada pada bagian yang terdampak banjir

DAFTAR PUSTAKA

Aaron, A. A. M., Jeffry, S. F. S., & Cindy, J. S. (2024). *Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tondano*.

Asrul, & Fajrin, A. (2024). *ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI UNTUK. Analisis Kapasitas Penampang Sungai Untuk Mengidentifikasi Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 6.3.1 (Studi Kasus Sungai Pangkajene Kelurahan Jagong Kabupaten Pangkep)*.

Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*. Gadjah Mada University Press.

Asdak, C., 2007, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Chow, V.T., 1988, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York.

Dalrino, Sadtim, Hartati, & Agus, I. (2018). *Analisis Kapasitas Penampang Sungai Batang Mahat Terhadap*.

Departemen Pekerjaan Umum, 1995, *Pedoman Perencanaan Hidrologi*, Direktorat Jenderal Pengairan, Jakarta.

Handoko, B., 2008, *Perencanaan Bangunan Pengendali Banjir*, ANDI, Yogyakarta.

Harjadi, J. (2007). *Hidrologi*. Pradnya Paramita.

Hibatulloh, M. H. (2023). *ANALISIS HIDROLIKA DAN PERENCANAAN TINGGI JAGAAN. Analisis Hidrolika dan Perencanaan Tinggi Jagaan (Freeboard) Jembatan Jalur Ganda Kereta Api (BH-116 KM. 63+317) Pada Way Seputih*.

Humairo Saidah, Agustono Setiawan, Lilik Hanifah, Agus Suroso, & Anid Supriyadi. (2022). UNJUK KERJA HIDROGRAF SATUAN SINTETIK NAKAYASU, ITB 2 DAN LIMANTARA UNTUK DAERAH ALIRAN SUNGAI BERBENTUK MEMANJANG. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil*

Isabella, E. G. P., Jeffry, S. F. S., & Hanny, T. (2022). *Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air*.

Kairupan, S. D., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2024). Analisis Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Anak Sungai Tikala Di Kompleks Jalan Manguni 17, Kelurahan Perkamil. In *Tahun* (Vol. 22, Issue 88).

Kanza, R., Ahmada, A., Darsono, S., & Atmodjo, S. (n.d.). *PENGENDALIAN*

BANJIR SUNGAI WULAN, DEMAK, JAWA TENGAH. http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts

Kodoatie, R. J., dan Sjarief, R., 2005, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Andi, Yogyakarta.

Loucks, D.P., 2005, *Water Resources System Planning and Management*, UNESCO.

Pusat Litbang Sumber Daya Air, 2006, *Pedoman Teknik Analisis Frekuensi Hujan*, Jakarta.

Seyhan, Ersin. 1990. Dasar-dasar Hidrologi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

SNI 03-2415-2002, tentang Tata Cara Perencanaan Drainase Perkotaan.

Sri Harto. 1993. Analisis Hidrologi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Sugiyono, 2016, *Metode Penelitian Pendidikan*, Alfabeta, Bandung.

Sumarauw, Jeffry. 2013. Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2017. Analisis Frekwensi Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2017. Hidrograf Satuan Sintetis. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sumarauw, Jeffry. 2018. HEC-HMS. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Talumepa, Marcio Yosua. Lambertus Tanudjaja. Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaan Mongondow Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.5, No.10, Desember 2017 (699-719), ISSN: 2337-6732, Univeristas Sam Ratulangi, Manado.

Tulandi, Andre Felix. Liany Hendratta. Jeffry Sumarauw. 2019. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Kalawing di Kelurahan Malendeng Kota

Manado. Jurnal Sipil Statik, Vol.7, No.12, Desember 2019 (1681-1682), Hal. 1684, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

UniversitasWarmadewa,11(2),157–165. https://doi.org/10.22225/pd.11.2.5013.157-165

Wangsaatmaja, S. (2004). *Pengelolaan Sumber Daya Air*. ITB.