

TUGAS AKHIR

**ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA DENGAN METODE
HSS NAKAYASU PADA BENDUNGAN JRAGUNG
KABUPATEN SEMARANG**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan

Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Renanti Ayu Pramesty

NIM : 30201900177

Rizka Andi Anggraeni Dwi

NIM : 30201900186

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

2022

TUGAS AKHIR

**ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA DENGAN METODE
HSS NAKAYASU PADA BENDUNGAN JRAGUNG
KABUPATEN SEMARANG**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan

Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Renanti Ayu Pramesty

Rizka Andi Anggraeni Dwi

NIM : 30201900177

NIM : 30201900186

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA DENGAN METODE HSS
NAKAYASU PADA BENDUNGAN JRAGUNG KABUPATEN SEMARANG



Renanti Ayu Pramesty
NIM : 30201900177



Rizka Andi Anggraeni Dwi
NIM : 30201900186

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Desember 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Ir. Moch Faiqun Ni'am, MT., Ph.D**
NIDN: 0612106701
2. **Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT**
NIDN: 88999490019
3. **Ari Sentani, ST., M.Sc**
NIDN: 0604028502

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

USULAN TUGAS AKHIR

ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA BENDUNGAN JRAGUNG KABUPATEN SEMARANG

Diajukan Oleh :

Renanti Ayu Pramesty

NIM : 30201900177

Rizka Andi Anggraeni Dwi

NIM : 30201900186

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama

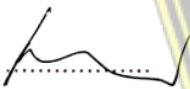


Ir. Moch Faiqun Ni'am, MT., Ph.D

NIDN: 0612106701

Tanggal :

Pembimbing Pendamping



Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT

NIDN: 88999490019

Tanggal :

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Mohammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No:

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

1. Nama : Ir. Moch Faiqun Ni'am, MT., Ph.D
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Renanti Ayu Pramesty
NIM : 30201900177

Rizka Andi Anggraeni Dwi
NIM : 30201900186


Judul : Analisis Debit Banjir Rencana dengan Metode HSS Nakayasu pada Bendungan Jragung Kabupaten Semarang

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	27/09/2022	
2	Seminar Proposal	31/10/2022	ACC
3	Pengumpulan data	10/10/2022	
4	Analisis data	01/11/2022	
5	Penyusunan laporan	30/09/2022	
6	Selesai laporan	07/12/2022	ACC

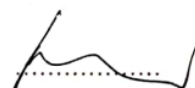
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama



Ir. Moch Faiqun Ni'am, MT., Ph.D

Dosen Pembimbing Pendamping



Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : RENANTI AYU PRAMESTY

NIM : 3020190177

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**“ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA DENGAN METODE HSS
NAKAYASU PADA BENDUNGAN JRAGUNG KABUPATEN
SEMARANG”**

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Renanti Ayu Pramesty

NIM : 30201900177



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : RIZKA ANDI ANGGRAENI DWI

NIM : 3020190186

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**“ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA DENGAN METODE HSS
NAKAYASU PADA BENDUNGAN JRAGUNG KABUPATEN
SEMARANG”**

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Rizka Andi Anggraeni Dwi

NIM : 30201900186



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : RENANTI AYU PRAMESTY

NIM : 30201900177

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA DENGAN
METODE HSS NAKAYASU PADA
BENDUNGAN JRAGUNG KABUPATEN
SEMARANG

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Renanti Ayu Pramesty

NIM : 30201900177

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : RIZKA ANDI ANGGRAENI DWI

NIM : 30201900186

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA DENGAN
METODE HSS NAKAYASU PADA
BENDUNGAN JRAGUNG KABUPATEN
SEMARANG

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Rizka Andi Anggraeni Dwi

NIM : 30201900186

MOTTO

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

(Q.S. Ali ‘Imran Ayat 110)

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(QS. Ar Ra’ad Ayat 11)

“Dan bahwasannya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya”

(QS. AN Najm Ayat 39)

“Allah tidak akan menyegerakan sesuatu kecuali itu yang baik, dan tidak pula melambat-lambatkan sesuatu kecuali itu yang terbaik untukmu”

(Itsfi)

Renanti Ayu Pramesty

MOTTO

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

(Q.S. Ali 'Imran Ayat 110)

“Dan janganlah kamu (merasa) lemah, dan jangan (pula) bersedih hati, sebab kamu paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang beriman.”

(Q.S. Ali 'Imran Ayat 138)

"Jangan menunda pekerjaan hari ini sampai besok, jangan sampai pekerjaan menumpuk dan kamu tidak akan mencapai apa-apa."

(Umar bin Khattab)

“Ada beberapa hal yang semakin didekati semakin menjauh. Yang semakin dipertahankan semakin berantakan. Yang semakin dibangun semakin runtuh. Kenapa? Karena rencana dirancang bukan cuma untuk diwujudkan, tapi juga untuk didewasakan.”

(Rintik Sedu)

Rizka Andi Anggraeni Dwi

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua saya, Bapak H. Pamuji Baktono dan Ibu Hj. Toatun, kakak saya Reninda Anggitya, Regina Dewi Puspita, dan Renanda Tri Amanda, keempat keponakan saya serta keluarga besar saya yang sudah memberikan semangat, motivasi, dukungan materil, pendidikan mental, dan doa disetiap langkah yang saya lewati, sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Moch Faiqun Ni'am, MT., Ph.D. dan Bapak Ir. Djoko Susilo Adhy, MT. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar memberikan saya ilmu dalam pembuatan laporan ini.
3. Dosen dan Staf Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberi ilmu serta arahan kepada saya.
4. Rizka Andi Anggraeni Dwi selaku rekan saya yang telah berjuang, bekerja keras bersama dan sabar dalam menyusun Tugas Akhir ini.
5. Teman istimewa saya Rifqi Hera Athallah, terimakasih selama ini selalu menemani, memberikan motivasi, dukungan serta memberikan hal-hal positif kepada saya.
6. Teman-teman seperjuangan saya Qori' Fajrun Nida, Salma Ula Farrasati, Silfiana Nurokhmah, Rahma Setya Noviantanti, Nabila Ardhia Pramesti, Satrio Indra Jatmiko, Pratama Arif Syah Putra dan R Irfan Zahiruddin yang selalu memberikan semangat, motivasi serta dukungannya.
7. Teman-teman dekat saya, Nurul Azmi, Chrysti Damayanti, Eka Aprilia, Aditya Noval, Agung Waskito, dan Febrianto Arif yang sudah menemani dan mendengar keluh kesah saya.
8. Teman-teman Angkatan 2019 Fakultas Teknik khususnya kelas Sipil C dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Renanti Ayu Pramesty

30201900177

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua saya, Bapak Sinandi dan Ibu Sumarsih, kakak saya Anisa Puspitaningrum, adik saya Kirana Sinatriya Putri serta keluarga besar saya yang telah memberikan segenap kasih sayang, semangat, dukungan materil, pendidikan mental serta do'a disetiap langkah yang saya lewati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Moch. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D. dan Bapak Ir. Djoko Susilo Adhy, MT. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar mengajarkan saya dalam pembuatan laporan ini.
3. Dosen dan Staf Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah mengajarkan saya dan selalu memberikan motivasi, ilmu, serta arahan kepada saya.
4. Renanti Ayu Pramesty selaku rekan yang telah berjuang dan bekerja keras bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan saya, Penghuni Kos Dhor, Rifqi Hera Athallah, Salma Ula Farrasati, dan Silfiana Nurokhmah yang selalu ada disaat susah dan senang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir dan selalu memberikan dukungan serta feedback yang positif.
6. Teman dekat saya Salsa Ayu Andrea Putri, Zhahra Larasati, Safitri Biru Ning Tyas, yang selalu ada dan mau mendengarkan keluh kesah saya selama ini.
7. Untuk orang istimewa bagi saya, Satrio Indra Jatmiko, terima kasih atas perhatian, dukungan, dan selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Fakultas Teknik Angkatan 2019, khususnya kelas sipil C dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Rizka Andi Anggareni Dwi

30201900186

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Debit Banjir dengan Metode HSS Nakayasu pada Bendungan Jragung Kabupaten Semarang” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

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

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
3. Bapak Ir. Moch Faiqun Ni'am, MT., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing utama yang telah memberikan arahan, ilmu serta bimbingan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Ir. Djoko Susilo Adhy, MT., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan arahan, ilmu serta bimbingan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini;
5. Kakak tingkat yang telah memberikan referensi Laporan Tugas Akhir;
6. Teman-teman angkatan 2019 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyesuaian Tugas Akhir ini.

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

Semarang, Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
USULAN TUGAS AKHIR.....	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vii
MOTTO.....	ix
PERSEMBAHAN	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
Abstrak	xx
Abstrack	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Lokasi Kajian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Bendungan	5
2.1.1. Tipe Bendungan Berdasarkan Ukurannya	5
2.1.2. Tipe Bendungan Berdasarkan Tujuan Pembangunannya	7
2.1.3. Tipe Bendungan Berdasarkan Penggunaannya	7
2.1.4. Tipe Bendungan Berdasarkan Jalannya Air	7
2.1.5. Tipe Bendungan Berdasarkan Konstruksinya	8
2.1.6. Tipe Bendungan Berdasarkan Fungsinya	9

2.2. Daerah Aliran Sungai	10
2.3. Curah Hujan.....	11
2.4. Analisis Hidrologi.....	12
2.4.1. Curah Hujan Daerah Rata-Rata Maksimum	12
2.4.2. Analisis Frekuensi	14
2.4.3. Uji Distribusi Probabilitas	17
2.4.4. Hidrograf	18
2.4.5. <i>Probable Maximum Precipitation</i> (PMP) dan <i>Probable Maximum Flood</i> (PMF)	21
2.5. Penelitian Terdahulu.....	22
2.5.1. Penelusuran Banjir pada Waduk Semantok.....	22
2.5.2. Analisis Debit Banjir Sungai Tondano.....	23
2.5.3. Analisa Debit Banjir Sungai Bonai	23
2.5.4. Analisis Debit Banjir Rancangan Bendungan Way Yori	24
2.5.5. Analisa Debit Banjir Rancangan Bendungan Gintung.....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1. Uraian Umum	25
3.2. Tahapan Persiapan.....	25
3.3. Teknik Pengumpulan Data	25
3.4. Analisis Hidrologi.....	26
3.4.1. Perhitungan Curah Hujan Daerah Rata-Rata Maksimum.....	26
3.4.2. Analisis Frekuensi	26
3.4.3. Uji Kesesuaian Distribusi	26
3.4.4. <i>Probable Maximum Precipitation</i> (PMP) dan <i>Probable Maximum Flood</i> (PMF)	27
3.4.5. Hidrograf Satuan Sintetik	27
3.5. Diagram Alir.....	28
BAB IV	30
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1. Analisis Curah Hujan Rata-Rata.....	30
4.1.1. Analisis Curah Hujan Maksimum Rata-Rata Dengan Metode Rerata Aritmatik (Aljabar).....	30
4.2. Analisis Frekuensi	34

4.2.1. Pengukuran Dispersi	34
4.2.2. Pemilihan Distribusi Curah Hujan.....	35
4.3. Pengujian Kesesuaian Distribusi	36
4.2.3. Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Chi-Kuadrat	36
4.2.4. Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Smirnov Kolmogorov	40
4.4. Distribusi Curah Hujan Metode Log Pearson Type III	45
4.5. Perhitungan Curah Hujan Maksimum yang Mungkin Terjadi (PMP).....	47
4.6. Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu	52
4.6.1. Perhitungan Rerata Hujan dari Awal Sampai Jam Ke-T	52
4.6.2. Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif (R _n).....	55
4.6.3. Hasil Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1. Kesimpulan.....	72
5.2. Saran	72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi	14
Tabel 2.2. Nilai Koefisien untuk Distribusi Normal	15
Tabel 2.3. Nilai Koefisien untuk Distribusi Log Normal.....	15
Tabel 2.4. Debit Banjir Rencana Berbagai Periode Ulang untuk Setiap Metode	23
Tabel 4.1. Curah Hujan Maksimum Rata-rata Per Tahun pada Stasiun Pucang Gading.....	33
Tabel 4.2. Curah Hujan Maksimum Rata-rata Per Tahun pada Stasiun Jragung.	33
Tabel 4.3. Curah Hujan Maksimum Rata-rata Per Tahun pada Stasiun Bendung Glapan	34
Tabel 4.4. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata	35
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan	35
Tabel 4.6. Syarat Pemilihan Distribusi.....	36
Tabel 4.7. Urutan Data Hujan Maksimum Tahunan	37
Tabel 4.8. Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Kuadrat	39
Tabel 4.9. Perhitungan Uji Chi Kuadrat.....	40
Tabel 4.10. Urutan Curah Hujan Maksimum Tahunan	41
Tabel 4.11. Perhitungan Nilai S dan Cs	42
Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Nilai Cs.....	43
Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov.....	44
Tabel 4.14. Harga D Kritis untuk Smirnov Kolmogorov Test.....	45
Tabel 4.15. Nilai Cs untuk Nilai Positif	45
Tabel 4.16. Nilai Cs untuk Nilai Negatif.....	46
Tabel 4.17. Harga Perhitungan Nilai Cs Metode Log Pearson Type III.....	47
Tabel 4.18. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson Type III	48
Tabel 4.19. Rata-rata Hjan Maksimum	48
Tabel 4.20. Hasil Perhitungan Log Pearson Type III.....	53
Tabel 4.21. Nilai Rasio Hujan Harian Maksimum	56
Tabel 4.22. Koefisien Pengaliran	56
Tabel 4.23. Curah Hujan Rencana Efektif (Rn)	57
Tabel 4.24. Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman.....	57
Tabel 4.25. Ordinat Hidrograf Satuan	60
Tabel 4.26. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun	62
Tabel 4.27. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun	63
Tabel 4.28. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun	64
Tabel 4.29. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun	65
Tabel 4.30. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun	66

Tabel 4.31. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun.....	67
Tabel 4.32. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 1000 Tahun.....	68
Tabel 4.33. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang PMF.....	69
Tabel 4.34. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Kajian.....	3
Gambar 2.1. Bendungan Tarbela, Pakistan	6
Gambar 2.2. Bendungan Blimbing, Jawa Tengah.....	6
Gambar 2.3. Pengelompokan Bendungan Urugan	8
Gambar 2.4. Bendungan Deriner, Turki	9
Gambar 2.5. Metode Poligon Thiessen	13
Gambar 2.6. Metode Isohyet	13
Gambar 2.7. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	20
Gambar 3.1. Diagram Alir.....	29
Gambar 4.1. Grafik Faktor Penyesuaian Rata-rata Terhadap Pengamatan Maksimum.....	51
Gambar 4.2. Grafik Fakor Penyesuaian Simpangan Baku Terhadap Pengamatan Maksimum.....	51
Gambar 4.3. Grafik Fakor Penyesuaian Rata-rata dan Simpangan Baku Terhadap Panjang Pengamatan Data.....	52
Gambar 4.4. Grafik Meentukan Harga Km	52
Gambar 4.5. Grafik Ordinat Hisrograf Satuan	59
Gambar 4.6. Grafik Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir Rencana Metode Nakayasu dengan PMF	71
Gambar 4.7. Grafik Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir Rencana Metode Nakayasu tanpa PMF	71

ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA MENGGUNAKAN METODE HSS NAKAYASU PADA BENDUNGAN JRAGUNG KABUPATEN SEMARANG

Abstrak

Bendungan merupakan bangunan rekayasa air yang memiliki banyak manfaat, salah satunya yaitu pengendali banjir. Bangunan bendungan umumnya memiliki tujuan untuk menahan air. Dalam melaksanakan suatu bendungan dibutuhkan beberapa analisis yaitu analisis curah hujan rata-rata maksimum, analisis debit banjir, dan hidrograf satuan banjir.

Analisis dilakukan dengan menggunakan data curah hujan 3 pos stasiun hujan, dan analisis perhitungan menggunakan Metode HSS Nakayasu. Dalam menentukan debit banjir dilakukan analisis curah hujan dengan Metode Thiessen dan menentukan sebaran data curah hujan. Kemudian dilakukan uji distribusi probabilitas. Hasil dari analisis dengan menggunakan metode HSS Nakayasu yaitu debit kala ulang banjir pada waktu yang telah ditentukan.

Hasil perhitungan curah hujan rencana pada kala ulang 2 tahun sebesar 91,397 mm. Sedangkan besarnya Curah Hujan Maksimum yang Mungkin Terjadi (PMP) yaitu 486,56 mm. Berdasarkan hasil perhitungan dengan Metode HSS Nakayasu diperoleh debit banjir puncak yaitu 5,448 m³/detik dengan waktu puncak sebesar 4,86 jam. Hasil Analisis Debit Banjir Rencana dengan Metode HSS Nakayasu pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000, dan PMF berturut-turut adalah 17,785 m³/detik, 20,384 m³/detik, 21,591 m³/detik, 22,730 m³/detik, 23,388 m³/detik, 23,930 m³/detik, 25,246 m³/detik, 94,681 m³/detik.

Kata Kunci: *Curah Hujan; Debit Banjir; HSS Nakayasu; PMP*

ANALYSIS OF DESIGN FLOOD DISCHARGE USING THE HSS NAKAYASU METHOD ON THE JRAGUNG DAM KABUPATEN SEMARANG

Abstrack

Dam is a water engineering building which has many benefits, one of them is flood control. Dam building in general, have a purpose to hold water. In planning a dam some analysis needed namely analysis maximum average rainfall, flood discharge analysis, and flood unit hidrograf.

Analysis was performerd using rainfall data 3 post rain station and calculation analysis using the HSS Nakayasu Method. In determine flood discharge analysis is carried out rainfall using Thiessen Methode and determine distribution rainfall data. Then do the probability distribution test. Result of analysis using the HSS Nakayasu Method is a flood discharge repeat at time has been determine.

The results of the calculation of the planned rainfall at the 2-year return period are 91,397 mm. While the magnitude of the Probable Maximum Presipitation (PMP) is 486,56 mm. Based on the results of calculations using the Nakayasu HSS method, the peak flood discharge is 5,448 m³/second with a peak time of 4,86 hours. The results of the Design Flood Discharge Analysis using the HSS Nakayasu Method for return periods of 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000, and PMF respectively are 17,785 m³/second, 20,384 m³/second, 21,591 m³/second, 22,730 m³/second sec, 23,388 m³/sec, 23,930 m³/sec, 25,246 m³/sec, 94,681 m³/sec.

Keyword: *Rainfall; Flood Discharge, HSS Nakayasu; PMP*



UNISSULA
جامعة سلطان أبوبوع الإسلامية

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sumber daya air merupakan sumber daya yang berguna bagi manusia di bidang pertanian, industri, rekreasi, rumah tangga, hingga aktifitas lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu bangunan yang berfungsi menampung air pada saat musim penghujan dan menyimpan air pada saat musim kemarau salah satunya yaitu bendungan.

Bendungan merupakan bangunan rekayasa air yang memiliki banyak manfaat, salah satunya yaitu pengendali banjir. Bangunan bendungan umumnya memiliki tujuan untuk menahan air. Pembangunan Bendungan Jragung merupakan satu kesatuan pemanfaatan air Sungai Jragung dalam sistem Wilayah Sungai Jragung Tuntang untuk fungsi mengurangi potensi banjir, menunjang pemenuhan air baku bagi rumah tangga, irigasi dan pembangkit listrik banjir yaitu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia.

Definisi banjir sendiri yaitu peristiwa tergenangnya suatu wilayah oleh air baik itu air hujan atau air sungai dalam jumlah yang besar. Hal ini disebabkan karena curah hujan yang tinggi, permukaan air laut lebih tinggi dari pada permukaan tanah, tidak lancarnya air sungai karena terhambat oleh sampah, banyaknya bangunan yang didirikan di sepanjang bantaran sungai.

Dalam perencanaan bangunan-bangunan keairan terutama bangunan struktur sungai. Langkah awal yang harus ditempuh adalah menentukan banjir rancangan sesuai dengan kala ulang tertentu. Penentuan besarnya banjir rancangan untuk perencanaan sungai didasarkan pada tingkat keperluannya. (Hasibuan, 2012)

Metode yang digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rancangan dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu Metode Rasional dan Metode Matematik. Metode analisis hidrograf sintetik yang paling sederhana dan mudah digunakan dalam perhitungan debit banjir yaitu HSS atau Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu karena parameternya sedikit. Data-data yang digunakan dalam perhitungan metode ini yaitu karakteristik Daerah Aliran Sungai seperti luas DAS, panjang sungai, koefisien pengaliran, dan parameter alfa. Tujuan analisis debit

banjir rencana yaitu untuk mengevaluasi besarnya debit banjir rencana pada berbagai kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000 tahun dan PMF.

Adapun Daerah Aliran Sungai (DAS) yang akan menjadi objek penelitian yaitu DAS Jragung, dimana DAS Jragung terletak pada Wilayah Sungai Jragung. Daerah Aliran Sungai Jragung (DAS) ini terletak pada Desa Candirejo, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana hasil analisa curah hujan di DAS Jragung?
2. Bagaimana hasil analisa debit banjir puncak menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu pada Bendungan Jragung Kabupaten Semarang?
3. Berapa besarnya debit banjir rencana pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000 tahun dan PMF?

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan yang kami bahas dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa Curah hujan di DAS Jragung
2. Menganalisa besarnya debit banjir puncak menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu pada Bendungan Jragung Kabupaten Semarang
3. Menganalisa besarnya debit banjir rencana pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000 tahun, dan PMF

1.4. Batasan Masalah

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

1. Analisis ini ditinjau pada proyek pembangunan Bendungan Jragung Kabupaten Semarang
2. Menghitung debit banjir rencana pada berbagai kala ulang

3. Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu
4. Menggunakan data curah hujan 10 tahun di Bendungan Jragung Kabupaten Semarang

1.5. Lokasi Kajian

Lokasi kajian yang kami bahas dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu Bendungan Jragung yang berada di wilayah Desa Candirejo Kecamatan Pringapus Kabupaten Semarang. Peta lokasi kajian dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1. Lokasi Kajian

(Sumber: Program Mutu Konsultan Supervisi Pembangunan Bendungan Jragung, 2020)

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

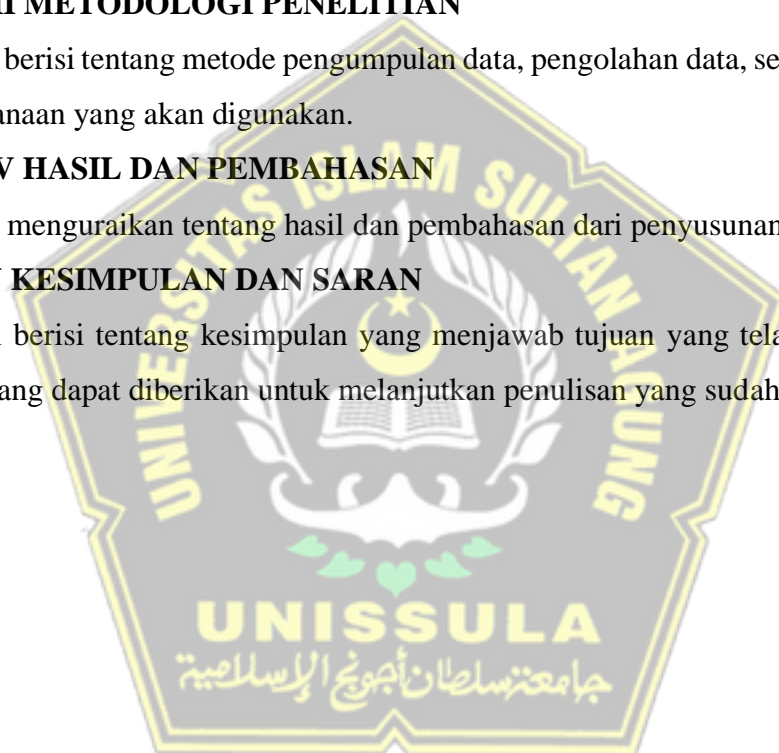
Bab ini berisi tentang metode pengumpulan data, pengolahan data, serta sistematika perencanaan yang akan digunakan.

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 ditulis serta saran yang dapat diberikan untuk melanjutkan penulisan yang sudah dikerjakan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bendungan

Menurut Permen PU Nomor 27 Tahun 2015, bendungan adalah bangunan yang berupa urugan tanah, urukan batu, beton, dan/atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung air limbah tambang, atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.

Bendungan memiliki bagian paling inti yaitu *main dam* atau biasa disebut tubuh bendungan yang berfungsi untuk peninggi muka air. Dari fungsi tersebut, agar *main dam* mampu menahan rembesan air sungai, harus memilih metode pelaksanaan penimbunan material bendungan yang tepat (Nasmiarta, dkk., 2016). Secara umum bendungan berfungsi untuk irigasi, kebutuhan air baku, dan pembangkit listrik. Selain itu, bendungan juga difungsikan sebagai penangkap dan penyimpan air ketika musim hujan. Ada beberapa tipe bendungan diantaranya: (Surya, 2020)

2.1.1. Tipe Bendungan Berdasarkan Ukurannya

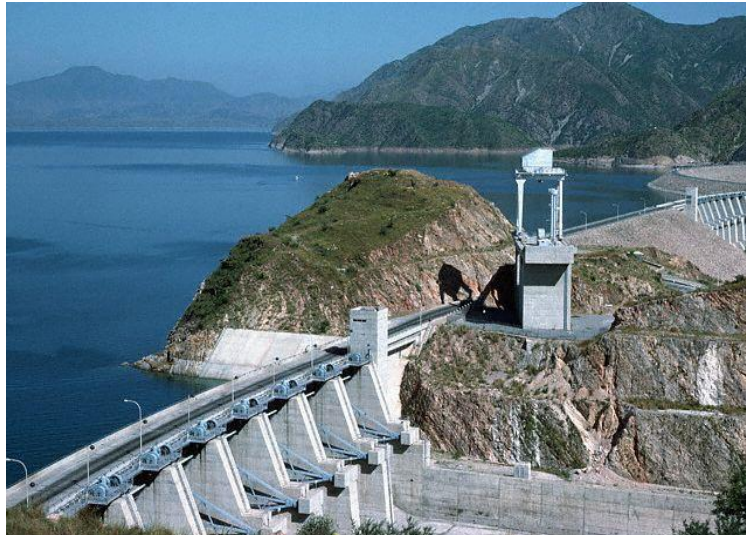
Menurut Surya (2020) tipe bendungan berdasarkan ukurannya terbagi menjadi dua yaitu bendungan besar dan bendungan kecil.

a. Bendungan besar (*large dams*)

Definisi bendungan besar yaitu bendungan yang memiliki ketinggian lebih dari 15 m, yang diukur dari pondasi terbawah hingga ke puncak bendungan. Bendungan yang tingginya 10 m hingga 15 m juga disebut bendungan besar jika memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Panjang puncak bendungan ≥ 500 m
- Kapasitas bendungan ≥ 1 juta m³
- Debit banjir maksimal yang diperhitungkan ≥ 2000 m³/detik

Salah satu contoh bendungan besar yaitu *Tarbela Dam*. Bendungan ini masuk dalam kategori bendungan terbear di dunia. Bendungan Tarbela merupakan bendungan yang terletak di Sungai Indus di Pakistan. Bendungan ini merupakan bendungan alami terbesar di dunia yang dipenuhi oleh air dari bumi.



Gambar 2.1. Bendungan Tarbela, Pakistan

(Sumber: Galeri Tegal, 2015)

b. Bendungan kecil (*small dams*)

Kriteria yang dimiliki bendungan kecil yaitu kriteria yang tidak memiliki syarat sebagai bendungan besar. Salah satu contoh bendungan kecil yaitu Bendungan Blimbing. Bendungan ini hanya memiliki tinggi 4 m. Bendungan Blimbing berada di Desa Blimbing, Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah.



Gambar 2.2. Bendungan Blimbing, Jawa Tengah

(Sumber: Pusdataru, 2022)

2.1.2. Tipe Bendungan Berdasarkan Tujuan Pembangunannya

Tipe bendungan berdasarkan tujuan pembangunannya terbagi menjadi dua tipe yaitu bendungan dengan tujuan tunggal dan bendungan serbaguna.

a. Bendungan dengan tujuan tunggal (*single purpose dams*)

Merupakan bendungan yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja.

b. Bendungan serbaguna (*multipurpose dams*)

Merupakan bendungan yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan.

2.1.3. Tipe Bendungan Berdasarkan Penggunaannya

Tipe Bendungan berdasarkan penggunaannya dibagi menjadi 3 tipe, yaitu bendungan untuk pembentuk waduk, bendungan penangkap atau pembelok air, dan bendungan untuk memperlambat aliran air.

a. Bendungan untuk membentuk waduk (*storage dams*)

Merupakan bendungan yang dibangun untuk membentuk waduk yang berfungsi untuk menyimpan air pada waktu yang lebih agar dapat digunakan untuk waktu yang diperlukan.

b. Bendungan penangkap atau pembelok air

Merupakan bendungan yang dibangun dengan tujuan meninggikan permukaan air agar dapat mengalir masuk ke dalam saluran air atau terowongan air.

c. Bendungan untuk memperlambat jalannya air (*detention dams*)

Merupakan bendungan yang dibangun untuk memperlambat aliran air dengan tujuan mencegah terjadinya banjir besar.

2.1.4. Tipe Bendungan Berdasarkan Jalannya Air

Tipe bendungan berdasarkan jalannya air dibagi menjadi 2 tipe, yaitu bendungan untuk melewati air dan bendungan untuk menahan air.

a. Bendungan untuk dilewati air (*overflow dams*)

Merupakan bendungan yang dibangun dengan tujuan untuk dilewati air.

b. Bendungan untuk menahan air

Merupakan bendungan yang tidak boleh dilewati air sama sekali.

2.1.5. Tipe Bendungan Berdasarkan Konstruksinya

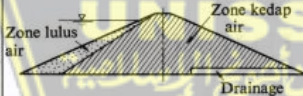
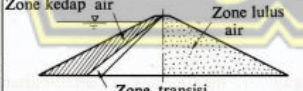
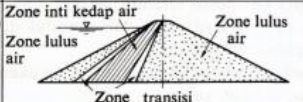
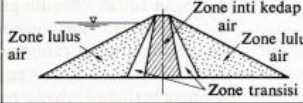

Tipe bendungan berdasarkan konstruksinya dibagi menjadi 3 tipe yaitu bendungan urugan, bendungan beton, dan bendungan lainnya.

a. Bendungan urugan (*fill dams, embankment dams*)

Bendungan urugan merupakan bendungan yang dibangun dengan bahan pembentuk bendungan asli, jadi dibangun tanpa bahan tambahan yang bersifat campuran kimia.

Bendungan urugan terbagi menjadi 3 tipe (RSNI M-03-2002):

- Bendungan zona, merupakan bentuk timbunan bendungan yang memiliki gradasi batuan berbeda-beda. Bendungan ini terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian kedap air dan bagian lolos
- Bendungan homogen, merupakan bendungan yang dibangun lebih dari 80% dari tanah yang hampir sejenis, memiliki sifat kedap air, serta gradasinya hampir sama.
- Bendungan urugan dengan membran atau sekat, bendungan urugan ini susunan beton blok dan lainnya sebagai lapisan kedap air apabila pada lereng bendungan dibuat lembaran baja tahan karat, beton bertulang, aspal, dan *geomembrane*.

Type:	Skema Umum	Keterangan
Bendungan Homogen		Apabila 80% dari seluruh bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang bergradasi hampir sama.
Bendungan Tirai		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan tirai kedap air di udiknya.
Bendungan Zonal		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan miring ke hilir.
Bendungan Inti vertikal		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan vertikal.
Bendungan Sekat		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan dinding tidak lulus air di lereng udiknya, yang biasanya terbuat dari lembaran baja tahan karat, lembaran beton bertulang, aspal beton, lembaran plastik, dll. nya.

Gambar 2.3. Pengelompokan Bendungan Urugan

(Sumber: Hestina Viyanti, 2015)

b. Bendungan beton (*concrete dams*)

Merupakan bendungan yang terbuat dari konstruksi beton. Ada 4 tipe bendungan beton yaitu bendungan beton dengan penyangga, bendungan beton berdasarkan berat sendiri, bendungan beton berbentuk lengkung, maupun bendungan beton kombinasi. Salah satu contoh bendungan beton yaitu Bendungan Deriner. Bendungan ini dibangun untuk memanfaatkan Sungai Coruh. Bendungan ini dibangun sebagai bentuk beton ganda melengkung.



Gambar 2.4. Bendungan Deriner, Turki

(Sumber: Herlangga Pratama, 2019)

2.1.6. Tipe Bendungan Berdasarkan Fungsinya

Tipe bendungan berdasarkan fungsinya terbagi menjadi 8 tipe yaitu :

a. Bendungan pengelak pendahuluan (*primary cofferdam, dike*)

Merupakan bendungan yang awalnya dibangun di sungai pada saat debit air rendah dengan tujuan agar lokasi rencana bendungan pengelak menjadi kering.

b. Bendungan pengelak (*cofferdam*)

Merupakan bendungan yang dibangun setelah bendungan pengelak pendahuluan selesai.

c. Bendungan utama (*main dam*)

Merupakan bendungan yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan tertentu.

- d. Bendungan sisi (*high level dam*)
Merupakan bendungan yang letaknya di sebelah bendungan utama yang tinggi puncaknya sama.
- e. Bendungan di tempat rendah
Merupakan bendungan yang terletak di tepi yang jauh dari bendungan utama, bertujuan untuk mencegah keluarnya air sehingga air tidak mengalir ke daerah sekitar.
- f. Tanggul
Merupakan bendungan yang letaknya jauh dari bendungan utama. Bendungan ini memiliki tinggi maksimal 5 m dan Panjang puncaknya maksimal 5 kali tingginya.
- g. Bendungan limbah industri (*industrial waste dam*)
Merupakan bendungan yang terdiri atas timbunan untuk menahan limbah dari industri.
- h. Bendungan pertambangan
Merupakan bendungan yang terdiri dari timbunan bertahap yang bertujuan untuk menahan hasil galian pertambangan.

2.2. Daerah Aliran Sungai

Menurut Fuadi dan Cut tahun 2008, Daerah Aliran Sungai atau biasa disingkat DAS merupakan hamparan permukaan bumi yang dibatasi oleh pegunungan di hulu sungai hingga lembah di hilir. Pengelolaan sumber daya sudah menjadi kewajiban jikalau sumber daya tersebut sudah tidak mencukupi kebutuhan manusia. jika kondisi sumber daya tidak mencukupi kebutuhan manusia maka pengelolaan DAS untuk dimanfaatkan sebaik-baiknya dari segi teknik, fisik, sosial budaya, maupun ekonomi. Sedangkan jika kondisi sumber daya melimpah, maka pengelolaan DAS dimaksudkan untuk mencegah pemborosan.

Daerah Aliran Sungai Jragung merupakan induk dari 3 (tiga) anak sungai yaitu Sungai Penawangan, Sungai Merana, dan Sungai Klampok yang mempunyai luas tangkapan sungai 94 km² dengan Panjang sungai 35 km. Secara administratif, DAS Jragung melewati Kabupaten Semarang, Kota Semarang, Kabupaten Demak, hingga Kabupaten Grobogan. Pertambahan penduduk di wilayah hulu DAS Jragung

menyebabkan banyak perubahan fungsi lahan, merubah bentang alam asli menjadi pesawahan dan pemukiman. Peta Daerah Aliran Sungai Jragung dan Peta Stasiun Hujan dapat dilihat pada lampiran.

Daerah Aliran Sungai (DAS) ditentukan dengan menggunakan peta topografi dilengkapi dengan garis-garis kontur dengan skala 1:50000. Garis-garis kontur digunakan untuk menentukan arah limpasan permukaan. Limpasan dimulai untuk titik tertinggi dan bergerak menuju titik yang lebih rendah dengan arah tegak lurus terhadap garis kontur. Air hujan yang jatuh di dalam Daerah Aliran Sungai akan mengalir ke sungai utama yang ditinjau, sedangkan yang jatuh diluar Daerah Aliran Sungai akan mengalir menuju sungai lain di sebelahnya (Ratna, 2014 dalam Sudarmin, 2017).

2.3. Curah Hujan

Hujan yaitu fenomena alam jatuhnya titik air di atmosfer ke permukaan bumi. Hujan mempunyai peran yang penting dalam siklus hidrologi maupun siklus perputaran air. Hujan di daerah satu dengan daerah lain akan memiliki perbedaan. Perbedaan tersebut menimbulkan karakteristik yang khas. Beberapa faktor kejadian hujan antara lain ketinggian tempat, garis lintang, relief, dan lain lain (Ajr dan Fitri, 2019).

Curah hujan yaitu ketinggian air hujan yang terkumpul, tidak meresap, tidak mengalir dan tidak menguap. Curah hujan merupakan hujan yang diukur berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Jumlah curah hujan dicatat pada satuan milimeter. Curah hujan 1 mm merupakan tinggi air hujan yang menutupi permukaan per m^2 sebesar 1 mm. Informasi data curah hujan berbentuk temporal atau runtut waktu maupun berbentuk spasial atau keruangan (Syaifullah, 2014). Intensitas hujan merupakan jumlah curah hujan dalam satu satuan waktu yang dinyatakan dalam mm/tahun, mm/hari, mm/jam.

Pada wilayah tropik kepulauan maritim Indonesia memiliki curah hujan yang tinggi, di daerah pegunungan curah hujan semakin tinggi. Curah hujan yang tinggi di wilayah tropik umumnya dihasilkan dari proses konveksi dan pembentukan awan hujan panas.

2.4. Analisis Hidrologi

2.4.1. Curah Hujan Daerah Rata-Rata Maksimum

Untuk mengetahui curah hujan rata-rata maksimum di suatu daerah aliran sungai, maka dilakukan pemasangan alat pengukur curah hujan. Untuk mengetahui nilai curah hujan ada 3 metode yaitu:

a. Metode Rerata Aljabar (aritmatik).

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana untuk menghitung rerata curah hujan disuatu daerah. Rumus perhitungan curah hujan rata-rata yaitu sebagai berikut:

$$R_n = \frac{P_1+P_2+\dots+P_n}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

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

Metode ini memiliki bobot tertentu pada masing-masing stasiun sebagai fungsi jarak stasiun hujan.

$$d = \frac{A_1d_1+A_2d_2+\dots+A_nd_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana,

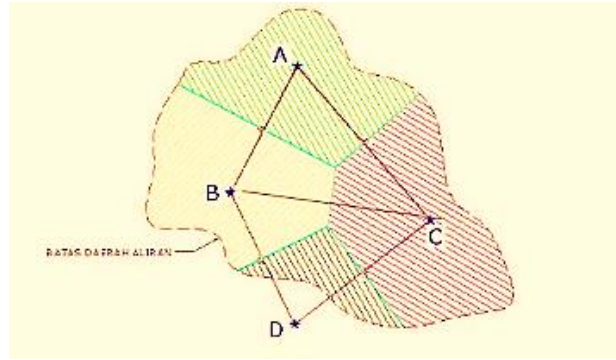
d = tinggi curah hujan rata-rata daerah (DAS)

A = Luas daerah (DAS)

d_1, d_2, \dots, d_n = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah pengaruh pos 1, 2, ..., n

n = banyaknya pos penakar (Surya, 2020)



Gambar 2.5. Metode Poligon Thiessen

(Sumber: Komunitas Atlas, 2010)

c. Metode Isohyet

Prinsip isohyet adalah garis yang menghubungkan antara titik-titik dengan titik atau kedalaman hujan yang sama. Jadi isohyet merupakan cara dengan garis yang menghubungkan daerah yang memiliki tinggi hujan yang sama.

$$d = \frac{A_1 \frac{d_0+d_1}{2} + A_2 \frac{d_1+d_2}{2} + \dots + A_n \frac{d_n+d_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

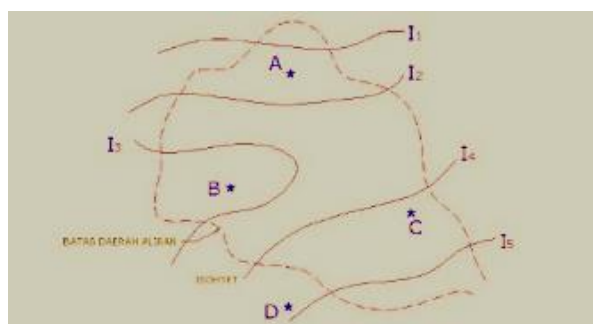
d = tinggi curah hujan rata-rata daerah (DAS)

A = Luas daerah (DAS)

d₀, d₁, ..., d_n = Tinggi curah hujan pada isohyet 1, 2, ..., n

A₁, A₂, ..., A_n = luas bagian areal yang dibatasi oleh isohyet

n = banyaknya pos penakar (Surya, 2020)



Gambar 2.6. Metode Isohyet

(Sumber: Komunitas Atlas, 2010)

2.4.2. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan analisa probabilitas. Data yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu data debit atau hujan maksimum tahunan, meliputi data terbesar yang terjadi dalam yang terjadi dalam satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun. Ada beberapa jenis sebaran yang dapat dilakukan untuk menganalisis curah hujan rancangan yaitu Normal, Log Normal, Log Pearson Type III, dan Gumbel. (Sudarmin, 2017) Metode tersebut mempunyai syarat-syarat yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k = 3$
2	Log Normal	$C_s \approx 3 C_v + C_v^2 = 3$ $C_k = 5,383$
3	Log Perason Type III	$C_s \neq 0$
4	Gumbel	$C_s \leq 1,14$ $C_k \leq 5,40$

Berikut ini penjelasan pola sebaran yang banyak digunakan dalam hirodrologi:

a. Metode Distribusi Normal

Metode ini banyak digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, dan debit rata-rata tahunan. Rumus perhitungannya yaitu sebagai berikut: (Sudarmin, 2017)

$$X_t = X + k S \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana,

X_t = curah hujan rencana (mm/hari)

X = curah hujan maksimum rata-rata (mm/hari)

Tabel 2.2. Nilai Koefisien untuk Distribusi Normal

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

b. Metode Distribusi Log Normal

Menurut Soemarno, 1995 dalam Sudarmin, 2017 Metode distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari metode distribusi normal, dengan menggabungkan varian X menjadi logaritmik varian X. Rumus perhitungan yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$\text{Log } X_t = \text{Log } x + K_t.S \dots\dots\dots(2.5)$$

$$X_t = 10^{\text{Log}X_t} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana,

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

$$S = \text{standar deviasi} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum (X_i - X)^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

X_i = curah hujan rata-rata (mm/hari)

K_t = standar variable untuk periode ulang tahun

Tabel 2.3. Nilai Koefisien Untuk Distribusi Log Normal

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

c. Metode Distribusi Gumbel

$$X_t = X + \frac{(Y_t+Y_n)}{S_n} \times S \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana,

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

X = curah hujan rata-rata (mm/hari)

Yt = reduce variable, merupakan fungsi dari banyaknya data (n) (Ir C.D Soemarto, 1995)

Yn = reduce mean, merupakan fungsi dari banyaknya data (n) (Ir C.D Soemarto, 1995)

Sn = reduce standar deviasi, merupakan fungsi dari banyaknya data (n) (Ir C.D Soemarto, 1995)

$$S = \text{standar deviasi} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum (Xi - X)^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

Xi = curah hujan maksimum (mm/hari)

N = lamanya pengamatan

d. Metode Distribusi Log Person Type III

Metode ini merupakan hasil transformasi dari Metode Distribusi Pearson Type III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik. Rumus-rumusnya sebagai berikut: (Sumarto, 1999 dalam Sudarmin, 2017)

$$\text{Nilai rata-rata: } \log x = \sqrt{\log X} = \frac{\sum \log X}{n} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{Standar deviasi: } S = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \log x)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{Koefisien Kemencengan: } CS = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)S^4} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^3 \dots\dots\dots (2.12)$$

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

Logaritma curah hujan dengan waktu balik dihitung dengan rumus:

$$Xt = X + K.S \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana,

Xt = logaritma curah hujan dalam periode ulang T tahun (mm/hari)

X = nilai rata-rata

S = standar deviasi

N = jumlah pengamatan

Cs = koefisien kemencengan

2.4.3. Uji Distribusi Probabilitas

a. Uji Chi-Kuadrat

Pengujian menggunakan Metode Chi–Kuadrat (x^2). Maksud dari uji probabilitas yaitu untuk mengetahui apakah persamaan probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data analisis. Rumus perhitungan uji distribusi probabilitas yaitu sebagai berikut: (Soewarno, 1995 dalam Sudarmin, 2017)

$$x^2 = \sum_{i=0}^n \frac{(Qr - Er)^2}{Er} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana,

X^2 = parameter chi kuadrat

Qr = nilai pengamatan

Er = nilai teoritis

Derajat kepercayaan (α) tertentu yang diambil yaitu 5 % dan derajat kebebasan (Dk) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Dk = K - (p+1) \dots\dots\dots(2.16)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots(2.17)$$

b. Uji Smirnov Kolmogorov

Menurut Soewarno, uji kecocokan *Smirnov Kolmogorov* juga disebut juga disebut uji kecocokan non parametik karena tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu dalam pengujiannya.

Rumus perhitungan uji Smirnov Kolomogorov yaitu sebagai berikut:

$$D = \max |Pe - Pt| \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana,

Pe = peluang empiris dari data hujan/debit

Pt = peluang teoritis dari data perhitungan menggunakan persamaan distribusi

2.4.4. Hidrograf

Hidrograf adalah hubungan antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Hidrograf memiliki beberapa jenis yaitu hidrograf muka-air dan hidrograf debit, hidrograf kecepatan, hidrograf sedimen, dan hidrograf polutan. Pada umumnya, bentuk hidrograf dipengaruhi oleh sifat hujan dan sifat DAS yang lain. (Sri Harto, 1993 dalam Aurdin, 2014)

Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi di seluruh Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan intensitas tetap dalam satuan waktu yang ditetapkan. Hidrograf satuan ini biasa dianggap sebagai hidrograf khas untuk suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). (Aurdin, 2014)

Menurut Sherman (1932) dalam Aurdin (2014), suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) mempunyai suatu sifat khas yang menunjukkan sifat tanggapan suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) terhadap suatu masukan tertentu. Tanggapan tersebut dalam konsep model hidrologi satuan biasa dikenal dengan hidrograf satuan. Data yang diperlukan untuk mendapatkan hasil perhitungan hidrograf suatu kasus banjir yaitu sebagai berikut:

- 1) Rekaman Automatic Water Level Recorder (AWLR)
- 2) Pengukuran debit yang cukup
- 3) Data hujan biasa (manual)
- 4) Data hujan otomatis

Menurut Rachmad Jayadi (2000) dalam Aurdin (2014), hidrograf satuan suatu DAS didapatkan oleh suatu analisis hitungan berdasarkan data hujan per jam dan hidrograf akibat kejadian hujan tercatat. Hidrograf satuan dapat disusun jika terdapat data hujan dan data debit yang cukup. Apabila data tersebut tidak tersedia, maka menggunakan konsep hidrograf satuan sintetik (Aurdin, 2014).

Suhotang Rico pada tahun 2011, mengungkapkan bahwa data banjir atau curah hujan terbesar tahunan yang sudah terjadi digunakan untuk memperoleh angka kemungkinan besaran debit banjir banjir yang diakibatkan oleh luapan sungai. Hidrograf Satuan Sintetik adalah metode yang tepat untuk menghitung debit banjir karena dari perhitungan tersebut akan menghasilkan nilai debit perjam. Dalam hal tersebut penulis akan menggunakan metode HSS Nakayasu. Dalam penggunaan metode ini, ada beberapa karakteristik parameter daerah alirannya antara lain:

- 1) Luas daerah aliran sungai
- 2) Panjang alur sungai utama terpanjang
- 3) Tenggang waktu dari permukaan hujan hingga puncak hidrograf
- 4) Tenggang waktu dari titik berat hujan hingga titik berat hidrograf
- 5) Tenggang waktu hidrograf

Data yang digunakan untuk perhitungan analisis dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu yaitu data banjir besar tahunan atau curah hujan terbesar tahunan. Dalam penulisan ini periode yang digunakan dalam menghitung debit hujan rancangan yaitu periode ukang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000 tahun. Metode HSS Nakayasu merupakan metode yang tepat karena perhitungan yang dihasilkan nilai debit tiap jam saat hujan mulai turun, waktu puncak hingga akhir banjir. Rumus dari HSS Nakayasu adalah sebagai berikut: (Sudarmin, 2017)

$$Q_{\text{maks}} = \frac{1}{3,6} \times A \times \frac{R_o}{(0,3 \times T_p \times T_{0,3})} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana,

Q = Debit puncak banjir (m³/det)

R_o = Hujan satuan (mm)

A = Luas daerah tangkapan sampai outlet

T_p = T_g + 0,8 t_r

T_p merupakan tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

T_r = 0,5 t_g sampai t_g

T_{0,3} = α, T_g s

T_g merupakan *time lag*, yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).

Dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

$$T_g = 0,40 + 0,058 \times L, \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \dots \dots \dots (2.19)$$

$$T_g = 0,21 \times L^{0,7}, \text{ untuk } l < 15 \text{ km} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana,

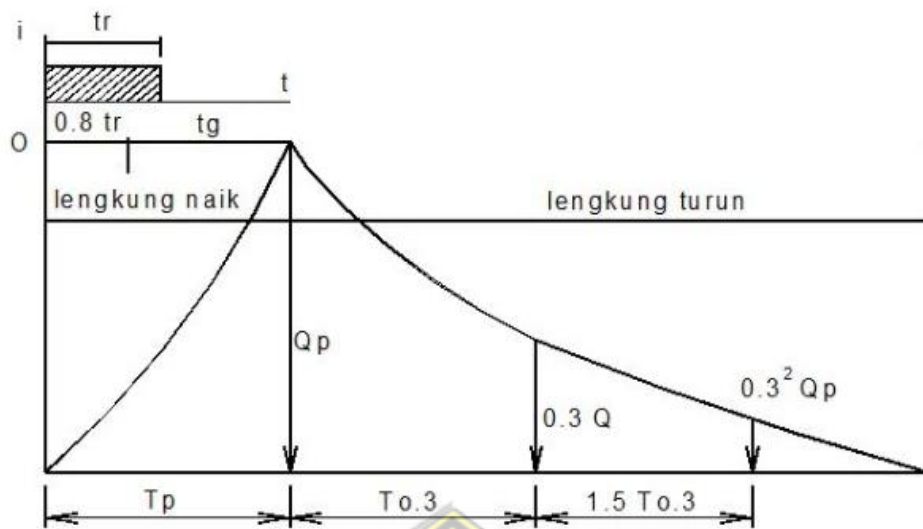
T_r = satuan waktu hujan (jam)

α = parameter hidrograf, untuk

α = 2, pada daerah pengaliran biasa

α = 1,5, pada bagian naik hidrograf lambat dan turun cepat

α = 3, pada bagian naik hodrograf cepat dan turun lambat



Gambar 2.7. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

(Sumber: Agus Suroso, 2014)

Persamaan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu adalah : (Sihotang dkk, 2019)

a. Kurva naik : $0 < t < T_p$

$$Q_t = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2.4} Q_p \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana,

Q_t = Limpasan sebelum mencari debit puncak (m^3)

t = Waktu (jam)

b. Kurva turun

Nilai : $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\{(t-T_p)/(1,5 \times 0,3)\}} \dots\dots\dots (2.22)$$

Nilai : $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\{(t-T_p+0,5 T_{0,3})/(1,5 \times T_{0,3})\}} \dots\dots\dots (2.23)$$

Nilai : $1,5 T_{0,3} > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\{(t-T_p+0,5 T_{0,3})/(2 \times T_{0,3})\}} \dots\dots\dots (2.24)$$

2.4.5. Probable Maximum Precipitation (PMP) dan Probable Maximum Flood (PMF)

Menurut Surya (2020), *Probable Maximum Precipitation* (PMP) atau kemungkinan hujan maksimum, yaitu ketebalan hujan maksimum untuk waktu tertentu yang kemungkinan secara fisik terjadi dalam suatu wilayah aliran dalam kurun waktu tertentu.

Metode Hershfield yaitu metode yang biasaya digunakan untuk memperkirakan nilai hujan maksimum. Metode ini digunakan jika data meteorologi sangat kurang atau harus diperkirakan secara cepat. Rumus Metode Hershfield yaitu:

$$X_m = \bar{x}_P + K_m \times S_p \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana,

X_m = nilai hujan maksimum atau PMP

\bar{x}_P = rata-rata seri data hujan maksimum tahunan sebanyak n

K_m = nilai fungsi dari durasi hujan serta rata-rata hujan harian maksimum tahunan

S_p = simpangan baku dari data hujan harian maksimum tahunan sebanyak n

Nilai X_P dan S_p yaitu yang telah disesuaikan dengan pengamatan maksimum serta terhadap panjang pencatatan data. Perhitungan terhadap faktor-faktor koreksinya yaitu (SNI 2415, 2016, p.67) : (Surya, 2020)

$$\bar{x}_P = \bar{X}_n \times f_1 \times f_2 \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana,

\bar{x}_n = rata-rata data hujan harian maksimum tahunan yang telah lolos penyaringan

f_1 = faktor penyesuaian terhadap pengamatan maksimum

f_2 = faktor penyesuaian terhadap panjang

$$S_p = S_n \times f_3 \times f_4 \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana,

S_n = simpangan baku dari data hujan harian maksimum tahunan yang telah lolos penyaringan

f_3 = faktor penyesuaian terhadap pengamatan maksimum

f_4 = faktor penyesuaian terhadap panjang

Probable Maximum Flood (PMF) merupakan banjir maksimum yang terjadi di suatu daerah dengan durasi tertentu. Menurut Ratna (2014) dalam Sudarmin (2017), sasaran utama analisis hidrologi yaitu menetapkan nilai rancangan debit sungai di lokasi tertentu, dengan tingkat resiko yang bisa diterima sesuai tingkat kerugian yang mungkin dialami. Debit rancangan PMF digunakan untuk merancang bangunan resiko bencana tinggi, khususnya jika menyangkut korban manusia diinginkan debit rancangan sama sekali tanpa resiko gagal.

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. Penelusuran Banjir pada Waduk Semantok

Adi Surya (2014), Meneliti penelusuran banjir dengan judul “PENELUSURAN BANJIR PADA WADUK SEMANTOK KABUPATEN NGANJUK JAWA TIMUR. Penelitian ini dimulai pada tahap awal dengan merencanakan rencana banjir sesuai dengan aspek hidrologi. Kemudian menganalisa dan menghitung lengkung kapasitas waduk dan penelusuran banjir melalui pelimpah. Penelitian ini menerima hasil analisis dengan metode HSS Nakayasu dengan hasil kala ulang banjir rencana dengan waktu yang telah ditentukan. Selanjutnya menghitung lengkung kapasitas waduk untuk menentukan volume tampungan yang ada pada Waduk Semantok. Kemudian dilakukan perhitungan penelusuran banjir banjir melewati pelimpah dengan kala ulang Q_{100} , Q_{1000} , dan Q_{PMF} .

Hasil analisis *inflow* dan *outflow* pada banjir kala ulang Q_{100} , Q_{1000} , dan PMF adalah untuk Q_{100} adalah $185.02 \cdot 421.25 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan $60.70 \cdot 421.25 \text{ m}^3/\text{detik}$, untuk Q_{1000} adalah $238.52 \cdot 421.25 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan $84.4 \cdot 421.25 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan untuk PMF $827.80 \cdot 421.25 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan $421.25 \text{ m}^3/\text{detik}$. Sedangkan untuk pelimpah terjadi *overtopping* pada kala ulang banjir Q_{100} , Q_{1000} , serta PMF dengan ketinggian maksimal air diatas pelimpah adalah Q_{100} yaitu 0,69 m, Q_{1000} yaitu 0,87 m, sedangkan PMF yaitu 2,53 m.

2.5.2. Analisis Debit Banjir Sungai Tondano

Penelitian oleh Rapar dkk tahun 2004 dengan judul “ANALISIS DEBIT BANJIR SUNGAI TONDANO ENGGUNAKAN METODE HSS GAMA I DAN HSS LIMANTARA” dalam penelitian ini menyimpulkan bahwa untuk menghitung debit banjir di Sungai Tondano menggunakan data curah hujan di Stasiun Kayuwatu, Stasiun Papakelan, dan Stasiun Wasian Kakas dengan periode pencatatan pada tahun 1992 hingga 2011 dan menggunakan peta topografi dengan skala 1:200.000.

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

Tabel 2.4. 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	1838.37	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	628.57
10	6202.11	3562.66	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	11686.74	2282.32	2519.22	1487.64

2.5.3. Analisa Debit Banjir Sungai Bonai

Penelitian oleh Hasibuan pada tahun 2012 dengan judul “ANALISA DEBIT BANJIR SUNGAI BONAI KABUPATEN ROKAN HULU MENGGUNAKAN PENDEKATAN HIDROGRAF SATUAN NAKAYASU” menyimpulkan bahwa distribusi curah hujan di sekitar Sungai Bonai Darussalam yang diuji menggunakan parameter faktor koefisien asimetris (C_s), koefisien kurtosis (C_k), dan koefisien variasi (C_v) yaitu mengikuti pola distribusi frekuensi *Log Pearson Type III*. Sedangkan hasil utama dalam penelitian ini membuktikan bahwa rancangan debit banjir menggunakan HSS Nakayasu untuk Sungai Bonai dengan menggunakan kala ulang tahunan 50 tahunan yaitu sebesar $286.75 \text{ m}^3/\text{detik}$.

2.5.4. Analisis Debit Banjir Rancangan Bendungan Way Yori

Penelitian yang berjudul “ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN DAN KAPASITAS PELIMPAH BENDUNGAN WAY YORI” oleh Muh Azmin Sudarmin (2017). Berdasarkan hasil dari penelitian dapat disimpulkan besarnya curah hujan maksimum yang mungkin terjadi (PMP) sebesar 1465.436 mm. Hasil analisis debit banjir dengan metode HSS Nakayasu untuk kala ulang 2, 5, 10, 50, 100, 1000 tahun dan PMF berturut-turut yaitu 159.5119 m³/d, 196.6425 m³/d, 212.1519 m³/d, 225.9868 m³/d, 233.5844 m³/d, 239.5599 m³/d, 244.3738 m³/d, 253.1852 m³/d, dan 1299.615 m³/d. Kapasitas bangunan pelimpah pada Bendungan Way Yori sebesar 1074.324 m³/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.

2.5.5. Analisa Debit Banjir Rancangan Bendungan Gintung

Penelitian yang berjudul “ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA BENDUNGAN GINTUNG” oleh Rico Sihotang dkk (2011). 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 dipilih 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 X² terhadap Metode Log Pearson Type III masih memenuhi syarat karena X² < X²_{CR} yaitu X² 0,05 = 5,991 dan X² 0,01 = 9,210 mm , X²_{CR} = 5,991 sehingga tingkat kepercayaan hasil perhitungan data masih memenuhi syarat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Uraian Umum

Metode yang digunakan dalam penulisan ini yaitu menghitung menggunakan data curah hujan selama 10 tahun. Kemudian dilakukan analisis curah hujan curah hujan rata rata maksimum dan debit banjir. Lingkup kegiatan pada penulisan ini adalah sebagai berikut:

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

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat diagram alir penelitian pada Gambar 3.1.

3.2. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan adalah serangkaian kegiatan awal sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahapan ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya:

1. Studi faktor mengenai masalah yang akan dibahas
2. Menentukan dan mencari kebutuhan data
3. Survey ke lokasi bendungan

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penulisan ini yaitu data sekunder. Menurut Sugiyono (2016) data sekunder adalah sumber data yang tidak langsung diterima oleh pengumpul data, bisa melalui orang lain atau lewat dokumen. Sumber data sekunder merupakan sumber data pelengkap yang berfungsi melengkapi data yang diperlukan data primer. Pengumpulan data sekunder pada penulisan ini diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana (BBWS) Semarang dan Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Dan Penata Ruang Provinsi Jawa Tengah (PUSDATARU), data sekunder yang digunakan yaitu:

1. Data Curah Hujan 10 Tahun
2. Peta DAS Jragung
3. Peta Stasiun Hujan
4. Data Teknis Bendungan Jragung
5. Data Hujan Harian Maksimum

3.4. Analisis Hidrologi

Metode yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu yang bertujuan menganalisa curah hujan dan debit banjir dengan mencari debit rencana pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 100, 1000, dan PMF.

3.4.1. Perhitungan Curah Hujan Daerah Rata-Rata Maksimum

Menghitung curah hujan daerah rata-rata maksimum dengan menggunakan Metode Rerata Aljabar (aritmatik). Metode ini merupakan metode yang paling sederhana untuk menghitung rerata curah hujan di suatu daerah. Rumus perhitungan curah hujan rata-rata dapat dilihat pada Rumus 2.1.

3.4.2. Analisis Frekuensi

Analisis besar curah hujan rencana untuk mengetahui besarnya nilai curah hujan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000 tahun. Ada beberapa jenis sebaran yang dapat dilakukan untuk menganalisis, pada perhitungan ini menggunakan Metode Distribusi Log Pearson Type III.

3.4.3. Uji Kesesuaian Distribusi

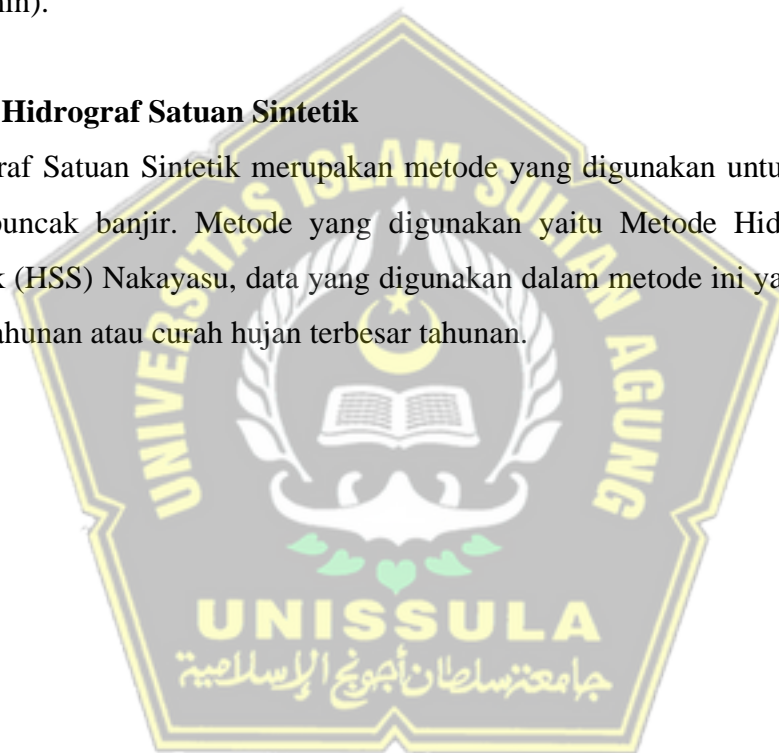
Pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Metode yang digunakan untuk pengujian ini yaitu Metode Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov (Fairizi, 2015).

3.4.4. Probable Maximum Precipitation (PMP) dan Probable Maximum Flood (PMF)

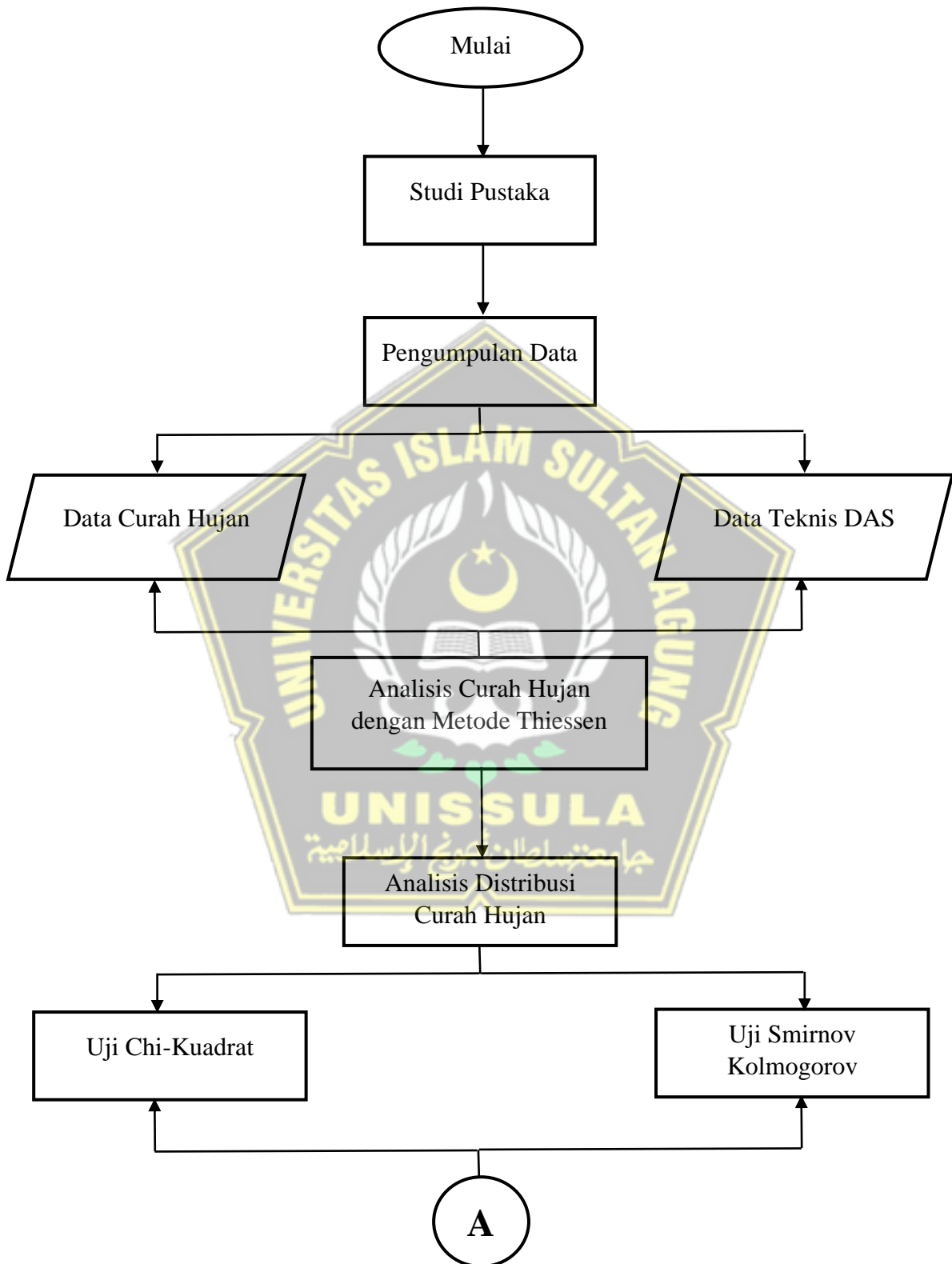
Menghitung curah hujan PMP (*Probable maximum Precipitation*), yaitu curah hujan rancangan maksimum. Sedangkan PMF (*Probable Maximum Flood*), yaitu banjir maksimum yang terjadi di suatu daerah dengan durasi waktu tertentu. PMP dihitung dengan menggunakan Metode Hersfield. Secara teoritis dalam perhitungan PMF didapat dari perhitungan curah hujan maksimum yang menggunakan metode PMP dikalikan perhitungan debit banjir dengan metode Analisa hidrograf satuan sintetik (SS), dalam perhitungan HSS digunakan metode Nakayasu (Soemarto, 1995 dalam Sudarmin).

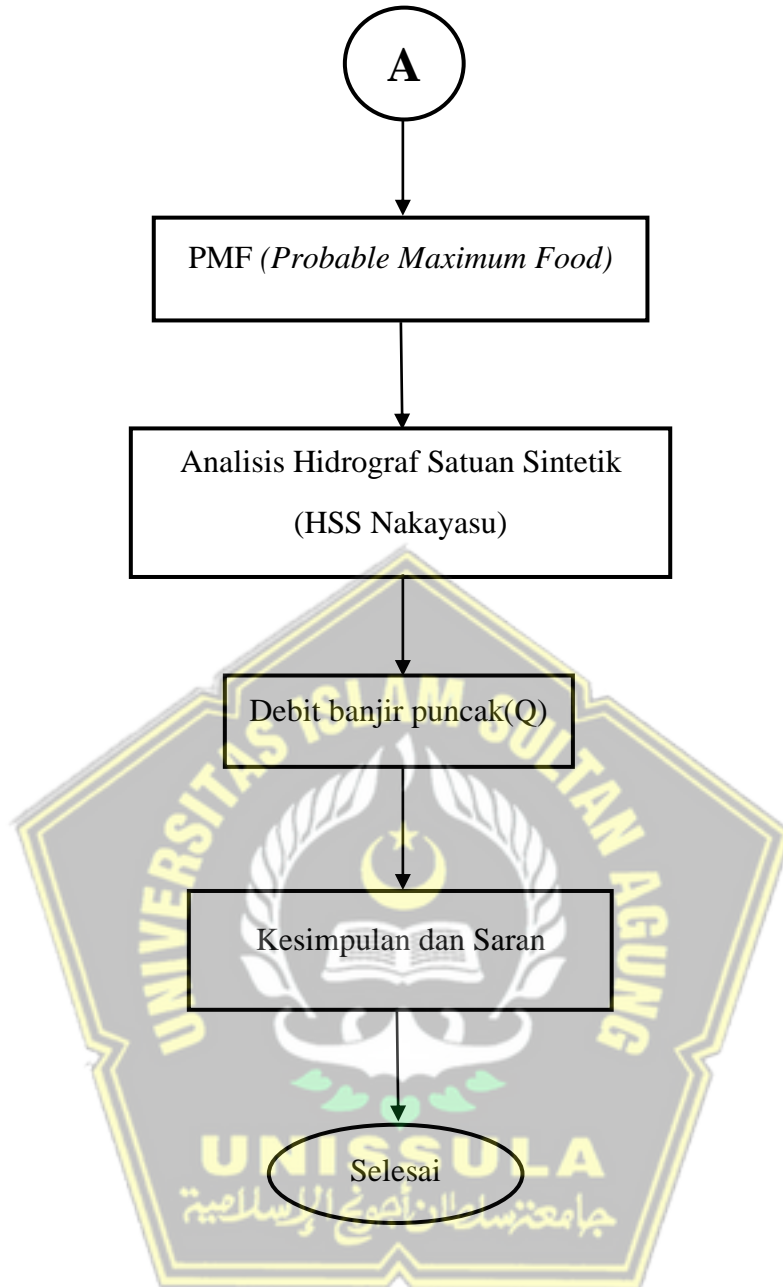
3.4.5. Hidrograf Satuan Sintetik

Hidrograf Satuan Sintetik merupakan metode yang digunakan untuk menghitung debit puncak banjir. Metode yang digunakan yaitu Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu, data yang digunakan dalam metode ini yaitu data banjir besar tahunan atau curah hujan terbesar tahunan.



3.5. 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 Rerata Aritmatik (Aljabar)

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah yaitu Metode Rerata Aritmatik (aljabar), dimana pengukuran yang dilakukan di beberapa pos hujan dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiunnya. Nilai curah hujan yang akan diambil, diperoleh dari data hujan harian yaitu jumlah hujan pada bulan tertentu untuk tahun tertentu yang disebut curah hujan bulanan.

Langkah untuk mendapatkan perhitungan curah hujan harian rata-rata pada Stasiun Pucang Gading, Stasiun Jragung dan Stasiun Glapan yaitu:

- a. Mengumpulkan data harian hujan 10 tahun yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penata Ruang Provinsi Jawa Tengah
- b. Rekapitulasi hujan harian maksimum perbulan
- c. Pengumpulan data harian hujan pertahun
- d. Menghitung rata-rata hujan harian maksimum 3 pos stasiun hujan dengan Rumus 2.1.

Contoh Perhitungan :

- Curah Hujan Rata-Rata Maksimum Tahun 2012

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{\text{St.Pucang Gading}+\text{St.Jragung}+\text{St.Bd Glapan}}{3} \\ &= \frac{100+96+6}{3} \\ &= 65,33\end{aligned}$$

- Curah Hujan Rata-Rata Maksimum Tahun 2013

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{\text{St.Pucang Gading}+\text{St.Jragung}+\text{St.Bd Glapan}}{3} \\ &= \frac{90+73+81}{3} \\ &= 81,33\end{aligned}$$

- Curah Hujan Rata-Rata Maksimum Tahun 2014

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{\text{St.Pucang Gading}+\text{St.Jragung}+\text{St.Bd Glapan}}{3} \\ &= \frac{106+105+83}{3} \\ &= 98,00\end{aligned}$$

- Curah Hujan Rata-Rata Maksimum Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{\text{St.Pucang Gading}+\text{St.Jragung}+\text{St.Bd Glapan}}{3} \\ &= \frac{105+75+105}{3} \\ &= 95,00\end{aligned}$$

Rekapitulasi hujan maksimum harian rata-rata 3 pos stasiun hujan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.1. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata Per Tahun pada Stasiun Pucang Gading

Tahun	Curah Hujan (mm)												Maksimum Harian Rata Rata
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2012	55	100	61	67	75	33	0	0	0	23	45	54	100
2013	57	90	57	24	67	58	66	19	9	12	63	73	90
2014	75	106	44	35	42	34	45	33	0	23	62	43	106
2015	71	105	93	49	38	3	0	0	0	6	74	23	105
2016	104	75	26	64	38	29	71	16	74	65	46	56	104
2017	45	67	46	82	28	19	23	0	50	78	67	45	82
2018	43	73	88	23	21	27	3	0	32	37	25	68	88
2019	40	72	70	58	34	0	9	9	19	4	53	53	72
2020	48	98	37	85	57	10	44	20	29	45	61	66	98
2021	95	67	34	39	73	85	31	53	45	60	38	94	95

Tabel 4.2. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata Per Tahun pada Stasiun Jragung

Tahun	Curah Hujan (mm)												Maksimum Harian Rata Rata
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2012	96	62	43	88	6	6	3	0	0	54	38	66	96
2013	43	70	43	51	37	72	49	0	3	48	73	70	73
2014	32	105	45	75	35	24	70	30	0	19	63	58	105
2015	47	62	75	47	20	0	0	1	0	2	60	68	75
2016	76	30	32	57	20	45	0	63	78	95	58	60	95
2017	76	49	35	39	27	16	4	7	12	22	65	27	76
2018	95	67	34	8	21	56	0	12	15	15	82	65	95
2019	54	71	86	115	25	9	0	0	0	3	17	53	115
2020	30	73	43	32	28	4	47	12	52	20	89	86	89
2021	161	55	32	81	40	64	24	33	41	63	31	66	161

Tabel 4.3. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata Per Tahun pada Stasiun Bendung Glapan

Tahun	Curah Hujan (mm)												Maksimum Harian Rata Rata
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	32	46	41	81	81
2014	30	65	51	22	25	27	24	35	0	50	33	83	83
2015	40	74	68	105	19	0	0	0	0	50	33	83	105
2016	49	44	87	31	51	39	35	11	63	90	60	38	90
2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	95	112	29	21	38	16	0	0	21	32	32	35	112
2019	67	24	35	63	58	8	21	0	8	23	41	58	67
2020	105	65	42	17	20	24	37	13	69	59	67	67	105
2021	99	69	47	75	48	41	0	60	34	53	59	61	99



Tabel 4.4. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata

No	Tahun	Pos Pucang Gading	Pos Jragung	Pos Bd Glapan	Rata-Rata
1	2012	100	96	0	65,33
2	2013	90	73	81	81,33
3	2014	106	105	83	98,00
4	2015	105	75	105	95,00
5	2016	104	95	90	96,33
6	2017	82	76	0	52,67
7	2018	88	95	112	98,33
8	2019	72	115	67	84,67
9	2020	98	89	105	97,33
10	2021	95	161	99	118,33
Jumlah		940	980	742	887,33
Rata-Rata		94	98	74,2	88,733

4.2. 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.

4.2.1. 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 (C_v), koefisien kemiringan/skewness (C_s), koefisien kurtosis (C_k).

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan

No	Tahun	Rmax (Xi)	(xi - \bar{x})	(xi - \bar{x}) ²	(xi - \bar{x}) ³	(xi - \bar{x}) ⁴
1	2012	65,33	-23,40	547,65	-12816,19	299924,47
2	2013	81,33	-7,40	54,79	-405,55	3001,90
3	2014	98	9,27	85,90	796,08	7378,09
4	2015	95	6,27	39,29	246,26	1543,53
5	2016	96,33	7,60	57,73	438,63	3332,71
6	2017	52,67	-36,06	1300,47	-46897,47	1691216,61
7	2018	98,33	9,60	92,12	884,18	8486,39
8	2019	84,67	-4,06	16,50	-67,02	272,24
9	2020	97,33	8,60	73,93	635,61	5464,99
10	2021	118,33	29,60	876,04	25929,08	767448,89
Jumlah		887,32		3144,41	-31256,39	2788069,84
X		88,732		314,44	-3125,64	278806,98

Pengukuran Dispersi:

a. Standar Deviasi (S)

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

$$S = \sqrt{\frac{3144,41}{9}} = 18,692$$

b. Koefisien Variasi (Cv)

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

$$Cv = \frac{18,692}{88,732} = 0,211$$

c. Koefisien Kemiringan/Skewness (Cs)

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

$$Cs = \frac{10}{(10-1) \times (10-2) \times (18,692)^3} \times (-31256,39) = -0,665$$

d. Koefisien Kurtosis (Ck)

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

$$Ck = \frac{10^2}{(10-1) \times (10-2) \times (10-3) \times (18,692)^4} \times 2788069,84 = 4,532$$

4.2.2. 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 4.6.

Tabel 4.6. Syarat Pemilihan Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan		Keterangan
			Cs =	Ck =	
1	Normal	Cs = 0	Cs =	-0.665	Tidak Memenuhi
		Ck = 3	Ck =	4.532	
2	Gumbel Tipe 1	Cs = 1.1396	Cs =	-0.665	Tidak Memenuhi
		Ck = 5.4002	Ck =	4.532	

3	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv = 0.641$	$Cs =$	-0.665	Tidak Memenuhi
		$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 3.740$	$Ck =$	4.532	
4	Log Pearson III	$Cs \neq 0$	$Cs =$	-0.665	Memenuhi

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 Type III.

4.3. Pengujian Kesesuaian Distribusi

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

4.2.3. Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Chi-Kuadrat

Langkah pengujian dengan menggunakan metode Chi-Kuadrat yaitu sebagai berikut:

- a. Mengurutkan data hujan maksimum tahunan dari yang terkecil hingga yang terbesar.

Tabel 4.7. Urutan Data Hujan Maksimum Tahunan

No	Tahun	R max
1	2017	52.67
2	2012	65.33
3	2013	81.33
4	2019	84.67
5	2015	95
6	2016	96
7	2020	97.33
8	2014	98
9	2018	98.33
10	2021	118.88
Jumlah		887.54
X		88.754
Jumlah Data		10

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 Ik

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

$$R = 118,88 - 52,67$$

$$R = 66,21$$

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

$$= \frac{66,21}{10} = 6,621$$

d. Mencari Nilai Sebaran Analitis (Ei)

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

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

$$E_i \times I_k = 2,5 \times 6,621$$

e. Mencari Nilai Derajat Kebebasan

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

(R = 2 untuk distribusi Log Person Type III)

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

$$= 1$$

f. Derajat Kepercayaan = 5%

g. X^2 tabel = 3,841 (Dari tabel 4.8)

Tabel 4.8. Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat

dk	a 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	17.533	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

h. Perhitungan untuk Batas Nilai Tiap Kelas :

$$P1 = R_{\max} \text{ terkecil} + (E_i \times I_k)$$

$$= 52,67 + 16,553$$

$$= 69,223$$

$$P2 = P1 + (E_i \times I_k)$$

$$= 69,223 + 16,553$$

$$= 85,775$$

$$P3 = P2 + (E_i \times I_k)$$

$$= 85,775 + 16,553$$

$$= 102,328$$

$$\begin{aligned}
 P4 &= P3 + (E_i \times I_k) \\
 &= 102,329 + 16,553 \\
 &= 118,880
 \end{aligned}$$

- i. Hitung X^2 hitung dengan Rumus 2.15, perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

Batas Nilai Tiap Kelas			E _i	O _i	O _i -E _i	(O _i -E _i) ²	(O _i -E _i) ² /E _i
x	<	69.223	2.5	2	-0.5	0.25	0.1
69.223	< X ≤	85.775	2.5	2	-0.5	0.25	0.1
85.775	< X ≤	102.328	2.5	5	2.5	6.25	2.5
102.328	< X ≤	118.880	2.5	1	-1.5	2.25	0.9
Jumlah				10	0	9	3.6

- j. Korelasi Hasil Uji Kecocokan

Syarat:

$$\begin{aligned}
 X^2 \text{ hitung} &< X^2 \text{ tabel} \\
 3,6 &< 3,841 \text{ (OKE)}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai Chi-Square (X^2) hitung = 3,6. 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 $3,6 < 3,841$ maka distribusi Log Pearson III dapat diterima.

4.2.4. Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Smirnov Kolmogorov

Langkah pengujian dengan menggunakan metode Smirnov Kolmogorov yaitu sebagai berikut:

- 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 4.10. Urutan Curah Hujan Maksimum Tahunan

No	(Rmax) Xi Max-Min
1	118.88
2	98.33
3	98
4	97.33
5	96
6	95
7	84.67
8	81.33
9	65.33
10	52.67
Jumlah	887.54
Xrt	88.754
S	18.69
Cs	-0.665

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

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Log } X_{i(2021)} &= \text{Log } (118,88) \\ &= 2,075 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log } X_{i(2018)} &= \text{Log } (98,33) \\ &= 1,993 \end{aligned}$$

Standar deviasi (S)

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

$$S = \sqrt{\frac{0,094}{9}} = 0,102$$

Koefisien Kemiringan/Skewness (Cs)

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

$$Cs = \frac{10}{(10-1) \times (10-2) \times (0,102)^3} \times (-0,00890) = -1,168$$

Tabel 4.11. Perhitungan Nilai S dan Cs

No	(Rmax) Xi Max-Min	Log Xi	(Xi-X)	(Xi-X)2	(Xi-X)3
1	118.88	2.075	0.137	0.019	0.0026
2	98.33	1.993	0.054	0.003	0.0002
3	98	1.991	0.053	0.003	0.0001
4	97.33	1.988	0.050	0.003	0.0001
5	96	1.982	0.044	0.002	0.0001
6	95	1.978	0.040	0.002	0.0001
7	84.67	1.928	-0.010	0.000	0.0000
8	81.33	1.910	-0.028	0.001	0.0000
9	65.33	1.815	-0.123	0.015	-0.0019
10	52.67	1.722	-0.217	0.047	-0.0102
Jumlah	887.54	19.382	0.000	0.094	-0.0089
Xrt	88.754	1.938	0.000	0.009	-0.00089
S	18.69	-	-	-	-
Cs	-0.665	-	-	0.102	-1.168

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

Contoh perhitungan :

Peluang Empiris (Pe)

$$\begin{aligned} R_{\max}(2021) &= \text{urutan } R_{\max} / (n+1) \\ &= 1 / (10+1) \\ &= 0,091 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\max}(2018) &= \text{urutan } R_{\max} / (n+1) \\ &= 2 / (10+1) \\ &= 0,182 \end{aligned}$$

Menghitung Nilai F(t)

$$\begin{aligned} F(t)1 &= \frac{(\text{Log } X_i - X_{rt})}{s} \\ &= \frac{(2,075 - 1,938)}{0,102} \\ &= 1,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(t)2 &= \frac{(\text{Log } X_i - X_{rt})}{s} \\ &= \frac{(1,993 - 1,938)}{0,102} \\ &= 0,53 \end{aligned}$$

Peluang Teoritis (Pt)

Mencari nilai Cs (-1,168) kala ulang 1,01, 5, 10,25, 50, 100, 1000 menggunakan interpolasi. Nilai Cs (-1) dan Cs (-1,2) dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Nilai Cs

Kala Ulang	Nilai Cs		
	-1	-1.2	-1.168
1.01	-3.022	-2.149	-2.289
2	0.164	0.195	0.190
5	0.852	0.844	0.845
10	1.128	1.086	1.093
25	1.366	1.282	1.295
50	1.492	1.379	1.397
100	1.588	1.449	1.471
500	1.664	1.501	1.527
1000	1.8	1.625	1.653

Nilai Peluang Teoritis (Pt) dihitung dengan interpolasi nilai F(t) terhadap Nilai Cs (-1,168) 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

$$\begin{aligned}\Delta P_{(1)} &= |Pe - Pt| \\ &= |0.091 - 0,368| \\ &= 27,670\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta P_{(2)} &= |Pe - Pt| \\ &= |0.182 - 0,036| \\ &= 14,604\end{aligned}$$

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov

No	(Rmax) Xi Max-Min	Log Xi	Pe (Peluang Empiris)	F(t)	Pt(Xi)	$\Delta P = Pe - Ptl $ (%)
1	118.88	2.075	0.091	1.34	0.368	27.670
2	98.33	1.993	0.182	0.53	0.036	14.604
3	98	1.991	0.273	0.52	0.035	23.761
4	97.33	1.988	0.364	0.49	0.034	32.985
5	96	1.982	0.455	0.43	0.031	42.345
6	95	1.978	0.545	0.39	0.029	51.640
7	84.67	1.928	0.636	-0.10	0.019	61.753
8	81.33	1.910	0.727	-0.27	0.018	70.913
9	65.33	1.815	0.818	-1.21	0.014	80.376
10	52.67	1.722	0.909	-2.13	0.011	89.834
Jumlah	887.54	19.382	5.000		Δ_{max} (%)	89.834
Xrt	88.754	1.938				
S	18.69	0.102				
Cs	-0.665	-1.168				

d. Korelasi Hasil Uji Kecocokan

Nilai Δ_{maks} tabel harus lebih kecil dari Δ_{kritis} . Distribusi terbaik adalah yang memberikan nilai Δ_{maks} tabel paling kecil. Dari hasil plotting data diperoleh:

$$n = 0$$

$$\alpha = 5\%$$

$$\Delta_{kritis} = 41 \text{ (didapat dari Tabel 4.11)}$$

$$\Delta_{maks} \text{ tabel} = 89,834$$

Syarat :

$$\Delta_{maks} \text{ tabel} < \Delta_{kritis}$$

$$89,834 < 41$$

Dari hasil perhitungan diatas, Δ_{maks} tabel yang lebih besar daripada Δ_{kritis} sehingga hasilnya tidak memnuhi syarat.

Tabel 4.14. Harga D Kritis untuk Smirnov Kolmogorov Test

Jumlah data	α derajat kepercayaan			
	0,2	0,1	0,05	0,01
N				
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 4.15. 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	2.006	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	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069	5.525
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223	5.785
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372	6.055
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.454	6.200
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515	6.333
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	6.467
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.730
2.7	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.097	3.932	4.783	6.860
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847	6.990
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909	7.120
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250

Tabel 4.16. Nilai Cs untuk Nilai Negatif

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	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.1	-3.087	-1.894	-1.341	-0.745	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581	1.713
-1.2	-3.149	-1.190	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.3	-3.211	-1.925	-1.339	-0.719	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424	1.545
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.5	-3.330	-1.951	-1.333	-0.690	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.318	1.351	1.373
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.7	-3.444	-1.972	-1.324	-0.660	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155	1.205
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-1.9	-3.553	-1.989	-1.310	-0.627	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044	1.065
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.1	-3.656	-2.001	-1.294	-0.592	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949	0.955
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.3	-3.753	-2.009	-1.274	-0.555	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869	0.874
-2.4	-3.800	-2.011	-1.262	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833	0.838
-2.5	-3.845	-2.012	-1.290	-0.518	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-2.6	-3.889	-2.013	-1.238	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.775
-2.7	-3.932	-2.012	-1.224	-0.479	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741	0.748
-2.8	-3.973	-2.010	-1.210	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.722
-2.9	-4.013	-2.007	-1.195	-0.440	0.330	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690	0.695
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.390	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

4.4. 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)

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

$$S = \sqrt{\frac{3144,41}{9}} = 18,692$$

b. Koefisien Skewness (Cs)

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

$$Cs = \frac{10}{(10-1) \times (10-2) \times (18,692)^3} \times (-31256,39) = -0,665$$

c. Mencari Nilai Kt

Mencari nilai Cs (-0,665) kala ulang 5, 10, 25, 50, 100, 1000 menggunakan interpolasi. Nilai Cs (-0,6) dan Cs (-0,7) dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.17. Harga Perhitungan Nilai Cs Metode Log Pearson Type III

Kala Ulang	Nilai Cs		
	-0.6	-0.665	-0.7
2	0.099	0.143	0.166
5	0.857	0.857	0.857
10	1.2	1.189	1.183
25	1.528	1.502	1.488
50	1.72	1.683	1.663
100	1.88	1.832	1.806
500	2.016	1.958	1.926
1000	2.275	2.194	2.150

d. Menghitung Curah Hujan Rencana (Rn)

Contoh perhitungan untuk Periode Ulang 2 tahun:

$$X_t = X + K_t \times S_x$$

$$X_t = 88,732 + 0,143 \times 18,692$$

$$X_t = 91,397 \text{ mm}$$

Contoh perhitungan untuk Periode Ulang 5 tahun:

$$X_t = X + K_t \times S_x$$

$$X_t = 88,732 + 0,857 \times 18,692$$

$$X_t = 104,751 \text{ mm}$$

Tabel 4.18. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson Type III

T	P	S	X	Kt	Hujan Rencana (Xt)(mm)
2	50%	18.692	88.732	0.143	91.397
5	20%	18.692	88.732	0.857	104.751
10	10%	18.692	88.732	1.189	110.956
25	4%	18.692	88.732	1.502	116.807
50	5%	18.692	88.732	1.683	120.190
100	1%	18.692	88.732	1.832	122.974
1000	0.10%	18.692	88.732	2.194	129.738

4.5. Perhitungan Curah Hujan Maksimum yang Mungkin Terjadi (PMP)

Metode Hershfield merupakan metode yang biasa digunakan untuk memperkirakan nilai hujan maksimum. Metode ini digunakan untuk DAS yang luasnya <1000 km².

- a. Urutkan data curah hujan dari kecil ke besar

Tabel 4.19. Rata-rata Hujan Maksimum

No	Tahun	R max
1	2017	52,67
2	2012	65,33
3	2013	81,33
4	2019	84,67
5	2015	95
6	2016	96
7	2020	97,33
8	2014	98
9	2018	98,33
10	2021	118,88
Jumlah		887,54
Rata-rata		88,754
Jumlah Data		10

- b. Perhitungan nilai X (rata-rata) dan X²

$$\text{Luas DAS} = 94 \text{ km}^2$$

$$n = 10$$

$$\text{Jumlah (Xi)} = 887,52$$

$$\text{Rata-rata (X)} = 887,52/10 = 88,754$$

$$\begin{aligned}n_2 &= n-1 \\ &= 9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah (X2)} &= \text{jumlah nilai curah hujan maksimum} - \text{data terbesar} \\ &= 887,54 - 118,88 \\ &= 768,66\end{aligned}$$

c. Rata-rata hujan harian maksimum tahunan (X_n)

$$\begin{aligned}X_n &= \frac{\text{jumlah hujan maks harian}}{n_1} \\ &= \frac{887,54}{10} \\ &= 88,754\end{aligned}$$

d. Rata-rata hujan harian maksimum tanpa nilai maksimum (X_{n-m})

$$\begin{aligned}X_{n-m} &= \frac{X_2}{n_2} \\ &= \frac{768,66}{9} \\ &= 85,407\end{aligned}$$

e. Standar Deviasi (S_n)

$$S_n = 18,692$$

f. Standar deviasi tanpa nilai maksimum (S_{n-m})

$$\begin{aligned}S_{n-m} &= s_n - \left(\frac{X_{n-m}}{X_n}\right) \\ &= 18,692 - \left(\frac{85,407}{88,754}\right) \\ &= 17,729\end{aligned}$$

g. Faktor penyesuaian rata-rata terhadap pengamatan (X_n)

$$\begin{aligned}X_n &= \frac{X_{n-m}}{X_n} \\ &= \frac{85,407}{88,754} \\ &= 0,962\end{aligned}$$

h. Faktor penyesuaian standar deviasi (S_n)

$$\begin{aligned} S_n &= \frac{S_{n-m}}{S_n} \\ &= \frac{17,729}{18,692} \\ &= 0,948 \end{aligned}$$

i. Nilai standar terkoreksi (X_{nc})

Dengan Panjang pencatatan 10 tahun, maka faktor penyesuaiannya adalah 105% pada Gambar 4.3.

Dari hasil perhitungan X_n , maka didapat faktor penyesuaian rata-rata terhadap pengamatan adalah 103,5% pada Gambar 4.1.

$$\begin{aligned} X_{nc} &= \frac{X_{n-m} \times X_{n2} \times X_f}{X_n} \\ &= \frac{85,406 \times 103,5\% \times 105\%}{0,962} \\ &= 92,815 \end{aligned}$$

j. Nilai standar deviasi terkoreksi (S_{nc})

Dengan Panjang pencatatan 10 tahun, maka faktor penyesuaiannya adalah 105% pada Gambar 4.3.

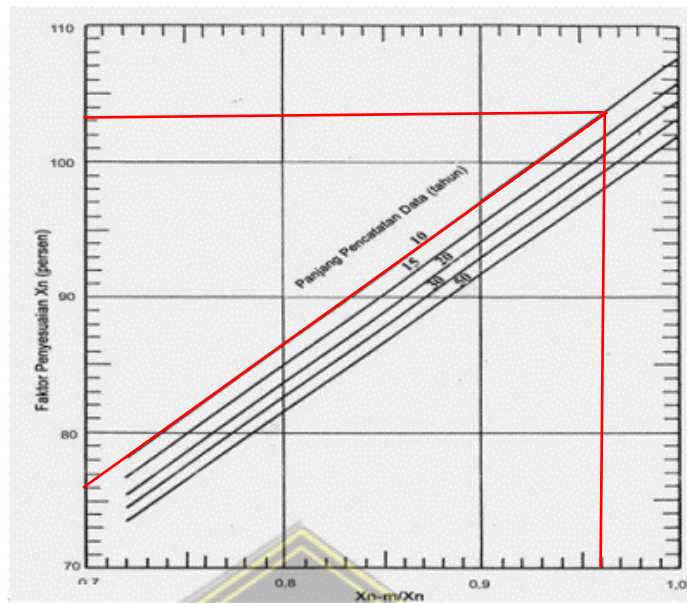
Dari hasil perhitungan S_n , maka didapat faktor penyesuaian rata-rata terhadap pengamatan adalah 112% pada Gambar 4.2.

$$\begin{aligned} S_{nc} &= \frac{S_{n-m} \times S_{n2}}{S_n} \\ &= \frac{17,729 \times 112\% \times 105\%}{0,962} \\ &= 20,850 \end{aligned}$$

k. Nilai PMP

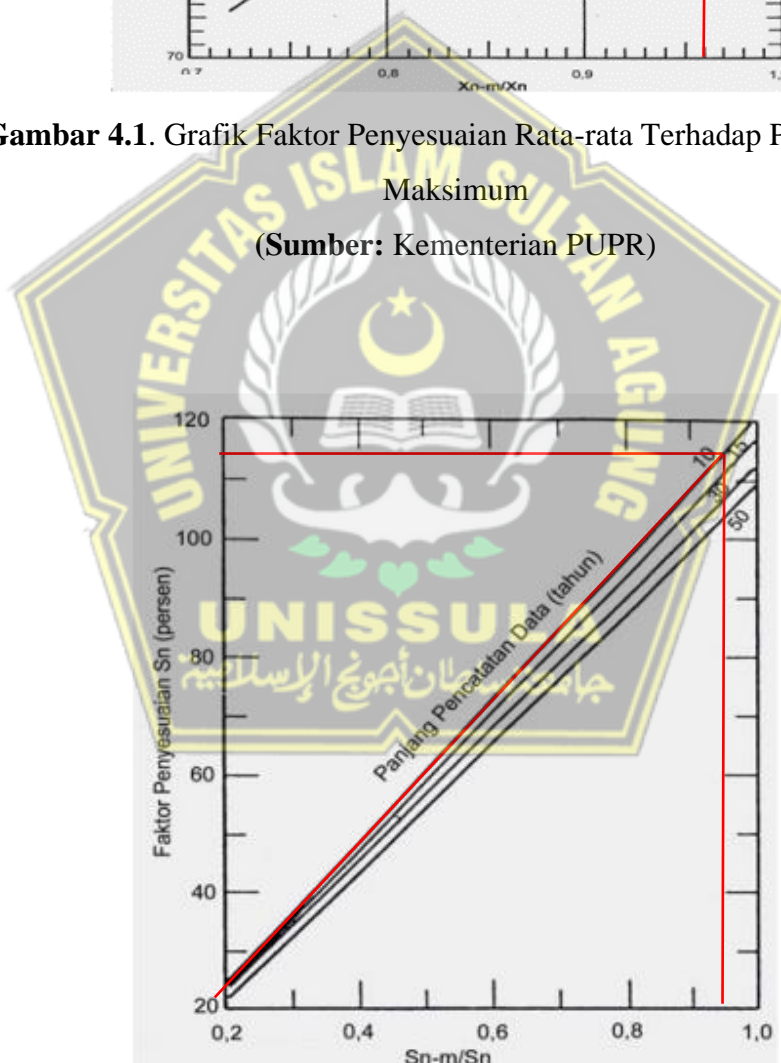
Dari garis untuk durasi 24 jam didapatkan nilai $K_m = 16,2$ pada Gambar 4.4.

$$\begin{aligned} X_m &= (X_{nc} + (K_m \times S_{nc})) \times 1,13 \\ &= (92,81 + (16,2 \times 20,850)) \times 1,13 \\ &= 486,564 \end{aligned}$$



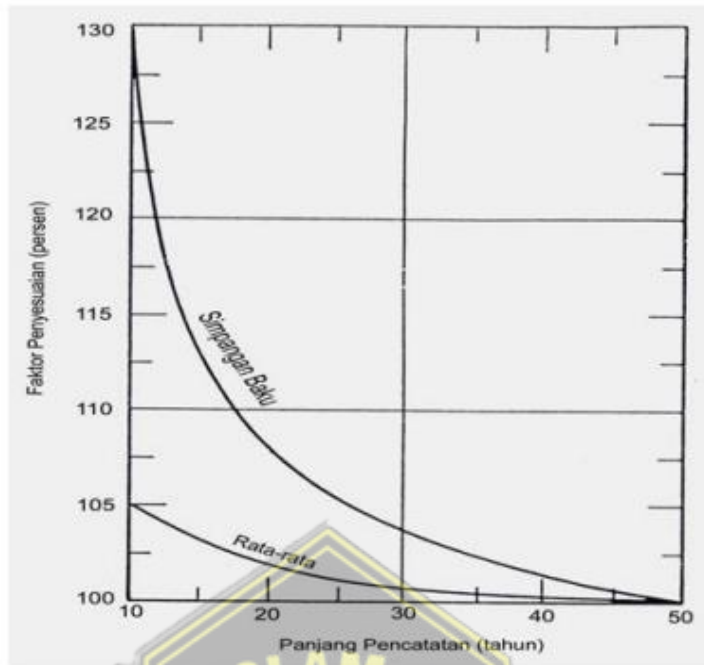
Gambar 4.1. Grafik Faktor Penyesuaian Rata-rata Terhadap Pengamatan Maksimum

(Sumber: Kementerian PUPR)

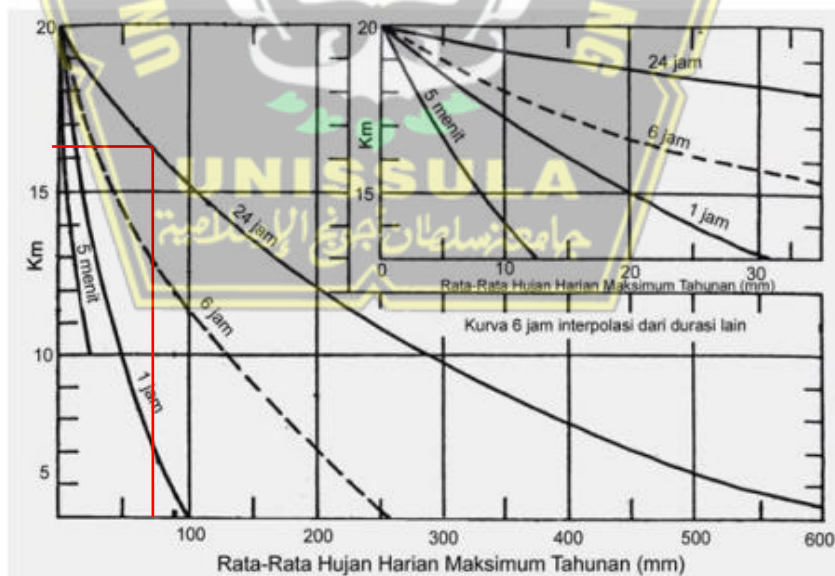


Gambar 4.2. Grafik Faktor Penyesuaian Simpangan Baku Terhadap Pengamatan Maksimum

(Sumber: Kementerian PUPR)



Gambar 4.3. Grafik Faktor Penyesuaian Rata-rata dan Simpangan Baku Terhadap Panjang Pengamatan Data
(Sumber: Kementerian PUPR)



Gambar 4.4. Grafik Menentukan Harga Km
(Sumber: Kementerian PUPR)

4.6. Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

4.6.1. Perhitungan Rerata Hujan dari Awal Sampe Jam Ke-T

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

Tabel 4.20. Hasil Perhitungan Log Pearson Type III

T	P	S	X	Kt	Hujan Rencana (Xt)(mm)
2	50%	18.692	88.732	0.143	91.397
5	20%	18.692	88.732	0.857	104.751
10	10%	18.692	88.732	1.189	110.956
25	4%	18.692	88.732	1.502	116.807
50	5%	18.692	88.732	1.683	120.190
100	1%	18.692	88.732	1.832	122.974
1000	0.10%	18.692	88.732	2.194	129.738

a. Jam ke-1

$$\begin{aligned} \text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R^{24}}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\ &= \frac{1}{5} \times \left(\frac{5}{1}\right)^{2/3} \\ &= 0,585 R_{24} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_T &= T \times R_t - (T-1) \times R_{(T-1)} \\ &= 1 \times 0,585 - (1-1) \times (1-1) \\ &= 0,585 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= C \times R_{24} \\ &= 0,7 \times 91,397 \\ &= 63,978 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_e &= R_t \times R_n \\ &= 0,585 \times 63,978 \\ &= 37,414 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Jam Ke-2

$$\begin{aligned}\text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R^{24}}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\ &= \frac{1}{5} \times \left(\frac{5}{2}\right)^{2/3} \\ &= 0,368 R_{24}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}RT &= T \times R_t - (T-1) \times R(T-1) \\ &= 2 \times 0,368 - (2-1) \times 0,585 \\ &= 0,152\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= C \times R_{24} \\ &= 0,7 \times 91,397 \\ &= 63,978 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_e &= R_t \times R_n \\ &= 0,368 \times 63,978 \\ &= 23,570 \text{ mm}\end{aligned}$$

c. Jam Ke-3

$$\begin{aligned}\text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R^{24}}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\ &= \frac{1}{5} \times \left(\frac{5}{3}\right)^{2/3} \\ &= 0,281 R_{24}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}RT &= T \times R_t - (T-1) \times R(T-1) \\ &= 1 \times 0,281 - (3-1) \times 0,368 \\ &= 0,107\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= C \times R_{24} \\ &= 0,7 \times 91,397 \\ &= 63,978 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_e &= R_t \times R_n \\
 &= 0,368 \times 63,978 \\
 &= 17,987 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. Jam Ke-4

$$\begin{aligned}
 \text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R^{24}}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\
 &= \frac{1}{5} \times \left(\frac{5}{4}\right)^{2/3} \\
 &= 0,232 R_{24}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_T &= T \times R_t - (T-1) \times R(T-1) \\
 &= 1 \times 0,281 - (4-1) \times 0,281 \\
 &= 0,085
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= C \times R_{24} \\
 &= 0,7 \times 91,397 \\
 &= 63,978 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_e &= R_t \times R_n \\
 &= 0,281 \times 63,978 \\
 &= 14,848 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

e. Jam Ke-5

$$\begin{aligned}
 \text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R^{24}}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\
 &= \frac{1}{5} \times \left(\frac{5}{5}\right)^{2/3} \\
 &= 0,232 R_{24}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_T &= T \times R_t - (T-1) \times R(T-1) \\
 &= 1 \times 0,281 - (5-1) \times 0,232 \\
 &= 0,072
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= C \times R_{24} \\
 &= 0,7 \times 91,397 \\
 &= 63,978 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_e &= R_t \times R_n \\
 &= 0,232 \times 63,978 \\
 &= 12,796 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.21. Nilai Rasio Hujan Harian Maksimum

Waktu Hujan (Jam)	1	2	3	4	5
Rasio/RT	0,585	0,152	0,107	0,085	0,072

4.6.2. Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn)

Nilai C diambil 0.70 (Tabel 4.22) karena DAS terletak di daerah pegunungan tersier.

Tabel 4.22. Tabel Koefisien Pengaliran

Daerah pegunungan yang curam	0.75 - 0.90
Daerah pegunungan tersier	0.70 - 0.80
Daerah bergelombang dan hutan	0.50 - 0.75
Daerah dataran yang ditanami	0.45 - 0.60
Persawahan yang diairi	0.70 - 0.80
Sungai didaerah pegunungan	0.75 - 0.85
Sungai kecil di daerah dataran	0.45 - 0.75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0.50 - 0.75

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

$$\begin{aligned}
 R_n &= C \times R \\
 &= 0.7 \times 91,4 \\
 &= 63,98 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 4.20.

Tabel 4.23. Curah Hujan Rencana Efektif (Rn)

Periode Ulang (Tahun)	Koefisien Pengaliran (C)	Curah Hujan Rencana (R)	Curah Hujan Rencana Efektif (Rn)
2	0.7	91.4	63.98
5	0.7	104.75	73.325
10	0.7	110.96	77.672
25	0.7	116.81	81.767
50	0.7	120.19	84.133
100	0.7	122.97	86.079
1000	0.7	129.74	90.818
PMF	0.7	486.56	340.592

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

$$\begin{aligned}
 RT &= 0.585 \times R_n \\
 &= 0.585 \times 63.98 \\
 &= 37.41 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 4.24.

Tabel 4.24. Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman

Periode Ulang	Rn	Rasio Sebaran Hujan (RT)				
		0.585	0.152	0.107	0.085	0.072
2	63.98	37.41	9.72	6.82	5.43	4.59
5	73.33	42.88	11.15	7.82	6.22	5.26
10	77.67	45.42	11.81	8.28	6.59	5.57
25	81.77	47.82	12.43	8.72	6.94	5.86
50	84.13	49.20	12.79	8.97	7.14	6.03
100	86.08	50.34	13.08	9.18	7.31	6.17
1000	90.82	53.11	13.80	9.68	7.71	6.51
PMF	340.59	199.18	51.77	36.32	28.91	24.41

4.6.3. Hasil Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

$$\text{Luas DAS (A)} = 94 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 35 \text{ km}$$

$$C \text{ (Koefisien Pengaliran)} = 0.7$$

$$R_0 = 1 \text{ mm (hujan satuan)}$$

Waktu Kelambatan (T_g) untuk $L < 15$ km

$$\begin{aligned} T_g &= 0.21 \times L^{0.7} \\ &= 0.21 \times (35)^{0.7} \\ &= 2.43 \text{ jam} \end{aligned}$$

Waktu Durasi Hujan (T_r)

$$\begin{aligned} T_r &= 0.5 T_g \text{ s/d } 1.0 T_g \\ &= 1.0 \times 2.43 \\ &= 2.43 \text{ jam} \end{aligned}$$

Waktu Puncak (T_p)

$$\begin{aligned} T_p &= T_g + 0.8 \times T_r \\ &= 2.43 + 0.8 \times 2.43 \\ &= 4.374 \text{ jam} \end{aligned}$$

Koefisien α

$$\begin{aligned} \alpha &= 1.5 - 3.0 \\ \text{nilai } \alpha &= 2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} T_{0.3} &= \alpha \times T_g \\ &= 2 \times 2.43 \\ &= 4.860 \text{ jam} \end{aligned}$$

Satuan Kedalaman Hujan (R_o)

$$R_o = 1 \text{ mm}$$

Debit Puncak Hidrograf

$$\begin{aligned} Q_{\text{maks}} &= \frac{1}{3.6} \times A \times \frac{R_o}{(0.3 \times T_p + T_{0.3})} \\ &= \frac{1}{3.6} \times 94 \times \frac{1}{(0.3 \times 4.374 + 4.860)} \\ &= 4.230 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$T_p + T_{0,3} = 4.374 + 4.860 = 9.234$$

$$T_p + T_{0,3} + 1.5 \times T_{0,3} = 4.374 + 4.860 + 1.5 \times 4.860 = 16.524$$

$$T_p + T_{0,3} + 1.5 \times T_{0,3} + 2 \times T_{0,3} = 4.374 + 4.860 + 1.5 \times 4.860 + 2 \times 4.860 = 26.244$$

Persamaan Hidrograf Satuan Untuk Kurva Naik

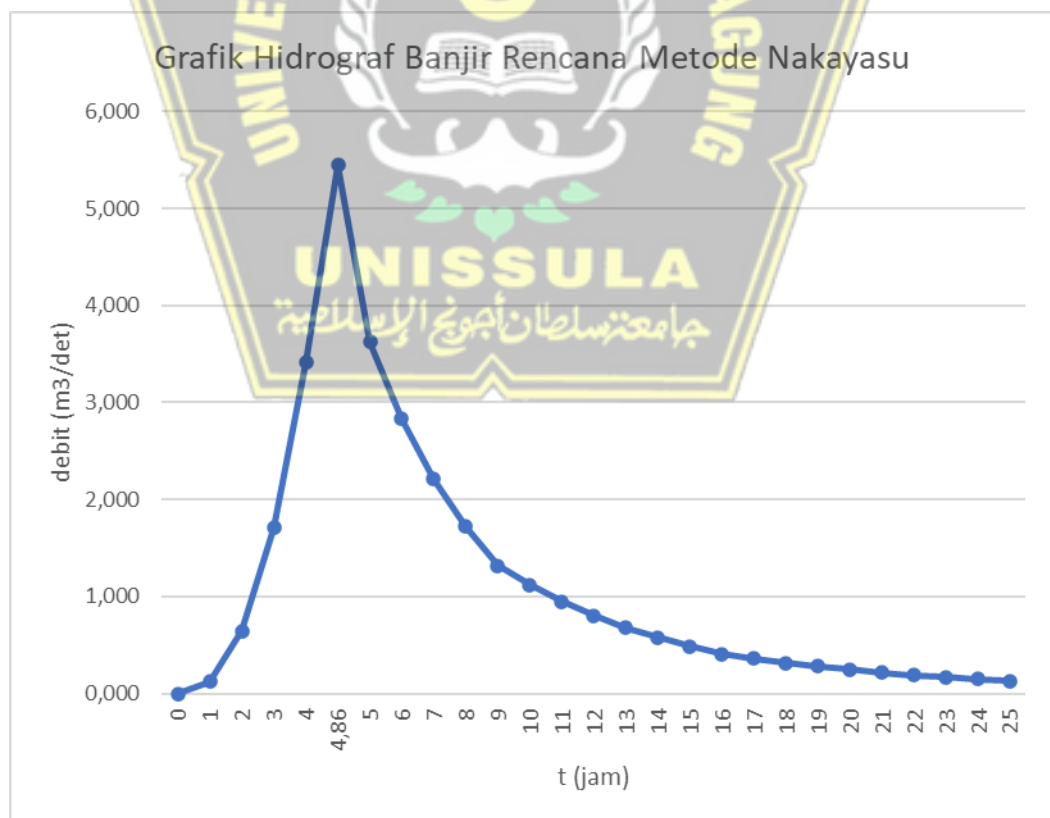
$$0 < t < T_p \quad \Rightarrow 0 \leq t \leq 4.374$$

Persamaan Hidrograf Satuan Untuk Kurva Turun

$$\text{Nilai : } T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3}) \quad \Rightarrow 4.374 \leq t \leq 9.234$$

$$\text{Nilai : } (T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) \quad \Rightarrow 9.234 \leq t \leq 16.524$$

$$\text{Nilai : } 1,5 T_{0,3} > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) \quad \Rightarrow 16.524 \leq t \leq 26.244$$



Gambar 4.5. Grafik Ordinatif Hidrograf Satuan

Tabel 4.25. Ordinat Hidrograf Satuan

Time	Rumus	Unit Hidrograf (q)
		m ³ /dt/mm
0	$Q_p \cdot (t/T_p)^{2.4}$	0.000
1		0.123
2		0.647
3		1.711
4		3.414
4.86		5.448
5	$Q_p \cdot 0.3^{((t-T_p)/T_{0.3})}$	3.623
6		2.828
7		2.207
8		1.723
9	$Q_p \cdot 0.3^{((t-T_p+0.5 \cdot T_{0.3})/(1.5 \cdot T_{0.3}))}$	1.319
10		1.118
11		0.948
12		0.804
13		0.681
14		0.578
15		0.490
16		0.406
17		0.359
18		0.317
19	$Q_p \cdot 0.3^{((t-T_p+1.5 \cdot T_{0.3})/(2 \cdot T_{0.3}))}$	0.280
20		0.248
21		0.219
22		0.193
23		0.171
24		0.151
25	0.133	

Dari tabel ordinat hidrograf satuan, debit puncak terjadi pada puncak terjadi pada waktu 4,86 jam, dengan unit hidrograf sebesar 5,448 m³/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:

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

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

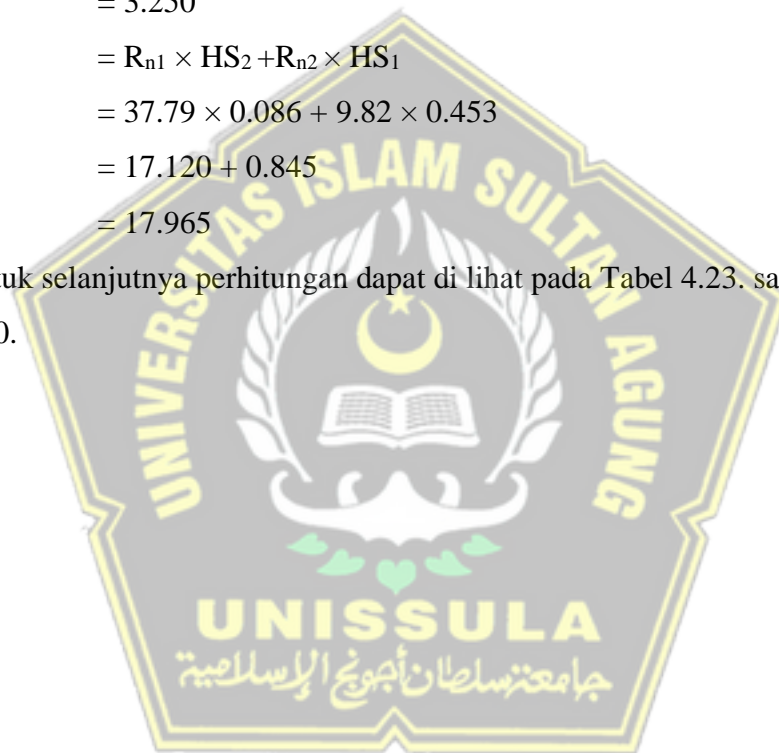
$$Q_3 = R_{n1} \times HS_3 + R_{n2} \times HS_1 + R_{n1} \times HS_1$$

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

$$\begin{aligned} Q_1 &= R_{n1} \times HS_1 \\ &= 37.79 \times 0.086 \\ &= 3.250 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= R_{n1} \times HS_2 + R_{n2} \times HS_1 \\ &= 37.79 \times 0.086 + 9.82 \times 0.453 \\ &= 17.120 + 0.845 \\ &= 17.965 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya perhitungan dapat di lihat pada Tabel 4.23. sampai Tabel 4.30.



Tabel 4.26. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun

t (jam)	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
		1	2	3	4	5	
		37.79	9.82	6.89	5.49	4.63	
0	0	0					0
1	0.086	3.250	0.000				3.250
2	0.453	17.120	0.845	0.000			17.965
3	1.198	45.276	4.450	0.593	0.000		50.318
4	2.39	90.325	11.768	3.121	0.472	0.000	105.686
5	4.082	154.270	23.477	8.255	2.485	0.398	188.885
6	1.979	74.792	40.098	16.469	6.572	2.098	140.029
7	1.545	58.390	19.440	28.128	13.111	5.550	124.618
8	1.206	45.578	15.177	13.637	22.392	11.072	107.855
9	0.941	35.563	11.847	10.646	10.856	18.910	87.821
10	0.783	29.592	9.244	8.310	8.475	9.168	64.788
11	0.664	25.094	7.692	6.484	6.616	7.157	53.043
12	0.563	21.277	6.523	5.395	5.162	5.587	43.944
13	0.477	18.027	5.530	4.575	4.295	4.359	36.787
14	0.404	15.268	4.686	3.879	3.642	3.627	31.103
15	0.343	12.963	3.969	3.287	3.088	3.076	26.383
16	0.291	10.998	3.369	2.784	2.617	2.608	22.376
17	0.251	9.486	2.859	2.364	2.216	2.210	19.134
18	0.222	8.390	2.466	2.005	1.882	1.872	16.614
19	0.196	7.407	2.181	1.730	1.596	1.589	14.503
20	0.173	6.538	1.925	1.530	1.377	1.348	12.718
21	0.153	5.782	1.699	1.351	1.218	1.163	11.213
22	0.135	5.102	1.503	1.192	1.075	1.028	9.901
23	0.119	4.497	1.326	1.054	0.949	0.908	8.735
24	0.106	4.006	1.169	0.930	0.839	0.801	7.746
25	0.093	3.515	1.041	0.820	0.741	0.709	6.825
26	0.082	3.099	0.914	0.730	0.653	0.625	6.021
Jumlah							1218.261

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir sebesar 188,885 m³/detik.

Tabel 4.27. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun

t (jam)	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
		1	2	3	4	5	
		42.79	11.12	7.80	6.21	4.63	
0	0	0					0
1	0.086	3.680	0.000				3.680
2	0.453	19.384	0.956	0.000			20.340
3	1.198	51.262	5.038	0.671	0.000		56.971
4	2.39	102.266	13.324	3.534	0.534	0.000	119.659
5	4.082	174.666	26.581	9.346	2.814	0.398	213.806
6	1.979	84.680	45.399	18.646	7.441	2.098	158.265
7	1.545	66.110	22.010	31.847	14.844	5.550	140.360
8	1.206	51.604	17.183	15.440	25.353	11.072	120.651
9	0.941	40.265	13.413	12.054	12.291	18.910	96.932
10	0.783	33.504	10.466	9.409	9.596	9.168	72.142
11	0.664	28.412	8.708	7.341	7.490	7.157	59.109
12	0.563	24.090	7.385	6.109	5.844	5.587	49.015
13	0.477	20.411	6.262	5.180	4.863	4.359	41.075
14	0.404	17.287	5.305	4.392	4.124	3.627	34.736
15	0.343	14.677	4.493	3.721	3.497	3.076	29.464
16	0.291	12.452	3.815	3.152	2.963	2.608	24.989
17	0.251	10.740	3.236	2.676	2.509	2.210	21.371
18	0.222	9.499	2.792	2.270	2.130	1.872	18.563
19	0.196	8.387	2.469	1.958	1.807	1.589	16.210
20	0.173	7.403	2.180	1.732	1.559	1.348	14.221
21	0.153	6.547	1.924	1.529	1.379	1.163	12.542
22	0.135	5.777	1.702	1.350	1.217	1.028	11.074
23	0.119	5.092	1.501	1.194	1.074	0.908	9.769
24	0.106	4.536	1.323	1.053	0.950	0.801	8.664
25	0.093	3.979	1.179	0.928	0.838	0.709	7.634
26	0.082	3.509	1.034	0.827	0.739	0.625	6.735
Jumlah							1367.977

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir sebesar 213,806 m³/detik.

Tabel 4.28. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun

t (jam)	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
		1	2	3	4	5	
		44.66	11.61	8.14	6.48	5.47	
0	0	0.000					0
1	0.086	3.840	0.000				3.840
2	0.453	20.229	0.998	0.000			21.228
3	1.198	53.498	5.258	0.700	0.000		59.457
4	2.39	106.729	13.905	3.688	0.557	0.000	124.880
5	4.082	182.287	27.741	9.754	2.936	0.471	223.190
6	1.979	88.375	47.380	19.460	7.765	2.480	165.460
7	1.545	68.994	22.971	33.236	15.492	6.558	147.250
8	1.206	53.856	17.933	16.113	26.459	13.082	127.443
9	0.941	42.022	13.998	12.580	12.828	22.344	103.771
10	0.783	34.966	10.922	9.819	10.015	10.833	76.555
11	0.664	29.652	9.088	7.662	7.817	8.457	62.676
12	0.563	25.142	7.707	6.375	6.100	6.601	51.925
13	0.477	21.301	6.535	5.406	5.075	5.151	43.468
14	0.404	18.041	5.537	4.584	4.304	4.286	36.752
15	0.343	15.317	4.689	3.884	3.649	3.635	31.174
16	0.291	12.995	3.981	3.289	3.092	3.082	26.439
17	0.251	11.209	3.378	2.793	2.619	2.611	22.609
18	0.222	9.914	2.913	2.369	2.223	2.211	19.631
19	0.196	8.753	2.577	2.044	1.886	1.877	17.137
20	0.173	7.726	2.275	1.808	1.627	1.593	15.028
21	0.153	6.832	2.008	1.596	1.439	1.374	13.249
22	0.135	6.029	1.776	1.409	1.270	1.215	11.699
23	0.119	5.314	1.567	1.246	1.121	1.073	10.321
24	0.106	4.734	1.381	1.099	0.992	0.947	9.153
25	0.093	4.153	1.230	0.969	0.875	0.837	8.065
26	0.082	3.662	1.079	0.863	0.771	0.739	7.115
Jumlah							1439.514

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir sebesar 223,190 m³/detik.

Tabel 4.29. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

t (jam)	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
		1	2	3	4	5	
		46.17	12.00	8.42	6.70	5.66	
0	0	0.000					0
1	0.086	3.971	0.000				3.971
2	0.453	20.916	1.032	0.000			21.948
3	1.198	55.313	5.436	0.724	0.000		61.474
4	2.39	110.350	14.377	3.814	0.576	0.000	129.117
5	4.082	188.472	28.682	10.085	3.036	0.487	230.762
6	1.979	91.373	48.988	20.120	8.029	2.564	171.073
7	1.545	71.335	23.750	34.364	16.017	6.780	152.246
8	1.206	55.683	18.541	16.660	27.357	13.526	131.767
9	0.941	43.447	14.473	13.006	13.263	23.102	107.292
10	0.783	36.152	11.293	10.153	10.354	11.200	79.152
11	0.664	30.658	9.397	7.922	8.082	8.744	64.803
12	0.563	25.995	7.969	6.592	6.306	6.825	53.686
13	0.477	22.024	6.757	5.590	5.248	5.326	44.943
14	0.404	18.653	5.724	4.740	4.450	4.431	37.999
15	0.343	15.837	4.848	4.016	3.773	3.758	32.232
16	0.291	13.436	4.116	3.401	3.197	3.186	27.336
17	0.251	11.589	3.492	2.887	2.708	2.700	23.376
18	0.222	10.250	3.012	2.450	2.299	2.286	20.297
19	0.196	9.050	2.664	2.113	1.950	1.941	17.718
20	0.173	7.988	2.352	1.869	1.682	1.647	15.538
21	0.153	7.064	2.076	1.650	1.488	1.421	13.699
22	0.135	6.233	1.836	1.456	1.314	1.256	12.096
23	0.119	5.494	1.620	1.288	1.159	1.109	10.671
24	0.106	4.894	1.428	1.136	1.025	0.979	9.463
25	0.093	4.294	1.272	1.002	0.905	0.866	8.338
26	0.082	3.786	1.116	0.892	0.798	0.764	7.356
Jumlah							1488.352

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir sebesar 230,762 m³/detik.

Tabel 4.30. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun

t (jam)	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
		1	2	3	4	5	
		46.93	12.20	8.56	6.81	5.75	
0	0	0.000					0
1	0.086	4.036	0.000				4.036
2	0.453	21.259	1.049	0.000			22.308
3	1.198	56.221	5.526	0.736	0.000		62.482
4	2.39	112.160	14.613	3.876	0.586	0.000	131.235
5	4.082	191.564	29.153	10.251	3.086	0.495	234.548
6	1.979	92.872	49.792	20.450	8.161	2.606	173.880
7	1.545	72.505	24.139	34.928	16.280	6.891	154.744
8	1.206	56.596	18.846	16.933	27.806	13.748	133.929
9	0.941	44.160	14.711	13.220	13.481	23.481	109.052
10	0.783	36.745	11.478	10.319	10.524	11.384	80.451
11	0.664	31.161	9.551	8.052	8.215	8.887	65.866
12	0.563	26.421	8.099	6.700	6.410	6.937	54.567
13	0.477	22.385	6.867	5.682	5.334	5.413	45.681
14	0.404	18.959	5.818	4.817	4.523	4.504	38.622
15	0.343	16.097	4.928	4.081	3.835	3.820	32.761
16	0.291	13.656	4.184	3.457	3.249	3.239	27.785
17	0.251	11.779	3.550	2.935	2.752	2.744	23.759
18	0.222	10.418	3.062	2.490	2.336	2.324	20.630
19	0.196	9.198	2.708	2.148	1.982	1.973	18.009
20	0.173	8.119	2.391	1.900	1.710	1.674	15.793
21	0.153	7.180	2.110	1.677	1.512	1.444	13.923
22	0.135	6.335	1.866	1.480	1.335	1.277	12.294
23	0.119	5.585	1.647	1.309	1.178	1.127	10.846
24	0.106	4.974	1.452	1.155	1.042	0.995	9.618
25	0.093	4.364	1.293	1.018	0.920	0.880	8.475
26	0.082	3.848	1.134	0.907	0.811	0.777	7.477
Jumlah							1512.771

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir sebesar 234,548 m³/detik.

Tabel 4.31. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun

t (jam)	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
		1	2	3	4	5	
		47.48	12.34	8.66	6.89	5.82	
0	0	0.000					0
1	0.086	4.083	0.000				4.083
2	0.453	21.508	1.061	0.000			22.570
3	1.198	56.881	5.590	0.744	0.000		63.216
4	2.39	113.477	14.785	3.922	0.593	0.000	132.776
5	4.082	193.813	29.495	10.371	3.122	0.501	237.301
6	1.979	93.963	50.376	20.690	8.256	2.636	175.922
7	1.545	73.356	24.423	35.338	16.471	6.972	156.560
8	1.206	57.261	19.067	17.132	28.132	13.909	135.501
9	0.941	44.679	14.883	13.375	13.639	23.757	110.332
10	0.783	37.177	11.613	10.440	10.648	11.517	81.395
11	0.664	31.527	9.663	8.146	8.311	8.992	66.639
12	0.563	26.731	8.194	6.778	6.485	7.019	55.208
13	0.477	22.648	6.948	5.748	5.396	5.476	46.217
14	0.404	19.182	5.887	4.874	4.576	4.557	39.075
15	0.343	16.286	4.986	4.129	3.880	3.864	33.145
16	0.291	13.817	4.233	3.497	3.287	3.277	28.111
17	0.251	11.917	3.591	2.969	2.784	2.776	24.038
18	0.222	10.541	3.098	2.519	2.364	2.351	20.872
19	0.196	9.306	2.740	2.173	2.006	1.996	18.220
20	0.173	8.214	2.419	1.922	1.730	1.694	15.978
21	0.153	7.264	2.135	1.697	1.530	1.461	14.087
22	0.135	6.410	1.888	1.498	1.351	1.292	12.438
23	0.119	5.650	1.666	1.325	1.192	1.141	10.974
24	0.106	5.033	1.469	1.169	1.054	1.007	9.731
25	0.093	4.416	1.308	1.030	0.930	0.890	8.575
26	0.082	3.893	1.148	0.918	0.820	0.786	7.565
Jumlah							1530.531

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir sebesar 237,301 m³/detik.

Tabel 4.32. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 1000 Tahun

t (jam)	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
		1	2	3	4	5	
		48.84	12.70	8.91	7.09	5.99	
0	0	0.000					0
1	0.086	4.200	0.000				4.200
2	0.453	22.125	1.092	0.000			23.217
3	1.198	58.513	5.751	0.766	0.000		65.029
4	2.39	116.732	15.209	4.034	0.610	0.000	136.585
5	4.082	199.373	30.341	10.669	3.212	0.515	244.109
6	1.979	96.658	51.821	21.284	8.493	2.712	180.968
7	1.545	75.461	25.123	36.351	16.944	7.172	161.052
8	1.206	58.903	19.614	17.624	28.939	14.308	139.388
9	0.941	45.960	15.310	13.759	14.030	24.438	113.497
10	0.783	38.243	11.946	10.740	10.953	11.848	83.730
11	0.664	32.431	9.940	8.380	8.550	9.250	68.551
12	0.563	27.498	8.430	6.973	6.671	7.220	56.792
13	0.477	23.298	7.147	5.913	5.551	5.634	47.543
14	0.404	19.732	6.056	5.014	4.707	4.688	40.196
15	0.343	16.753	5.129	4.248	3.991	3.975	34.096
16	0.291	14.213	4.354	3.598	3.382	3.371	28.917
17	0.251	12.259	3.694	3.055	2.864	2.856	24.728
18	0.222	10.843	3.186	2.591	2.432	2.419	21.471
19	0.196	9.573	2.818	2.235	2.063	2.053	18.743
20	0.173	8.450	2.488	1.977	1.779	1.742	16.436
21	0.153	7.473	2.196	1.745	1.574	1.503	14.491
22	0.135	6.594	1.942	1.541	1.390	1.329	12.795
23	0.119	5.812	1.714	1.363	1.226	1.173	11.288
24	0.106	5.177	1.511	1.202	1.085	1.036	10.011
25	0.093	4.542	1.346	1.060	0.957	0.916	8.821
26	0.082	4.005	1.181	0.944	0.844	0.808	7.781
Jumlah							1574.436

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir sebesar 244,109 m³/detik.

Tabel 4.33. Hidrograf Satuan Banjir Rencana PMF

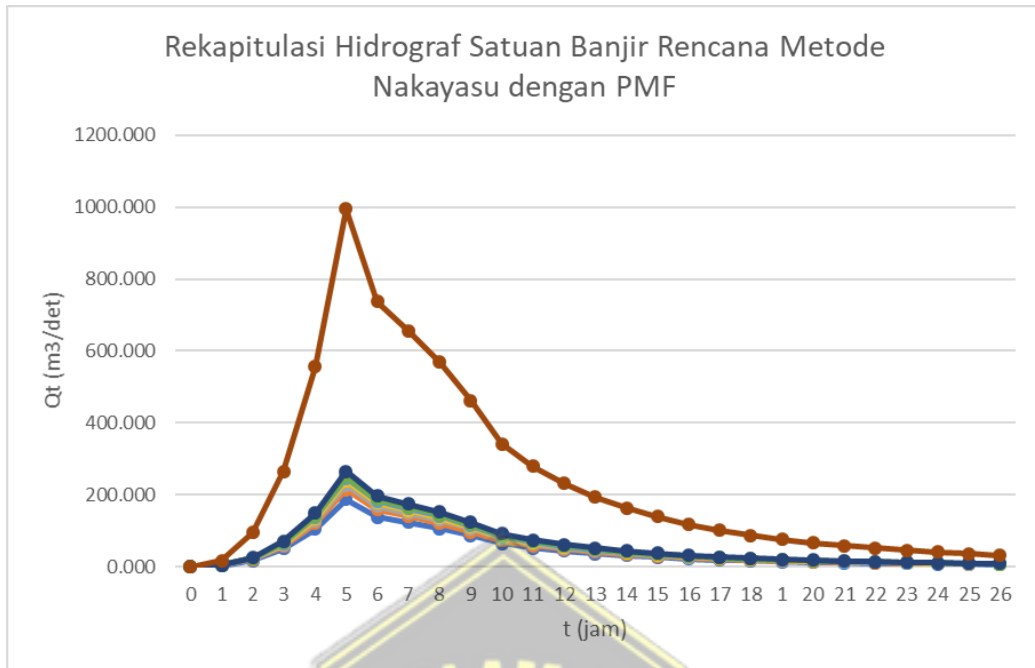
t (jam)	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
		1	2	3	4	5	
		199.18	51.77	36.32	28.91	24.41	
0	0	0.000					0
1	0.086	17.130	0.000				17.130
2	0.453	90.229	4.452	0.000			94.681
3	1.198	238.619	23.452	3.123	0.000		265.195
4	2.39	476.043	62.022	16.451	2.486	0.000	557.002
5	4.082	813.057	123.734	43.507	13.097	2.100	995.494
6	1.979	394.179	211.331	86.796	34.636	11.060	738.002
7	1.545	307.735	102.455	148.243	69.098	29.249	656.781
8	1.206	240.212	79.987	71.870	118.016	58.351	568.437
9	0.941	187.429	62.436	56.109	57.216	99.660	462.851
10	0.783	155.959	48.717	43.798	44.668	48.316	341.458
11	0.664	132.256	40.537	34.174	34.867	37.721	279.555
12	0.563	112.139	34.376	28.436	27.206	29.444	231.600
13	0.477	95.009	29.147	24.114	22.638	22.974	193.882
14	0.404	80.469	24.695	20.446	19.197	19.117	163.924
15	0.343	68.319	20.916	17.323	16.277	16.211	139.046
16	0.291	57.962	17.758	14.672	13.791	13.745	117.927
17	0.251	49.994	15.065	12.457	11.680	11.646	100.842
18	0.222	44.218	12.995	10.568	9.917	9.863	87.561
19	0.196	39.039	11.493	9.115	8.413	8.374	76.436
20	0.173	34.458	10.147	8.062	7.257	7.105	67.029
21	0.153	30.475	8.956	7.118	6.418	6.128	59.096
22	0.135	26.889	7.921	6.283	5.667	5.420	52.180
23	0.119	23.703	6.989	5.556	5.002	4.785	46.035
24	0.106	21.113	6.161	4.903	4.423	4.224	40.824
25	0.093	18.524	5.488	4.322	3.903	3.735	35.972
26	0.082	16.333	4.815	3.850	3.440	3.296	31.734
Jumlah							6420.672

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir sebesar 995,494 m³/detik.

Tabel 4.34. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir

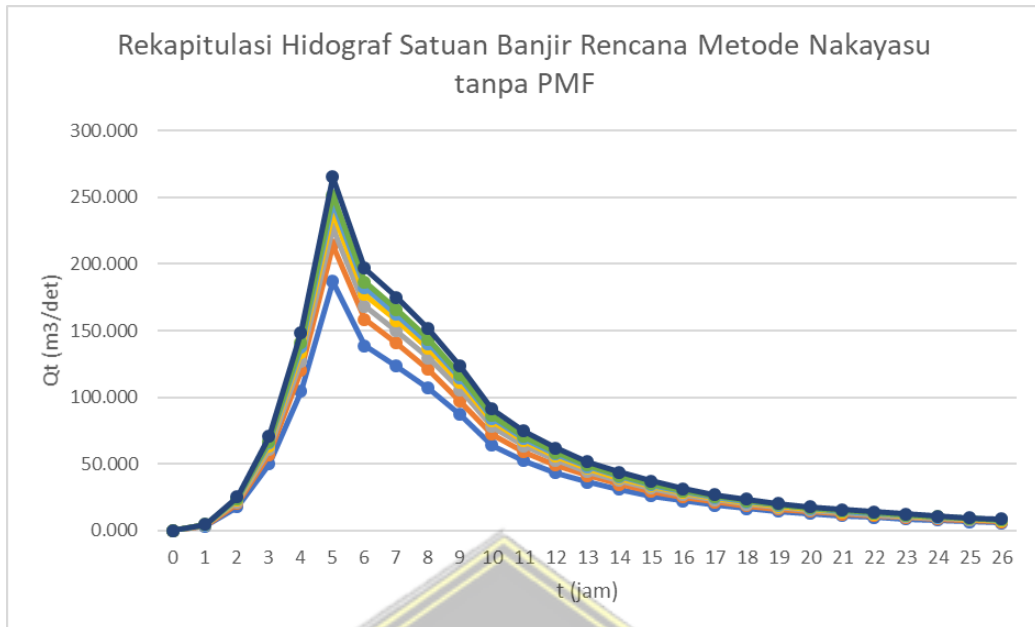
t (jam)	Debit (Q) Periode Ulang (m ³ /detik)							
	2	5	10	25	50	100	1000	PMF
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	3.250	3.680	3.840	3.971	4.036	4.083	4.200	17.130
2	17.965	20.340	21.228	21.948	22.308	22.570	23.217	94.681
3	50.318	56.971	59.457	61.474	62.482	63.216	65.029	265.195
4	105.686	119.659	124.880	129.117	131.235	132.776	136.585	557.002
5	188.885	213.806	223.190	230.762	234.548	237.301	244.109	995.494
6	140.029	158.265	165.460	171.073	173.880	175.922	180.968	738.002
7	124.618	140.360	147.250	152.246	154.744	156.560	161.052	656.781
8	107.855	120.651	127.443	131.767	133.929	135.501	139.388	568.437
9	87.821	96.932	103.771	107.292	109.052	110.332	113.497	462.851
10	64.788	72.142	76.555	79.152	80.451	81.395	83.730	341.458
11	53.043	59.109	62.676	64.803	65.866	66.639	68.551	279.555
12	43.944	49.015	51.925	53.686	54.567	55.208	56.792	231.600
13	36.787	41.075	43.468	44.943	45.681	46.217	47.543	193.882
14	31.103	34.736	36.752	37.999	38.622	39.075	40.196	163.924
15	26.383	29.464	31.174	32.232	32.761	33.145	34.096	139.046
16	22.376	24.989	26.439	27.336	27.785	28.111	28.917	117.927
17	19.134	21.371	22.609	23.376	23.759	24.038	24.728	100.842
18	16.614	18.563	19.631	20.297	20.630	20.872	21.471	87.561
19	14.503	16.210	17.137	17.718	18.009	18.220	18.743	76.436
20	12.718	14.221	15.028	15.538	15.793	15.978	16.436	67.029
21	11.213	12.542	13.249	13.699	13.923	14.087	14.491	59.096
22	9.901	11.074	11.699	12.096	12.294	12.438	12.795	52.180
23	8.735	9.769	10.321	10.671	10.846	10.974	11.288	46.035
24	7.746	8.664	9.153	9.463	9.618	9.731	10.011	40.824
25	6.825	7.634	8.065	8.338	8.475	8.575	8.821	35.972
26	6.021	6.735	7.115	7.356	7.477	7.565	7.781	31.734

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir pada kala ulang 2 tahun sebesar 188,885 m³/detik, pada kala ulang 5 tahun sebesar 213,806 m³/detik, pada kala ulang 10 tahun sebesar 223,190 m³/detik, pada kala ulang 25 tahun sebesar 230,762 m³/detik, pada kala ulang 50 tahun sebesar 234,548 m³/detik, pada kala ulang 100 tahun sebesar 237,301 m³/detik, pada kala ulang 1000 tahun sebesar 244,109 m³/detik, dan pada kala ulang PMF sebesar 995,494 m³/detik.



Gambar 4.6. Grafik Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir Rencana Metode Nakayasu dengan PMF

Grafik diatas merupakan rekapitulasi hidrograf satuan banjir rencana metode nakayasu dengan PMF, dengan debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir pada kala ulang 2 tahun sebesar 188,885 m³/detik, pada kala ulang 5 tahun sebesar 213,806 m³/detik, pada kala ulang 10 tahun sebesar 223,190 m³/detik, pada kala ulang 25 tahun sebesar 230,762 m³/detik, pada kala ulang 50 tahun sebesar 234,548 m³/detik, pada kala ulang 100 tahun sebesar 237,301 m³/detik, pada kala ulang 1000 tahun sebesar 244,109 m³/detik, dan pada kala ulang PMF sebesar 995,494 m³/detik.



Gambar 4.7. Grafik Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir Rencana Metode Nakayasu tanpa PMF

Grafik diatas merupakan rekapitulasi hidrograf satuan banjir rencana metode nakayasu tanpa PMF, dengan debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir pada kala ulang 2 tahun sebesar 188,885 m³/detik, pada kala ulang 5 tahun sebesar 213,806 m³/detik, pada kala ulang 10 tahun sebesar 223,190 m³/detik, pada kala ulang 25 tahun sebesar 230,762 m³/detik, pada kala ulang 50 tahun sebesar 234,548 m³/detik, pada kala ulang 100 tahun sebesar 237,301 m³/detik, pada kala ulang 1000 tahun sebesar 244,109 m³/detik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis distribusi probabilitas 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 Type III dengan nilai $C_s = -0,665$, karena syarat nilai C_s pada distribusi Log Pearson Type III yaitu $C_s \neq 0$. Dari hasil uji distribusi probabilitas dengan menggunakan Uji Chi-Kuadrat terhadap Metode Log Pearson Type III didapatkan hasil $3,6 < 3,841$ sehingga tingkat kepercayaan data masih memenuhi syarat. Hasil perhitungan curah hujan rencana pada kala ulang 2 tahun sebesar 91,397 mm. Sedangkan besarnya Curah Hujan Maksimum yang Mungkin Terjadi (PMP) yaitu 486,56 mm.
2. Berdasarkan hasil perhitungan dengan Metode HSS Nakayasu diperoleh debit banjir puncak yaitu $5,448 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan waktu puncak sebesar 4,86 jam.
3. Hasil Analisis Debit Banjir Rencana dengan Metode HSS Nakayasu pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000, dan PMF berturut-turut adalah $17,785 \text{ m}^3/\text{detik}$, $20,384 \text{ m}^3/\text{detik}$, $21,591 \text{ m}^3/\text{detik}$, $22,730 \text{ m}^3/\text{detik}$, $23,388 \text{ m}^3/\text{detik}$, $23,930 \text{ m}^3/\text{detik}$, $25,246 \text{ m}^3/\text{detik}$, $94,681 \text{ m}^3/\text{detik}$.

5.2. Saran

1. Penulis menyarankan agar hati-hati dan teliti dalam melakukan penyaringan data curah hujan dan melakukan analisis perhitungan, karena kesalahan dapat berdampak pada rendahnya tingkat kepercayaan data pada saat dilakukan analisis uji distribusi probabilitas.
2. Disarankan untuk melakukan banyak metode dalam perhitungan banjir rencana ataupun HSS, untuk mengetahui perbandingan dengan metode yang sudah dipakai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajr Ezza Qodriatullah dan Fitri Dwirani. (2019). Menentukan Stasiun Hujan dan Curah Hujan dengan Metode Polygon Thiessen Daerah Kabupaten Lebak. *Jurnalis*, 2(2), 139-146.
- Akmal, dkk. (2022). Analisis Hujan Ekstrim Probable Maximum Precipitation (PMP) menggunakan Metode Hersfield dan Perhitungan Debit Banjir. *Journal of Civil Engineering*, 11(1), 31-41.
- Aurdin Yuliana. (2014). Pengaruh Perubahan Tataguna Lahan Terhadap Karakteristik Hidrograf Banjir. *Jurnal Tekno Global*, III(1), 1-13.
- Esther, Sharon Marthina Esther dkk. (2014). Analisis debit banjir Sungai Tondano menggunakan Metode HSS Gama I dan HSS Limantara. *Jurnal Sipil Statil*, 2(1),13-20.
- Fairizi Dimitri. (2015). Analisis dan Evaluasi Saluran Drainase pada Kawasan Perumnas Talang kelapa di Subdas Lambidaro Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 3(1), 755-765.
- Fuady Zahrul dan Cut Azizah. (2008). Tinjauan Daerah sebagai Sistem Ekologi dan Manajemen Daerah Aliran Sungai. *Lentera*, 6,1-10.
- Hariadi Feril, dkk. Dampak Peningkatan Intensitas Hujan dan Tutupan Lahan Terhadap Debit Banir Puncak Sungai Ciseel. *Jurnal Komposit*, 4(1), 1-6.
- Hasibuan S.H. (2012). Analisa Debit Banjir Sungai Bonai Kabupaten Rokan Hulu Menggunakan Pendekatan Hidrograf Satuan Nakayasu. *Jurnal Aptek*, 4(1), 24-28.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Air, Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana. 2020. Program Mutu Konsultan Supervisi Pembangunan Bendungan Jragung Kab. Semarang. Semarang: Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. Modul Perhitungan Hidrologi Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi.

- Krisnayanti Denik S, dkk. (2020). Perbandingan debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu, Gama I dan Limantara pada DAS Raknomo. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 1-14.
- Nugraha M. Agung. (2014). Analisis Hidrograf Banjir pada DAS Boang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(4). 639-641.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. Nomor 27/PRT/M/2015 Tentang Bendungan. 70 hal.
- Rapar Sharon Marthina Esther, dkk. (2014). Analisi Debit Banjir Sungai Tondano Menggunakan Metode HSS Gama I dan HSS Limantara. *Jurnal Sipil Statik*, 2(1). 13-21.
- Sarminingsih Anik. (2018). Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan. *Jurnal Presipitasi*, 15(1), 53-61.
- Sihotang Rico, dkk. (2019). Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 7(1), 56-76.
- Sudarmin Muh Azwin. (2017). Analisis Debit Banjir Rancangan dan Kapasitas Pelimpah Bendungan Way Yori. *Tugas Akhir*. Universitas Hasanuddin. Makassar
- Surya Anjaya Putra Adi. (2020). Penelusuran Banjir Pada Waduk Semantok Kabupaten Nganjuk Jawa Timur. *Skripsi*. Universitas Jember. Jawa Timur.
- Syaifullah M. Dzalim. 2014. Validasi Data Curah Hujan Aktual di Tiga DAS di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(2), 109-118

LAMPIRAN

