

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KEANDALAN EMBUNG LEGON LELE
DALAM MEMENUHI KEBUTUHAN AIR BAKU
KARIMUN JAWA**

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



Disusun Oleh :

**Teguh Adi Nugroho
NIM : 30201900205**

**Zel Zel Minan Abraham
NIM : 30201900216**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KEANDALAN EMBUNG LEGON LELE DALAM MEMENUHI KEBUTUHAN AIR BAKU KARIMUN JAWA



Teguh Adi Nugroho
NIM : 30201900205

Zel Zel Minan Abraham
NIM : 30201900216

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Desember 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Ir. Moch Faiqun Ni'am, MT., Ph.D**
NIDN: 0612106701
2. **Ari Sentani, ST., M.Sc**
NIDN: 0604028502
3. **Ir. Gata Dian Asfari, MT**
NIDN: 0628055801

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

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

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No. 22/A.2/SA-T/UN/2023

Pada hari ini tanggal 21 Juli 2023..... 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 : Ari Sentani, ST., M.Sc
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Teguh Adi Nugroho
NIM : 30201900205

Zel Zel Minan Abraham
NIM : 30201900216

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	04/04/2023	
2	Seminar Proposal	25/05/2023	ACC
3	Pengumpulan data	12/07/2023	
4	Analisis data	18/07/2023	ACC
5	Penyusunan laporan	20/07/2023	
6	Selesai laporan	27/07/2023	ACC

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

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

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

Ari Sentani, ST., M.Sc

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Teguh Adi Nugroho

NIM : 30201900205

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“ANALISIS KEANDALAN EMBUNG LEGON LELE DALAM MEMENUHI KEBUTUHAN AIR BAKU KARIMUN JAWA”

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,

Yang membuat pernyataan,



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :
NAMA : Zel Zel Minan Abraham
NIM : 30201900216

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
"ANALISIS KEANDALAN EMBUNG LEGON LELE DALAM
MEMENUHI KEBUTUHAN AIR BAKU KARIMUN JAWA"
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,
Yang membuat pernyataan,



Zel Zel Minan Abraham
NIM : 30201900216

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Teguh Adi Nugroho

NIM : 30201900205

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS KEANDALAN EMBUNG LEGON
LELE DALAM MEMENUHI KEBUTUHAN AIR
BAKU KARIMUN JAWA

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,
Yang membuat pernyataan,



Teguh Adi Nugroho
NIM : 30201900205



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Zel Zel Minan Abraham

NIM : 30201900216

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS KEANDALAN EMBUNG LEGON
LELE DALAM MEMENUHI KEBUTUHAN AIR
BAKU KARIMUN JAWA

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,
Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Zel Zel Minan Abraham', is written over the text and partially over the watermark.

Zel Zel Minan Abraham
NIM : 30201900216



MOTTO

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

(Q.S. Ali ‘Imran Ayat 110)

“Jangan biarkan masa depan mengganggu Anda. Anda akan menghadapinya, jika harus, dengan senjata akal yang sama yang hari ini mempersenjatai Anda melawan masa kini.”

(Marcus Aurelius)

“KITA AKAN BRIK-BRIK SAJA selama kita tidak membandingkan diri kita dengan orang lain, karena manusia itu mempunyai bagiannya masing-masing, fokuslah pada bagianmu dan bersyukurlah atas apa yang kamu miliki saat ini.”

(Gus Iqdam Dekengan Pusat)

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

(Itfni)

Teguh Adi Nugroho

MOTTO

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

(Q.S. Ali 'Imran Ayat 110)

“Cinta mengubah kekasaran menjadi kelembutan, mengubah orang tak berpendirian menjadi teguh berpendirian, mengubah pengecut menjadi pemberani, mengubah penderitaan menjadi kebahagiaan, dan cinta membawa perubahan-perubahan bagi siang dan malam.”

(Jalaludin Rumi)

" Kemalasan adalah keadaan yang menyenangkan tetapi menyedihkan; kita harus melakukan sesuatu untuk bahagia. Tindakan tidak kurang penting daripada pemikiran terhadap kecenderungan naluriah dari kerangka manusia."

(Mahatma Gandhi)

“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)

Zel Zel Minan Abraham

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 Sukamto dan Ibu Suhartini, Adik saya bernama Livia Maulida 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. Ari Sentani, ST., M.Sc 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. Zel Zel Minan Abraham selaku rekan saya yang telah berjuang, bekerja keras bersama dan sabar dalam menyusun Tugas Akhir ini.
5. Calon istri saya Janitra Rasendrya, terimakasih selama ini selalu menemani, memberikan motivasi, dukungan serta memberikan hal-hal positif kepada saya.
6. Teman-teman seperjuangan saya Timur, Istifham, Duta, Satrio, Joko, Syafaat, serta Rizka andi yang selalu memberikan semangat, motivasi serta dukungannya.
7. Teman-teman Angkatan 2019 Fakultas Teknik khususnya kelas Sipil C dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Teguh Adi Nugroho
NIM : 30201900205

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 KH. Zain Mu'adhom dan Ibu Hj. Sulistiyaningsih, Adek saya Berliana Asfin Nahar 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. Ari Sentani, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing dan Ibu Ir. Gata Dian Asfari, 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 mengajarkan saya dan selalu memberikan motivasi, ilmu, serta arahan kepada saya.
4. Teguh Adi Nugroho selaku rekan yang telah berjuang dan bekerja keras dari mulai maba sampai dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan saya, Timur, Ipe, Joko, Aat, Satrio, Rizky Komting, Duta, Mas Pray, Dananir, Mulya, Mas Puky, Rokimin, Mbah Imam, Mas Harun, Ulum, Arip Kuntet, Arie Abimanyu, Obim, Hani, yang selalu ada disaat susah dan senang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir dan selalu memberikan dukungan serta feedback yang positif.
6. Teman dekat saya Timur, Ipe, Joko, Aat, Satrio, Rizky Komting, Duta, Mas Pray, Dananir, Mulya, Mas Puky, Rokimin, Mbah Imam, Mas Harun, Ulum, Arip Kuntet, Arie Abimanyu, Obim, Hani, yang selalu ada dan mau mendengarkan keluh kesah saya selama ini.
7. Teman-teman Fakultas Teknik Angkatan 2019, khususnya kelas sipil C dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Zel Zel Miana Abraham
NIM : 30201900216

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 Keandalan Embung Legon Lele Dalam Memenuhi Kebutuhan Air Baku Karimun Jawa” 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 Mudiyo, 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 Ari Sentani, ST., M.Sc. 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, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
USULAN TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
ABSTRAK.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
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	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Embung.....	5
2.1.1. Tipe Embung Berdasarkan Tujuan Pembangunannya.....	6
2.1.2. Tipe Embung Berdasarkan Penggunaannya	6
2.1.3. Tipe Embung Berdasarkan Letaknya Terhadap Aliran Air.....	7
2.1.4. Tipe Embung Berdasarkan Material Pembentukan	7
2.2. Siklus Hidrologi	8
2.3. Curah Hujan	8
2.4. Analisis Hidrologi.....	9
2.4.1. Curah Hujan Daerah Rata-rata Maksimum	9
2.4.2. Analisis Frekuensi.....	11
2.4.3. Uji Distribusi Probabilitas	14
2.4.4. Hidrograf	15
2.5. Tampungan Embung	18
2.5.1. Kapasitas Embung Berdasarkan Kebutuhan Air (V_n)	18
2.5.2. Kapasitas Embung Berdasarkan Ketersediaan Air (V_h)	20
2.5.3. Kapasitas Embung Berdasarkan Kondisi Topografi (V_p).....	20
2.6. Tingkat Keandalan	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1. Pengertian Umum	22
3.2. Tahapan Persiapan	22
3.3. Teknik Pengumpulan Data.....	22
3.4. Analisis Data	23

3.4.1. Analisa Hidrograf Satuan Sintetik	23
3.4.2. Perhitungan Curah Hujan Daerah Rata-Rata Maksimum.....	23
3.4.3. Kapasitas Tampungan Berdasarkan Kebutuhan Air.....	24
3.4.4. Kapasitas Tampungan Berdasarkan Ketersediaan Air	24
3.4.5. Kapasitas Tampungan Berdasarkan Topografi.....	24
3.4.6. Penentuan Kapasitas Embung.....	24
3.5. Diagram Alir	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Analisis Curah Hujan	27
4.2. Analisis Frekuensi.....	28
4.2.1. Pengukuran Dispersi	29
4.2.2. Pemilihan Distribusi Curah Hujan.....	30
4.3. Pengujian Kesesuaian Distribusi.....	30
4.3.1. Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Chi-Kuadrat	30
4.3.2. Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Smirnov Kolmogorov	33
4.4. Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu.....	37
4.4.1 Perhitungan Rerata Hujan dari Awal Sampe Jam Ke-T	37
4.4.2 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif (R_n).....	41
4.4.3 Hasil Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu.....	42
4.5. Tampungan Embung	53
4.5.1 Analisa Kapasitas Embung Berdasarkan Kebutuhan Air (V_n)	53
4.5.2 Analisa Kapasitas Embung Berdasarkan Ketersediaan Air (V_h)	55
4.6. Analisa Tingkat keandalan.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ketersediaan Data Hujan TRMM Embung Legon lele	10
Tabel 2.2. Tabel Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}	11
Tabel 2.3. Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi.....	12
Tabel 2.4. Nilai Koefisien untuk Distribusi Normal	12
Tabel 2.5. Nilai Koefisien Untuk Distribusi log Normal	13
Tabel 4.1. Curah Hujan Maksimum Per Tahun pada Stasiun Legon Lele	28
Tabel 4.2. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian	29
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan	30
Tabel 4.4. Syarat Pemilihan Distribusi.....	31
Tabel 4.5. Urutan Data Hujan Maksimum Tahunan	32
Tabel 4.6. Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Kuadrat	33
Tabel 4.7. Perhitungan Uji Chi Kuadrat.....	34
Tabel 4.8. Urutan Curah Hujan Maksimum Tahunan	35
Tabel 4.9. Perhitungan Nilai S dan Cs	36
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Nilai Cs	37
Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov	38
Tabel 4.12. Harga D Kritis untuk Smirnov Kolmogorov Test	39
Tabel 4.13. Nilai Cs untuk Nilai Positif	40
Tabel 4.14. Nilai Cs untuk Nilai Negatif.....	40
Tabel 4.15. Harga Perhitungan Nilai Cs Metode Log Pearson Type III	41
Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson Type III	42
Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Log Pearson Type III	42
Tabel 4.18. Nilai Rasio Hujan Harian Maksimum	45
Tabel 4.19. Tabel Koefisien Pengaliran	46
Tabel 4.20. Curah Hujan Rencana Efektif (R_n)	46
Tabel 4.21. Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman.....	47
Tabel 4.22. Ordinat Hidrograf Satuan	50
Tabel 4.23. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun	52
Tabel 4.24. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun	53
Tabel 4.25. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun	54
Tabel 4.26. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun	55
Tabel 4.27. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun	56
Tabel 4.28. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun	57
Tabel 4.29. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir	58
Tabel 4.30. Data Penguapan.....	60
Tabel 4.31. Rekapitulasi Kapasitas Tampungan Embung Berdasar Ketersediaan Air (V_h).....	62
Tabel 4.32. Jumlah Penduduk Legon Lele	63
Tabel 4.33. Laju Pertumbuhan Penduduk	64
Tabel 4.34. Kebutuhan Air Baku.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Kajian.....	3
Gambar 2.1. Gambar Hidrograf Sintetik Nakayasu	17
Gambar 3.1. Diagram Alir	27
Gambar 4.1. Grafik Ordinat Hisrograf Satuan	49
Gambar 4.2. Grafik Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir Rencana Metode Nakayasu.....	59



ANALISIS KEANDALAN EMBUNG LEGON LELE DALAM MEMENUHI KEBUTUHAN AIR BAKU KARIMUN JAWA

ABSTRACT

Embung adalah bangunan konservasi air berbentuk cekungan di sungai atau aliran sungai berupa tanah, batu, beton, dan/atau pasangan bata yang dapat menampung air untuk berbagai keperluan. Dalam pelaksanaan bendungan, diperlukan beberapa analisis yaitu analisis curah hujan rata-rata maksimum, analisis debit banjir, dan hidrograf unit banjir.

Analisis dilakukan dengan menggunakan data curah hujan dan analisis perhitungan menggunakan Metode HSS Nakayasu. Dalam menentukan debit banjir, analisis curah hujan dilakukan dengan menggunakan Metode Rerata Aljabar (aritmatik) dan menentukan distribusi data curah hujan. Kemudian tes distribusi probabilitas dilakukan. Hasil analisis menggunakan metode Nakayasu HSS adalah debit ketika banjir diulang pada waktu yang telah ditentukan. Penelitian dilakukan dengan beberapa analisis yaitu analisis hidrologi, analisis karakteristik waduk, dan analisis kapasitas waduk dengan tiga metode perbandingan, antara lain analisis kapasitas waduk berdasarkan ketersediaan air, analisis kapasitas waduk berdasarkan kebutuhan air, dan analisis kapasitas waduk berdasarkan topografi.

Berdasarkan perhitungan curah hujan yang direncanakan untuk Q2, adalah 553,10 mm. Dengan Metode HSS Nakayasu, diperoleh debit puncak banjir sebesar 89,41 m³ per detik dengan waktu puncak 0,67 jam. Hasil Rencana Analisis Debit Banjir dengan Metode HSS Nakayasu pada Periode Pengembalian 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 adalah 1.394,90 m³/detik, 2.353,41 m³/detik, 3.048,46 m³/detik, 3.960,64 m³/detik, 4.657,28 m³/detik, dan 5.362,87 m³/detik. Pada musim hujan, penduduk tidak menggunakan air kolam retensi untuk memenuhi semua kebutuhannya, sehingga kapasitas yang dibutuhkan harus mampu memenuhi kebutuhan di atas. Kapasitas reservoir berdasarkan kebutuhan air baku (raw Vn) adalah 321.420,47 m³. Maksimum reservoir di Cekungan Retensi Legon Lele adalah 116.196,48 m³ dan 11.682.311 m³ per tahun sebagai reservoir mati untuk sedimen. Tingkat keandalan Cekungan Retensi Legon Lele didasarkan pada kebutuhan air baku dalam negeri sebesar 5.851 liter per kapita per hari, kebutuhan air baku non domestik sebesar 1.171 liter per kapita per hari, dan kehilangan air sebesar 1.401 liter per kapita per hari.

Kata Kunci: *Curah Hujan; Debit Banjir; HSS Nakayasu; Embung; Tingkat Keandalan*

ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF EMBUNG LEGON Lele IN MEETING THE RAW WATER NEEDS OF KARIMUN JAWA

ABSTRACT

A retention basin is a basin-shaped water conservation building in a river or stream in the form of soil, stone, concrete, and/or masonry that can hold water for various purposes. In implementing a dam, several analyses are needed, namely a maximum average rainfall analysis, a flood discharge analysis, and a flood unit hydrograph.

The analysis was carried out using rainfall data and calculation analysis using the Nakayasu HSS Method. In determining flood discharge, rainfall analysis is carried out using the Thiessen Method and determining the distribution of rainfall data. Then a probability distribution test is performed. The result of the analysis using the Nakayasu HSS method is the discharge when the flood is repeated at a predetermined time. The research was conducted with several analyses, namely hydrological analysis, analysis of reservoir characteristics, and analysis of reservoir capacity with three comparison methods, including analysis of reservoir capacity based on water availability, analysis of reservoir capacity based on water demand, and analysis of reservoir capacity based on topography.

Based on the calculation of the planned rainfall for Q2, it is 553,10 mm. With the Nakayasu HSS Method, a peak flood discharge of 89,41 m³ per second was obtained with a peak time of 0,67 hours. The results of the Plan Flood Discharge Analysis with the Nakayasu HSS Method on Return Periods 2, 5, 10, 25, 50, and 100 were 1.394,90 m³/sec, 2.353,41 m³/sec, 3.048,46 m³/sec, 3.960,64 m³/sec, 4.657,28 m³/sec, and 5.362,87 m³/sec. In the rainy season, the population does not use retention basin water to meet all their needs, so the required capacity must be able to meet the above needs. The capacity of the reservoir based on raw water needs (raw Vn) is 321.420,47 m³. The maximum reservoir in the Legon Lele Retention Basin is 116.196,48 m³ and 11.682,311 m³ per year as a dead reservoir for sediment. The level of reliability of the Legon Lele Retention Basin is based on domestic raw water demand of 5.851 liters per capita per day, non-domestic raw water needs of 1.171 liters per capita per day, and water loss of 1.401 liters per capita per day.

Keywords: rainfall; flood discharge; HSS Nakayasu; retention basin; reliability level

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan komponen yang sangat penting untuk menunjang kebutuhan makhluk hidup di dunia baik itu manusia, hewan, maupun tumbuh tumbuhan untuk kelangsungan hidup. Seperti halnya oksigen, pentingnya peran air seringkali tidak disadari karena jumlahnya yang melimpah. Peran air biasanya baru dirasakan ketika kebutuhan akan air sulit dipenuhi atau ketika air menimbulkan masalah. Air merupakan bahan alam yang memiliki banyak manfaat, digunakan mulai dari keperluan minum, memasak, mencuci, irigasi, sampai dengan sumber energi.

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan kondisi sosial ekonomi masyarakat Indonesia khususnya di Kabupaten Jepara dan Kepulauan Karimunjawa, menyebabkan meningkatnya kebutuhan air baku secara signifikan. Oleh karena itu, diperlukan upaya peningkatan layanan penyediaan air baku baik secara jumlah maupun mutu. Namun, daya dukung sumber daya alam pada saat ini menurun bersamaan dengan terjadinya perubahan iklim secara global, sehingga perlu dilakukan upaya observasi sumber air dan pemanfaatan sumber air secara optimal.

Di sisi lain kondisi daerah Jepara, merupakan daerah langganan banjir pada tiap musim penghujan yang disebabkan peningkatan limpasan permukaan akibat tidak adanya tampungan air permukaan.

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, sesuai dengan UU No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air dalam rangka upaya peningkatan layanan penyediaan air baku pada daerah pedesaan dan sekaligus konservasi sumber air, perlu dikembangkan pembangunan tampungan air untuk pemenuhan kebutuhan air baku pedesaan salah satunya berupa infrastruktur embung.

Embung ini berfungsi menampung air permukaan, air hujan, dan mata air sehingga air yang tertampung dalam embung dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup. Selain berfungsi sebagai penampung air,

embung juga dapat berfungsi sebagai bangunan konservasi air tanah, karena air yang tertampung di embung akan meresap ke dalam tanah sehingga ketersediaan air tanah di daerah tersebut akan bertambah.

Dengan adanya Embung Legon Lele ini maka air hujan yang jatuh dan mata air pada Daerah Berbah Kabupaten Jepara dapat ditampung dan dimanfaatkan oleh masyarakat setempat. Diperlukan rencana kapasitas tampungan embung yang sesuai agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil dari analisa hidrologi embung ?
2. Bagaimana hasil analisa debit banjir puncak menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu pada Embung Legon Lele ?
3. Berapa kapasitas tampungan Embung Legon Lele ?

1.3. Maksud dan Tujuan

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

1. Menganalisa Curah hujan di Embung Legon Lele
2. Menganalisa besarnya debit banjir puncak menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu pada Embung Legon Lele
3. Mengetahui kapasitas tampungan Embung Legon Lele

1.4. Batasan Masalah

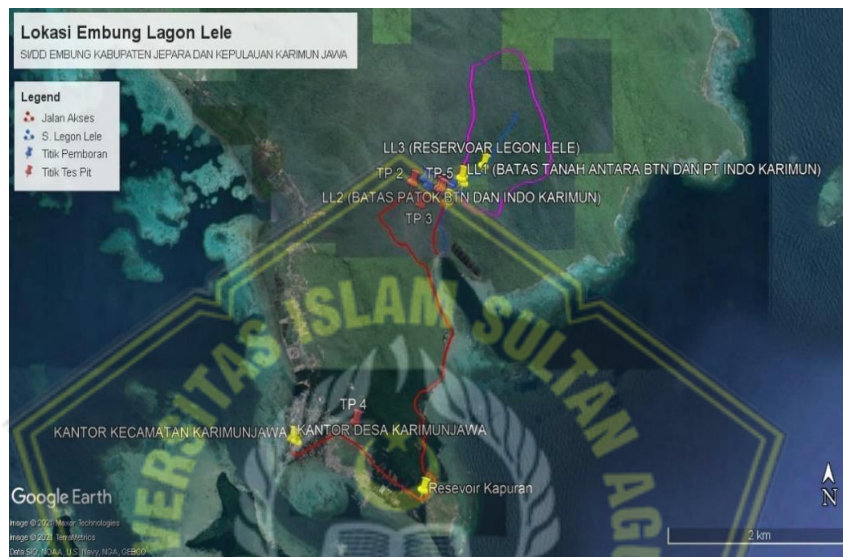
Batasan masalah ini dimaksudkan agar pembahasan dalam Tugas Akhir ini tidak menyimpang dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka perlu batasan masalah, sebagai berikut:

1. Analisis ini ditinjau pada proyek pembangunan Embung Legon Lele Kepulauan Karimun Jawa
2. Menghitung debit banjir rencana pada berbagai kala ulang
3. Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu

4. Ketersediaan air Embung Legon Lele dihitung dari hujan yang jatuh di atas embung dan debit mata air yang ada pada lokasi embung.

1.5. Lokasi Kajian

Lokasi kajian yang kami bahas dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu Embung Legong Lele yang berada di Kepulauan Karimun Jawa Kabupaten Jepara. Peta lokasi kajian dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1. Lokasi Kajian
(Sumber: Dinas PUPR Kabupaten Jepara, 2021)

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. Embung

Defenisi embung berdasarkan buku Pedoman Teknis Konservasi Air Melalui Pembangunan Embung yang diterbitkan oleh Direktorat Pengelolaan Air Baku, Kementerian Pertanian (2011) adalah bangunan konservasi air berbentuk cekungan disungai atau aliran air berupa urugan tanah, urugan batu, beton dan/atau pasangan batu yang dapat menahan dan menampung air untuk berbagai keperluan.

Menurut (Rustam, 2010) embung adalah bangunan buatan yang berfungsi untuk menampung dan menyimpan air dengan kapasitas volume kecil tertentu, lebih kecil dari kapasitas waduk/bendungan. Embung biasanya dibangun dengan membendung sungai kecil atau dapat dibangun di luar sungai. Kolam embung akan menyimpan air dimusim hujan dan kemudian air dimanfaatkan oleh suatu desa hanya selama musim kemarau untuk memenuhi kebutuhan dengan urutan prioritas, penduduk, ternak, dan kebun atau sawah. Jumlah kebutuhan tersebut akan menentukan tinggi tubuh embung dan kapasitas tampungan embung.

(Rahmadana, 2013), mengatakan selain kebutuhan air penentuan potensi kapasitas tampungan harus dipertimbangkan juga dari aspek kehilangan air akibat penguapan (evaporasi) embung. Untuk menjamin fungsi dan keamanannya embung mempunyai beberapa bagian yaitu:

1. Tubuh embung berfungsi menutup lembah atau cekungan sehingga air dapat tertahan di udiknya.
2. Kolam embung berfungsi menampung air hujan.
3. Jaringan distribusi, berupa rangkaian pipa, berfungsi membawa air dari kolam ke bak tandon air harian di atau dekat pemukiman (desa) secara gravitasi dan bertekanan, sehingga pemberian air tidak menerus (tidak kontinyu).
4. Pelimpah berfungsi mengalirkan banjir dari kolam kelembah untuk mengamankan tubuh embung atau dinding kolam terhadap peluapan.

2.1.1. Tipe Embung Berdasarkan Tujuan Pembangunannya

Terdapat dua tipe embung berdasarkan tujuan dari pembangunannya yaitu sebagai berikut :

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

Embung dengan tujuan tunggal adalah embung yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja. Contohnya yaitu embung yang dibangun untuk kebutuhan air baku atau irigasi (pengairan) atau perikanan atau tujuan lainnya tetapi satu tujuan saja.

b. Embung serbaguna (*multipurpose dams*)

Embung serbaguna adalah embung yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan. Contohnya yaitu embung yang dibangun untuk kebutuhan irigasi, air minum, PLTA, dan pariwisata.

2.1.2. Tipe Embung Berdasarkan Penggunaannya

Terdapat 3 tipe embung berdasarkan penggunaannya yaitu sebagai berikut :

a. Embung penampung air (*storage dams*)

Embung penampung air adalah embung yang digunakan untuk menyimpan air pada masa surplus dan dipergunakan pada masa kekurangan. Selain itu tujuan embung penampung air adalah untuk rekreasi, perikanan, pengendalian banjir dan lainnya.

b. Embung pembelok (*diversion dams*)

Embung pembelok adalah embung yang digunakan untuk meninggikan muka air, biasanya untuk mengalirkan air ke dalam sistem aliran menuju ke tempat yang memerlukan air tersebut.

c. Embung penahan (*detention dams*)

Embung penahan adalah embung yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seoptimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak. Air akan ditampung sementara dan dibiarkan meresap ke daerah sekitar lalu dialirkan melalui pelepasan (*outlet*).

2.1.3. Tipe Embung Berdasarkan Letaknya Terhadap Aliran Air

Terdapat dua tipe embung berdasarkan letaknya terhadap aliran air, yaitu :

a. Embung pada aliran air (*on stream*)

Embung pada aliran air adalah embung yang dibangun untuk menampung air dan biasanya berada dekat dengan aliran air. Embung pada aliran air dilengkapi pelimpah (*spillway*).

b. Embung di luar aliran air (*off stream*)

Embung di luar aliran air adalah embung yang umumnya tidak dilengkapi pelimpah karena biasanya air dibendung terlebih dahulu pada aliran air (*on stream*) baru disuplesi ke tampungan.

2.1.4. Tipe Embung Berdasarkan Material Pembentukan

Terdapat dua tipe embung berdasarkan material pembentukannya, yaitu sebagai berikut :

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

Embung urugan adalah embung yang dibangun dari hasil penggalian bahan tanpa ada tambahan bahan lain yang bersifat kimia. Embung ini dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Embung urugan serba sama (*homogeneous dams*) Embung urugan serba sama yaitu embung dengan bahan yang membentuk tubuh embung tersebut terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan memiliki gradasi yang hampir seragam.
2. Embung zonal Embung zonal yaitu embung dengan bahan yang membentuk tubuh embung tersebut terdiri dari batuan dengan gradasi yang berbeda-beda dalam urutan pelapisan tertentu.

b. Embung beton (*concrete dams*)

Embung beton adalah embung yang dibuat dari material beton baik dengan tulangan maupun tidak. Kemiringan permukaan hulu dan hilir ada umumnya bagian hilir lebih landai dan bagian hulu mendekati vertikal dan bentuknya lebih ramping. Embung ini masih dibagi lagi menjadi embung beton dengan penyangga (*buttress dam*) permukaan hulu menerus dan di hilirnya pada jarak tertentu ditahan, embung beton berbentuk lengkung dan embung beton kombinasi.

2.2. Siklus Hidrologi

Triatmodjo (2008) menjelaskan siklus hidrologi diawali dengan terjadinya penguapan air yang berada di permukaan tanah, sungai, danau serta laut. Uap air tersebut menuju atmosfer akan berubah menjadi titik air sehingga terbentuk awan akibat dari proses kondensasi, kemudian titik-titik air tersebut akan turun menjadi hujan di daratan maupun lautan. Hujan yang jatuh sebagian ditahan oleh tanaman dan sebagian lagi jatuh ke permukaan tanah. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan akan mengalir menjadi aliran permukaan (*surface runoff*) sebagai pengisi danau, sungai dan cekungan tanah. Air dari proses infiltrasi akan mengalir di dalam tanah (perkolasi) dan mengisi air tanah yang nantinya akan keluar sebagai mata air atau akan mengalir ke sungai yang pada akhirnya akan mengalir menuju ke laut.

Menurut Tchakerian (2015), dasar konsep dari hidrologi adalah siklus hidrologi yang digambarkan dalam skala ruang dan waktu yang berbeda. Secara global siklus hidrologi merupakan proses terus menerus yang menghubungkan air di atmosfer dengan air yang di darat maupun di laut. Pergerakan air dari ruang satu ke yang lain terjadi melalui tiga fase, misalnya pergerakan air dari permukaan tanah ke atmosfer terjadi dalam fase uap (penguapan dan kondensasi), fase cair yaitu hujan dan fase padat yaitu salju.

2.3. Curah Hujan

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

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.

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

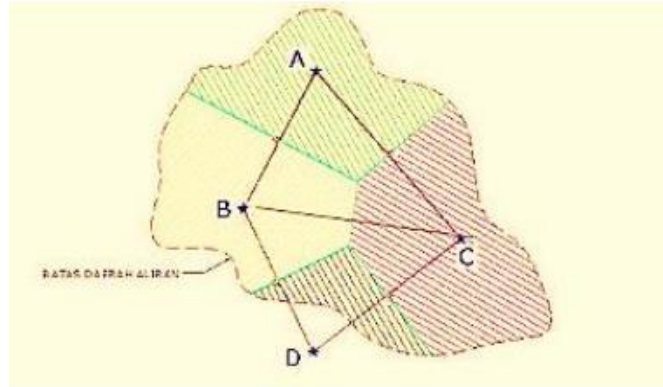
d = Tinggi curah hujan Rata-rata daerah (DAS)

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 = banyak pos penakar (surya, 2020)



Gambar 2.1. Metode Poligon Thiessen
(sumber : Komunitas Atlas,2010)

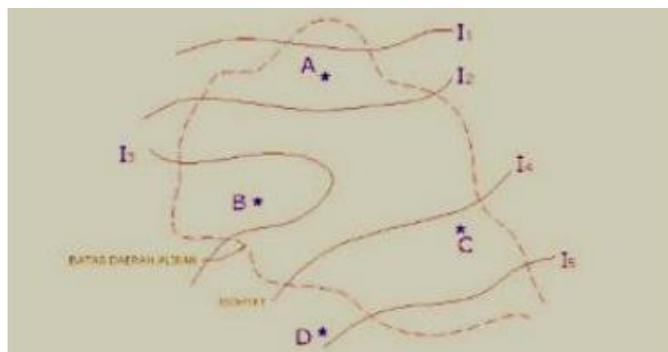
c. Metode Isohyet

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.

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

Dimana :

- d = tinggi Curah hujan rata-rata daerah (DAS)
- A = Luas daerah (DAS)
- d₀,d₁,...,d_n = tinggi curah pada isohyet 1,2,...,n
- A₁,A₂,...,A_n = luas bagian areal yang dibatasi oleh isohyet
- n = banyaknya pos penakar (surya,2020)



Gambar 2.2. 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. Kejadian ekstrim dalam studi ini adalah curah hujan ekstrim yaitu curah hujan harian maksimum setiap tahun yang diukur dalam 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	$Cs \approx 0$ $Ck = 3$
2	Log Normal	$Cs \approx 3 Cv + Cv^2 = 3$ $Ck = 5,383$
3	Log Pearson III	$Cs \neq 0$
4	Gumbel	$Cs \leq 1,14$ $Ck \leq 5,40$

Berikut ini penjelasan pola sebaran yang banyak digunakan dalam hidrologi:

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)

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

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)

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

Soemarto, 1995)

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

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

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

X_i = curah hujan maksimum (mm/hari)

n = lamanya pengamatan

d. Metode Distribusi Log Pearson III

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

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

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

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

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

Logaritma curah hujan dengan waktu balik dihitung dengan rumus:

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

Dimana,

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

X = nilai rata-rata

S = standar deviasi

N = jumlah pengamatan

C_s = koefisien kemencengan

2.4.3. Uji Distribusi Probabilitas

a. Uji Chi-Kuadrat

Pengujian menggunakan Metode Chi–Kuadrat (χ^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).

$$\chi^2 = \sum_{i=0}^n \frac{(Q_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana,

χ^2 = parameter chi kuadrat

Q_i = nilai pengamatan

E_i = nilai teoritis

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

$$Dk = G - (R+1) \dots\dots\dots (2.16)$$

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

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:

$$D = \max | P_e - P_t | \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana,

P_e = peluang empiris dari data hujan/debit

P_t = 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, dan 100 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)

$$Q_{\text{maks}} = \frac{1}{3,6} \times A \times \frac{R_o}{(0,3 \times T_p \times T_{0,3})} \dots\dots\dots (2.19)$$

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:

$$T_g = 0,40 + 0,058 \times L, \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$T_g = 0,21 \times L^{0,7}, \text{ untuk } l < 15 \text{ km} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana,

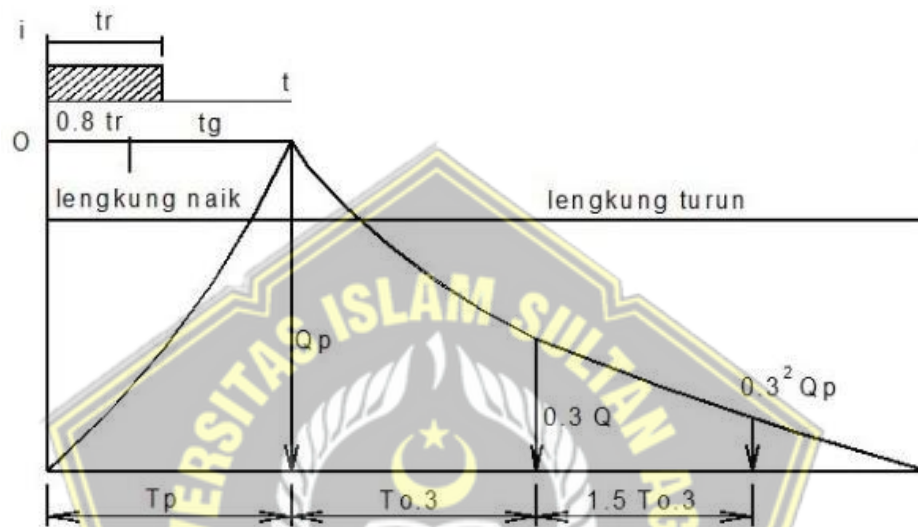
T_r = satuan waktu hujan (jam)

α = parameter hidrograf, untuk

$\alpha = 2$, pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5$, pada bagian naik hidrograf lambat dan turun cepat

$\alpha = 3$, pada bagian naik hidrograf cepat dan turun lambat



Gambar 2.3. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu
(Sumber: Agus Suroso, 2014)

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

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

$$Q_p = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} Q_p \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana,

$Q(t)$ = Limpasan sebelum mencari debit puncak

$(m^3)t$ = Waktu (jam)

b. Kurva turun

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

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

Nilai : $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$
 $Q_t = Q_p \times 0,3^{\{(t-T_p + 0,5 T_{0,3}) / (1,5 \times T_{0,3})\}} \dots\dots\dots(2.24)$

Nilai : $1,5 T_{0,3} > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$
 $Q_t = Q_p \times 0,3^{\{(t-T_p + 0,5 T_{0,3}) / (2 \times T_{0,3})\}} \dots\dots\dots(2.25)$

2.5. Tampungang Embung

Kasiro dkk, (1997) menyatakan bahwa embung yang dibangun akan menampung penuh air di musim hujan dan kemudian dioperasikan selama musim kemarau untuk melayani berbagai kebutuhan. Lengkung kapasitas tampungan Embung Legon Lele dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara elevasi, luas areal dan volume Embung Legon Lele. Lengkung kapasitas tampungan Embung Legon Lele dihitung berdasarkan hasil pengukuran Topografi yang memiliki tampungan saat muka air normal sebesar 88.308,12 m³.

2.5.1. Kapasitas Embung Berdasarkan Kebutuhan Air (V_n)

Volume tampungan berdasarkan kebutuhan air (V_n) dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$V_n = V_u + V_e + V_i + V_s \dots\dots\dots 2.26)$

Dimana:

- V_u = volume tampungan berdasarkan kebutuhan air (m³)
- V_u = volume tampungan hidup untuk melayani berbagai kebutuhan air (m³)
- V_e = jumlah penguapan yang terjadi sepanjang tahun (m³)
- V_i = jumlah resapan melalui dasar dinding dan tubuh embung yang terjadi sepanjang tahun (m³)
- V_s = ruangan yang disediakan untuk sedimen (m³)

Kebutuhan air yang harus dilayani embung (V_u) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$V_u = J_h \times J_p \times Q_u + \sum(KA_{ij} \times 24 \times \text{jumlah hari} \times 3600) \dots\dots\dots(2.27)$

Dimana:

J_h = jumlah hari selama musim kemarau

J_p = jumlah penduduk yang dilayani

Q_u = kebutuhan air baku (1/orang/hari)

KAI = jumlah kebutuhan air irigasi selama musim kemarau

Jumlah penguapan yang terjadi sepanjang tahun perlu diperhitungkan dalam penentuan kapasitas. Penguapan di permukaan kolam embung dapat dihitung secara sederhana seperti berikut ini.

$$V_e = A_{kt} \times \sum E_{kj} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dengan:

A_{kt} = luas permukaan kolam embung

E_{kj} = penguapan bulanan pada bulan ke-j

Air di kolam embung akan meresap masuk ke dalam pori atau rongga di dasar dan dinding kolam. Besarnya resapan tergantung dari sifat lulus air material yang digunakan pada dasar dan dinding kolam. Secara teoritis perhitungan resapan air ini cukup rumit dan sulit dilakukan, sehingga untuk perhitungan resapan memakai pendekatan praktis yaitu sebagai berikut.

$$V_i = K \times V_u \dots\dots\dots(2.29)$$

Dengan:

K = faktor yang nilainya tergantung dari sifat lulus air material dasar dan dinding kolam embung

Nilai K = 10% bila dasar dan dinding kolam embung praktis rapat air ($k \leq 10^{-5}$ cm/dt)

Nilai K = 25% bila dasar dan dinding kolam embung bersifat semi lulus air ($k = 10^{-3} - 10^{-4}$ cm/dt)

V_u = jumlah air untuk berbagai kebutuhan (m^3)

Ruang untuk sedimen perlu disediakan di kolam embung mengingat adanya tampungan kecil, walaupun daerah tadah hujan disarankan agar ditanami tumbuhan untuk mengendalikan erosi. Berdasarkan pengamatan pada beberapa embung yang ada secara praktis ruang setinggi 1 m di atas dasar kolam telah cukup untuk menampung sedimen. Persamaan yang digunakan untuk menghitung ruangan yang disediakan untuk sedimen adalah sebagai berikut.

$$V_s = 0,05 \times V_u \dots\dots\dots(2.30)$$

Dengan:

V_u = jumlah air untuk berbagai kebutuhan (m^3)

2.5.2. Kapasitas Embung Berdasarkan Ketersediaan Air (V_h)

Pengisi tampungan pada embung terdiri atas aliran permukaan dari seluruh daerah tangkapan hujan, air hujan yang langsung jatuh di embung, dan debit dari mata air yang ada. Sehingga jumlah air yang masuk ke dalam embung dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$V_h = \sum V_j + V_{\text{mata air}} + (R_j \times A_{\text{embung}}) \dots\dots\dots (2.31)$$

Dengan:

V_h = volume air yang dapat mengisi kolam embung

V_j = aliran bulanan pada bulan j

$\sum V_j$ = jumlah aliran total selama musim hujan

Volume air V_h merupakan jumlah air maksimum yang dapat mengisi kolam embung. Aliran bulanan pada bulan j (V_j) yang masuk pada kolam embung menggunakan rumus berikut ini.

$$V_j = C \times R_j \times A \dots\dots\dots(2.32)$$

Dengan:

R_j = hujan andalan bulanan pada bulan j (m/s)

C = koefisien limpasan

A = luas daerah tadah hujan (luas DAS) (m^2)

V_j = aliran masuk keembung selama musim hujan (m^3)

Volume mata air dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V_{\text{mata air}} = Q_{\text{mata air}} \times 365 \times 24 \times 3600$$

2.5.3. Kapasitas Embung Berdasarkan Kondisi Topografi (V_p)

Keadaan topografi akan menentukan daya tampung embung dalam menampung air yang nantinya menjadi volume maksimum kolam embung yang terbentuk karena adanya pembangunan. Kapasitas embung berdasar topografi ditentukan berdasarkan tinggi maksimum embung yang dapat dibangun yang dipengaruhi oleh jenis bahan embung dan kondisi geologinya. Volume tampungan ini di

hitung berdasarkan peta hasil pengukuran di lapangan. Cara perhitungan kapasitas embung berdasarkan kondisi topografi adalah dengan menghubungkan elevasi, volume tampungan, dan luas permukaan yang ditampilkan dalam bentuk kurva kapasitas tampungan. Dari kurva hubungan elevasi, volume, dan luas permukaan dapat diketahui besar tampungan pada elevasi tertentu. Kapasitas tampungan berdasarkan kondisi topografi dapat menggunakan persamaan berikut.

$$V_1 = \dots\dots\dots(2.33)$$

dengan :

- V_1 = volume tampungan (m³)
- a_0 = elevasi 0
- a_1 = elevasi 1
- A_0 = luas permukaan untuk elevasi a_0
- A_1 = luas permukaan untuk elevasi a_1

Volume tampungan dihitung pada setiap tinggi elevasi yang ditentukan. Kemudian cari volume tampungan kumulatif tampungan untuk mengetahui total jumlah tampungan yang terdapat pada embung dalam bentuk tabel. Setelah didapat nilai elevasi, luas permukaan, volume tampungan, kemudian dibuat grafik hubungan antara elevasi dan luas permukaan serta volume tampungan.

2.6. Tingkat Keandalan

Bertujuan untuk mengetahui bahwa embung tersebut mampu menjamin kebutuhan minimum yang diperlukan. Pada simulasi keandalan tampungan embung melihat apakah kapasitas tampungan embung yang tersedia dapat memenuhi berbagai keperluan yang telah direncanakan. Analisis tingkat keandalan ini didapatkan dari pola operasi embung apakah mengalami kegagalan atau sukses beroperasi memenuhi kebutuhan yang telah direncanakan. Tingkat keandalan embung dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Tingkat keandalan} = \frac{\text{kebutuhan air yang terlayani}}{\text{kebutuhan total air}} \times 100\%$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pengertian Umum

Metodelogi yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini dengsn menghitung menggunakan beberapa data. Kemudian dilakukan analisis curah hujan curah hujan rata-rata maksimum dan debit banjir. Lingkup kegiatan pada penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

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

Dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir penelitian pada Gambar 3.1.

3.2. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan merupakan Langkah awal sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahapan ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, meliputi :

1. Studi faktor mengenai masalah yang akan dibahas.
2. Persiapan Surat.
3. Berkas permohonan pengambilan data.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah data sekunder yang diperoleh dari data kearsipan instansi-instansi terkait. 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 Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUPR) Jepara dan Balai Besar Wilayah

Sungai Pemali Juana (BBWS) Semarang.

Adapun data sekunder yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Data Curah Hujan 10 Tahun
2. Peta Pembuatan Embung
3. Data teknis embung
4. Data kebutuhan air baku
5. Data Hujan Harian Maksimum

3.4. Analisis Data

Analisis yang akan dilakukan yaitu menghitung curah hujan maksimum dan ketersediaan kebutuhan air baku, sehingga perhitungan ketersediaan dan kebutuhan air menghasilkan kapasitas maksimal yang dapat tertampung pada Embung Legon Lele. Adapun yang akan dianalisis pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Analisa Hidrograf Satuan Sintetik.
2. Perhitungan Curah Hujan Daerah Rata-Rata Maksimum.
3. Kapasitas Tampungan Berdasarkan Kebutuhan Air.
4. Kapasitas Tampungan Berdasarkan Ketersediaan Air.
5. Kapasitas Tampungan Berdasarkan Topografi.
6. Penentuan Kapasitas Embung

3.4.1. Analisa Hidrograf Satuan Sintetik

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, dan 100.

3.4.2. 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.

3.4.3. Kapasitas Tampungan Berdasarkan Kebutuhan Air

Analisis volume tampungan embung berdasarkan kebutuhan air (V_n) dapat dihitung dengan menjumlahkan data-data berikut ini.

1. Volume tampungan hidup untuk melayani berbagai kebutuhan air
2. Jumlah penguapan dari kolam selama musim kering
3. Jumlah resapan melalui dasar dinding dan tubuh embung selama musim kemarau
4. Ruang yang disediakan untuk sedimen

3.4.4. Kapasitas Tampungan Berdasarkan Ketersediaan Air

Analisis volume tampungan embung berdasarkan ketersediaan air dihitung dengan dasar aliran dari air hujan yang jatuh di atas permukaan embung dan debit mata air yang masuk ke dalam embung. Sehingga analisis curah hujan rerata $\frac{1}{2}$ bulanan sangat berpengaruh pada jumlah air yang masuk ke dalam embung yang dinyatakan dalam volume air yang dapat mengisi kolam embung selama musim hujan.

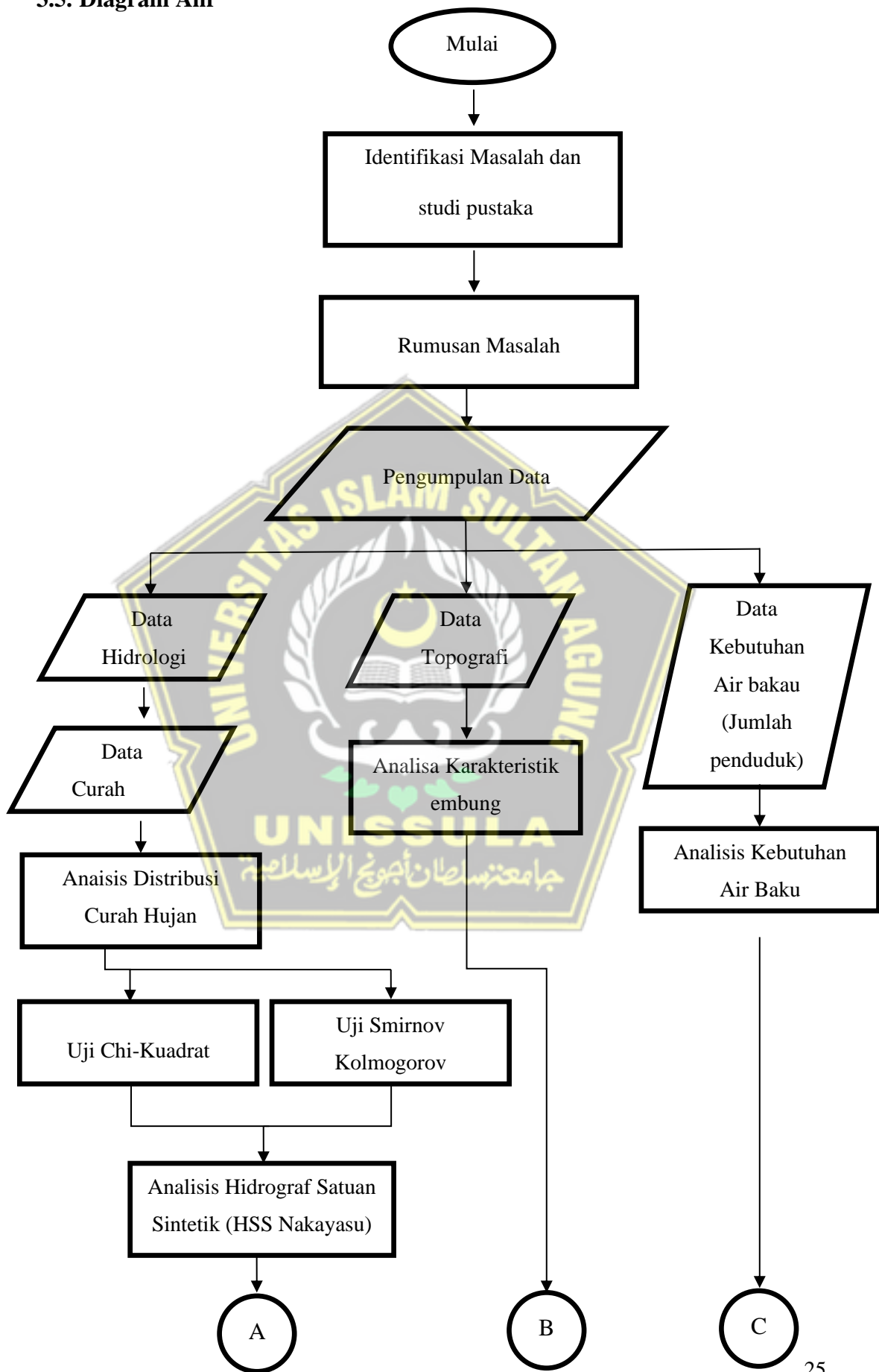
3.4.5. Kapasitas Tampungan Berdasarkan Topografi

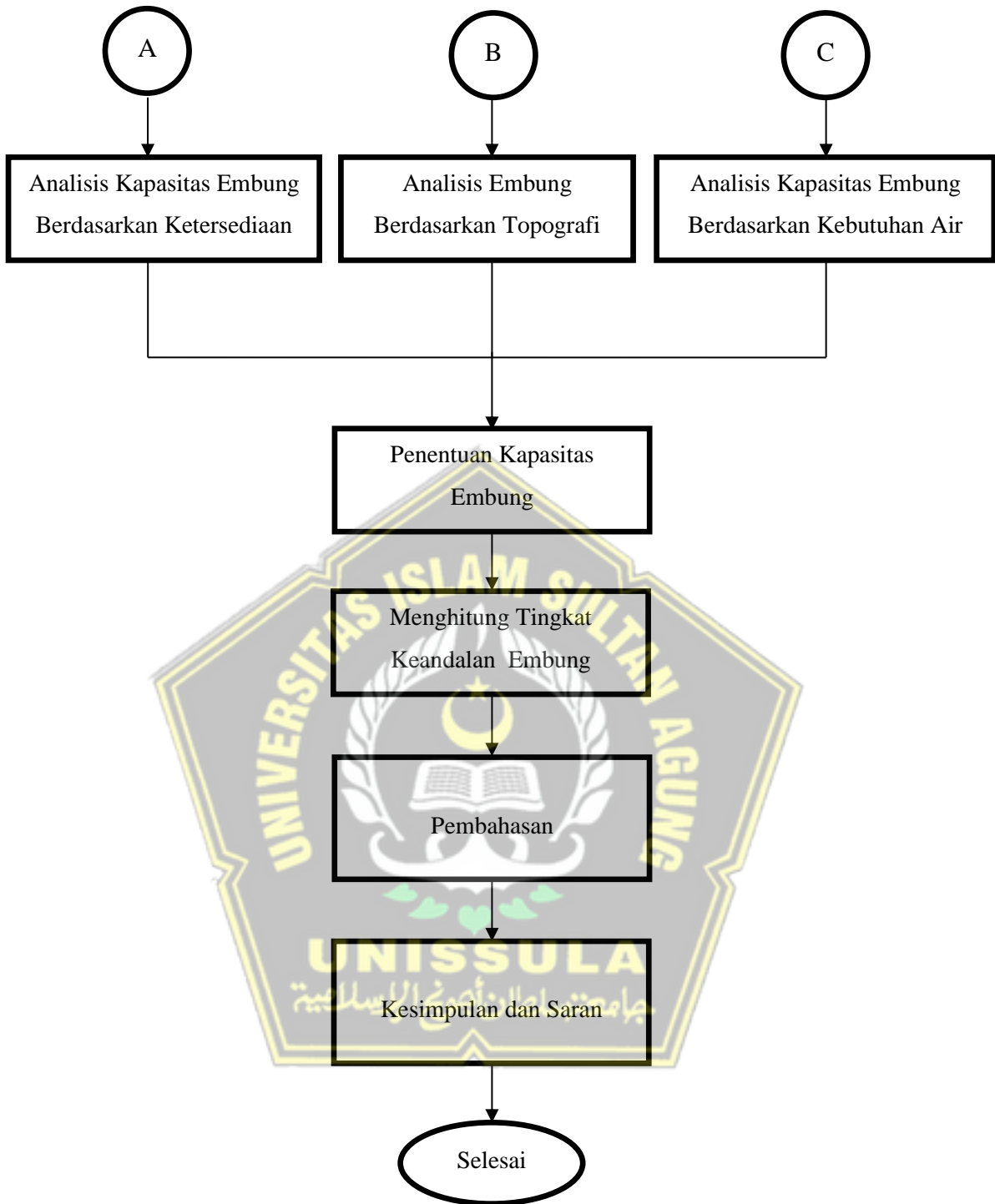
Analisis volume tampungan embung berdasarkan topografi ini dihitung berdasarkan peta hasil pengukuran di lapangan. Cara yang digunakan dalam analisis volume tampungan berdasarkan topografi adalah dengan menghitung luasan garis kontur dari tinggi muka air maksimum kondisi lapangan sampai dasar embung yang terbagi menjadi beberapa garis kontur. Kapasitas berdasar topografi ditentukan berdasarkan tinggi maksimum embung yang dapat dibangun yang dipengaruhi oleh jenis bahan embung dan kondisi geologinya.

3.4.6. Penentuan Kapasitas Embung

Setelah menghitung kapasitas tampungan berdasarkan kebutuhan air, ketersediaan air, dan topografi selanjutnya dipilih hasil terkecil dari ketiga kapasitas tersebut. Sehingga nilai tersebut digunakan sebagai nilai tampungan pada embung.

3.5. Diagram Alir





Gambar 3.1. Diagram Alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Curah Hujan

Dalam penyusunan rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan embung 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 beberapa curah hujan, maka untuk mendapatkan nilai curah hujan dengan cara mengambil nilai rata-ratanya.

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah yaitu menggunakan Metode Rerata Aritmatik (aljabar), yang dimana pengukurannya dilakukan pada beberapa pos hujan dalam waktu yang bersamaan dengan cara menjumlahkan semuanya dan kemudian dibagi dengan jumlah setasiunnya. 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. Dikawasan kajian ini hanya terdapat satu data curah hujan dari satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Maka analisa curah hujan hanya dari satu stasiun saja.

Langkah untuk mendapatkan perhitungan curah hujan harian Stasiun Legon Lele adalah sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan data harian hujan satelit 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

Rekapitulasi hujan maksimum harian rata-rata pada Stasiun Legon Lele dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1. Curah Hujan Maksimum Per Tahun pada Stasiun Legon Lele

No	Tahun	Hujan Maks (mm)	Kum. Tahunan (mm)
10	2010	87,21	3587,88
11	2011	75,81	1901,82
12	2012	78,03	2030,36
13	2013	93,39	3064,98
14	2014	173,49	2152,11
15	2015	109,2	1726,50
16	2016	100,35	3216,36
17	2017	86,25	2432,75
18	2018	66,45	2099,07
19	2019	85,05	1503,55

Tabel 4.2. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)
1	2010	87,21
2	2011	75,81
3	2012	78,03
4	2013	93,39
5	2014	173,49
6	2015	109,35
7	2016	100,35
8	2017	86,25
9	2018	66,45
10	2019	85,05
Jumlah		955,38
Rata-Rata		95,538

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 (Cv), koefisien kemiringan/skewness (Cs), koefisien kurtosis (Ck).

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan

No.	X_i	Log X_i	(Log X_i - rerata Log X)	(Log X_i - rerata Log X) ²	(Log X_i - rerata Log X) ³	(Log X_i - rerata Log X) ⁴
1	87,21	1,9406	-0,02447	0,00060	-0,00001	0,00000
2	75,81	1,8797	-0,08531	0,00728	-0,00062	0,00005
3	78,03	1,8923	-0,07278	0,00530	-0,00039	0,00003
4	93,39	1,9703	0,00526	0,00003	0,00000	0,00000
5	173,49	2,2393	0,27424	0,07520	0,02062	0,00566
6	109,35	2,0388	0,07378	0,00544	0,00040	0,00003
7	100,35	2,0015	0,03648	0,00133	0,00005	0,00000
8	86,25	1,9358	-0,02928	0,00086	-0,00003	0,00000
9	66,45	1,8225	-0,14254	0,02032	-0,00290	0,00041
10	85,05	1,9297	-0,03537	0,00125	-0,00004	0,00000
TOTAL	95,538	19,6504	0,00000	0,11761	0,01709	0,00618

Pengukuran Dispersi:

a. Standar Deviasi (S)

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

$$S = \sqrt{\frac{0,11761}{9}} = 0,114$$

b. Koefisien Variasi (Cv)

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

$$Cv = \frac{0,114}{1,96504} = 0,0582$$

c. Koefisien Kemiringan/Skewness (Cs)

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

$$Cs = \frac{10}{(10-1) \times (10-2) \times (0,114)^3} \times 0,01709 = 1,602$$

d. Koefisien Kurtosis (Ck)

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

$$C_k = \frac{10^2}{(10-1) \times (10-2) \times (10-3) \times (0,114)^4} \times 0,00618 = 7,260$$

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 4.4.

Tabel 4.4. Syarat Pemilihan Distribusi

No	Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan		Syarat	Keterangan
1	Normal	Cs	2,24	Cs ≈ 0	Tidak Memenuhi
		Ck	9,29	Ck ≈ 3	
2	Gumbel	Cs	2,24	Cs ≈ 1,139	Tidak Memenuhi
		Ck	9,29	Ck ≈ 5,402	
3	Log Normal	Cs	1,59	Cs ≈ 1,137	Tidak Memenuhi
		Ck	7,19	Ck ≈ 5,383	
4	Log Pearson III	Cs	1,59	Cs ≠ 0	Memenuhi
		Cv	0,06	Cv ≈ 0,3	

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

4.3. Pengujian Kesesuaian Distribusi

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

4.3.1. Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Chi-Kuadrat

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

Tabel 4.5. Besar Peluang dan Nilai Batas Kelas untuk Distribusi Log Pearson III

P(%)	Cs	K	Log X	X (mm)
25	1,5916	0,7071	2,0458	111,1168
50	1,5916	0,0859	1,9748	94,3617
75	1,5916	-0,4286	1,9160	82,4150

Menentukan Jumlah Kelas (G)

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

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

$$G = 4,3220$$

$$G = 4$$

a. Mencari Nilai Sebaran Analitis (Ef)

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{n}{G} \\ &= \frac{10}{4} = 2,5 \end{aligned}$$

b. Mencari Nilai Derajat Kebebasan

$$\begin{aligned} DK &= G - (P+1) \\ &\quad (R = 2 \text{ parameter yang terikat dalam agihan frekuensi}) \\ &= 4 - (2 + 1) \\ &= 1 \end{aligned}$$

c. Derajat Kepercayaan, $\alpha = 5\%$

d. X^2 tabel = 3,841 (Dari tabel 4.6)

Tabel 4.6. 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	3,93E-05	0,000157	0,000982	0,00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7.378	9.210	10.597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0,412	0,554	0,831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0,676	0,872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0,989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

e. Perhitungan untuk Batas Nilai Tiap Kelas :

$$\begin{aligned}
 P(75\%) &= X_{\text{rata-rata}} + (Sd \times K) \\
 &= 95,5380 + (30,0047 \times -0,4286) \\
 &= 82,415
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(50\%) &= X_{\text{rata-rata}} + (Sd \times K) \\
 &= 95,5380 + (30,0047 \times 0,0859) \\
 &= 94,362
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(25\%) &= X_{\text{rata-rata}} + (Sd \times K) \\
 &= 95,5380 + (30,0047 \times 0,7071) \\
 &= 111,1168
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(25\%) &= X_{\text{rata-rata}} + (Sd \times K) \\
 &= 95,5380 + (30,0047 \times 0,7071) \\
 &= 111,1168
 \end{aligned}$$

f. Hitung X^2 hitung dengan menggunakan Rumus diatas, perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Perhitungan Uji Chi-Kuadrat Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

No.	Nilai Batas Sub Kelas	Jumlah Data		$(OF - EF)^2$	$\frac{(OF - EF)^2}{EF}$
		OF	EF		
1	X < 82,415	3,000	2,500	0,250	0,100
2	82,415 < X < 94,362	4,000	2,500	2,250	0,900
3	94,362 < X < 111,117	2,000	2,500	0,250	0,100
4	X > 111,117	1,000	2,500	2,250	0,900
Jumlah :		10,000	10,000	5,000	2,000

g. Korelasi Hasil Uji Kecocokan Syarat:

$$\begin{aligned}
 X^2 \text{ hitung} &< X^2 \text{ tabel} \\
 2,000 &< 3,841 \text{ (OKE)}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai Chi-Square (X^2) hitung = 2,000 Masih melewati Batas kritis nilai Chi-Square untuk Dk = 1 dengan derajat kepercayaan 5% dari tabel Chi-Square didapatkan nilai (X^2) kritis = 3,841. Sehingga nilai (X^2) hitung lebih kecil dari (X^2) kritis yaitu $2,000 < 3,841$ maka distribusi Log Pearson III dapat diterima.

4.3.2. Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Smirnov Kolmogorov

Langkah pengujian dengan menggunakan metode Smirnov Kolmogorov yaitu sebagai berikut:

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

Tabel 4.8. Data Curah Hujan Maksimum Tahunan

No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)
1	2010	87,21
2	2011	75,81
3	2012	78,03
4	2013	93,39
5	2014	173,49
6	2015	109,35
7	2016	100,35
8	2017	86,25
9	2018	66,45
10	2019	85,05
Jumlah		955,38
Rata-Rata		95,538

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

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Log } X_i (2010) &= \text{Log } (87,21) \\ &= 1,941\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Log } X_i (2011) &= \text{Log } (75,81) \\ &= 1,880\end{aligned}$$

Standar deviasi (S)

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (x_i - x)^2} \\ &= \sqrt{\frac{0,1175}{9}} = 0,114\end{aligned}$$

Tabel 4.9. Uji Smirnov-Kolmogorof Untuk Distribusi Gumbel Tipe I

No	X	Log X	Cs	m	S _n (X)	Pr	P _x (X)	D
								I P _x (X) - S _n (X)
1	87,21	1,941	-0,214	1,000	0,091	0,008	0,992	0,9007
2	75,81	1,880	-0,746	2,000	0,182	0,009	0,991	0,8096
3	78,03	1,892	-0,637	3,000	0,273	0,009	0,991	0,7187
4	93,39	1,970	0,046	4,000	0,364	0,008	0,992	0,6284
5	173,49	2,239	2,399	5,000	0,455	0,007	0,993	0,5380
6	109,35	2,039	0,645	6,000	0,545	0,008	0,992	0,4467
7	100,35	2,002	0,319	7,000	0,636	0,013	0,987	0,3505
8	86,25	1,936	-0,256	8,000	0,727	0,013	0,987	0,2594
9	66,45	1,822	-1,247	9,000	0,818	0,021	0,979	0,1613
10	85,05	1,930	-0,309	10,000	0,909	0,027	0,973	0,0639
Sumber : Hasil Perhitungan							D Maks.	0,9007

a. Mencari Nilai Cs

Mencari nilai Cs (1,5916) kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, menggunakan interpolasi. Nilai Cs (1,2) dan Cs (1,4) dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Harga Perhitungan Nilai Cs Metode Log Pearson Type III

Kala Ulang	Nilai Cs		
	1,2	1,4	1,592
2	-0,164	-0,195	-0,220
5	0,758	0,732	0,707
10	1,34	1,34	1,340
25	2,043	2,087	2,129
50	2,542	2,626	2,706
100	3,022	3,149	3,271

b. Menghitung Curah Hujan Rencana (R_n)

Contoh perhitungan untuk Periode Ulang 2 tahun:

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

$$X_t = 95,538 + -0,225 \times 0,1143$$

$$X_t = 95,512 \text{ mm}$$

Contoh perhitungan untuk Periode Ulang 5 tahun:

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

$$X_t = 95,538 + 0,707 \times 0,1143$$

$$X_t = 95,619 \text{ mm}$$

b. 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:

$$N = 10$$

$$A = 5\%$$

$$\Delta_{\text{kritis}} = 0,4090 \text{ (didapat dari Tabel 4.9)}$$

$$\Delta_{\text{maks tabel}} = 0,9007$$

Syarat :

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

$$0,9007 > 0,4090$$

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

Tabel 4.11. Harga D Kritis untuk Smirnov Kolmogorov Test

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

4.4. Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

4.4.1 Perhitungan Rerata Hujan dari Awal Sampe Jam Ke-T

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

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Log Pearson Type III

T	P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
2	50	1,5916	-0,2247	1,9393	86,9568
5	20	1,5916	0,7071	2,0458	111,1168
10	10	1,5916	1,3400	2,1181	131,2509
20	5	1,5916	1,9976	2,1932	156,0447
25	4	1,5916	2,1291	2,2083	161,5394
50	2	1,5916	2,7065	2,2742	188,0394
100	1	1,5916	3,2707	2,3387	218,1318

a. Jam ke-1

$$\begin{aligned} \text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R24}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\ &= \frac{1}{6} \times \left(\frac{6}{1}\right)^{2/3} \\ &= 0,550 R24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_T &= T \times R_t - (T-1) \times R(T-1) \\ &= 1 \times 0,550 - (1-1) \times (1-1) \\ &= 0,550 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= C \times R_T \\ &= 0,5 \times 0,550 \\ &= 0,275 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_e &= R_t \times R_n \\ &= 0,550 \times 0,275 \\ &= 0,151 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Jam Ke-2

$$\begin{aligned}\text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R_{24}}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\ &= \frac{1}{6} \times \left(\frac{6}{2}\right)^{2/3} \\ &= 0,347 R_{24}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}RT &= T \times R_t - (T-1) \times R(T-1) \\ &= 2 \times 0,347 - (2-1) \times 0,347 \\ &= 0,347 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= C \times RT \\ &= 0,5 \times 0,347 \\ &= 0,174 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_e &= R_t \times R_n \\ &= 0,347 \times 0,174 \\ &= 0,060 \text{ mm}\end{aligned}$$

c. Jam Ke-3

$$\begin{aligned}\text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R_{24}}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\ &= \frac{1}{6} \times \left(\frac{6}{3}\right)^{2/3} \\ &= 0,265 R_{24}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}RT &= T \times R_t - (T-1) \times R(T-1) \\ &= 3 \times 0,265 - (3-1) \times 0,265 \\ &= 0,265 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= C \times RT \\ &= 0,5 \times 0,265 \\ &= 0,133 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Re &= RT \times Rn \\
 &= 0,265 \times 0,133 \\
 &= 0,035 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. Jam Ke-4

$$\begin{aligned}
 \text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R^{24}}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\
 &= \frac{1}{6} \times \left(\frac{6}{4}\right)^{2/3} \\
 &= 0,218 R_{24}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RT &= T \times R_t - (T-1) \times R(T-1) \\
 &= 4 \times 0,218 - (4-1) \times 0,218 \\
 &= 0,218 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= C \times R_{24} \\
 &= 0,5 \times 0,218 \\
 &= 0,109 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Re &= R_t \times R_n \\
 &= 0,218 \times 0,109 \\
 &= 0,024 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

e. Jam Ke-5

$$\begin{aligned}
 \text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R^{24}}{n}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\
 &= \frac{1}{6} \times \left(\frac{6}{5}\right)^{2/3} \\
 &= 0,188 R_{24}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RT &= T \times R_t - (T-1) \times R(T-1) \\
 &= 5 \times 0,188 - (5-1) \times (5-1) \times 0,188 \\
 &= 0,188 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= C \times R_t \\
 &= 0,5 \times 0,188 \\
 &= 0,094 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_e &= R_t \times R_n \\
 &= 0,188 \times 0,094 \\
 &= 0,018 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

f. Jam Ke-6

$$\begin{aligned}
 \text{Intensitas (I) atau } R_t &= \left(\frac{R^{24}}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \\
 &= \frac{1}{6} \times \left(\frac{6}{6}\right)^{2/3} \\
 &= 0,167 R_{24}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_T &= T \times R_t - (T-1) \times R_{(T-1)} \\
 &= 6 \times 0,167 - (6-1) \times 0,167 \\
 &= 0,167 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= C \times R_T \\
 &= 0,5 \times 0,167 \\
 &= 0,084 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_e &= R_t \times R_n \\
 &= 0,167 \times 0,084 \\
 &= 0,014 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.13. Nilai Rasio Hujan Harian Maksimum

Waktu Hujan (Jam)	1	2	3	4	5	6
Rasio/RT	0,550	0,347	0,265	0,218	0,188	0,167

4.4.2 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn)

Nilai C diambil 0.5 (Tabel 4.19) karena DAS terletak di daerah pegunungan tersier.

Tabel 4.14. 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:

$$\begin{aligned} R_n &= C \times R_t \\ &= 0,5 \times 0,550 \\ &= 0,275 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Curah Hujan Rencana Efektif (Rn)

Periode Ulang (Tahun)	Koefisien Pengaliran (C)	Curah Hujan Rencana (R)	Curah Hujan Rencana Efektif (Rn)
2	0,5	0,550	0,275
5	0,5	0,347	0,174
10	0,5	0,265	0,133
25	0,5	0,218	0,109
50	0,5	0,188	0,094
100	0,5	0,167	0,084

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

$$\begin{aligned}
 RT &= T \times R_t - (T-1) \times R(T-1) \\
 &= 2 \times 0,347 - (2-1) \times 0,347 \\
 &= 0,347 R_{24}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman

T (jam)	t (jam)	RT
[1]	[2]	[3]
1,	6	0,550 . R ₂₄
2,	6	0,347 . R ₂₄
3,	6	0,265 . R ₂₄
4,	6	0,218 . R ₂₄
5,	6	0,188 . R ₂₄
6,	6	0,167 . R ₂₄

4.4.3 Hasil Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

Luas DAS (A) = 1,1 km²

Panjang Sungai (L) = 1,10 km

(Koefisien Pengaliran) = 3,00

R₀ = 1 mm (hujan satuan)

Waktu Kelambatan (T_g) untuk L < 15 km

$$T_g = 0,21 \times L^{0.7}$$

$$= 0,21 \times (1,10)^{0.7}$$

$$= 0,22 \text{ jam}$$

Waktu Durasi Hujan (Tr)

$$Tr = 0,5 T_g$$

$$= 0,5 \times 0,22$$

$$= 0,11 \text{ jam}$$

Waktu Puncak (Tp)

$$Tp = T_g + 0,8 \times Tr$$

$$= 0,22 + 0,8 \times 0,17$$

$$= 0,31 \text{ jam}$$

Koefisien α

$$\alpha = 1.5 - 3.0$$

$$\text{nilai } \alpha = 3$$

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

$$\begin{aligned} T_{0.3} &= \alpha \times T_g \\ &= 3 \times 0.22 \\ &= 0.67 \text{ jam} \end{aligned}$$

Satuan Kedalaman Hujan

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

Debit Puncak Hidrograf

$$\begin{aligned} Q_{\text{maks}} &= \frac{1}{36} \times A \times \frac{R_e}{(0.3 \times T_p + T_{0.3})} \\ &= \frac{1}{36} \times A \times \frac{1}{(0.3 \times 0.36 + 0.67)} \\ &= 0.39 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0.3} &= 0.31 + 0.67 \\ &= 0.99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0.3} + 1.5 \times T_{0.3} &= 0.31 + 0.67 + 1.5 \times 0.67 \\ &= 2.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0.3} + 1.5 \times T_{0.3} + 2 \times T_{0.3} &= 0.31 + 0.67 + 1.5 \times 0.67 + 2 \times 0.67 \\ &= 3.34 \end{aligned}$$

Persamaan Hidrograf Satuan Untuk Kurva Naik

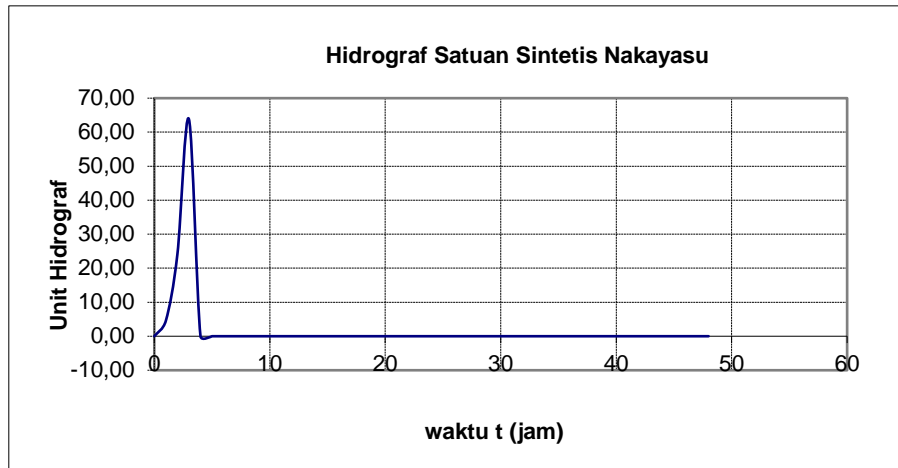
$$0 < t < T_p \quad \rightarrow 0 \leq t \leq 0.314$$

Persamaan Hidrograf Satuan Untuk Kurva Turun

$$\text{Nilai : } T_p \leq t \leq (T_p + T_{0.3}) \quad \rightarrow 0.314 \leq t \leq 0.988$$

$$\text{Nilai : } (T_p + T_{0.3}) \leq t \leq (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}) \quad \rightarrow 0.988 \leq t \leq 1.988$$

$$\text{Nilai : } 1.5 T_{0.3} > (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}) \quad \rightarrow T \leq t \leq 1.998$$



Gambar 4.1. Grafik Ordinat Hidrograf Satuan

Tabel 4.17. Ordinat Hidrograf Satuan

Time	Rumus	Unit Hidrograf (q)	
		m ³ /dt/mm	
0	$Q_p \cdot (t/T_p)^{2,4}$	0,000	
1		6,4017	
2		33,7885	
3		89,4103	
4	$Q_p \cdot 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,0005	
5		0,0001	
6		0,000	
7		0,000	
8		0,000	
9		0,000	
10		0,000	
11		0,000	
12		0,000	
13		$Q_p \cdot 0,3^{((t-T_p+0,5 \cdot T_{0,3})/(1,5 \cdot T_{0,3}))}$	0,000
14	0,000		
15	0,000		
16	0,000		
17	0,000		
18	0,000		
19	0,000		
20	$Q_p \cdot 0,3^{((t-T_p+1,5 \cdot T_{0,3})/(2 \cdot T_{0,3}))}$		0,000
21			0,000
22			0,000
23			0,000
24			0,000

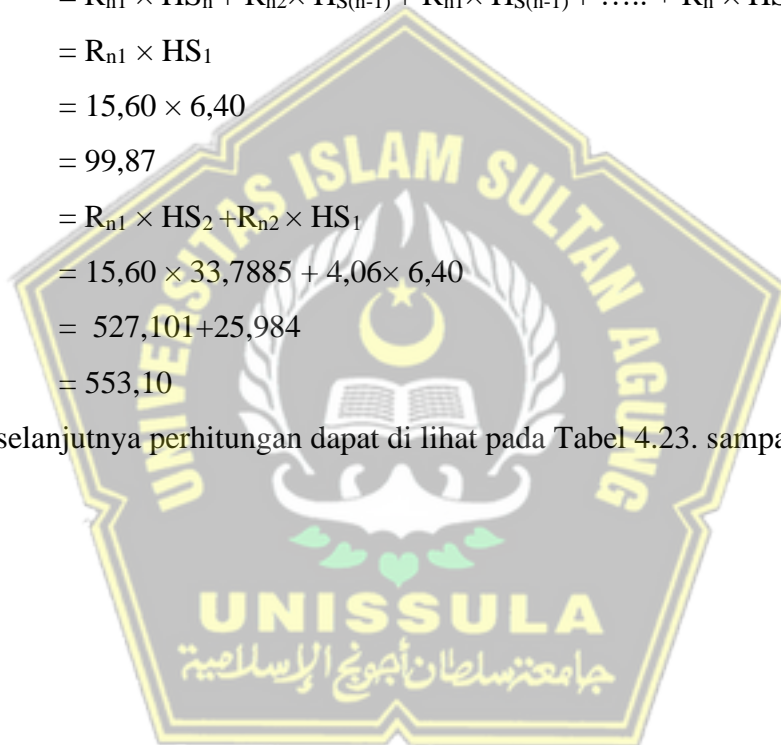
Dari tabel ordinat hidrograf satuan, debit puncak terjadi pada puncak terjadi pada waktu 3 jam, dengan unit hidograf sebesar 89,41 m³/detik/mm.

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:

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= R_{n1} \times HS_1 \\
 Q_2 &= R_{n1} \times HS_2 + R_{n2} \times HS_1 \\
 Q_3 &= R_{n1} \times HS_3 + R_{n2} \times HS_1 + R_{n1} \times HS_1 \\
 Q_n &= R_{n1} \times HS_n + R_{n2} \times HS_{(n-1)} + R_{n1} \times HS_{(n-1)} + \dots + R_n \times HS_1 \\
 &= R_{n1} \times HS_1 \\
 &= 15,60 \times 6,40 \\
 &= 99,87 \\
 Q_2 &= R_{n1} \times HS_2 + R_{n2} \times HS_1 \\
 &= 15,60 \times 33,7885 + 4,06 \times 6,40 \\
 &= 527,101 + 25,984 \\
 &= 553,10
 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya perhitungan dapat di lihat pada Tabel 4.23. sampai Tabel 4.29.



Tabel 4.18. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun

	Hidrograf	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Debit
	satuan	15,60	4,06	2,84	2,26	1,91	1,67	Banjir
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	6,4017	99,87	-					99,87
2,00	33,7885	527,14	25,96	-				553,10
3,00	89,4103	1.394,90	137,01	18,21	-			1.550,13
4,00	0,0005	0,01	362,56	96,11	14,50	-		473,18
5,00	0,0001	0,00	0,00	254,33	76,51	12,24	-	343,09
6,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	202,47	64,61	10,70	277,79
7,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	170,98	56,48	227,46
8,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,46	149,46
9,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada 3 jam , dengan debit banjir sebesar 1.550,13 m³/detik.

Tabel 4.19. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun

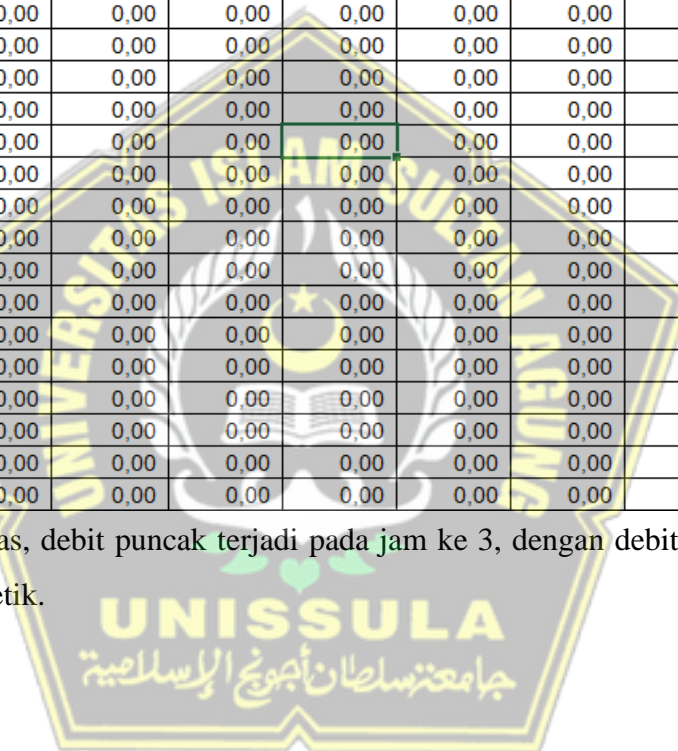
Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1 26,32 (mm)	R2 6,84 (mm)	R3 4,80 (mm)	R4 3,82 (mm)	R5 3,23 (mm)	R6 2,82 (mm)	Debit Banjir (m ³ /det)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	6,40	168,50	-					168,50
2,00	33,79	889,36	43,80	-				933,16
3,00	89,41	2.353,41	231,16	30,72	-			2.615,30
4,00	0,00	0,01	611,70	162,16	24,46	-		798,33
5,00	0,00	0,00	0,00	429,09	129,09	20,65	-	578,85
6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	341,60	109,01	18,05	468,67
7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	288,47	95,29	383,76
8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	252,16	252,16
9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada 3 jam , dengan debit banjir sebesar 2.615,30 m³/detik.

Tabel 4.20. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1 34,10 (mm)	R2 8,86 (mm)	R3 6,22 (mm)	R4 4,95 (mm)	R5 4,18 (mm)	R6 3,65 (mm)	Debit Banjir (m ³ /det)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	6,40	218,27	-	-	-	-	-	218,27
2,00	33,79	1.152,02	56,73	-	-	-	-	1.208,76
3,00	89,41	3.048,46	299,44	39,80	-	-	-	3.387,69
4,00	0,00	0,02	792,36	210,05	31,68	-	-	1.034,11
5,00	0,00	0,00	0,00	555,82	167,22	26,75	-	749,80
6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	442,49	141,21	23,39	607,09
7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	373,66	123,43	497,10
8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	326,63	326,63
9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 3, dengan debit banjir sebesar 3,387,69 m³/detik.



Tabel 4.21. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1 44,30 (mm)	R2 11,51 (mm)	R3 8,08 (mm)	R4 6,43 (mm)	R5 5,43 (mm)	R6 4,75 (mm)	Debit Banjir (m ³ /det)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	6,40	283,58	-					283,58
2,00	33,79	1.496,74	73,71	-				1.570,45
3,00	89,41	3.960,64	389,03	51,70	-			4.401,37
4,00	0,00	0,02	1.029,45	272,90	41,16	-		1.343,54
5,00	0,00	0,00	0,01	722,14	217,25	34,76	-	974,16
6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	574,89	183,46	30,38	788,74
7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	485,47	160,37	645,85
8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	424,36	424,36
9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 3, dengan debit banjir sebesar 4.401,37 m³/detik.

Tabel 4.22. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun

Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1 52,09 (mm)	R2 13,54 (mm)	R3 9,50 (mm)	R4 7,56 (mm)	R5 6,38 (mm)	R6 5,58 (mm)	Debit Banjir (m ³ /det)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	6,40	333,46	-					333,46
2,00	33,79	1.760,00	86,67	-				1.846,68
3,00	89,41	4.657,28	457,46	60,80	-			5.175,54
4,00	0,00	0,03	1.210,52	320,90	48,40	-		1.579,85
5,00	0,00	0,00	0,01	849,15	255,47	40,87	-	1.145,51
6,00	0,00	0,00	0,00	0,01	676,01	215,73	35,73	927,48
7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	570,87	188,57	759,45
8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	499,00	499,01
9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 3, dengan debit banjir sebesar 5.175,54 m³/detik.

Tabel 4.23. Hidrograf Satuan Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun

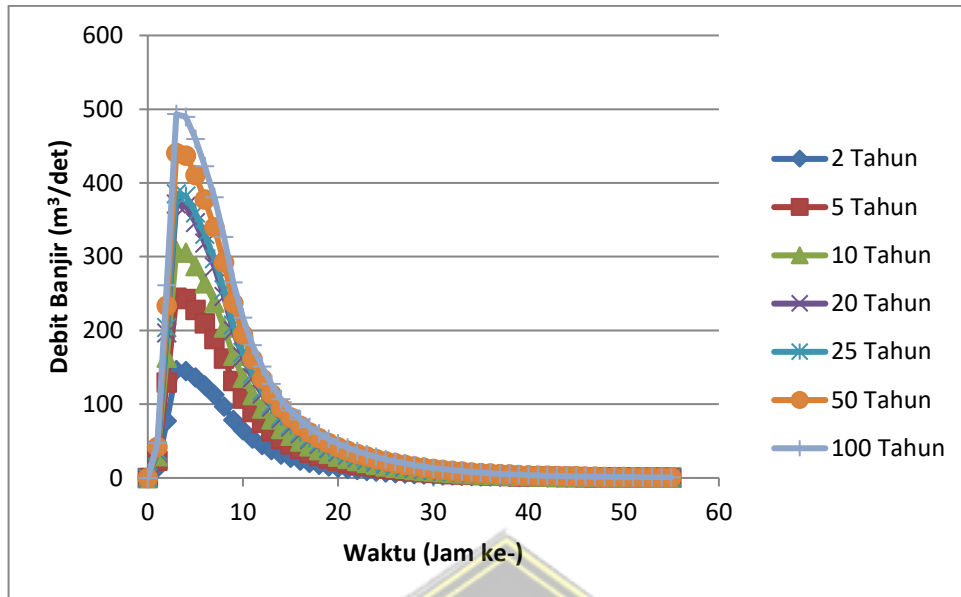
Waktu (jam)	Hidrograf satuan	R1 59,98 (mm)	R2 15,59 (mm)	R3 10,94 (mm)	R4 8,71 (mm)	R5 7,35 (mm)	R6 6,43 (mm)	Debit Banjir (m ³ /det)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0,00	-	-						-
1,00	6,40	383,98	-					383,98
2,00	33,79	2.026,65	99,80	-				2.126,45
3,00	89,41	5.362,87	526,77	70,01	-			5.959,64
4,00	0,00	0,03	1.393,92	369,52	55,73	-		1.819,21
5,00	0,00	0,01	0,01	977,80	294,17	47,07	-	1.319,05
6,00	0,00	0,00	0,00	0,01	778,43	248,42	41,14	1.067,99
7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	657,35	217,14	874,50
8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	574,60	574,61
9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 3, dengan debit banjir sebesar 5.959,64 m³/detik.

Tabel 4.24. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir

t (jam)	Debit (Q) Periode Ulang (m ³ /detik)					
	2	5	10	25	50	100
0	0	0	0	0	0	0
1	99,87	168,5	218,27	283,58	333,46	383,98
2	527,14	889,36	1.152,02	1.496,74	1.760,00	2.026,65
3	1.394,90	2.353,41	3.048,46	3.960,64	4.657,28	5.362,87
4	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
5	0	0	0	0	0	0,01
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0

Dari tabel diatas, debit puncak terjadi pada jam ke 3, dengan debit banjir pada kala ulang 2 tahun sebesar 1.394,90 m³/detik, pada kala ulang 5 tahun sebesar 2.353,41 m³/detik, pada kala ulang 10 tahun sebesar 3.048,46 m³/detik, pada kala ulang 25 tahun sebesar 3.960,64m³/detik, pada kala ulang 50 tahun sebesar 4.657,28 m³/detik, pada kala ulang 100 tahun sebesar 5.362,87 m³/detik.



Gambar 4.2. Grafik Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir Rencana Metode Nakayasu

Grafik diatas merupakan rekapitulasi hidrograf satuan banjir rencana metode nakayasu, dengan debit puncak terjadi pada jam ke 3, dengan debit banjir pada kala ulang 2 tahun sebesar 1.394,90 m³/detik, pada kala ulang 5 tahun sebesar 2.353,41 m³/detik, pada kala ulang 10 tahun sebesar 3.048,46 m³/detik, pada kala ulang 25 tahun sebesar 3.960,64m³/detik, pada kala ulang 50 tahun sebesar 4.657,28 m³/detik, pada kala ulang 100 tahun sebesar 5.362,87 m³/detik.

4.5. Tampung Embung

4.5.1 Analisa Kapasitas Embung Berdasarkan Kebutuhan Air (V_n)

1. Embung dipergunakan untuk melayani kebutuhan penduduk, ternak dan kebun. Di musim hujan penduduk tidak menggunakan air tampungan untuk memenuhi semua kebutuhannya dengan demikian kapasitas tampung yang dibutuhkan harus dapat memenuhi kebutuhan di atas, dan juga harus mempertimbangkan kehilangan air oleh penguapan di kolam dan resapan di dasar dan dinding kolam, serta menyediakan ruangan untuk sedimen. Jadi kapasitas kebutuhan air baku didapatkan dengan langkah sebagai berikut adalah:
 - a. Volume tampungan hidup untuk melayani kebutuhan air baku ($V_{u \text{ Baku}}$)
kebutuhan air baku adalah sebesar 255.742 m³, sehingga nilai $V_{u \text{ baku}}$ adalah jumlah dari kebutuhan air baku.

b. Ruang yang disediakan untuk sedimentasi (V_s)

$$V_s = 5\% \times V_{u \text{ baku}}$$

$$V_s = 5\% \times 255742$$

$$V_s = 12787,1 \text{ m}^3$$

c. Volume air yang merembes (V_i)

$$V_i = 20\% \times V_{n \text{ baku}}$$

$$V_i = 20\% \times 255742$$

$$V_i = 51148,4 \text{ m}^3$$

d. Volume air yang menguap (V_e)

Data evaporasi data dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.25. Data Penguapan

Bulan	Periode	Evaporasi (mm/15 hari)
Januari	I	65,5
	II	70,08
Februari	I	66
	II	70,4
Maret	I	66,3
	II	57,46
April	I	52,35
	II	55,84
Mei	I	49,05
	II	49,05
Juni	I	47,55
	II	50,72
Juli	I	49,05
	II	49,05
Agustus	I	65,1
	II	69,44
September	I	70,35
	II	75,04
Oktober	I	72,15
	II	72,15
November	I	68,4
	II	72,96
Desember	I	66
	II	66
Rerata		62,33

Dari tabel diatas, evaporasi rerata yang terjadi selama setahun sebesar 62,33 mm. Luas permukaan Embung Legon Lele adalah 26277,30 m².

$$V_e = A_{\text{embung}} \times \frac{e_{\text{rerata}}}{1000}$$

$$V_e = 26277,30 \times \frac{66,33}{1000}$$

$$V_e = 1742,97 \text{ m}^3$$

Kapasitas embung berdasarkan kebutuhan air

$$V_{n \text{ baku}} = V_u + V_s + V_i + V_e$$

$$V_{n \text{ baku}} = 255742 + 12787,1 + 51148,4 + 1742,97$$

$$V_{n \text{ baku}} = 321.420,47 \text{ m}^3$$

Jadi, kapasitas embung berdasarkan kebutuhan air baku ($V_{n \text{ baku}}$) adalah sebesar 321.420,47 m³

4.5.2 Analisa Kapasitas Embung Berdasarkan Ketersediaan Air (Vh)

Kapasitas tampungan embung legon lele berdasarkan ketersediaan air didapatkan dari mata air dan hujan yang jatuh diatas embung. Menurut data yang ada, debit mata air pada embung legon lele sebesar 27,56 l/detik atau 0,02756 m³/s. perhitungan debit mata air selama 1 periode adalah sebagai berikut.

$$V_{\text{mata air}} = Q_{\text{mata air}} \times \text{Jumlah hari januari periode I} \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{mata air}} = 0,02756 \times 15 \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{mata air}} = 35.717,7 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{mata air}} = Q_{\text{mata air}} \times \text{Jumlah hari januari periode II} \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{mata air}} = 0,02756 \times 16 \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{mata air}} = 38.098,9$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk bulan dan periode berikut.

Hasil volume mata air dan volume hujan yang jatuh diatas embung yang sudah dihitung kemudian dijumlahkan sehingga dapat kapasitas embung berdasarkan ketersediaan air pada bulan tertentu.

$$V_{\text{total Januari I}} = V_{\text{mata Air Januari I}} + V_{\text{Hujan Januari I}}$$

$$V_{\text{total Januari I}} = 35717,7 + 1715,12$$

$$V_{\text{total Januari I}} = 37.432,82$$

$$V_{\text{total Januari II}} = V_{\text{mata Air Januari II}} + V_{\text{Hujan Januari II}}$$

$$V_{\text{total Januari II}} = 38098,9 + 2234,62$$

$$V_{\text{total Januari II}} = 40.333,56$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk bulan dan periode berikutnya, sehingga akan didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 4.26. Rekapitulasi Kapasitas Tampung Embung Berdasar Ketersediaan Air (Vh)

No	Bulan	Jumlah hari	V _{mata air}		V total
			(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)
1	Januari	15	0,02756	35717,7	35717,7
		16	0,02756	38098,9	38098,9
2	Februari	15	0,02756	35717,7	35717,7
		13	0,02756	30955,3	30955,3
3	Maret	15	0,02756	35717,7	35717,7
		13	0,02756	30955,3	30955,3
4	April	15	0,02756	35717,7	35717,7
		16	0,02756	38098,9	38098,9
5	Mei	15	0,02756	35717,7	35717,7
		15	0,02756	35717,7	35717,7
6	Juni	15	0,02756	35717,7	35717,7
		16	0,02756	38098,9	38098,9
7	Juli	15	0,02756	35717,7	35717,7
		15	0,02756	35717,7	35717,7
8	Agustus	15	0,02756	35717,7	35717,7
		16	0,02756	38098,9	38098,9
9	September	15	0,02756	35717,7	35717,7
		16	0,02756	38098,9	38098,9
10	Oktober	15	0,02756	35717,7	35717,7
		15	0,02756	35717,7	35717,7
11	November	15	0,02756	35717,7	35717,7
		16	0,02756	38098,9	38098,9
12	Desember	15	0,02756	35717,7	35717,7
		15	0,02756	35717,7	35717,7
Jumlah Ketersediaan Air (Vh)					35.916,13 m ³

Dari tabel 4.36, kapasitas total tampungan embung berdasarkan ketersediaan air (V_h) adalah sebesar 35.916,13 m³

4.6. Analisa Tingkat keandalan

Pada pertumbuhan penduduk dalam mencari kebutuhan air baku sangatlah penting agar dapat diketahui jumlah air yang dibutuhkan penduduk di masa mendatang. Proyeksi jumlah penduduk dalam ini dilakukan untuk 10 tahun kedepan. Data jumlah penduduk pada Kelurahan legon lele adalah sebagai berikut.

Tabel 4.27. Jumlah Penduduk Legon Lele

Tahun	Jumlah (Jiwa)
2020	10.053
2019	9.784
2018	9.649
2017	9.514
2016	9.379
2015	9.242
2014	9.106
2013	9.016
2012	9.018
2011	8.854
2010	8.715

Metode yang digunakan untuk perhitungan proyeksi jumlah penduduk adalah dengan metode geometri yang dapat dilihat sebagai berikut.

$$r_{2019-2018} = \left(\frac{P_{2019}}{P_{2018}} \right)^{\frac{1}{(2019-2018)}} - 1$$
$$r_{2019-2018} = \left(\frac{9784}{9649} \right)^{\frac{1}{(1)}} - 1$$
$$r_{2019-2018} = 0,014 \times 100\% = 0,014\%$$

Digunakan perhitungan yang sama untuk tahun berikutnya dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti diatas. Sehingga akan didapatkan hasil.

Tabel 4.28. Laju pertumbuhan penduduk

Angka Pertumbuhan	Persen (%)
2010-2011	0,015%
2011-2012	0,018%
2012-2013	0,022%
2013-2014	0,010%
2014-2015	0,014%
2015-2016	0,014%
2016-2017	0,014%
2017-2018	0,013%
2018-2019	0,014%
2019-2020	0,026%
Rata-rata	0,015%

Terdapat hasil $r < 0$, artinya adalah laju pertumbuhan pada tahun tersebut mengalami penurunan jumlah penduduk. Dalam penelitian ini nilai laju pertumbuhan penduduk yang nilainya kurang dari nol diasumsikan tidak terdapat laju pertumbuhan sehingga nilai persentasenya adalah 0. Hasil rerata dari persentase laju pertumbuhan penduduk diatas adalah 0,015%. Hasil ini digunakan untuk mencari proyeksi jumlah penduduk pada tahun rencana. Perhitungan proyeksi jumlah penduduk dapat dilihat dibawah ini.

$$P_{2029} = P_{2020} \times (1 + r)^{(2029-2020)}$$

$$P_{2029} = 10.053 \times (1 + 0,015\%)^{(10)}$$

$$P_{2019} = 10.054 \text{ Jiwa}$$

Kebutuhan air baku domestik sebesar 5,85 l/kapita/hari, kebutuhan air baku non domestik sebesar 1,17 l/kapita/hari, dan kehilangan air sebesar 1,40 l/kapita/hari. Sehingga total kebutuhan air bakunya adalah 13,17 l/kapita/hari. Kebutuhan air baku dalam setahun dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Air baku}_{\text{januari II}} = \text{Jumlah hari} \times \frac{\text{Kebutuhan air baku total}}{1000} + \text{Jumlah Penduduk}$$

$$\text{Air baku}_{\text{januari II}} = 16 \times \frac{13,17}{1000} \times 10054$$

$$\text{Air baku}_{\text{januari II}} = 2.118,57 \text{ m}^3$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama untuk kebutuhan air baku pada setiap periode adalah sebagai berikut.

Tabel 4.29. Kebutuhan Air Baku

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku
			m ³
Januari	I	15	10.368
	II	16	10.368
Februari	I	15	10.368
	II	13	11.059
Maret	I	15	10.368
	II	13	10.368
April	I	15	10.368
	II	16	10.368
Mei	I	15	11.059
	II	15	10.368
Juni	I	15	11.059
	II	16	10.368
Juli	I	15	10.368
	II	15	10.368
Agustus	I	15	11.059
	II	16	10.368
September	I	15	10.368
	II	16	10.368
Oktober	I	15	11.059
	II	15	11.059
November	I	15	11.059
	II	16	11.059
Desember	I	15	11.059
	II	15	11.059

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 $C_s = 1,5916$ dan $C_v = 0,06$, karena syarat nilai C_s pada distribusi Log Pearson Type III yaitu $C_s \neq 0$ dan $C_v = 0,3$. Dari hasil uji distribusi probabilitas dengan menggunakan Uji Chi-Kuadrat terhadap Metode Log Pearson Type III didapatkan hasil $2 < 3,841$ sehingga tingkat kepercayaan data masih memenuhi syarat.
2. Berdasarkan hasil perhitungan dengan Metode HSS Nakayasu diperoleh debit banjir puncak yaitu $89,4103 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan waktu puncak sebesar 3 jam. Hasil Analisis Debit Banjir Rencana dengan Metode HSS Nakayasu pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100, adalah $1.394,90 \text{ m}^3/\text{detik}$, $2.353,41 \text{ m}^3/\text{detik}$, $3.048,46 \text{ m}^3/\text{detik}$, $3.960,64 \text{ m}^3/\text{detik}$, $4.657,28 \text{ m}^3/\text{detik}$, $5.362,87 \text{ m}^3/\text{detik}$.
3. Di musim hujan penduduk tidak menggunakan air tampungan untuk memenuhi semua kebutuhannya dengan demikian kapasitas tampung yang dibutuhkan harus dapat memenuhi kebutuhan di atas, kapasitas embung berdasarkan kebutuhan air baku (V_n baku) adalah sebesar $321.420,47 \text{ m}^3$ kapasitas total tampungan embung berdasarkan ketersediaan air (V_h) adalah sebesar $35.916,13 \text{ m}^3$ dan $12,7871 \text{ m}^3/\text{tahun}$ sebagai tampungan mati untuk sedimen. Tingkat Keandalan Embung Legion lele yaitu Kebutuhan air baku domestik sebesar $5,85 \text{ l/kapita/hari}$, kebutuhan air baku non domestik sebesar $1,17 \text{ l/kapita/hari}$, dan kehilangan air sebesar $1,40 \text{ l/kapita/hari}$.

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.
3. Dalam mencari kapasitas tampungan embung bisa digunakan metode lainnya seperti metode *ripple* atau sebagainya untuk membandingkan kapasitas yang lebih akurat dan *efisien*. Tidak cukup dengan adanya pembangunnya embung di Karimun Jawa saja harus ada pemeriksaan dan pemeliharaan secara teratur agar embung bisa berfungsi dengan maksimal.



DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Pramesty, R. A., & Dwi, R. A. A. (2023). *ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA DENGAN METODE HSS NAKAYASU PADA BENDUNGAN JRAGUNG KABUPATEN SEMARANG* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Ajr Ezza Qodriatullah dan Fitri Dwirani. (2019). Menentukan Stasiun Hujan dan Curah Hujan dengan Metode Polygon Thiessen Daerah Kabupaten Lebak. *Jurnal*, 2(2), 139-146.
- Sihotang Rico, dkk. (2019). Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 7(1), 56-76.
- Astuti, S. A. Y. (2020). Analisis Keandalan Embung Sendangtirto Dalam Memenuhi Kebutuhan Air Baku Dan Irigasi Daerah Berbah Sleman.
- Marsahala, Y. B. (2014). PERHITUNGAN KEANDALAN PENGGABUNGAN JALUR DISTRIBUSI SISTEM KELISTRIKAN RSG-GAS. *Reaktor: Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir*, 11(1).
- Nurjanah, P. S. (2019). *Analisis Kapasitas Tampungan Embung Muaro Jambi* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- HADI, A. (2021). Analisis Kapasitas Tampungan Dan Keandalan Embung Wukirsari 1 (*Analysis Of Wukirsari 1 Small Dam Storage Capacity And Reliability*).
- Adrianto, H. (2017, August). Lumbung Air sebagai Alternatif Penyediaan Air Baku Perkotaan (Studi Kasus: Analisis Penentuan Prioritas Lokasi Embung). In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dalam Pengembangan SmartCity* (Vol. 1, No. 1).
- Fahmi, M., Halim, F., Atmojo, P. S., & Sriyana, S. (2013). Perencanaan Embung Tambakromo Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Baku. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2(4), 152-166.