

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KOLAM RETENSI *LONG STORAGE* PADA
MUARA KANAL BANJIR TIMUR**

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



Disusun Oleh:

**Putri Aryani
NIM: 30202000004**

**Rika Patris Febriyanti
NIM: 30202000169**

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

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KOLAM RETENSI *LONG STORAGE*
PADA MUARA KANAL BANJIR TIMUR



Putri Aryani
NIM: 30202000004



Rika Patris Febriyanti
NIM: 30202000169

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 23 Januari 2024

Tim Penguji

1. **Ir. Moh. Faiqun Niam, MT., Ph.D**
NIDN: 0612106701
2. **Ari Sentani, ST., M.Sc**
NIDN: 0613026601
3. **Ir. Gata Dian Asfari, MT**
NIDN: 0610118101

Tanda Tangan

UNISSULA
جامعة سلطان أبجوع الإسلامية
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: 34./A.2./S.A.T./IX./2023

Pada hari ini tanggal 23 Januari 2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

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

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

Putri Aryani
NIM: 30202000004

Rika Patris Febriyanti
NIM: 30202000169


Judul: Analisis Kolam Retensi *Long Storage* Pada Muara Kanal Banjir Timur

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	20/09/2023	
2	Seminar Proposal	15/11/2023	ACC
3	Pengumpulan data	10/10/2023	ACC
4	Analisis data	13/10/2023	ACC
5	Penyusunan laporan	17/10/2023	ACC
6	Selesai laporan	16/01/2024	ACC

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

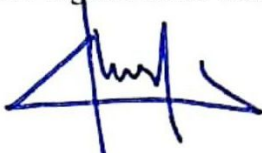
Dosen Pembimbing Utama


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

Dosen Pembimbing Pendamping


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 : Putri Aryani

NIM : 30202000004

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

**“ANALISIS KOLAM RETENSI *LONG STORAGE* PADA MUARA KANAL BANJIR
TIMUR”**

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, 23 Januari 2024

Yang membuat pernyataan,



Putri Aryani
NIM: 30202000004

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : Rika Patris Febriyanti

NIM : 30202000169

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

**“ANALISIS KOLAM RETENSI *LONG STORAGE* PADA MUARA KANAL BANJIR
TIMUR”**

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, 23 Januari 2024

Yang membuat pernyataan,



Rika Patris Febriyanti
NIM: 30202000169

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Putri Aryani
NIM : 30202000004
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS KOLAM RETENSI *LONG STORAGE*
PADA MUARA KANAL BANJIR TIMUR

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, 23 Januari 2024
Yang membuat pernyataan,



MEPERA
BEMPEL
8

Putri Aryani
NIM: 30202000004

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Rika Patris Febriyanti
NIM : 30202000169
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS KOLAM RETENSI *LONG STORAGE*
PADA MUARA KANAL BANJIR TIMUR

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, 23 Januari 2024
Yang membuat pernyataan,



Rika Patris Febriyanti
NIM: 30202000169

MOTTO

“Kamu (Umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh berbuat yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang - orang fasik”
(Q.S. Ali Imran Ayat 110)

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”
(QS. Al Baqarah Ayat 286)

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”
(QS. Ar Ra’ad Ayat 11)

“Dan bahwasannya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya”
(QS. AN Najm Ayat 39)

“Pendidikan memiliki akar yang pahit, tapi buahnya manis.”
(Aristoteles)

“Kehidupanmu adalah buah dari Tindakan yang kamu lakukan. Tidak ada yang bisa di salahkan selain dirimu sendiri.”
(Joseph Campbell)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”
(Umar Bin Khattab)

“Kegagalan adalah batu loncatan menuju kesuksesan”
(Oprah Winfrey)

Putri Aryani

MOTTO

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

(Q.S. Ali Imran Ayat 110)

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan dengan kesanggupannya.”

(Q.S Al-Baqarah, 2: 286)

“It’s fine to fake it until you make it, until you do, until it true”

(Taylor Swift)



Rika Patris Febriyanti

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. Skripsi ini adalah hadiah kecil untuk kedua orang tua saya tercinta, Bapak Ali Imron dan Ibu Suyatmi, yang selalu memberikan segenap kasih sayang, semangat, dukungan materil, pendidikan mental serta do'a disetiap langkah yang saya lewati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kakak saya Andre Yahya yang selalu memberikan doa dan semangat.
3. Bapak Ir. Moch. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D. dan Bapak Ari Sentani, ST, M.Sc. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar mengajarkan saya dalam pembuatan laporan ini.
4. Dosen dan Staff Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah mengajarkan saya dan selalu memberikan motivasi, ilmu, serta arahan kepada saya.
5. Rika Patris Febriyanti selaku rekan yang telah berjuang dan bekerja keras bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Kepada orang paling istimewa dalam hidup saya, Abdullah Jalil yang selalu menemani, memberikan perhatian, dukungan dan membantu saya dalam mengatasi semua tantangan di setiap proses pengerjaan skripsi ini.
7. Teman dekat saya yang selalu ada dan mau mendengar keluh kesah saya.
8. Diri saya sendiri yang telah bekerja keras dan mampu bertahan sampai detik ini untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman-teman Fakultas Teknik Angkatan 2020, dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Putri Aryani

NIM: 30202000004

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 Sutrisno dan Ibu Parjiyem, secara tulus kehadiran kalian selalu menjadi prioritas utama saya dalam setiap langkah. orang hebat yang selalu menjadi penyemangat saya. Yang tidak ada habisnya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta. Terimakasih selalu berjuang untuk saya. Sehat selalu dan harus selalu ada disetiap perjalanan dan pencapaian hidup saya.
I Loveyou more more.
2. Kakak saya K Risma Okta Rianti S.H. yang selalu mengajak saya jalan-jalan disaat saya penat serta selalu memberikan support untuk saya.
3. Sahabat sejati saya Risma Selinda, Poppy Nuri Sita, Viki Diana Susanti dan Illa Fitra Azizah, terimakasih selalu menemani suka duka saya dalam masa perkuliahan ini sampai selesai serta selalu mendengarkan keluh kesah saya.
4. Bapak Ir. Moch Faiqun Ni'am, MT., Ph.D. dan Bapak Ari Sentani S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar memberikan saya ilmu dalam pembuatan laporan ini.
5. Putri Aryani selaku rekan saya yang telah berjuang, bekerja keras bersama dan sabar dalam menyusun Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Angkatan 2020 Fakultas Teknik dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
7. Terakhir, terimakasih untuk diri sendiri, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai keadaan dan tidak pernah menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dengan baik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri.

Rika Patris Febriyanti

NIM: 30202000169

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Kolam Retensi *Long Storage* Pada Muara Kanal Baanjir Timur” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

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

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST. MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik;
3. Bapak Ir. 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. Ibu Ir. Gata Dian Asfari, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan terkait hasil tugas akhir kami;
6. Kakak tingkat yang telah memberikan referensi Laporan Tugas Akhir;
7. Teman-teman angkatan 2020 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
8. 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, Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
BERITA ACARA	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
PERNYATAAN KEASLIAN	vii
MOTTO	ix
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
ABSTRAK.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Lokasi Kajian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Kolam Retensi.....	5
2.1.1. Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai.....	5
2.1.2. Kolam Retensi Tipe <i>Long Storage</i>	6
2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	8
2.3. Curah Hujan	9
2.4. Analisis Hidrologi.....	10
2.4.1. Curah Hujan Daerah Rata-Rata Maximum.....	11
2.4.2. Analisis Probabilitas Frekuensi.....	13
2.4.3. Uji Distribusi Probabilitas.....	16
2.4.4. Uji Sebaran.....	18
2.4.5. Hidrograf.....	18
2.5. Penelitian Terdahulu	21
BAB III METODOLOGI.....	23
3.1. Uraian Umum.....	23
3.2. Tahap Persiapan	23
3.3. Teknik Pengumpulan Data.....	23
3.4. Analisis Hidrologi	24
3.5. Hidrograf.....	25
3.6. Diagram Alir	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Analisis Curah Hujan Rata-Rata	28
4.2. Distribusi Sebaran Curah Hujan	32
4.3. Pengujian Kesesuaian Distribusi.....	34
4.3.1. Uji Kesesuaian Distribusi Dengan Metode Chi-Kuadrat.....	34
4.3.2. Uji Kesesuaian Distribusi Dengan Metode Smirnov Kologov	38
4.4. Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu	46
4.4.1. Perhitungan Rerata Hujan Dari Awal Sampai Jam Ke-T	46
4.4.2. Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn).....	49
4.4.3. Hasil Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana	51
4.5. Elevasi Tertinggi Pasang.....	64
4.6. Analisa Hidrolika Kolam Retensi Berdasarkan Perhitungan DAS.....	65
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 67
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	67
 DAFTAR PUSTAKA	 68
LAMPIRAN.....	71

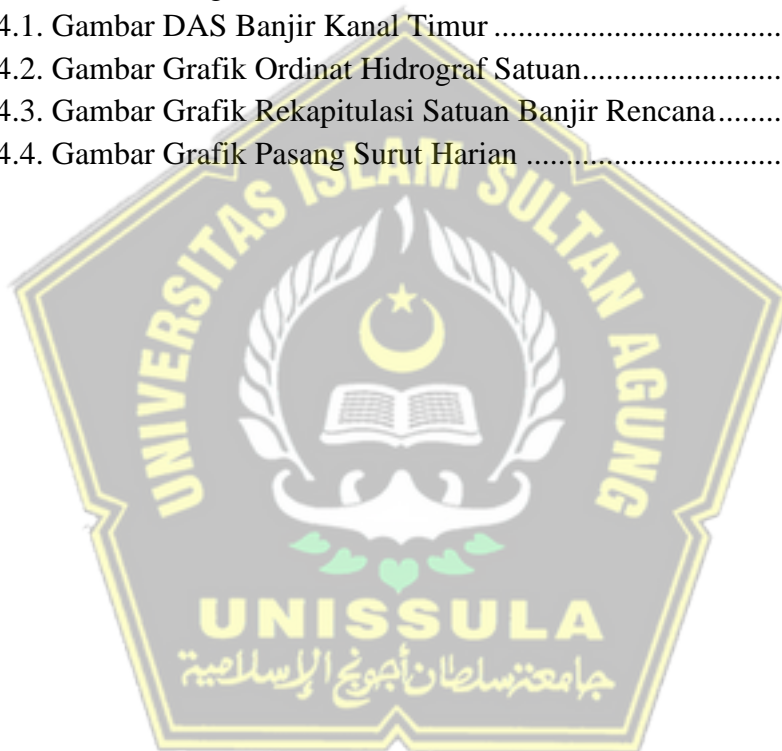


DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Luas Pengaruh Pos Stasiun DAS Banjir Kanal Timur	29
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Nilai Cs Metode Log Pearsin Type III.....	29
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana	30
Tabel 4.4. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Max Harian Rata-Rata	31
Tabel 4.5. Parameter Statistic Curah Hujan.....	32
Tabel 4.6. Syarat Pemilihan Distribusi	33
Tabel 4.7. Urutan Data Hujan Maksimum Tahunan.....	34
Tabel 4.8. Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi-Kuadrat.....	36
Tabel 4.9. Perhitungan Uji Chi Kuadrat	37
Tabel 4.10. Urutan Curah Hujan Maksimum Tahunan.....	38
Tabel 4.11. Perhitungan Nilai S Dan Cs	39
Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Nilai Cs	41
Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Uji Sminorv Kolmogorov	42
Tabel 4.14. Harga D Kritis Untuk Sminorv Kolmogorov Test.....	43
Tabel 4.15. Nilai Cs Untuk Nilai Positif.....	44
Tabel 4.16. Nilai Cs Untuk Nilai Negatif	45
Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Log Pearson Type III	46
Tabel 4.18. Nilai Rasio Hujan Maksimum	49
Tabel 4.19. Tabel Koefisien Pengaliran.....	49
Tabel 4.20. Curah Hujan Rencana Efektif (Rn).....	50
Tabel 4.21. Distribusi Hujan Efektif Jam-Jaman.....	51
Tabel 4.22. Ordinat Hidrograf Satuan.....	54
Tabel 4.23. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 2 Tahun	56
Tabel 4.24. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 5 Tahun	57
Tabel 4.25. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 10 Tahun	58
Tabel 4.26. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 25 Tahun	59
Tabel 4.27. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 50 Tahun	60
Tabel 4.28. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 100 Tahun	61
Tabel 4.29. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 1000 Tahun	62
Tabel 4.30. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir.....	63
Tabel 4.31. Hasil Analisa Debit Kolam Retensi	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Gambar Lokasi Kajian	3
Gambar 2.1. Gambar Kolam Retensi Samping Badan Sungai	6
Gambar 2.2. Gambar Kolam Retensi <i>Long Storage</i>	7
Gambar 2.3. Gambar Peta DAS Kanal Banjir Timur	9
Gambar 2.4. Gambar Metode Rerata Aljabar	11
Gambar 2.5. Gambar Metode Poligon Thiessen	12
Gambar 2.6. Gambar Metode Isohyet	13
Gambar 2.7. Gambar Bagian-Bagian Hidrograf	20
Gambar 2.8. Gambar DAS Perhitungan Curah Hujan Poligon Thiessen	21
Gambar 3.1. Gambar Diagram Alir	27
Gambar 4.1. Gambar DAS Banjir Kanal Timur	28
Gambar 4.2. Gambar Grafik Ordinat Hidrograf Satuan	53
Gambar 4.3. Gambar Grafik Rekapitulasi Satuan Banjir Rencana	64
Gambar 4.4. Gambar Grafik Pasang Surut Harian	65



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. DAS Kanal Banjir Timur Metode Poligon Thiessen.....	71
Lampiran 2. Data Curah Hujan Pucanggading	72
Lampiran 3. Data Curah Hujan Karang Roto	81
Lampiran 4. Data Curah Hujan Simongan.....	91
Lampiran 5. Grafik Hidrograf Banjir Rencana Metode Nakayasu	92
Lampiran 6. Curah Hujan Maksimum Harian	93
Lampiran 7. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir	95



ANALISIS KOLAM RETENSI *LONG STORAGE* PADA MUARA KANAL BANJIR TIMUR

Abstrak

Kolam retensi adalah kolam atau waduk penampungan air hujan dalam jangka waktu tertentu. Pembangunan kolam retensi Kanal Banjir Timur merupakan satu kesatuan pemanfaatan air sungai dalam sistem Wilayah Kanal Banjir Timur untuk memotong puncak banjir yang terjadi dalam badan air atau sungai. Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini meliputi Menghitung curah hujan maksimum, Menganalisa debit maksimum Q100 dan Q1000 pada sungai Kanal Banjir Timur, menganalisa kolam retensi yang dapat menanggulangi volume banjir berdasarkan perhitungan DAS dan curah hujan.

Metode Thiessen digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis curah hujan dan debit banjir. Proses analisa mencakup berbagai langkah, seperti perhitungan curah hujan rata-rata maksimum, analisis frekuensi untuk menentukan besar curah hujan rata-rata maksimum, analisis frekuensi untuk menentukan besar curah hujan dalam interval waktu tertentu dengan menggunakan Metode Distribusi Log Person Type III, serta uji kesesuaian distribusi menggunakan Metode Chi Kuadrat dan Uji smirnov kolmogorov. Disamping itu, dilakukan juga uji sebaran hujan guna mengevaluasi pola distribusi hujan interval waktu tertentu. Terakhir, hidrograf digunakan sebagai representasi grafis yang menggambarkan hubungan antara aliran debit dan perubahan hujan seiring waktu.

Hasil analisa hidrolika volume kolam retensi yaitu $489,36096\text{m}^3$ dan hasil analisa hidrolika dimensi kolam retensi yaitu $4.284.000\text{m}^3$.

Kata Kunci: *Kanal Banjir Timur; Long Storage; Kapasitas Kolam.*

ANALYSIS OF LONG STORAGE RETENTION POND AT THE EAST OF THE EAST FLOOD CANAL

Abstract

A retention pond is a pool or reservoir that collects rainwater for a certain period of time. The construction of the East Flood Canal retention pond is an integral part of utilizing river water in the East Flood Canal Regional system to cut flood peaks that occur in water bodies or rivers. The objectives of preparing this Final Project include calculating maximum rainfall, analyzing maximum discharge Q_{100} and Q_{1000} on the East Flood Canal river, analyzing retention ponds that can handle flood volumes based on watershed and rainfall calculations.

The Thiessen method is used in this research to analyze rainfall and flood discharge. The analysis process includes various steps, such as calculating the maximum average rainfall, frequency analysis to determine the amount of maximum average rainfall, frequency analysis to determine the amount of rainfall in a certain time interval using the Trype III Log Person Distribution Method, and conformity testing distribution using the Chi Square Method and Smirnov Kolmogorov Test. Apart from that, a rain distribution test was also carried out to evaluate the rain distribution pattern at certain time intervals. Finally, the hydrograph is used as a graphical representation that illustrates the relationship between flow discharge and changes in rainfall over time.

The results of the hydraulic analysis of the volume of the retention pond are 489.36096m^3 and the results of the hydraulic analysis of the dimensions of the retention pond are $4,284,000\text{m}^3$.

Keywords: *East Flood Canal; Long Storage; Pool capacity.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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

Kolam retensi adalah kolam atau waduk penampungan air hujan dalam jangka waktu tertentu. Pembangunan kolam retensi Kanal Banjir Timur merupakan satu kesatuan pemanfaatan air sungai dalam sistem Wilayah Kanal Banjir Timur untuk memotong puncak banjir yang terjadi dalam badan air atau sungai.

Pada permasalahan ini yaitu banjir dari laut yang harus di cegah karena tidak boleh masuk ke darat melalui sungai, dan ketika penanggulangan permasalahan tersebut sudah dilakukan harus ada antisipasi pembuangan air atau kelebihan air hujan (tidak boleh tergenang). Untuk bisa mengakomodasi permasalahan ini adalah perlu dibuatkan tampungan sementara, volume tampungan harus disesuaikan dengan debit dengan curah hujan maksimum, dan pembuangannya sesuai debit yang masuk.

Pada pelaksanaan konstruksi yang perlu diperhatikan adalah daya dukung tanah dan hidrologi. Selain itu, konstruksi kolam retensi merupakan hal yang inti dalam rangka menahan meluapnya muka air laut ke permukaan sehingga daerah yang dikelilingi tanggul laut tetap dalam keadaan kering. Untuk mempermudah analisis stabilitas pada kolam retensi, digunakan metode *Poligon Thiessen*. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitar. Pada suatu luasan di dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili stasiun tersebut.

Adapun Daerah Aliran Sungai (DAS) yang akan menjadi objek penelitian yaitu DAS Kanal Banjir Timur, dimana DAS Kanal Banjir Timur terletak pada wilayah Sungai Kanal Banjir Timur. Daerah Aliran Sungai Kanal Banjir Timur

(DAS) ini terletak di peterongan, Kec. Semarang Selatan Kota Semarang.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Berapa curah hujan maksimum pada Sungai Kanal Banjir Timur?
- b. Berapa debit maksimum Q1000 pada Sungai Kanal Banjir Timur?
- c. Apakah dengan pengadaan kolam retensi dapat menanggulangi volume banjir berdasarkan perhitungan DAS dan curah hujan?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung curah hujan maksimum
- b. Menganalisa debit maksimum Q100 dan Q1000 pada Sungai Kanal Banjir Timur
- c. Menganalisa kolam retensi yang dapat menanggulangi volume banjir berdasarkan perhitungan DAS dan curah hujan

1.4. Batasan Masalah

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

1. Analisis ini ditinjau pada proyek pembangunan Pengendalian Banjir dan Rob Kawasan Tambak Lorok
2. Menggunakan Metode Poligon Thiessen
3. Tidak memperhitungkan pasang surut air laut
4. Memperhitungkan elevasi tertinggi pasang

1.5. Lokasi Kajian

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini lokasi kajian yang kami bahas yaitu pada Jl. Tambak Mulyo, Kelurahan Tanjung Mas, Kecamatan Semarang Utara Kota Semarang Jawa Tengah pada Muara Kanal Banjir Timur. Peta lokasi kajian dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Lokasi Kajian

(Sumber: Dokumen Supervisi Pembangunan Pengendalian Banjir dan Rob Kawasan Tambak Lorok, 2023)

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika Penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari lima (5) Bab, antara lain sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang teori, rumus dan semua yang dibutuhkan penyusun dalam menyelesaikan Tugas Akhir sesuai dengan judul yang telah ditentukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode pengumpulan data, pengolahan data dan sistematika perencanaan yang akan digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan yang menjawab tujuan yang telah ditulis dan saran yang dapat diberikan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kolam Retensi

Kolam retensi merupakan kolam yang berfungsi untuk menampung air hujan sementara waktu dengan memberikan kesempatan untuk dapat meresap ke dalam tanah yang operasionalnya dapat dikombinasikan dengan pompa atau pintu air (Perpustakaan Kementerian PU). Ada dua jenis kolam retensi yang tergantung pada material yang digunakan untuk melapisi dinding dan dasar kolam, yaitu kolam alami dan kolam buatan.

Kolam alami adalah kolam retensi yang berupa cekungan atau bak resapan yang terbentuk secara alami dan dapat dimanfaatkan baik dalam keadaan aslinya atau dengan penyesuaian tertentu. Sementara kolam buatan, atau yang juga dikenal sebagai kolam non alami, adalah kolam retensi yang didesain secara sengaja dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya. Kolam ini dilapisi dengan bahan yang kaku seperti beton.

Untuk perencanaan pembangunan kolam retensi, diperlukan analisis hidrologi guna menentukan debit banjir rencana yang akan memengaruhi debit maksimum dan stabilitas konstruksi yang akan dibangun. Selain itu, data curah hujan juga diperlukan untuk merancang pemanfaatan air dan rancangan bangunan air. Curah hujan yang digunakan adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah terkait, bukan hanya di suatu titik tertentu (Sosrodarsono, 1993).

Kolam retensi berperan sebagai tempat penyimpanan sementara air dari saluran pembuangan sebelum dialirkan ke sungai, sehingga mampu mengurangi puncak banjir. Pembangunan kolam retensi umumnya dilakukan di daerah yang rendah. Terdapat beberapa jenis kolam retensi berdasarkan letak dan sisi penampungan air hujan dalam suatu wilayah, diantaranya:

2.1.1. Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai

Kolam retensi tipe di samping badan sungai terdiri dari komponen-komponen seperti kolam retensi, pintu masuk, struktur pelimpah samping, pintu keluar, jalan

masuk menuju kolam retensi, ambang rendah di depan pintu keluar, penyaring sampah, dan kolam penangkap material tersuspensi.

Kolam retensi tipe ini dirancang untuk digunakan dalam skala yang lebih luas, terutama pada wilayah yang memiliki lahan yang luas. Hal ini penting karena lahan yang luas memungkinkan kapasitas kolam retensi untuk mencapai kondisi optimal, dengan mampu menampung sejumlah besar air.

Keunggulan utama dari tipe ini adalah implementasinya tidak akan mengganggu sistem aliran air yang sudah ada. Artinya, instalasi tipe ini dapat diterapkan tanpa mengganggu aliran air di sekitarnya.



Gambar 2.1. Kolam Retensi Samping Badan Sungai
(Sumber: blogspot, 2016)

2.1.2. Kolam Retensi Tipe Long Storage

Kolam retensi *long storage*, juga dikenal sebagai kolam retensi penyimpanan jangka panjang, adalah tipe kolam retensi yang dirancang khusus untuk menampung dan menyimpan air hujan dalam jangka waktu yang lebih lama. Fungsi utama kolam retensi long storage adalah untuk mengatasi masalah kekurangan air dalam jangka panjang, khususnya di daerah yang mengalami kekeringan musiman atau memiliki pasokan air yang tidak stabil.

Kolam retensi *long storage* digunakan ketika lahan yang terbatas atau bahkan tidak tersedia, sehingga memerlukan pemanfaatan maksimal dari saluran drainase yang sudah ada. Namun, hal ini mengakibatkan kelemahan, yaitu terjadinya sedimentasi lebih cepat di dasar kolam akibat bentuknya yang memanjang.

Komponen utama dari sistem kolam retensi ini meliputi saluran yang lebar dan dalam, serta adanya bendungan lokal. Penerapan tipe ini membutuhkan optimisasi dari saluran drainase yang tersedia karena keterbatasan lahan.

Kelemahan menggunakan kolam retensi jenis ini meliputi kapasitas yang terbatas, ketergantungan pada aliran air yang ada dan kesulitan dalam proses pelaksanaannya. Namun, keuntungannya adalah dengan bentuk kolam yang memanjang, proses pengendapan sedimen dapat terjadi lebih cepat dan aktivitas biologis di dalamnya menjadi lebih aktif karena adanya aliran air yang terus menerus tetapi tetap tenang. Pada saat yang sama, tanaman juga dapat memperkuat struktur kolam dan mendapatkan nutrisi yang terlarut dalam air.

Kolam retensi *long storage* memerlukan perencanaan dan perawatan yang cermat untuk memastikan bahwa air yang disimpan tetap bersih, aman dan dapat digunakan secara efisien sesuai kebutuhan masyarakat dan lingkungan sekitarnya.



Gambar 2.2. Kolam Retensi *Long Storage*

(Sumber: Overview, 2023)

2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

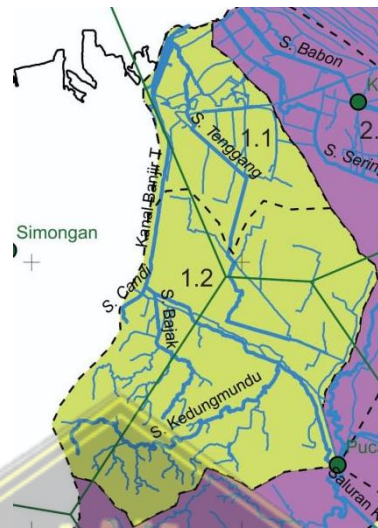
Menurut Fuadi dan Cut tahun 2008, Daerah Aliran Sungai atau biasa disingkat DAS merupakan hamparan permukaan bumi yang dibatasi oleh pegunungan di hulu sungai hingga lembah di hilir. DAS termasuk suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. (PP No 37 tentang Pengelolaan DAS, Pasal 1).

Dalam bahasa sederhana, Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah area di mana air hujan ditampung dan didistribusikan melalui saluran air alami, dari daerah pegunungan (atas) hingga ke dataran rendah (bawah), akhirnya mencapai danau atau laut. DAS penting karena membantu menjaga siklus air di bumi, bekerja sama dengan atmosfer dan tubuh air lainnya seperti danau atau laut. DAS berperan dalam menjaga ketersediaan air di berbagai wilayah.

Dalam pengelolaannya, DAS harus dianggap sebagai satu kesatuan sumber daya alam. Oleh karena itu, pengelolaan DAS yang baik harus didasarkan pada keseimbangan antara kebutuhan manusia dan ketersediaan sumber daya untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pengelolaan sumber daya ini menjadi penting saat sumber daya tersebut tidak mencukupi kebutuhan manusia atau ketika sumber daya tersebut berlimpah. Ketika sumber daya tidak mencukupi, pengelolaan DAS bertujuan untuk memperoleh manfaat sebaik-baiknya dari segi fisik, teknis, ekonomi, sosial budaya, serta keamanan nasional. Sementara itu, ketika sumber daya DAS berlimpah, pengelolaan bertujuan untuk memastikan pemanfaatan yang efisien dan berkelanjutan.

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

Sungai akan mengalir menuju sungai lain di sebelahnya (Ratna, 2014 dalam Sudarmin, 2017). Berikut gambar peta DAS Kanal Banjir Timur:



Gambar 2.3. Peta DAS Kanal Banjir Timur
(Sumber: BBWS)

2.3. Curah Hujan

Hujan adalah proses turunnya hidrometeor dalam bentuk partikel-partikel air dengan diameter 0.5 mm atau lebih. Dalam konteks proses hidrologi, hujan dapat dijelaskan sebagai uap air yang mengalami kondensasi dan jatuh ke permukaan tanah.

Curah hujan yaitu ketinggian air hujan yang terkumpul, tidak meresap, tidak mengalir dan tidak menguap. Curah hujan merupakan hujan yang diukur berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Jumlah curah hujan dicatat pada satuan milimeter. Curah hujan 1 mm merupakan tinggi air hujan yang menutupi permukaan per m² sebesar 1 mm. Informasi data curah hujan berbentuk temporal atau runtut waktu maupun berbentuk spasial atau keruangan (Syaifullah, 2014).

Semarang adalah ibu kota Provinsi Jawa Tengah yang terletak di antara 110°25'30" sampai 110°37'00" Bujur Timur dan antara 60°58'00" sampai 70°01'00" Lintang Selatan. Pola curah hujan di Kota Semarang adalah muson, yang berarti kota ini mengalami dua musim hujan yang signifikan dalam setahun. Curah hujan tinggi terjadi pada akhir dan awal tahun, terutama sekitar bulan Desember, Januari, dan Februari. Sementara itu, curah hujan paling rendah biasanya terjadi pada bulan

Juli, Agustus, dan September. Hal ini menciptakan pola dengan satu puncak curah hujan tertinggi dan satu lembah curah hujan terendah setiap tahunnya. Selama periode musim hujan, Kota Semarang menerima curah hujan yang cukup besar, rata-rata mencapai 227 mm. Jumlah hari hujan per tahunnya adalah sekitar 144 hari.

2.4. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan langkah-langkah pengumpulan, evaluasi, penafsiran, serta penerapan informasi meteorologi dan hidrologi guna memahami pergerakan air di suatu wilayah atau cekungan. Proses ini memiliki signifikansi dalam perencanaan pengelolaan sumber daya air, penanggulangan banjir, pemahaman pola aliran sungai, serta pengembangan sistem infrastruktur air.

Dalam hal ini, analisa hidrologi digunakan untuk menganalisa curah hujan rancangan. Data curah hujan yang dianalisis adalah data curah hujan harian di wilayah Daerah Pengaliran Sungai (DPS). Stasiun curah hujan yang dipakai adalah Stasiun Maritim Tanjung Mas Semarang Jawa Tengah.

Menurut Sosrodarsono, 1993 langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya
- b. Menentukan luas pengaruh daerah stasiun-stasiun penakar hujan sungai
- c. Menentukan curah hujan maksimum tiap tahunnya dari data curah hujan yang ada
- d. Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun
- e. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana diatas pada periode ulang T tahun
- f. Menghitung debit andalan yang merupakan debit minimum sungai yang dapat untuk keperluan air baku
- g. Menghitung neraca air yang merupakan perbandingan antara debit air yang tersedia dengan debit air yang dibutuhkan untuk keperluan air baku

2.4.1. Curah Hujan Daerah Rata-Rata Maksimum

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

a. Metode Rerata Aljabar (Aritmatik)

Metode rerata aljabar adalah metode yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada didalam DAS dan diluar DAS yang memiliki jarak berdekatan (Triatmodjo, 2008). M. 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, **P₁, P₂**, 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)



Gambar 2.4. Metode Rerata Aljabar

(Sumber: Kamiana, 2011)

b. Metode Polygon Thiessen

Dalam metode *Poligon Thiessen*, curah hujan rata-rata dihitung dengan membuat poligon yang memotong garis penghubung dua stasiun hujan secara tegak lurus pada tengah-tengahnya. Metode ini memiliki bobot tertentu pada masing-masing stasiun sebagai fungsi jarak stasiun.

Ada tiga stasiun hujan di lokasi Kanal Banjir Timur, yaitu Stasiun Maritim, Stasiun Pucanggading, dan Stasiun Simongan. Setiap stasiun dihubungkan dengan

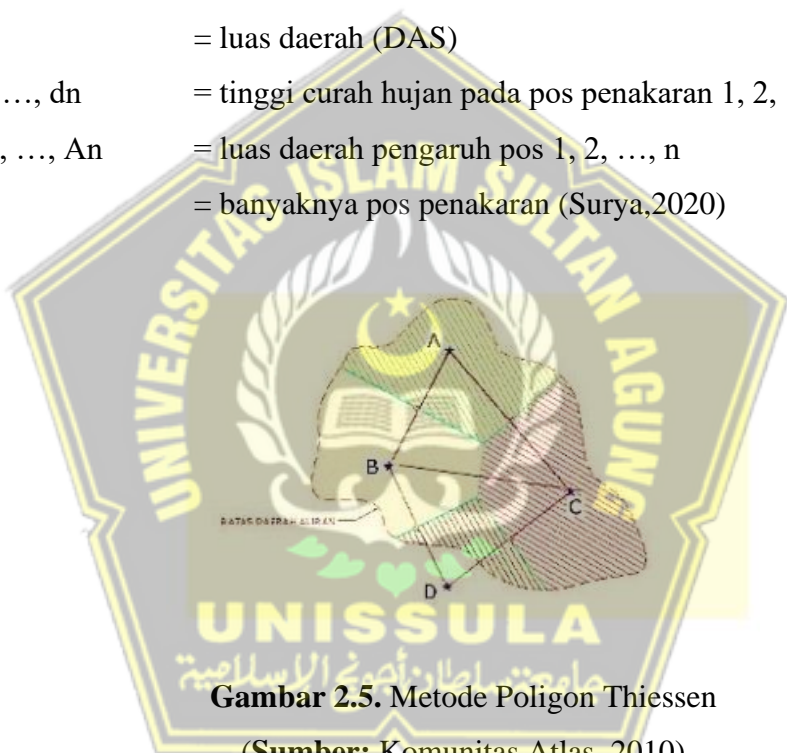
garis-garis tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun lainnya, membentuk daerah pengaruh masing-masing stasiun. Metode ini digunakan untuk memperoleh luas daerah pengaruh dari tiap stasiun hujan.

Untuk perhitungan curah hujan dengan metode Thiessen digunakan persamaan (2.1) (Soemarto, 1999)

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

Dimana,

- d = tinggi curah hujan rata-rata daerah (DAS)
- A = luas daerah (DAS)
- d₁, d₂, ..., d_n = tinggi curah hujan pada pos penakaran 1, 2, ..., n
- A₁, A₂, ..., A_n = luas daerah pengaruh pos 1, 2, ..., n
- n = banyaknya pos penakaran (Surya,2020)



Gambar 2.5. Metode Poligon Thiessen
(Sumber: Komunitas Atlas, 2010)

c. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Metode isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rerata di suatu daerah, tetapi cara ini membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibandingkan dengan metode lainnya (Akmal, 2010).

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

Dimana:

d_1 = tinggi curah hujan rata-rata daerah (DAS)

A = Luas daerah (DAS)

d_0, d_1, \dots, d_n = Tinggi curah hujan pada isohyet 1, 2, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n = luas bagian areal yang dibatasi oleh isohyet

n = banyaknya pos penakar (Surya, 2020)



Gambar 2.6. Metode Isohyet
(Sumber: Komunitas Atlas, 2010)

2.4.2. Analisis Probabilitas Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya suatu kejadian ekstrem (maksimum atau minimum) dan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas.

Hubungan antara besarnya kejadian ekstrem dan frekuensinya atau kejadian peluang kejadiannya adalah berbanding terbalik. Dengan kata lain dapat dirumuskan:

$$X = \frac{1}{P} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana,

X = besarnya suatu kejadian

P = frekuensi atau peluang suatu kejadian

Dalam analisis frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu: Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III.

Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat seperti pada Tabel (2.1)

Tabel 2.1. Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_s = 5,4$
2	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
3	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4	Log Pearson III	Selain dari di atas

(Sumber: Bambang, 2008)

Berikut penjelasan beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan dalam hidrologi:

a. Metode Distribusi Probabilitas Gumbel

Jika data hujan yang dipergunakan dalam perhitungan adalah berupa sampel (populasi terbatas), maka perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel dilakukan dengan rumus-rumus berikut:

$$X_T = \bar{X} + S \times K \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana,

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

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

S = Standar deviasi dari data hujan

F = Faktor frekuensi Gumbel: $K = \frac{Y_t \cdot Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.6)$

Y_t = Reduced variate = $-\ln - \ln \frac{T-1}{T} \dots\dots\dots(2.7)$

S_n = Reducade standar deviasi

Y_n = Reducade mean

b. Metode Distribusi Probabilitas Normal

Metode ini banyak digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, dan debit rata-rata tahunan (Sudarmin, 2017). Perhitungan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Normal, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus berikut:

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

Dimana,

- X_T = Hujan rencana atau debit dengan periode ulang T (mm/hari)
- \bar{X} = Nilai rata-rata dari data hujan (mm/hari)
- K_T = Faktor frekuensi, nilainya tergantung dari T
- S = Standar deviasi dari data hujan (mm)

Tabel 2.2. 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

c. Metode Distribusi Probabilitas 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. Perhitungan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Log Normal, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus berikut:

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

Dimana,

- $\text{Log } X_T$ = Nilai logaritmis hujan rencana periode ulang T
- $\overline{\text{Log } X}$ = Nilai rata-rata dari $\text{log } X = \sum_{i=1}^n \text{Log } X_i \dots\dots\dots(2.10)$
- K_T = Faktor frekuensi, nilainya tergantung dari T

S Log X = Deviasi standar dari log X

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } x})^2}{n-1} \dots\dots\dots(2.11)$$

d. Metode Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

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. Perhitungan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus berikut:

Nilai Rata-Rata: $\text{Log } X = \sqrt{\log X = \frac{\sum \log X}{n}} \dots\dots\dots(2.12)$

Standar Deviasi: $S = \sqrt{\frac{(\sum (\log X - \log n)^2)}{n-1}} \dots\dots\dots(2.13)$

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

Koefisien Kurtosis: $CK = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^4 \dots\dots\dots(2.15)$

Logaritma curah hujan dengan waktu balik dihitung dengan rumus:

$Xt = X + K.S \dots\dots\dots(2.16)$

Dimana,

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

X = Nilai rata-rata

S = Standar deviasi

N = Jumlah pengamatan

Cs = Koefisien kemencengan

2.4.3. Uji Distribusi Probabilitas

Uji kesesuaian distribusi dilakukan untuk mengetahui apakah jenis distribusi curah hujan yang dipilih dalam perhitungan curah hujan dapat diterima atau ditolak, karena apabila tidak tepat dalam memilih jenis distribusi akan mengakibatkan kesalahan perkiraan (Sri Harto, 1999).

Jika tidak ada yang memenuhi persyaratan parameter statistik suatu distribusi maka penggunaan suatu distribusi probabilitas biasanya diuji dengan metode Chi-Kuadrat atau Smirnov Kolmogorov.

a. Uji Chi-Kuadrat (χ^2)

Uji probabilitas bertujuan untuk menentukan apakah persamaan probabilitas yang digunakan dapat mencerminkan distribusi statistik dari data sampel yang dianalisis. Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan Metode Uji Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_r - E_r)^2}{E_r} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana,

χ^2 = Parameter Chi Kuadrat

O_r = Nilai pengamatan

E_r = Nilai teoritis

n = Jumlah sub kelompok

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

$$D_k = K - (p+1) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana,

D_k = Derajat kebebasan

P = Banyaknya parameter, untuk Uji Chi-Kuadrat adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi

n = Banyaknya data

Prosedur perhitungan dengan menggunakan metode Uji Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya
2. Menghitung jumlah kelas
3. Menghitung derajat kebebasan (D_k) dan χ^2_{cr}

4. Menghitung interval kelas
5. Perhitungan nilai
6. Bandingkan nilai x^2 terhadap x^2_{cr}

b. Uji Smirnov Kolmogorov

Menurut Soewarno, uji kecocokan Smirnov Kolmogorov juga disebut juga disebut uji kecocokan non parametrik karena tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu dalam pengujiannya. Rumus perhitungan uji Smirnov Kolomogorov yaitu sebagai berikut:

$$D = \max |Pe - Pt| \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana,

Pe = Peluang empiris dari data hujan/debit

Pt = Peluang teoritis dari data perhitungan menggunakan persamaan distribusi

2.4.4. Uji Sebaran Hujan

Uji sebaran hujan atau pola distribusi hujan merupakan pola sebaran hujan dimana pencatatan hujan biasanya dilakukan dengan suatu interval waktu tertentu, dimana pada umumnya dilakukan dalam satuan waktu harian, jam-jaman atau menit. Agar distribusi hujan selama terjadinya hujan dapat diketahui pencatatan lebih baik dilakukan dengan interval waktu. Berikut tabel Pemeliharaan Sebaran Hujan:

2.4.5. Hidrograf

Hidrograf adalah grafik yang menunjukkan laju aliran (debit) dengan waktu yang melewati suatu titik tertentu di sungai atau saluran yang membawa aliran. Laju aliran biasanya dinyatakan dalam meter kubik atau kaki kubik per detik (cms atau cfs). Hidrograf sering menghubungkan perubahan curah hujan dengan perubahan debit seiring waktu. Ini juga bisa merujuk pada grafik yang menunjukkan volume air yang mencapai titik pembuangan tertentu, atau lokasi di jaringan saluran pembuangan.

Dalam penulisan ini periode yang digunakan dalam menghitung debit hujan rancangan yaitu periode ukang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000 tahun. Metode HSS

Nakayasu merupakan metode yang tepat karena perhitungan yang dihasilkan nilai debit tiap jam saat hujan mulai turun, waktu puncak hingga akhir banjir. Rumus dari HSS Nakayasu adalah sebagai berikut: (Sudarmin, 2017)

$$Q_{maks} = \frac{1}{3,6} \times A \times \frac{Ro}{(0,3 \times Tp \times Tp^{0,3})} \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana,

- Q = Debit puncak banjir (m³/det)
- Ro = Hujan satuan (mm)
- A = Luas daerah tangkapan sampai outlet
- Tp = Tg + 0,8 tr

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

Tr = 0,5 tg sampai tg

T 0,3 = α, Tg s

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

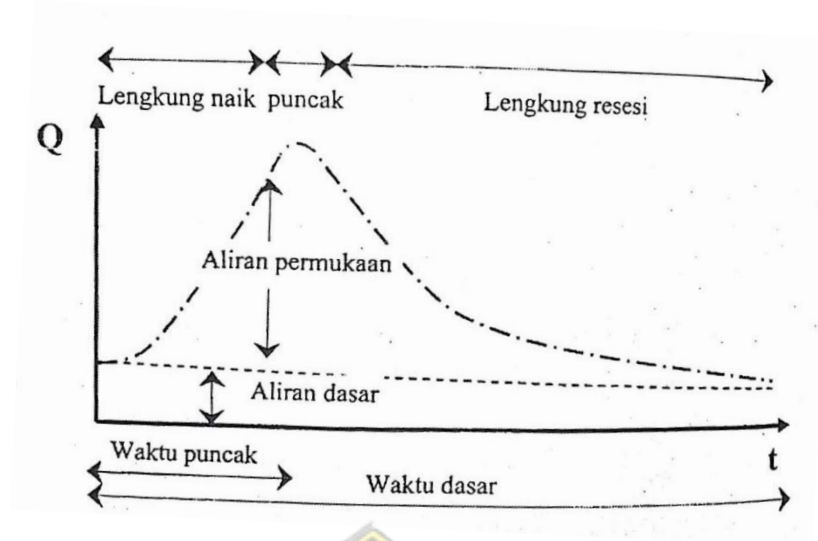
Dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

$$Tg = 0,40 + 0,058 \times L, \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \dots \dots \dots (2.22)$$

$$Tg = 0,21 \times L^{0,7}, \text{ untuk } 1 < 15 \text{ km} \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana,

- Tr = satuan waktu hujan (jam)
- α = parameter hidrograf, untuk
 - α = 2, pada daerah pengaliran biasa
 - α = 1,5, pada bagian naik hidrograf lambat dan turun cepat
 - α = 3, pada bagian naik hodrograf cepat dan turun lambat



Gambar 2.7. Bagian-Bagian Hidrograf

(Sumber: Made Kamiana, 2011)

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.

Data yang digunakan untuk perhitungan analisis dengan Metode Thiessen yaitu rata-rata terbobot (*weighted average*), masing-masing stasiun ditentukan luas daerah pengaruhnya berdasarkan pligon yang dibentuk. Curah hujan rata-rata

diperoleh dengan cara menjumlahkan pada masing-masing penakar yang mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar.

Cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$d = \frac{A_1.d_1 + A_2.d_2 + A_3.d_3 + \dots + A_n.d_n}{A} = \frac{\sum A_i . d_i}{A} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana,

A = Luas areal (km²)

d = Tinggi curah hujan rata-rata areal

d₁, d₂, d₃,...d_n = Tinggi curah hujan di pos 1, 2, 3,...n

A₁, A₂, A₃,...A_n = Luas daerah pengaruh pos 1, 2, 3,...n



Gambar 2.8. DAS Dengan Perhitungan Curah Hujan Poligon Thiessen

2.5. Penelitian Terdahulu

Studi-studi sebelumnya menjadi landasan penting dalam menjalankan penelitian, sehingga dapat digunakan dalam mengkaji penelitian yang akan dilakukan. Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait analisis kolam retensi dengan berbagai metode, seperti yang dijelaskan berikut ini:

2.5.1. Analisis Kolam Retensi Sebagai Pengendalian Banjir Rob di Semarang

Penelitian oleh Agil Hario Priambudi pada tahun 2015 dengan judul “ANALISIS KOLAM RETENSI SEBAGAI PENGENDALIAN BANJIR ROB DI SEMARANG” menyimpulkan bahwa pembuatan kolam retensi di kota Semarang merupakan langkah besar yang diambil oleh Pemerintah kota Semarang untuk mengatasi masalah banjir rob yang kerap melanda kota tersebut. Banjir rob seringkali menyebabkan lumpuhnya jalan utama dan terjadinya kemacetan yang parah. Tidak hanya itu, banjir rob juga mengakibatkan pabrik-pabrik harus berhenti beroperasi karena tergenang air, dan merusak infrastruktur kota.

Untuk mengatasi masalah ini, Pemerintah kota Semarang membuat kolam retensi dan juga melakukan peninggian jalan untuk mencegah kebocoran air dari kolam retensi tersebut. Kolam retensi ini dirancang dengan kapasitas yang besar, diperkirakan mampu menampung hingga 66.000m³ air. Dengan kapasitas sebesar itu, diharapkan kolam retensi ini dapat mengurangi intensitas banjir yang terjadi di daerah Semarang.

2.5.2. Studi Kolam Retensi Sungai Way Simpur Tanjung Karang Pusat

Penelitian oleh Florince dkk pada tahun 2015 dengan judul “STUDI KOLAM RETENSI SEBAGAI UPAYA PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI WAY SIMPUR KELURAHAN PALAPA KECAMATAN TANJUNG KARANG PUSAT” dapat disimpulkan bahwa Distribusi Log Pearson III digunakan untuk menghitung curah hujan rencana selama kala ulang 5 tahun, yang setara dengan 115,5815 mm. Dengan asumsi durasi hujan selama 3 jam, intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe, menghasilkan nilai 19,2636 mm/jam untuk kala ulang 5 tahun. Koefisien pengaliran di DAS ditemukan sebesar 0,7701 dengan luas DAS 1.228.292,0071 m². Berdasarkan metode rasional, debit hujan untuk kala ulang 5 tahun dihitung sebesar 5,0617 m³/detik. Selain itu luas lahan yang tersedia untuk pembuatan kolam retensi adalah sebesar 14.800 m² dengan kapasitas total kolam tampungan sebesar 12.074,1058 m³ dan Waktu yang dibutuhkan kolam dari kosong hingga terisi penuh adalah 29,0202 menit.

2.5.3. Penanganan Banjir Dengan Kolam Retensi Kelurahan Gandus Palembang

Penelitian yang berjudul “PENANGANAN BANJIR DENGAN KOLAM RETENSI (*RETARDING BASIN*) DI KELURAHAN GANDUS KOTA PALEMBANG” oleh Reni Andayani dkk (2017). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa debit banjir yang terjadi pada sungai soak batang sebesar 57,268 m³ /dtk untuk kala ulang 10 tahun, kapasitas sungai soak batang sebesar 4,22 m³ /dtk dan volume kapasitas kolam tampungan sebesar 68.015,308 m³. Pintu air yang dibutuhkan sebanyak 2 buah dengan lebar total pintu rencana 1,10 m dan tinggi 2 m.

BAB III

METODOLOGI

3.1. Uraian Umum

Dalam pelaksanaan pembangunan proyek kolam retensi harus melalui tahapan analisis dan perencanaan guna mendapatkan desain konstruksi tanggul yang sesuai perencanaan sebelumnya sehingga desain tersebut bisa dikatakan aman untuk meminimalkan terjadinya kegagalan struktur. Metode yang digunakan dalam penulisan ini yaitu menghitung menggunakan data curah hujan selama 10 tahun. Kemudian dilakukan analisis curah hujan rata rata maksimum dan debit banjir. Struktur kegiatan pada penulisan ini adalah sebagai berikut:

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

3.2. Tahapan Persiapan

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

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah teknik atau cara yang dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Data yang digunakan dalam penulisan ini yaitu data sekunder. Pengumpulan data sekunder pada penulisan ini diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana (BBWS) Semarang dan Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Dan Penata Ruang Provinsi Jawa Tengah (PUSDATARU), data sekunder yang digunakan yaitu:

1. Peta DAS Kanal Banjir Timur
2. Peta Stasiun Hujan
3. Data Teknis Kolam retensi Kanal Banjir Timur
4. Data Hujan Harian Maksimum

3.4. Analisis Hidrologi

Metode yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu Metode Thiessen yang bertujuan menganalisa curah hujan dan debit banjir.

3.4.1 Perhitungan Curah Hujan Daerah Rata-Rata Maksimum

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

3.4.2 Analisis Frekuensi

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

3.4.3 Uji Kesesuaian Distribusi

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

3.4.4 Uji Distribusi Probabilitas

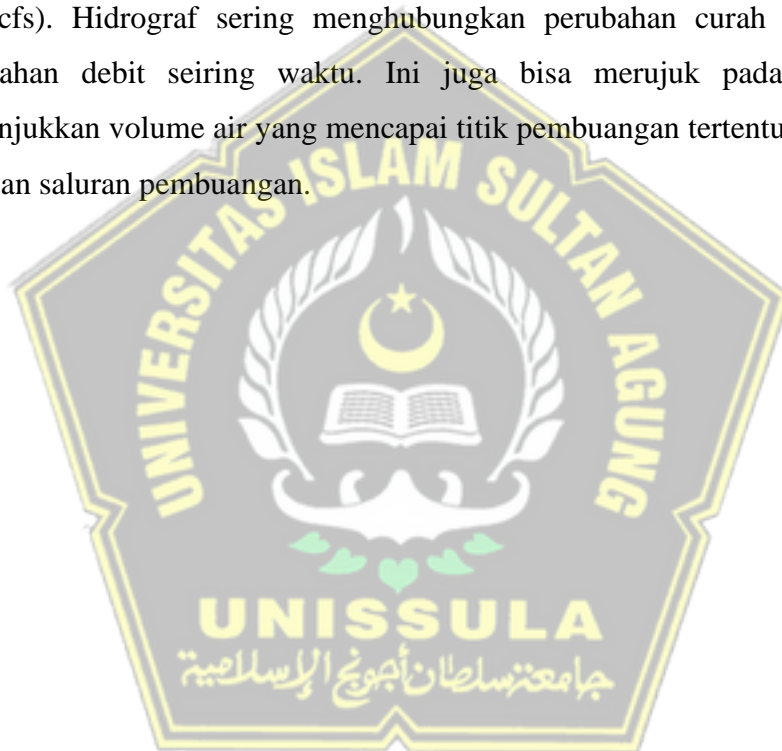
Uji probabilitas yaitu untuk mengetahui apakah persamaan probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data analisis.

3.4.5 Uji Sebaran Hujan

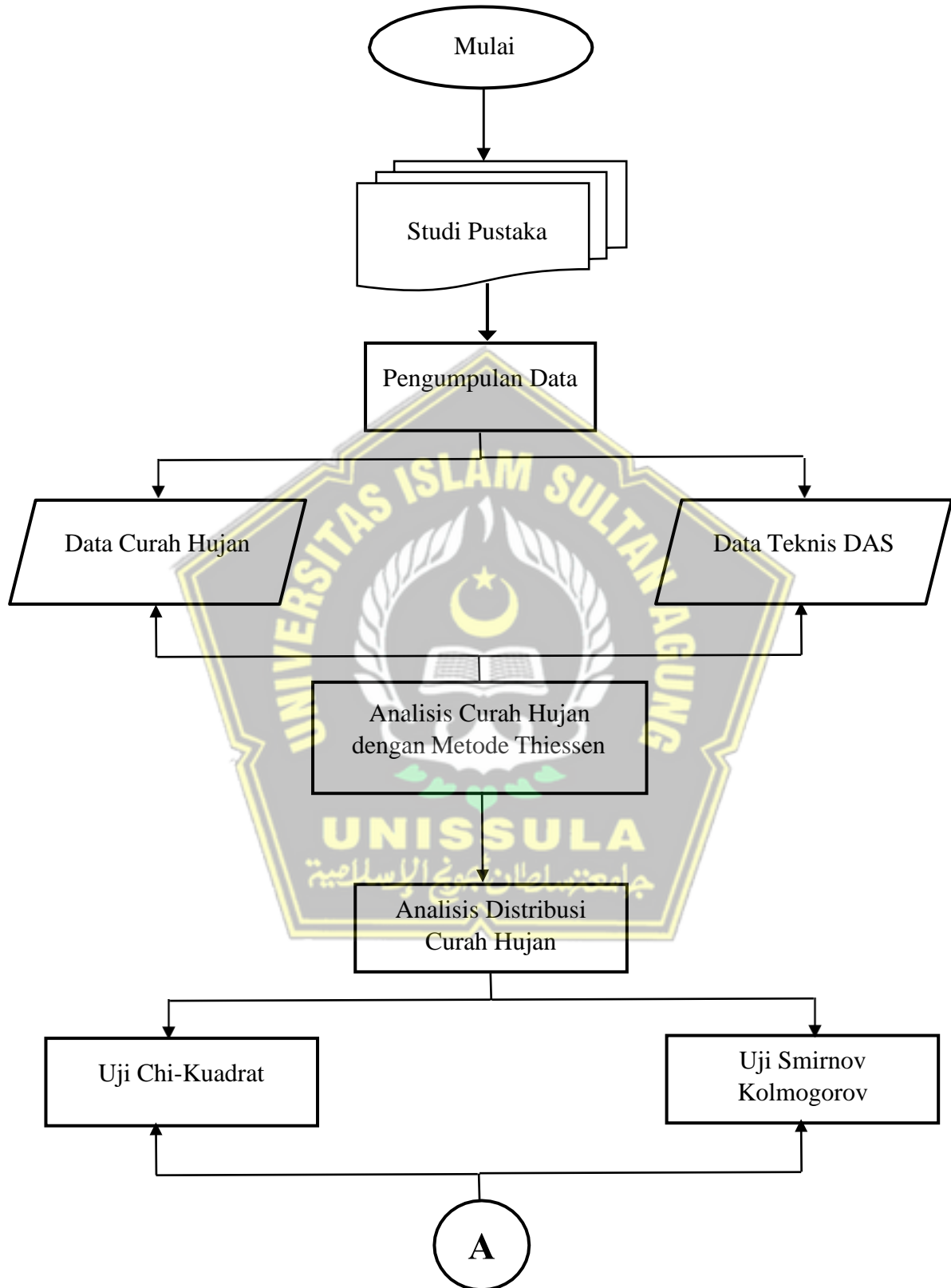
Uji sebaran hujan atau pola distribusi hujan merupakan pola sebaran hujan dimana pencatatan hujan biasanya dilakukan dengan suatu interval waktu tertentu, dimana pada umumnya dilakukan dalam satuan waktu harian, jam-jaman atau menit.

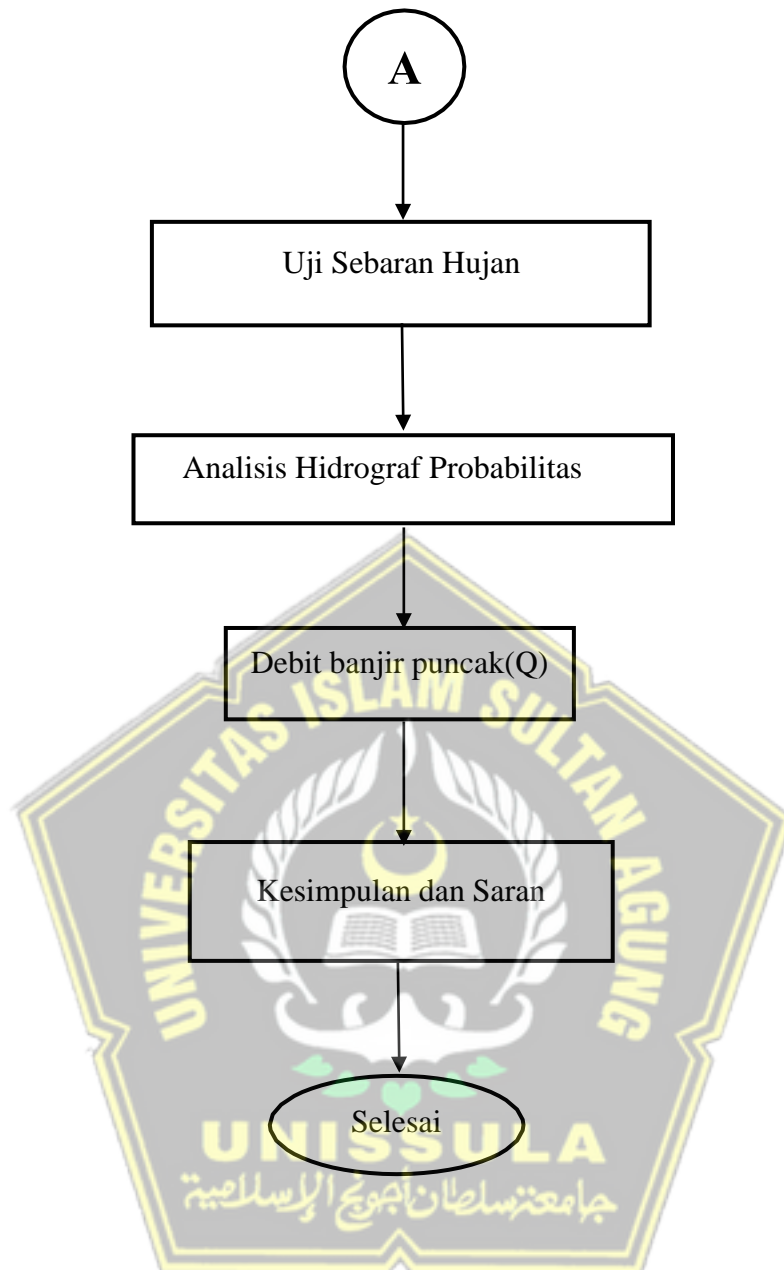
3.5. Hidrograf

Hidrograf adalah grafik yang menunjukkan laju aliran (debit) versus waktu yang melewati suatu titik tertentu di sungai, saluran, atau saluran yang membawa aliran. Laju aliran biasanya dinyatakan dalam meter kubik atau kaki kubik per detik (cms atau cfs). Hidrograf sering menghubungkan perubahan curah hujan dengan perubahan debit seiring waktu. Ini juga bisa merujuk pada grafik yang menunjukkan volume air yang mencapai titik pembuangan tertentu atau lokasi di jaringan saluran pembuangan.



3.6. Diagram Alir





Gambar 3.1. Diagram Alir

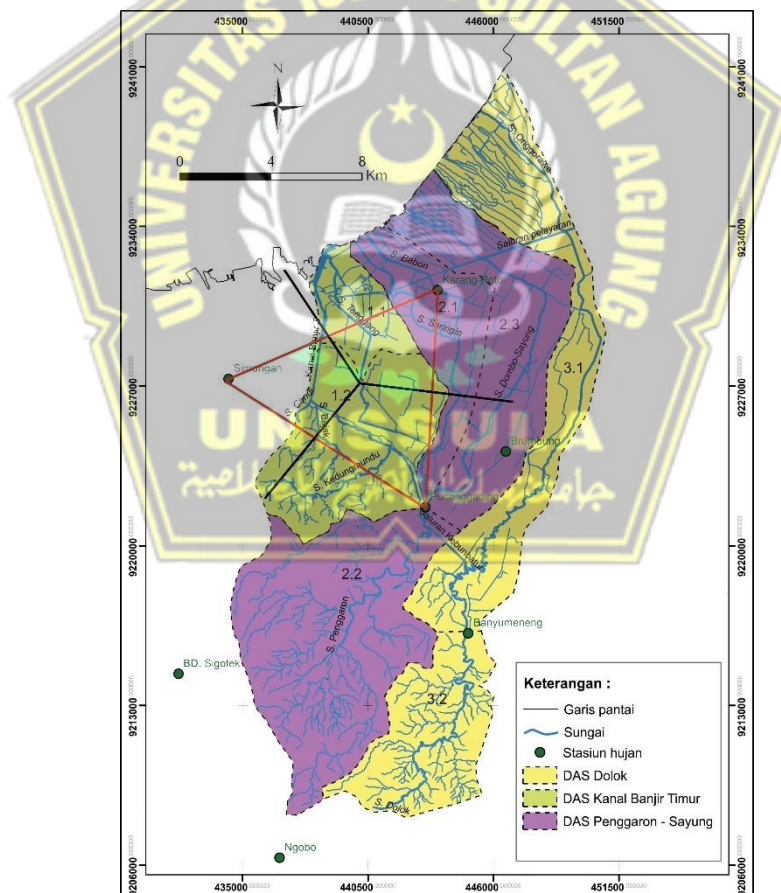
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Curah Hujan Perhitungan Uji Sebaran Hujan Dengan Metode Polygon Thiessen

Metode perhitungan Polygon Thiessen untuk menganalisis hujan rencana. Pada metode ini diperhitungkan nilai curah hujan rata-rata diperoleh dengan cara menjumlahkan pada masing-masing penakar yang mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar.

Gambar 4.1. DAS Banjir Kanal Timur



Tabel 4.1. Luas Pengaruh Pos Stasiun DAS Banjir Kanal Timur

Stasiun	Luas Pengaruh Curah Hujan (Km2)
Sta. Karangroto	10.080
Sta. Pucanggading	28.520
Sta. Simongan	16.420
Total Area	55.020

a. Contoh Perhitungan:

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

$$d = \frac{28,52 \cdot 90 + 10,08 \cdot 135 + 16,42 \cdot 111}{55,020}$$

$$d = 104,51$$

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Nilai Cs Metode Log Pearson Type III

Kala Ulang	Nilai Cs		
	0.3	0.375	0.4
2	-0.05	-0.062	-0.066
5	0.824	0.818	0.816
10	1.309	1.315	1.317
25	1.849	1.872	1.880
50	2.211	2.248	2.261
100	2.544	2.597	2.615
500	2.856	2.926	2.949
1000	3.525	3.634	3.670

b. Menghitung Curah Hujan Rencana (Rn)

Contoh perhitungan untuk Periode Ulang 2 tahun:

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

$$X_t = 107,506 + (-0,062) \times 11,4739$$

$$X_t = 106,795$$

Contoh perhitungan untuk Periode

Ulang 5 tahun:

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

$$X_t = 107,506 + 0,818 \times 11,4739$$

$$X_t = 116,892$$

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson Type III

T	P	S	X	K _t	Hujan Rencana (X _t)(mm)
2	50%	11.4739	107.506	-0.062	106.795
5	20%	11.4739	107.506	0.818	116.892
10	10%	11.4739	107.506	1.315	122.594
25	4%	11.4739	107.506	1.872	128.988
50	5%	11.4739	107.506	2.248	133.305
100	1%	11.4739	107.506	2.597	137.306
1000	0.10%	11.4739	107.506	3.634	149.199

- Curah hujan rata-rata maksimum tahun 2014

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

$$d = \frac{28,52 \cdot 106 + 10,08 \cdot 135 + 16,42 \cdot 125}{55,020}$$

$$d = 116,98$$

- Curah hujan rata-rata maksimum tahun 2015

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

$$d = \frac{28,52 \cdot 105 + 10,08 \cdot 85 + 16,42 \cdot 177}{55,020}$$

$$d = 122,82$$

- Curah hujan rata-rata maksimum tahun 2016

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

$$d = \frac{28,52 \cdot 104 + 10,08 \cdot 110 + 16,42 \cdot 98}{55,020}$$

$$d = 103,31$$

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

No	Tahun	Pos Pucang Gading	Pos Karang Roto	Pos Simongan	Rata-Rata
1	2013	90	135	111	104.51
2	2014	106	135	125	116.98
3	2015	105	85	177	122.82
4	2016	104	110	98	103.31
5	2017	82	100	126	98.43
6	2018	88	98	123	100.28
7	2019	72	116	105	89.91
8	2020	98	93	114	101.86
9	2021	95	137	173.5	126.12
10	2022	107	147	95.3	110.84
Jumlah		947	1156	1247.8	1075.06
Rata-Rata		94.7	115.6	124.78	107.506

4.2. Distribusi Sebaran Curah Hujan

Tabel 4.5. Parameter Statistik Curah Hujan

No	Tahun	Rmax (Xi)	(Xi - X)	(Xi-X)2	(Xi-X)3	(Xi-X)4
1	2013	104.51	-2.99	8.97	-26.85	80.41
2	2014	116.98	9.48	89.82	851.24	8067.45
3	2015	122.82	15.32	234.62	3593.77	55047.06
4	2016	103.31	-4.20	17.62	-73.95	310.39
5	2017	98.43	-9.08	82.39	-747.89	6788.60
6	2018	100.28	-7.23	52.25	-377.72	2730.40
7	2019	89.91	-17.60	309.64	-5448.53	95875.02
8	2020	101.86	-5.65	31.89	-180.08	1016.91
9	2021	126.12	18.62	346.55	6451.44	120099.78
10	2022	110.84	3.33	11.09	36.94	123.04
Jumlah		1075.059905		1184.84	4078.39	290139.06
X		107.5059905		118.48	407.84	29013.91

Pengukuran Dispersi:

a. Standar Deviasi (S)

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

$$S = \sqrt{\frac{1184,84}{9}}$$

$$S = 11,474$$

b. Koefisien Variasi (Cv)

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

$$Cv = \frac{11,474}{107,506}$$

$$Cv = 0,107$$

c. Koefisien Kemiringan/Skewness (Cs)

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

$$Cs = \frac{10}{(10-1)(10-2)(11,474)^3} \times 4078,39$$

$$Cs = 0,375$$

d. Koefisien Kurtosis (Ck)

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

$$Ck = \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3)(11,474)^4} \times 290139,06$$

$$Ck = 3,322$$

Dari parameter statistik, langkah selanjutnya dapat melakukan pemilihan jenis analisis frekuensi dengan membandingkan hasil perhitungan dengan persyaratan yang ada. Dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.6. Syarat Pemilihan Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0	Cs = 0,375	Tidak Memenuhi
		Ck = 3	Ck = 3,322	
2	Gumbel Tipe 1	Cs = 1.1396	Cs = 0,375	Tidak Memenuhi
		Ck = 5.4002	Ck = 3,322	
3	Log Normal	Cs = Cv ³ + 3Cv = 0.641	Cs = 0,375	Tidak Memenuhi
		Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ +15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 3.740	Ck = 3,322	
4	Log Pearson III	Cs≠0	Cs = 0,375	Memenuhi

Hasil penentuan tipe sebaran yang menunjukkan tidak ada parameter statistik dari data pengamatan yang memenuhi syarat ialah menggunakan distribusi Log Pearson Type III.

4.3. Pengujian Kesesuaian Distribusi

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

4.3.1 Uji Kesesuaian Distribusi Dengan Metode Chi-Kuadrat

Langkah untuk menguji kesesuaian distribusi dengan menggunakan metode Chi-Kuadrat sebagai berikut:

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

Tabel 4.7. Urutan Data Hujan Maksimum Tahunan

No	Tahun	R max
1	2019	89.91
2	2017	98.43
3	2018	100.28
4	2020	101.86
5	2016	103.31
6	2013	104.51
7	2022	110.84
8	2014	116.98
9	2015	122.82
10	2021	126.12
Jumlah		1075.059905
X		107.5059905
Jumlah Data		10

b. Menentukan jumlah kelas (G)

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

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

$$G = 4,322$$

$$G = 4$$

c. Mencari nilai Ik

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

$$R (\text{selisih}) = 126,12 - 89,91$$

$$R (\text{selisih}) = 36,21$$

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

$$Ik = \frac{36,21}{10}$$

$$Ik = 3,621$$

d. Mencari nilai sebaran analitis (Ei)

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

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

$$Ei = 2,5$$

$$Ei \times Ik = 2,5 \times 3,621 = 9,053$$

e. Mencari nilai derajat kebebasan

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

(R = 2 untuk distribusi Log Person Type III)

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

$$DK = 1$$

f. Derajat kepercayaan = 5%

g. X^2 tabel = 3,841 (Dari tabel 4.5)

Tabel 4.8. Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi-Kuadrat

Lampiran 6. Nilai Kritis untuk Distribusi Chi - Kuadrat (Uji Satu Sisi)

dk	α derajat kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.00004	0.00016	0.00098	0.00039	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.533	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.638	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

(Sumber : Soewarno, 1995)

h. Perhitungan Untuk Batas Nilai Tiap Kelas:

$$\begin{aligned}
 P1 &= R_{\max} \text{ terkecil} + (E_i \times I_k) \\
 &= 89,91 + 9,053 \\
 &= 98,963,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= P1 + (E_i \times I_k) \\
 &= 98,963 + 9,053 \\
 &= 108,016
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P3 &= P2 + (E_i \times I_k) \\
 &= 108,016 + 9,053 \\
 &= 117,069
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P4 &= P4 + (E_i \times I_k) \\
 &= 117,069 + 9,053 \\
 &= 126,122
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9. Perhitungan Uji Chi Kuadrat

Batas Nilai Tiap Kelas			Ei	Oi	Oi-Ei	(Oi-Ei) ²	(Oi-Ei) ² / Ei
x	<	98.963	2.5	2	-0.5	0.25	0.1
98.963	< X ≤	108.016	2.5	2	-0.5	0.25	0.1
108.016	< X ≤	117.069	2.5	5	2.5	6.25	2.5
117.069	< X ≤	126.122	2.5	1	-1.5	2.25	0.9
Jumlah				10	0	9	3.6

i. Korelasi Hasil Uji Kecocokan

Syarat:

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

$$3,6 < 3,841 \text{ (OKE)}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai Chi-Square (X^2) hitung = 3,6. Batas kritis nilai Chi-Square untuk Dk = 1 dengan derajat kepercayaan 5% dari tabel Chi-Square didapatkan nilai (X^2) kritis = 3,841. Sehingga nilai (X^2) hitung lebih kecil dari (X^2) kritis yaitu $3,6 < 3,841$ maka distribusi Log Pearson III dapat diterima.

4.3.2 Uji Kesesuaian Distribusi dengan Metode Smirnov Kolmogorov

Langkah Pengujian dengan menggunakan metode smirnov Kolmogorov sebagai berikut:

- a. Mengurutkan data dari yang terbesar ke terkecil untuk menghitung nilai standar deviasi (S) dan koefisien skewness (Cs) dan rata-rata (Xrt). Yang diambil dari perhitungan pengukuran dispersi

Tabel 4.10. Urutan Curah Hujan Maksimum Tahunan

No	Tahun	R max
1	2021	126.12
2	2015	122.82
3	2014	116.98
4	2022	110.84
5	2013	104.51
6	2016	103.31
7	2020	101.86
8	2018	100.28
9	2017	98.43
10	2019	89.91
Jumlah		1075.059905
Xrt		107.5059905
S		11,47
Cs		0,375
Jumlah Data		10

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

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Log } X_i (2021) &= \text{Log } (126,12) \\ &= 2,101 \\ \text{Log } X_i (2015) &= \text{Log } (122,82) \\ &= 2,089\end{aligned}$$

Standar Deviasi (S)

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

$$S = \sqrt{\frac{0,019}{9}}$$

$$S = 0,046$$

Koefisien Kemiringan/Skewness (Cs)

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

$$Cs = \frac{10}{(10-1)(10-2)(0,046)^3} \times 0,00001$$

$$Cs = 0,190$$

Tabel 4.11. Perhitungan Nilai S dan Cs

No	(Rmax) Xi Max-Min	Log Xi	(Xi-X)	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³
1	126,12	2,101	0,072	0,005	0,0004
2	122,82	2,089	0,060	0,004	0,0002
3	116,98	2,068	0,039	0,002	0,0001
4	110,84	2,045	0,015	0,000	0,0000
5	104,51	2,019	-0,010	0,000	0,0000
6	103,31	2,014	-0,015	0,000	0,0000
7	101,86	2,008	-0,021	0,000	0,0000
8	100,28	2,001	-0,028	0,001	0,0000
9	98,43	1,993	-0,036	0,001	0,0000
10	89,91	1,954	-0,075	0,006	-0,0004
Jumlah	1075,06	20,292	0,000	0,019	0,0001
X _{rt}	107,506	2,029	0,000	0,002	0,00001
S	11,47	-	-	0,046	-
Cs	0,375	-	-	-	0,190

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

Contoh perhitungan:

Peluang Empiris (Pe)

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

$$\begin{aligned} R_{\max}(2015) &= \text{Urutan } R_{\max} / (n+1) \\ &= 2 / (10+1) \\ &= 0,182 \end{aligned}$$

Menghitung Nilai F(t)

$$F(t)1 = \frac{\log X_i - X_{rt}}{s}$$

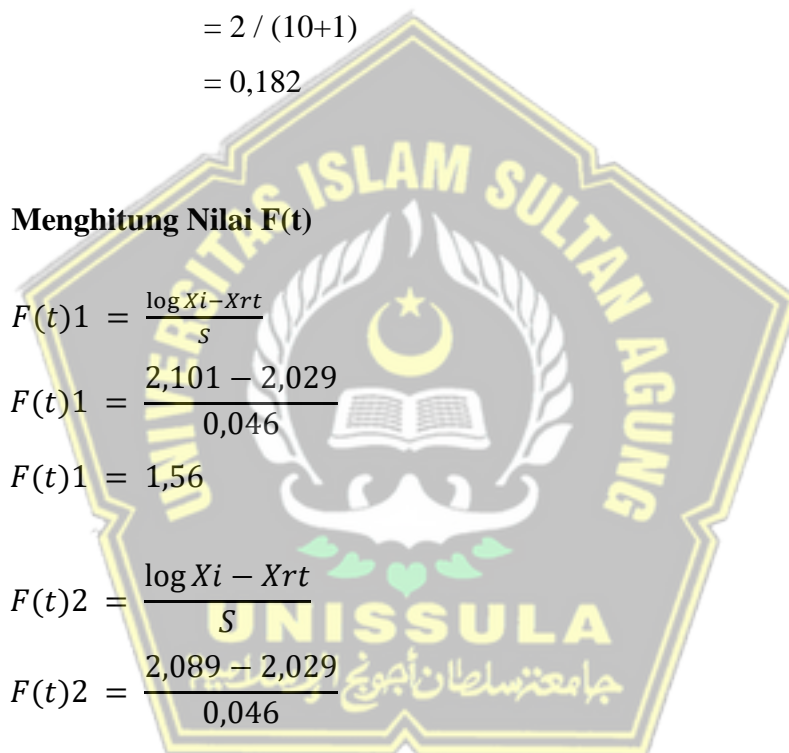
$$F(t)1 = \frac{2,101 - 2,029}{0,046}$$

$$F(t)1 = 1,56$$

$$F(t)2 = \frac{\log X_i - X_{rt}}{s}$$

$$F(t)2 = \frac{2,089 - 2,029}{0,046}$$

$$F(t)2 = 1,31$$



Peluang Teoritis (Pt)

Mencari nilai Cs (1,190) dengan kala ulang 1.01, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000 menggunakan interpolasi. Nilai Cs (0,1) dan Cs (0,2) dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Nilai Cs

Kala Ulang	Nilai Cs		
	0,1	0,2	0,190
1,01	-2,252	-2,175	-2,183
2	-0,017	-0,033	-0,031
5	0,836	0,83	0,831
10	1,292	1,301	1,300
25	1,785	1,818	1,815
50	2,107	2,159	2,154
100	2,4	2,472	2,465
500	2,67	2,763	2,754
1000	3,235	3,38	3,366

Nilai peluang teoritis (Pt) dihitung dengan interpolasi nilai F(t) terhadap nilai Cs (0,190) pada kala ulang

Contoh perhitungan:

- Pt (1) = 0,059 didapatkan dari nilai Ft (1) = 1,56 diantara nilai Cs kala ulang 10 tahun dan 25 tahun

- Pt (2) = 0,067 didapatkan dari nilai Ft (2) = 1,31 diantara nilai Cs kala ulang 10 tahun dan 25 tahun

Menghitung ΔP Maksimum

$$\begin{aligned}\Delta P_{(1)} &= |P_e - P_t| \\ &= |0,91 - 0,059| \\ &= 3,166\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta P_{(2)} &= |P_e - P_t| \\ &= |0,182 - 0,067| \\ &= 11,529\end{aligned}$$

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Uji Sminorv Kolmogorov

No	(Rmax) Xi Max-Min	Log Xi	P_e (Peluang Empiris)	F(t)	Pt (Xi)	$\Delta P =$ $ P_e - P_t $ (%)
1	126,12	2,101	0,091	1,56	0,059	3,166
2	122,82	2,089	0,182	1,31	0,067	11,529
3	116,98	2,068	0,273	0,85	0,051	22,221
4	110,84	2,045	0,364	0,34	0,033	33,084
5	104,51	2,019	0,455	-0,22	0,013	44,108
6	103,31	2,014	0,545	-0,33	0,010	53,578
7	101,86	2,008	0,636	-0,46	0,018	61,834
8	100,28	2,001	0,727	-0,61	0,017	70,993
9	98,43	1,993	0,818	-0,79	0,017	80,165
10	89,91	1,954	0,909	-1,64	0,013	89,649
Jumlah	1075,06	20,292	5,000	Δ_{max} (%)		89,649
Xrt	107,506	2,029				
S	11,47	0,046				
Cs	0,375	0,190				

d. Korelasi hasil uji kecocokan

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

$$n = 0$$

$$\alpha = 5\%$$

$$\Delta_{\text{kritis}} = 41 \text{ (didapat dari Tabel 4.8)}$$

$$\Delta_{\text{max tabel}} = 89,640$$

Syarat:

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

$$89,640 < 41$$

Dari hasil perhitungan diatas, Δ max tabel yang lebih besar daripada Δ kritis sehingga hasilnya tidak memenuhi syarat.

Tabel 4.14. Harga D Kritis Untuk Sminorv Kolmogorov Test

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

Tabel 4.15. Nilai Cs Untuk Nilai Positif

Cs	Kala Ulang											
	1,0101	1,0526	1,1111	1,25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Percent Chance											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.2	-2.175	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.250
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.006	2.585	3.087	3.575	4.680
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.3	-1.388	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745	4.965
1.4	-1.318	-1.163	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910	5.250
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069	5.525
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223	5.785
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372	6.055
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.454	6.200
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515	6.333
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	6.467
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.730
2.7	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.097	3.932	4.783	6.860
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847	6.990
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909	7.120
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250

Sumber : CD Soemarto, Hidrologi Teknik

Tabel 4.16. Nilai Cs Untuk Nilai Negatif

Cs	Kala Ulang											
	1,0101	1,0526	1,1111	1,25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Percent Chance											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.1	-3.087	-1.894	-1.341	-0.745	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581	1.713
-1.2	-3.149	-1.190	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.3	-3.211	-1.925	-1.339	-0.719	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424	1.545
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.5	-3.330	-1.951	-1.333	-0.690	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.318	1.351	1.373
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.7	-3.444	-1.972	-1.324	-0.660	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155	1.205
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-1.9	-3.553	-1.989	-1.310	-0.627	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044	1.065
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.1	-3.656	-2.001	-1.294	-0.592	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949	0.955
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.3	-3.753	-2.009	-1.274	-0.555	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869	0.874
-2.4	-3.800	-2.011	-1.262	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833	0.838
-2.5	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-2.6	-3.889	-2.013	-1.238	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.775
-2.7	-3.932	-2.012	-1.224	-0.479	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741	0.748
-2.8	-3.973	-2.010	-1.210	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.722
-2.9	-4.013	-2.007	-1.195	-0.440	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690	0.695
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.390	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Sumber : CD Soemarto, Hidrologi Teknik

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 Kala Ulang 2 Tahun

Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Log Pearson Type III

T	P	S	X	Kt	Hujan Rencana (Xt)(mm)
2	50%	18,692	88,732	-0,062	87,573
5	20%	18,692	88,732	0,818	104,022
10	10%	18,692	88,732	1,315	113,312
25	4%	18,692	88,732	1,872	123,728
50	5%	18,692	88,732	2,248	130,761
100	1%	18,692	88,732	2,597	137,280
1000	0,10%	18,692	88,732	3,634	156,654

a. Jam ke-1

$$\text{Intensitas (I) atau } R_t = \left(\frac{R_{24}}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3}$$

$$\text{Intensitas (I) atau } R_t = \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(\frac{5}{2}\right)^{2/3}$$

$$\text{Intensitas (I) atau } R_t = 0,585 R_{24}$$

$$R_T = T \times R_t - (T-1) \times R(T-1)$$

$$R_T = 1 \times 0,585 - (1-1) \times (1-1)$$

$$R_T = 0,585$$

$$R_n = C \times R_{24}$$

$$R_n = 0,7 \times 87,573$$

$$R_n = 61,301 \text{ mm}$$

$$R_e = R_t \times R_n$$

$$R_e = 0,585 \times 61,301$$

$$R_e = 35,849 \text{ mm}$$

b. Jam Ke-2

$$\text{Intensitas (I) atau } R_t = \left(\frac{R24}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3}$$

$$\text{Intensitas (I) atau } R_t = \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(\frac{5}{2}\right)^{2/3}$$

$$\text{Intensitas (I) atau } R_t = 0,368 R24$$

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

$$RT = 1 \times 0,368 - (1 - 1) \times (1 - 1)$$

$$RT = 0,368$$

$$R_n = C \times R24$$

$$R_n = 0,7 \times 104,022$$

$$R_n = 61,301 \text{ mm}$$

$$R_e = R_t \times R_n$$

$$R_e = 0,368 \times 61,301$$

$$R_e = 22,584 \text{ mm}$$

c. Jam Ke-3

$$\text{Intensitas (I) atau } R_t = \left(\frac{R24}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3}$$

$$\text{Intensitas (I) atau } R_t = \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(\frac{5}{2}\right)^{2/3}$$

$$\text{Intensitas (I) atau } R_t = 0,281 R24$$

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

$$RT = 1 \times 0,281 - (1 - 1) \times (1 - 1)$$

$$RT = 0,281$$

$$R_n = C \times R24$$

$$R_n = 0,7 \times 113,312$$

$$R_n = 79,3184 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Re &= Rt \times Rn \\
 Re &= 0,281 \times 79,3184 \\
 Re &= 22,2884 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. Jam Ke-4

$$\text{Intensitas (I) atau Rt} = \left(\frac{R24}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3}$$

$$\text{Intensitas (I) atau Rt} = \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(\frac{5}{2}\right)^{2/3}$$

$$\text{Intensitas (I) atau Rt} = 0,232 R24$$

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

$$RT = 1 \times 0,232 - (1 - 1) \times (1 - 1)$$

$$RT = 0,232$$

$$Rn = C \times R24$$

$$Rn = 0,7 \times 123,728$$

$$Rn = 86,6096 \text{ mm}$$

$$Re = Rt \times Rn$$

$$Re = 0,232 \times 86,6096$$

$$Re = 20,0934 \text{ mm}$$

e. Jam Ke-5

$$\text{Intensitas (I) atau Rt} = \left(\frac{R24}{t}\right) \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3}$$

$$\text{Intensitas (I) atau Rt} = \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(\frac{5}{2}\right)^{2/3}$$

$$\text{Intensitas (I) atau Rt} = 0,200 R24$$

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

$$RT = 1 \times 0,200 - (1 - 1) \times (1 - 1)$$

$$RT = 0,200$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= C \times R_{24} \\
 R_n &= 0,7 \times 130,761 \\
 R_n &= 91,5327 \text{ mm} \\
 \\
 R_e &= R_t \times R_n \\
 R_e &= 0,200 \times 91,5327 \\
 R_e &= 18,3065 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.18. Nilai Rasio Hujan Harian Maksimum

Waktu Hujan/Jam	1	2	3	4	5
Rasio/RT	0.585	0.152	0.107	0.085	0.072

4.4.2 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn)

Nilai C diambil 0.70 (Tabel 4.21) karena DAS terletak di daerah pegunungan tersier.

Tabel 4.19. 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 (R_n) untuk periode ulang 2 tahun

$$R_n = C \times R$$

$$R_n = 0,7 \times 87,57$$

$$R_n = 61,30 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 4.19.

Tabel 4.20. Curah Hujan Rencana Efektif (R_n)

Periode Ulang (Th)		2	5	10	25	50	100	1000
Koefisien Pengaliran	C	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Curah Hujan Rencana	R	87.57	104.02	113.31	123.73	130.76	137.28	156.65
Curah Hujan Rencana Efektif (R_n)	R_n	61.30	72.82	79.32	86.61	91.53	96.10	109.66

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

$$RT = 0.585 \times R_n$$

$$= 0.585 \times 61,30$$

$$= 35,8605 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 4.23.

Tabel 4.21. Distribusi Hujan Efektif Jam-Jaman

Periode Ulang	Rn	Rasio Sebaran Hujan (RT)				
		0.585	0.152	0.107	0.085	0.072
2	61.30	35.85	9.32	6.54	5.20	4.39
5	72.82	42.58	11.07	7.76	6.18	5.22
10	79.32	46.39	12.06	8.46	6.73	5.69
25	86.61	50.65	13.16	9.23	7.35	6.21
50	91.53	53.53	13.91	9.76	7.77	6.56
100	96.10	56.20	14.61	10.25	8.16	6.89
1000	109.66	64.13	16.67	11.69	9.31	7.86
PMF	340.59	199.18	51.77	36.32	28.91	24.41

4.4.3 Hasil Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana Metode Hss Nakayasu

Luas DAS (A) = 54,7 km²

Panjang Sungai (L) = 17,8 km

C (Koefisien Pengaliran) = 0.7

R0 = 1 mm (hujan satuan)

Waktu Kelambatan (Tg) untuk L < 15 km

$$\begin{aligned}
 Tg &= 0.4 + 0,058 \times L \\
 &= 0.4 + 0,058 \times 17,8 \\
 &= 1,4324 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Waktu Durasi Hujan (T_r)

$$\begin{aligned} T_r &= 0.5 T_g \text{ s/d } 1.0 T_g \\ &= 1.0 \times 1,4324 \\ &= 1,4324 \text{ jam} \end{aligned}$$

Waktu Puncak (T_p)

$$\begin{aligned} T_p &= T_g + 0.8 \times T_r \\ &= 1,4324 + 0.8 \times 1,432 \\ &= 2,578 \text{ jam} \end{aligned}$$

Koefisien α

$$\alpha = 1.5 - 3.0$$

$$\text{nilai } \alpha = 2$$

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

$$\begin{aligned} T_{0.3} &= \alpha \times T_g \\ &= 2 \times 1,4324 \\ &= 2,865 \text{ jam} \end{aligned}$$

Satuan Kedalaman Hujan

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

Debit Puncak Hidrograf

$$Q_{Maks} = \frac{1}{3,6} \times A \times \frac{R_o}{(0,3 \times T_p + T_{0,3})}$$

$$Q_{Maks} = \frac{1}{3,6} \times A \times \frac{R_o}{(0,3 \times T_p + T_{0,3})}$$

$$Q_{Maks} = 4,176 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$T_p + T_{0,3} = 2,578 + 2,865$$

$$= 5,443$$

$$T_p + T_{0,3} + 1,5 \times T_{0,3} = 2,578 + 2,865 + 1,5 \times 2,865$$

$$= 9,760$$

$$T_p + T_{0,3} + 1,5 \times T_{0,3} + 2 T_{0,3} = 2,578 + 2,865 + 1,5 \times 2,865 + 2 \times 2,865$$

$$= 15,470$$

Persamaan Hidrograf Satuan Untuk Kurva Naik

$$0 < t < T_p \Rightarrow 0 \leq t \leq 2,578$$

Persamaan Hidrograf Satuan Untuk Kurva Turun

$$\text{Nilai} = T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3}) \Rightarrow 2,578 \leq t \leq 5,443$$

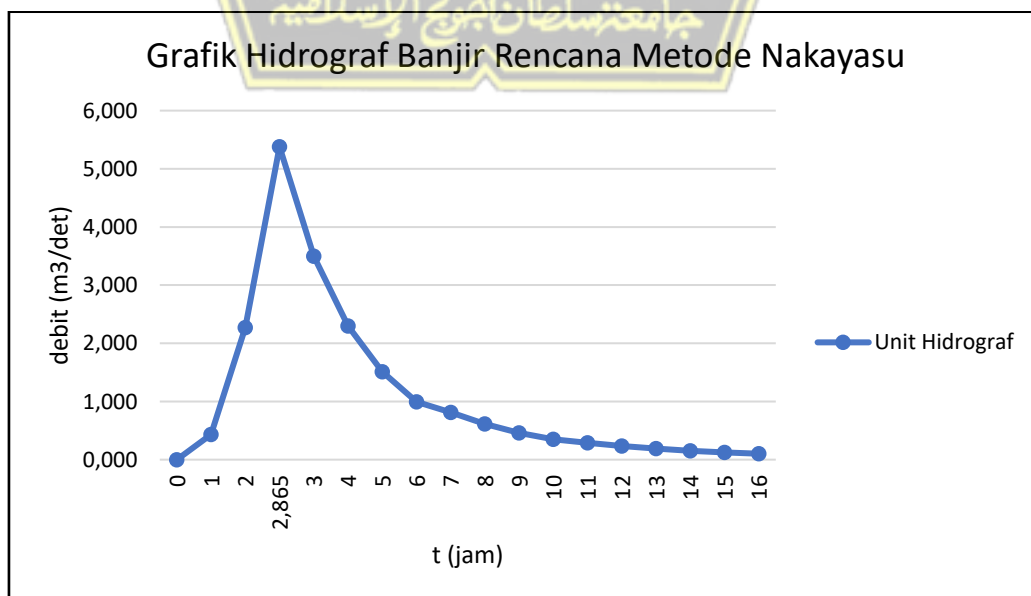
$$\text{Nilai} = (T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$\Rightarrow 5,443 \leq t \leq 9,740$$

$$\text{Nilai} = 1,5 T_{0,3} > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$\Rightarrow 9,740 \leq t \leq 15,470$$

Gambar 4.2. Grafik Ordinat Hidrograf Satuan



Tabel 4.22. Ordinat Hidrograf Satuan

Time	Rumus	Unit Hidrograf (q)
		m ³ /dt/mm
0	$Q_p \cdot (t/T_p)^{2.4}$	0,000
1		0,430
2		2,270
2,865		5,379
3		3,498
4	$Q_p \cdot 0.3^{((t-T_p)/T_{0.3})}$	2,298
5		1,509
6		0,991
7		0,810
8		0,612
9		0,462
10		0,349
11	$Q_p \cdot 0.3^{((t-T_p+1.5 \cdot T_{0.3})/(2 \cdot T_{0.3}))}$	0,288
12		0,234
13		0,189
14		0,154
15		0,124
16		0,101

Dari tabel ordinat hidrograf satuan, debit puncak terjadi pada puncak terjadi pada waktu 2,865 jam, dengan unit hidograf sebesar 5,379 m³/detik/mm.

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

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

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

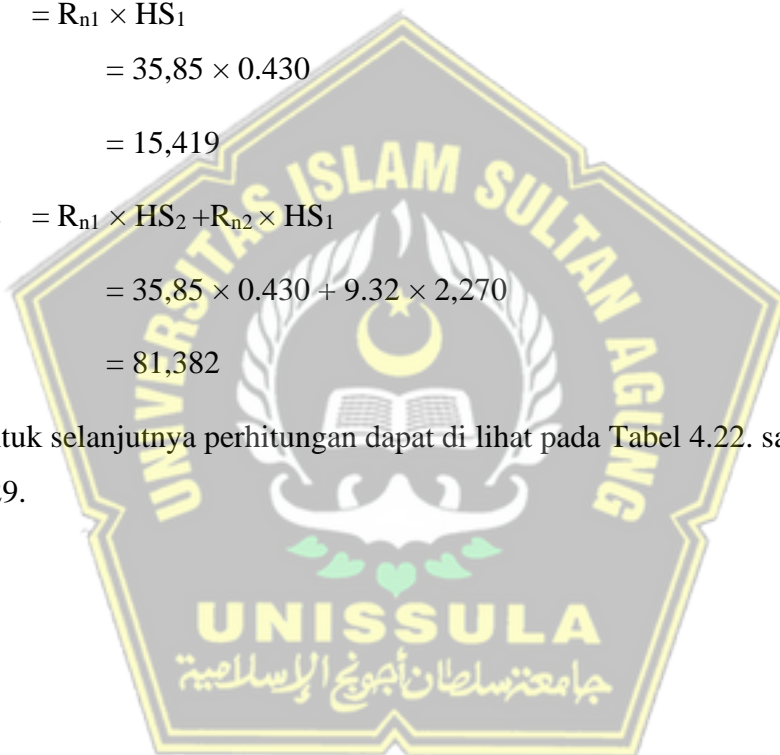
$$Q_3 = R_{n1} \times HS_3 + R_{n2} \times HS_1 + R_{n1} \times HS_1$$

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

$$\begin{aligned} Q_1 &= R_{n1} \times HS_1 \\ &= 35,85 \times 0,430 \\ &= 15,419 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= R_{n1} \times HS_2 + R_{n2} \times HS_1 \\ &= 35,85 \times 0,430 + 9,32 \times 2,270 \\ &= 81,382 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya perhitungan dapat di lihat pada Tabel 4.22. sampai Tabel 4.29.



Tabel 4.23. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 2 Tahun

t (jam)	Unit	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
	Hidrograf	1	2	3	4	5	
	(m ³ /dt/mm)	35,85	9,32	6,54	5,20	4,39	
0	0,000	0					0
1	0,430	15,419	0,000				15,419
2	2,270	81,382	4,008	0,000			85,390
3	5,379	192,822	21,153	2,811	0,000		216,786
4	3,498	125,401	50,118	14,838	2,238	0,000	192,596
5	2,298	82,373	32,594	35,157	11,813	1,890	163,827
6	1,509	54,108	21,410	22,864	27,988	9,975	136,347
7	0,991	35,542	14,064	15,019	18,202	23,635	106,462
8	0,810	29,037	9,238	9,865	11,957	15,371	75,468
9	0,612	21,942	7,547	6,480	7,854	10,097	53,920
10	0,462	16,580	5,703	5,294	5,159	6,632	39,369
11	0,349	12,529	4,310	4,001	4,215	4,357	29,410
12	0,288	10,341	3,257	3,023	3,185	3,559	23,364
13	0,234	8,381	2,688	2,284	2,407	2,689	18,449
14	0,189	6,793	2,178	1,885	1,819	2,032	14,707
15	0,154	5,505	1,766	1,528	1,501	1,536	11,835
16	0,124	4,462	1,431	1,238	1,217	1,268	9,615
17	0,101	3,616	1,160	1,004	0,986	1,027	7,793
18	0,000	0,000	0,940	0,814	0,799	0,833	3,385
19	0,000	0,000	0,000	0,659	0,648	0,675	1,982
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,525	0,547	1,072
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,443	0,443
Jumlah							1207,640

Tabel 4.24. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 5 Tahun

t (jam)	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
		1	2	3	4	5	
		42,58	11,07	7,76	6,18	4,39	
0	0,000	0,000					0,000
1	0,430	18,315	0,000				18,315
2	2,270	96,668	4,761	0,000			101,429
3	5,379	229,040	25,126	3,339	0,000		257,505
4	3,498	148,955	59,532	17,625	2,658	0,000	228,771
5	2,298	97,845	38,717	41,760	14,032	1,890	194,243
6	1,509	64,272	25,432	27,159	33,245	9,975	160,083
7	0,991	42,218	16,706	17,840	21,621	23,635	122,020
8	0,810	34,491	10,973	11,719	14,202	15,371	86,756
9	0,612	26,063	8,965	7,698	9,329	10,097	62,151
10	0,462	19,694	6,774	6,289	6,128	6,632	45,518
11	0,349	14,882	5,119	4,752	5,006	4,357	34,116
12	0,288	12,283	3,868	3,591	3,783	3,559	27,084
13	0,234	9,955	3,193	2,713	2,859	2,689	21,409
14	0,189	8,068	2,588	2,240	2,160	2,032	17,088
15	0,154	6,539	2,097	1,815	1,783	1,536	13,770
16	0,124	5,300	1,700	1,471	1,445	1,268	11,183
17	0,101	4,295	1,378	1,192	1,171	1,027	9,064
18	0,000	0,000	1,116	0,966	0,949	0,833	3,865
19	0,000	0,000	0,000	0,783	0,769	0,675	2,227
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,623	0,547	1,170
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,443	0,443
Jumlah							1418,213

Tabel 4.25. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 10 Tahun

t (jam)	Unit	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
	Hidrograf	1	2	3	4	5	
	(m ³ /dt/mm)	46,39	12,06	8,46	6,73	5,69	
0	0,000	0,000					0,000
1	0,430	19,951	0,000				19,951
2	2,270	105,301	5,186	0,000			110,487
3	5,379	249,495	27,370	3,638	0,000		280,502
4	3,498	162,258	64,849	19,199	2,896	0,000	249,202
5	2,298	106,583	42,174	45,490	15,285	2,445	211,977
6	1,509	70,012	27,703	29,584	36,215	12,907	176,421
7	0,991	45,989	18,197	19,433	23,552	30,582	137,753
8	0,810	37,571	11,953	12,765	15,471	19,889	97,649
9	0,612	28,391	9,765	8,385	10,162	13,064	69,768
10	0,462	21,453	7,379	6,850	6,675	8,582	50,940
11	0,349	16,211	5,576	5,176	5,453	5,637	38,054
12	0,288	13,380	4,214	3,912	4,121	4,605	30,231
13	0,234	10,844	3,478	2,956	3,114	3,480	23,872
14	0,189	8,789	2,819	2,440	2,353	2,630	19,030
15	0,154	7,123	2,284	1,977	1,942	1,987	15,314
16	0,124	5,773	1,851	1,602	1,574	1,640	12,441
17	0,101	4,679	1,501	1,299	1,276	1,329	10,083
18	0,000	0,000	1,216	1,053	1,034	1,077	4,380
19	0,000	0,000	0,000	0,853	0,838	0,873	2,564
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,679	0,708	1,387
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,574	0,574
Jumlah							1562,581

Tabel 4.26. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 25 Tahun

t (jam)	Unit	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
	Hidrograf	1	2	3	4	5	
	(m ³ /dt/mm)	50,65	13,16	9,23	7,35	6,21	
0	0,000	0,000					0,000
1	0,430	21,785	0,000				21,785
2	2,270	114,981	5,662	0,000			120,644
3	5,379	272,429	29,886	3,972	0,000		306,287
4	3,498	177,173	70,810	20,964	3,162	0,000	272,110
5	2,298	116,381	46,051	49,672	16,690	2,670	231,463
6	1,509	76,447	30,250	32,304	39,544	14,094	192,638
7	0,991	50,216	19,870	21,219	25,717	33,393	150,416
8	0,810	41,025	13,052	13,939	16,893	21,717	106,625
9	0,612	31,000	10,663	9,156	11,096	14,265	76,181
10	0,462	23,425	8,058	7,480	7,289	9,371	55,622
11	0,349	17,701	6,089	5,652	5,955	6,155	41,552
12	0,288	14,610	4,601	4,271	4,500	5,029	33,010
13	0,234	11,841	3,797	3,227	3,400	3,800	26,066
14	0,189	9,597	3,078	2,664	2,569	2,871	20,779
15	0,154	7,778	2,494	2,159	2,121	2,170	16,722
16	0,124	6,304	2,022	1,750	1,719	1,791	13,585
17	0,101	5,109	1,639	1,418	1,393	1,451	11,010
18	0,000	0,000	1,328	1,149	1,129	1,176	4,783
19	0,000	0,000	0,000	0,932	0,915	0,953	2,800
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,742	0,773	1,514
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,626	0,626
Jumlah							1706,220

Tabel 4.27. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 50 Tahun

t (jam)	Unit	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
	Hidrograf	1	2	3	4	5	
	(m ³ /dt/mm)	53,53	13,91	9,76	7,77	6,56	
0	0,000	0,000					0,000
1	0,430	23,023	0,000				23,023
2	2,270	121,517	5,984	0,000			127,501
3	5,379	287,915	31,585	4,198	0,000		323,697
4	3,498	187,244	74,835	22,156	3,342	0,000	287,577
5	2,298	122,996	48,669	52,495	17,638	2,822	244,620
6	1,509	80,793	31,969	34,140	41,791	14,895	203,588
7	0,991	53,071	21,000	22,426	27,179	35,291	158,966
8	0,810	43,357	13,794	14,731	17,853	22,951	112,686
9	0,612	32,762	11,269	9,676	11,727	15,076	80,511
10	0,462	24,757	8,516	7,905	7,703	9,903	58,784
11	0,349	18,708	6,435	5,974	6,293	6,505	43,914
12	0,288	15,440	4,862	4,514	4,756	5,314	34,887
13	0,234	12,514	4,013	3,411	3,594	4,016	27,548
14	0,189	10,142	3,253	2,815	2,715	3,035	21,960
15	0,154	8,220	2,636	2,282	2,241	2,293	17,672
16	0,124	6,662	2,137	1,849	1,816	1,893	14,357
17	0,101	5,400	1,732	1,499	1,472	1,534	11,636
18	0,000	0,000	1,403	1,215	1,193	1,243	5,055
19	0,000	0,000	0,000	0,985	0,967	1,008	2,959
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,784	0,817	1,600
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,662	0,662
Jumlah							1803,204

Tabel 4.28. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 100 Tahun

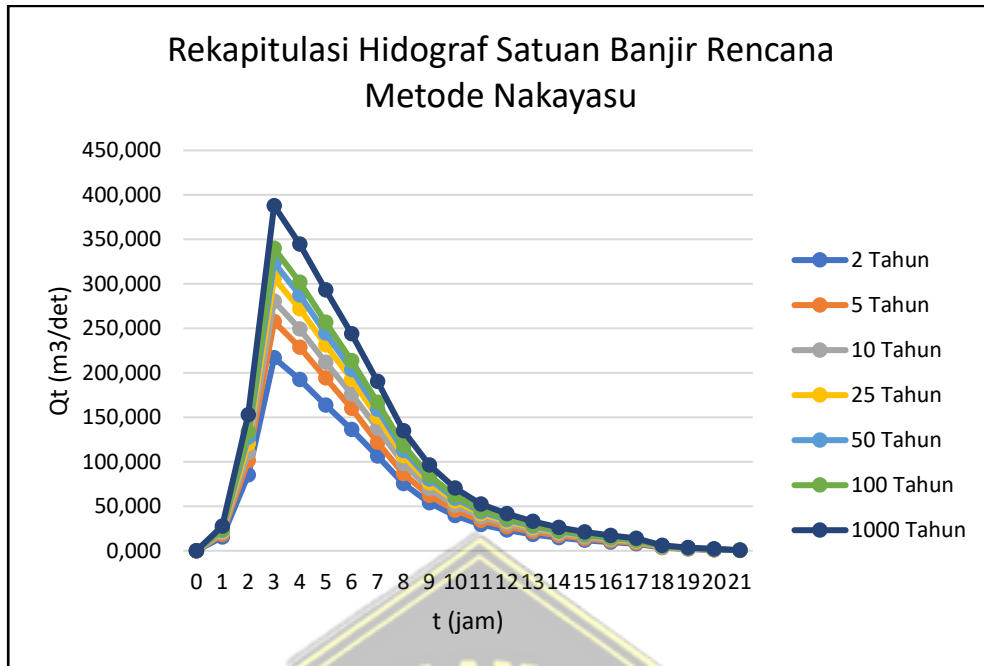
t (jam)	Unit	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
	Hidrograf	1	2	3	4	5	
	(m ³ /dt/mm)	56,20	14,61	10,25	8,16	6,89	
0	0,000	0,000					0,000
1	0,430	24,171	0,000				24,171
2	2,270	127,575	6,283	0,000			133,857
3	5,379	302,268	33,159	4,407	0,000		339,834
4	3,498	196,579	78,566	23,261	3,508	0,000	301,914
5	2,298	129,127	51,095	55,112	18,518	2,963	256,815
6	1,509	84,820	33,563	35,842	43,875	15,637	213,737
7	0,991	55,716	22,047	23,544	28,534	37,050	166,891
8	0,810	45,518	14,482	15,465	18,743	24,096	118,304
9	0,612	34,396	11,831	10,159	12,312	15,828	84,525
10	0,462	25,991	8,940	8,299	8,087	10,397	61,715
11	0,349	19,640	6,756	6,271	6,607	6,829	46,104
12	0,288	16,210	5,105	4,739	4,993	5,579	36,626
13	0,234	13,138	4,213	3,581	3,773	4,216	28,921
14	0,189	10,648	3,415	2,956	2,851	3,186	23,055
15	0,154	8,630	2,768	2,395	2,353	2,407	18,553
16	0,124	6,994	2,243	1,941	1,907	1,987	15,073
17	0,101	5,669	1,818	1,573	1,546	1,610	12,216
18	0,000	0,000	1,473	1,275	1,253	1,305	5,307
19	0,000	0,000	0,000	1,034	1,015	1,058	3,107
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,823	0,857	1,680
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,695	0,695
Jumlah							1893,099

Tabel 4.29. Hidrograf Satuan Banjir Kala Ulang 1000 Tahun

t (jam)	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	Curah Hujan Jam Jaman(mm/jam)					Debit Banjir (m ³ /det)
		1	2	3	4	5	
			64,13	16,67	11,69	9,31	7,86
0	0,000	0,000					0,000
1	0,430	27,582	0,000				27,582
2	2,270	145,579	7,169	0,000			152,749
3	5,379	344,927	37,839	5,029	0,000		387,795
4	3,498	224,322	89,654	26,543	4,004	0,000	344,523
5	2,298	147,351	58,306	62,890	21,131	3,381	293,059
6	1,509	96,791	38,300	40,900	50,067	17,844	243,902
7	0,991	63,579	25,158	26,866	32,561	42,279	190,444
8	0,810	51,942	16,526	17,648	21,388	27,496	135,000
9	0,612	39,250	13,501	11,592	14,049	18,062	96,454
10	0,462	29,659	10,202	9,470	9,229	11,864	70,424
11	0,349	22,412	7,709	7,156	7,539	7,793	52,610
12	0,288	18,498	5,825	5,408	5,697	6,367	41,795
13	0,234	14,992	4,808	4,086	4,305	4,811	33,003
14	0,189	12,151	3,897	3,373	3,253	3,635	26,309
15	0,154	9,848	3,158	2,733	2,685	2,747	21,172
16	0,124	7,982	2,560	2,215	2,176	2,267	17,200
17	0,101	6,469	2,075	1,796	1,764	1,838	13,940
18	0,000	0,000	1,681	1,455	1,429	1,489	6,055
19	0,000	0,000	0,000	1,179	1,159	1,207	3,545
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,939	0,978	1,917
21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,793	0,793
Jumlah							2160,271

Tabel 4.30. Rekapitulasi Hidrograf Satuan Banjir

t (jam)	Debit (Q) Periode Ulang (m ³ /detik)						
	2	5	10	25	50	100	1000
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	15,419	18,315	19,951	21,785	23,023	24,171	27,582
2	85,390	101,429	110,487	120,644	127,501	133,857	152,749
3	216,786	257,505	280,502	306,287	323,697	339,834	387,795
4	192,596	228,771	249,202	272,110	287,577	301,914	344,523
5	163,827	194,243	211,977	231,463	244,620	256,815	293,059
6	136,347	160,083	176,421	192,638	203,588	213,737	243,902
7	106,462	122,020	137,753	150,416	158,966	166,891	190,444
8	75,468	86,756	97,649	106,625	112,686	118,304	135,000
9	53,920	62,151	69,768	76,181	80,511	84,525	96,454
10	39,369	45,518	50,940	55,622	58,784	61,715	70,424
11	29,410	34,116	38,054	41,552	43,914	46,104	52,610
12	23,364	27,084	30,231	33,010	34,887	36,626	41,795
13	18,449	21,409	23,872	26,066	27,548	28,921	33,003
14	14,707	17,088	19,030	20,779	21,960	23,055	26,309
15	11,835	13,770	15,314	16,722	17,672	18,553	21,172
16	9,615	11,183	12,441	13,585	14,357	15,073	17,200
17	7,793	9,064	10,083	11,010	11,636	12,216	13,940
18	3,385	3,865	4,380	4,783	5,055	5,307	6,055
19	1,982	2,227	2,564	2,800	2,959	3,107	3,545
20	1,072	1,170	1,387	1,514	1,600	1,680	1,917
21	0,443	0,443	0,574	0,626	0,662	0,695	0,793

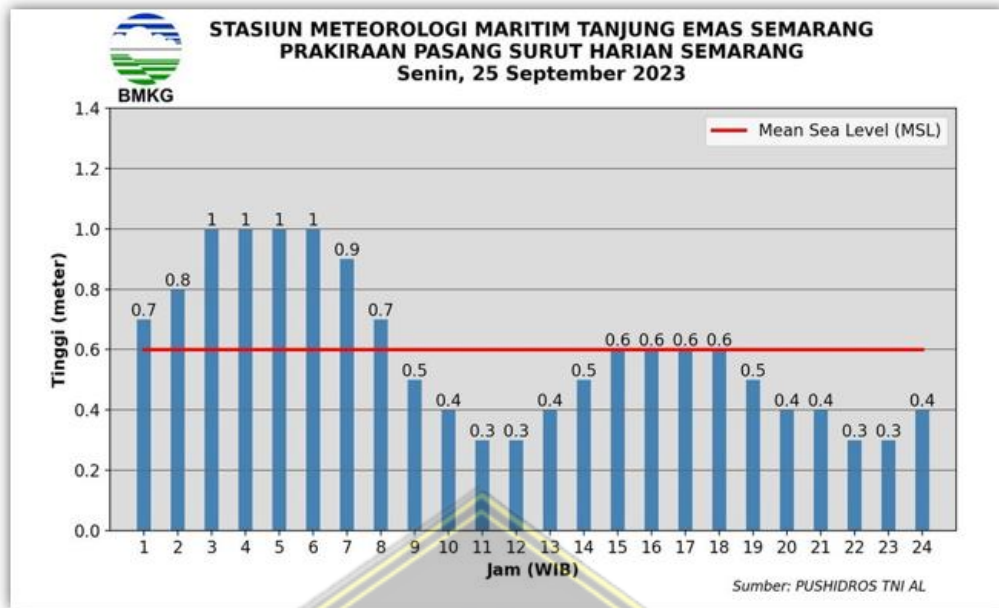


Gambar 4.3. Grafik Rekapitulasi Satuan Banjir Rencana Metode Nakayasu

Grafik diatas merupakan rekapitulasi hidrograf satuan banjir rencana metode nakayasu, dengan debit puncak terjadi pada jam ke 5, dengan debit banjir pada kala ulang 2 tahun sebesar 534,372 m³/detik, pada kala ulang 5 tahun sebesar 643,388 m³/detik, pada kala ulang 10 tahun sebesar 691,430 m³/detik, pada kala ulang 25 tahun sebesar 754,990 m³/detik, pada kala ulang 50 tahun sebesar 797,904 m³/detik, pada kala ulang 100 tahun sebesar 837,682 m³/detik, pada kala ulang 1000 tahun sebesar 955,904 m³/detik.

4.5 Elevasi Tertinggi Pasang

Pasang surut adalah peristiwa perubahan tinggi dan rendahnya permukaan laut karena gaya gravitasi benda-benda astronomi, khususnya Matahari dan Bulan. Perubahan ketinggian air laut ini terjadi ketika gaya gravitasi benda-benda tersebut mempengaruhi Bumi. Pasang adalah fase di mana permukaan air laut naik, sementara surut adalah fase di mana permukaan air laut turun. Karena Bumi berotasi, setiap lokasi mengalami dua siklus pasang dan dua siklus surut dalam satu hari. Berikut grafik prakiraan pasang surut harian stasiun meteorologi maritim Tanjung Emas Semarang pada hari Senin, 25 September 2023.



Gambar 4.4. Grafik Pasang Surut Harian

Grafik diatas merupakan prakiraan pasang surut harian, dengan debit puncak terjadi pada jam ke 3,4, 5 dan 6 sebesar 1m, dan debit terendah pada jam 11 dan 12 sebesar 0,3m. Dikarenakan sudah adanya bendung karet maka perhitungan pasang surut tidak terlalu di perhitungkan dalam analisis kolam retensi Banjir Kanal Timur.

4.6 Analisa Hidrolika Kolam Retensi Berdasarkan Perhitungan DAS

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui potensi debit kolam retensi yang dihitung berdasarkan hasil selisih antar debit banjir kala ulang dengan debit kapasitas tiap penampang sungai. Debit banjir kala ulang mempunyai hubungan dengan waktu puncak banjir artinya curah hujan yang jatuh ke luasan DAS dengan intensitas curah hujan yang tinggi dari titik awal sampai titik tinjauan mengakibatkan waktu normal berubah menjadi waktu puncak banjir. Lama waktu puncak banjir menjadi dasar dalam menganalisa volume kolam retensi sehingga besarnya debit kolam retensi yang mengalir dapat ditampung dengan rencana dimensi volume kolam. Hasil analisa debit kolam retensi ditampilkan pada tabel 4.35.

Tabel 4.31. Hasil Analisa Debit Kolam Retensi

Debit Banjir Kala Ulang (Tahun)	Q Kolam Retensi (m ³ /det)
2	216,786
5	257,505
10	280,502
25	306,287
50	323,697
100	339,834
1000	2160,270

Untuk analisa kolam retensi memanjang sungai (long storage detention pond) digunakan debit kala ulang Q1000 dengan nilai 339,834 m³/det. Waktu awal banjir yaitu T_g = 1,4324, Puncak banjir T_p = 3,69 jam, dan Normal T_r = 1,4324 Jam.

Volume Kolam Retensi

$$\begin{aligned} &= Q \text{ kolam retensi} \times (\text{Waktu Normal} - \text{Waktu Awal Banjir}) \\ &= 2160,270 \text{ m}^3/\text{det} \times (3,69 - 1,432) \text{ jam} \\ &= 2160,270 \text{ m}^3/\text{det} \times (2,258) \text{ jam} \\ &= 2160,270 \text{ m}^3/\text{det} \times 2.762442 \text{ detik} \\ &= 17.560.402 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Hasil di atas dapat dijadikan dasar dalam merencanakan dimensi volume kolam retensi.

Dimensi Kolam Retensi

$$\begin{aligned} &= A \times T \\ &= 1.260.000 \text{ m}^2 \times 13,93 \text{ m} \\ &= 17.551.800 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan volume kolam retensi diperlukan luas lahan 126 ha dengan kedalaman rata-rata 13,93 m.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

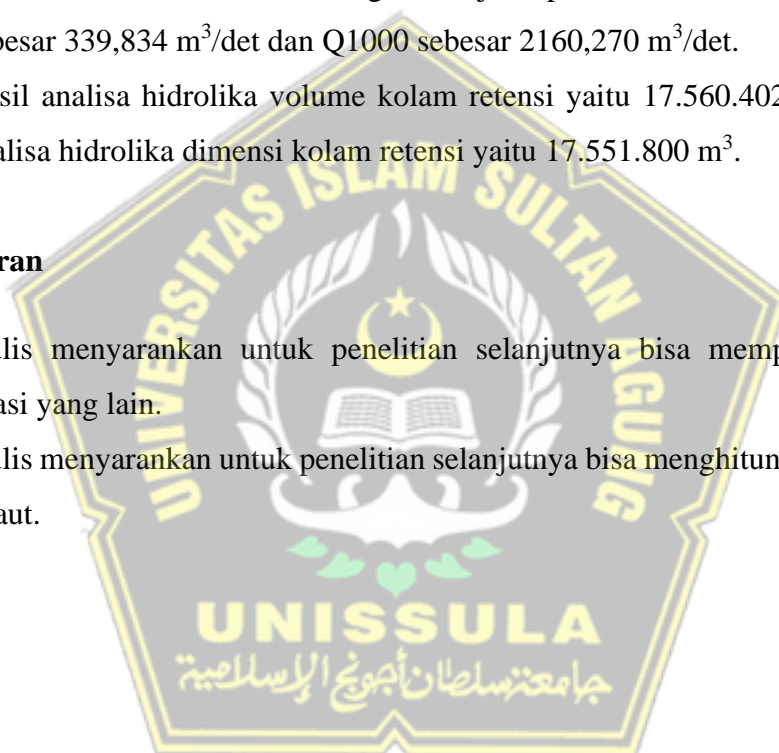
5.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan Metode Poligon Thiessen diperoleh curah hujan maksimum sebesar 107.506.
2. Berdasarkan hasil analisis hidrograf banjir diperoleh debit maksimum Q100 sebesar 339,834 m³/det dan Q1000 sebesar 2160,270 m³/det.
3. Hasil analisis hidrolika volume kolam retensi yaitu 17.560.402 m³ dan hasil analisis hidrolika dimensi kolam retensi yaitu 17.551.800 m³.

5.2 Saran

1. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya bisa mempertimbangkan variasi yang lain.
2. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya bisa menghitung pasang surut air laut.



DAFTAR PUSTAKA

- Zuliana Fitriyanti. (2015). Analisis Hidrologi Untuk Penentuan Debit Banjir Di Wilayah DAS Sungai Karang Mumus
- Asril Zevri. (2017). Analisis Volume Tampungan Kolam Retensi DAS Deli Sebagai Salah Satu Upaya Pengendalian Banjir Kota Medan. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara*
- Liandy Derry Darmawan. (2019). Analisis Debit Banjir Untuk Pengendalian Banjir Kolam Retensi Kemang Manis, Kec. Ilir Barat II Palembang. *Jurnal Tekno Civil Engineering*
- I Made Kamiana. (2011). Teknik Perhitungan Debit Rencana bangunan Air
- Yosafat Pulung Aji wardana. Donny Harisuseno. Sri Wahyuni. (2016) Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. *Jurnal Teknologi Dan Rencana Sumber Daya Air Vol. 04 NO. 01*
- Dewi Handayani. (2012). Metode Thiessen Polygon Untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu Pada Wilayah Yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan. *Jurnal Teknologi Informasi Dinamik*
- Susilowati. (2007). Analisis Hidrograf Aliran Sungai Dengan Adanya Beberapa Bendung Kaitannya dengan Konservasi air
- Galih Brillianto. Wahyu Baharuddin. (2012). Pengendalian Banjir Kali Seuru Di Desa Glodog Kec. Palang Kab. Tuban Jawa Timur
- Sumajouw, M. D., Dapas, S. O., & Windah, R. S. (2014). Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(4).
- Craig, R. F., & Soepandji, B. S. (1991). Mekanika tanah. *Erlangga. Jakarta*, 1-40.
- Yulistiyanto, B. (2019). *Metode Numerik Aplikasi Untuk Teknik Sipil*. UGM PRESS.
- Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Prosiding Semnastek*.

- Nugraha, Y. (2015). *Variasi Penambahan Silica Fume terhadap Beton Mutu Tinggi Self Compacting Concrete (SCC)* (Disertasi Doktoral, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Nasional, B. S. (2015). SNI 1729-2015: Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*, 289.
- Kencana, M. R. B. (2020, 30 Oktober). *Penggunaan Aspal Buton untuk Jalan*. Liputan6. <https://www.liputan6.com/bisnis/read/4395477/penggunaan-aspal-buton-untuk-jalan-nasional-capai-793-km>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Air, Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana. 2020. Program Mutu Konsultan Supervisi Pembangunan Bendungan Jragung Kab.Semarang. Semarang: Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. Modul Perhitungan Hidrologi Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi.
- Erman Mawardi. *Desain Hidraulik Bangunan Irigasi Alfabeta*: Dipl. AIT Bandung.2007
- Badan Meteorologi Klimatologi dan geofisika (BMKG) Kota Semarang.
- Tasya Dyta arzita¹⁾, Nurhayati²⁾, Danang Gunarto³⁾. *Perhitungan Curah Hujan Efektif*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak
- Anik Sarminingsih. *Departemen Teknik Lingkungan Hidup, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*.
- Alvie Cinta Damayanti¹⁾, Lily Montarcih Limantara²⁾, Riyanto Harihowo³⁾. *Analisis Debit Banjir Rencana*. Departemen Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Muhammad Iqbal Tias Pratomo¹⁾, Sobriyah²⁾, Agus Hari Wahyudi³⁾. *Analisi Hidrograf Aliran Daerah Sungai Keduang Dengan Beberapa Metode Hidrograf Satuan Sintetis*. Universitas Sebelas Maret Surakarta

- Surya Anjaya Putra Adi. (2020). Penelusuran Banjir Pada Waduk Semantok Kabupaten Nganjuk Jawa Timur. *Skripsi*. Universitas Jember. Jawa Timur.
- Syaifullah M. Dzalim. 2014. Validasi Data Curah Hujan Aktual di Tiga DAS di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(2), 109-118
- Krisnayanti Denik S, dkk. (2020). Perbandingan debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu, Gama I dan Limantara pada DAS Raknomo. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 1-14.

