

TUGAS AKHIR

**KAJIAN TEKNIS SISTEM POLDER STUDI KASUS
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

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



Disusun Oleh :

**Fiqqy Renaldho Sya'bannas
NIM : 30201900090**

**Mohammad Bari' Chabantho
NIM : 30201900119**

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN TEKNIS SISTEM POLDER STUDI KASUS UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG



Fiqqy Renaldho Sya'bannas
NIM : 30201900090



Mohammad Bari' Chabantho
NIM : 30201900119

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Juli 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Ir. Moh Faiqun Ni'am, MT., Ph.D**
NIDN: 0612106701

2. **Ari Sentani, ST., M.Sc**
NIDN: 0604028502

3. **Ir. Gata Dian Asfari, MT**
NIDN: 0628055801

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

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

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 36 / A. 2 / SA-T / VII / 2023

Pada hari ini tanggal Selasa, 25 Juli 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. Moh Faiqun Ni'am, 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:

Fiqqy Renaldho Sya'bannas
NIM : 30201900090

Mohammad Bari' Chabantho
NIM : 30201900119

Judul : Kajian Teknis Sistem Polder Studi Kasus Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	07/03/2023	ACC
2	Seminar Proposal	11/05/2023	
3	Pengumpulan data	-	
4	Analisis data	-	
5	Penyusunan laporan	22/07/2023	ACC
6	Selesai laporan	02/08/2023	

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 Ni'am, 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 : FIQQY RENALDHO SYA'BANNAS
NIM : 30201900090

NAMA : MOHAMMAD BARI' CHABANTHO
NIM : 30201900119

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
“KAJIAN TEKNIS SISTEM POLDER STUDI KASUS UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG” benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Agustus 2023
Yang membuat pernyataan.

Fiqqy Renaldho Sya'bannas
NIM : 30201900090

Mohammad Bari' Chabantho
NIM : 30201900119



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : FIIQQY RENALDHO SYA'BANNAS
NIM : 30201900090

NAMA : MOHAMMAD BARI' CHABANTHO
NIM : 30201900119

JUDUL TUGAS AKHIR : KAJIAN TEKNIS SISTEM POLDER STUDI
KASUS UNIVERSITAS ISLAM SULTAN
AGUNG SEMARANG

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah 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, Agustus 2023
Yang membuat pernyataan.


Fiqqy Renaldho Sya'bannas
NIM : 30201900090




Mohammad Bari' Chabantho
NIM : 30201900119

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

1. 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 : 110)

2.

وَوَجَدَكَ ضَالًّا فَهَدَىٰ

"Dan Dia mendapatimu sebagai seorang yang bingung, lalu Dia memberikan petunjuk." (Q.S Ad-Duha: 7)

3.

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

Dan katakanlah: "Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan." (Q.S Thaha: 114)

4. Usaha dan doa tergantung pada cita-cita. Manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya. - Jalaluddin Rumi.

5. Menuntut ilmu adalah taqwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah zikir. Mencari ilmu adalah jihad. -Abu Hamid Al Ghazali.

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua saya Bapak Annas Bachtiar dan Ibu Subkhiyah yang telah memberikan segenap motivasi, semangat, do'a dan dukungan berupa moril dan meteril.
2. Kakak saya yang telah memberikan motivasi dan dukungan selama kuliah.
3. Bapak Ir. Moh Faiqun Ni'am, MT., Ph.D dan Bapak Ari Sentani, ST., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dan membimbing dalam menegerjakan Laporan Tugas Akhir.
4. Ir. Gata Dian Asfari, MT, selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dan membimbing dalam sidang seminar hasil
5. Dosen-dosen Fakultas Teknik Unissula yang telah mengajarkan tentang ilmu-ilmu keteknikan maupun ilmu-ilmu yang lain.
6. Mohammad Bari' Chabantho selaku rekan saya dalam mengerjakan Tugas Akhir.
7. Sahabat – sahabat saya Firman Irsyadul Anam, Muzaki Ahsan, Moh Chamid Ali, M. Athoriq dan Toha Amirul.
8. Teman-teman teknik sipil angkatan 2019.

Fiqqy Renaldho Sya'bannas
NIM : 30201900090

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua saya Bapak Nur Udin dan Ibu Nurul Wahidah Istifaiyah yang telah memberikan segenap motivasi, semangat, do'a dan dukungan berupa moril dan meteril.
2. Adik saya Ayu Saniatus Sholihah dan Ahmad Mihdom Mukoddam yang telah memberikan motivasi dan dukungan selama kuliah.
3. Segenap keluarga, mbah kakung, mbah hayi, mbah nunah, paman, bibi, sepupu yang memberikan doa terbaik untuk saya.
4. Bapak Ir. Moh Faiqun Ni'am, MT., Ph.D dan Bapak Ari Sentani, ST., M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dan membimbing dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir.
5. Ir. Gata Dian Asfari, MT, selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dan membimbing dalam sidang seminar hasil.
6. Dosen-dosen Fakultas Teknik Unissula yang telah mengajarkan tentang ilmu-ilmu keteknikan maupun ilmu-ilmu yang lain.
7. Fiqqy Renaldho Sya'bannas selaku rekan saya dalam mengerjakan Tugas Akhir.
8. Sahabat – sahabat saya Firman Irsyadul Anam, Muzaki Ahsan, Moh Chamid Ali, M. Athoriq, Toha Amirul, Irfan Efendi, Iqbal, dan segenap anggota KMNU Unissula.
9. Teman-teman teknik sipil angkatan 2019.

Mohammad Bari' Chabantho
NIM : 30201900119

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“KAJIAN TEKNIK SISTEM POLDER STUDI KASUS UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG”** guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

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

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., P.hD selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil UNISSULA.
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 Dr. Ir. H. Sumirin, MS selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dorongan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Moh Faiqun Ni'am, ST., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ari Sentani, ST., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada kami.

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

Semarang, Agustus 2023
Fiqqy Renaldho Sya'bannas
Mohammad Bari' Chabantho

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
ABSTRAK.....	xix
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 5
2.1. Analisa Hidrologi	5
2.2. Analisa Hujan Rata-Rata Daerah	5
2.2.1. Pengukuran Hujan.....	5
2.2.2. Analisa Hujan.....	5
2.2.3. Cara Memilih Metode	8
2.3. Analisa Frekuensi dan Probabilitas.....	9
2.3.1. Distribusi Gumbel	11
2.3.2. Distribusi Log Person Type III	13
2.3.3. Distribusi Normal.....	17

2.3.4. Distribusi Log Normal	18
2.4. Pengeplotan Probabilitas.....	19
2.5. Uji Kesesuaian Distribusi.....	21
2.5.1. Metode Chi Kuadrat.....	21
2.5.2. Metode Smirnov-Kolmogorov	25
2.6. Intensitas Curah Hujan.....	31
2.7. Analisa Debit Banjir Rencana.....	33
2.7.1. Metode Rasional Praktis	33
2.7.2. Metode Melchior, der Weduwen dan Haspers	39
2.8. Analisa Hidrolika	43
2.8.1. Saluran Air	43
2.8.2. Pompa Air	44
2.8.3. Polder	47
BAB III METODOLOGI.....	49
3.1. Metode Pengujian	49
3.1.1. Tahapan Persiapan	49
3.2. Metode Pengumpulan Data.....	49
3.2.1. Metode Observasi.....	49
3.2.2. Studi Literatur	50
3.2.3. Metode Dokumentasi.....	50
3.2.4. MetodeKepustakaan.....	50
3.3. Jenis Data	50
3.3.1. Data Primer	50
3.3.2. Data Sekunder	51
3.4. Analisa Data	51
3.4.1. Analisa Hidrologi	51
3.4.2. Analisa Hidrolika	51
3.5. Bagan Alir	52
BAB IV ANALISIS & PEMBAHASAN	54
4.1. Pendahuluan	54

4.2. Distribusi Hujan Wilayah.....	54
4.3. Analisa Curah Hujan Rencana	55
4.4. Pengukuran Pola Sebaran (Uji Dispersi)	57
4.5. Curah Hujan Rencana	59
4.5.1. Distribusi Probabilitas Gumbel	59
4.5.2. Metode Log Person Type III	61
4.5.3. Distribusi Probabilitas Normal	63
4.5.4. Distribusi Probabilitas Log Normal	65
4.6. Uji Distribusi Probabilitas	67
4.6.1. Uji Chi-Kuadrat (X^2).....	67
4.6.2. Metode Smirnov-Kolmogorov	73
4.7. Analisa Debit Banjir Rencana	82
4.7.1. Analisa Kapasitas Kolam Retensi (Long Storage).....	88
4.7.2. Simulasi Kapasitas Pompa	88
4.7.3. Analisa Kapasitas Polder dan Kolam	89
4.7.4. Alternatif Penyelesaian	91
 BAB V PENUTUP.....	 94
5.1. Kesimpulan	94
5.2. Saran	94
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Cara Memilih Metode Rata-rata Curah Hujan.....	8
Tabel 2.2. Tabel Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi.....	10
Tabel 2.3. Pengaruh Perubahan Simpangan Baku σ Dan Koefisien Skewness G Pada Probability Density Function	10
Tabel 2.4. Reduced Mean, Y_n	12
Tabel 2.5. Reduced Standart Diviation, S_n	13
Tabel 2.6. Reduced Variate, Y_t Sebagai Fungsi Periode	13
Tabel 2.7. Hubungan Koefisien Skewnes (G) Positif dengan Koefisien K_T	15
Tabel 2.8. Hubungan Koefisien Skewnes (G) Negatif dengan Koefisien K_T	16
Tabel 2.9. Nilai Variable Reduksi Gauss.....	18
Tabel 2.10. Harga X^2 cr.....	24
Tabel 2.11. Simpangan Baku Kritis	27
Tabel 2.12. Luas Wilayah Dibawah Kurva Normal.....	28
Tabel 2.13. Koefisien Runoff dan Rasio Kedap Air.....	34
Tabel 2.14. Koefisien C_r	35
Tabel 2.15. Besarnya Koefisien Kekasaran (n).....	36
Tabel 2.16. Nilai Koefisien Limpasan	37
Tabel 2.17. Nilai Koefisien Limpasan	38
Tabel 4.1. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata dengan Metode Aljabar.	54
Tabel 4.2. Paremeter Statistik Uji Dispersi Curah Hujan Maksimum	56
Tabel 4.3. Parameter Statistik Uji Dispersi Logaritma Curah Hujan Maks.....	56
Tabel 4.4. Syarat dan Batas Tertentu Distribusi	57
Tabel 4.5. Parameter Statistik Metode Distribusi	58
Tabel 4.6. Perhitungan Hujan Rencana Metode Distribusi Gumbel	59
Tabel 4.7. Parameter Statistik Metode Distribusi Log Person III	60
Tabel 4.8. Interpolasi Nilai C_s	61
Tabel 4.9. Perhitungan Hujan Rencana Metode Distribusi Log Person III	62
Tabel 4.10. Parameter Statistik Metode Distribusi Normal	62
Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rata-rata.....	63
Tabel 4.12. Parameter Statistik Metode Distribusi Log Normal.....	64

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rata-rata.....	66
Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Y_t dan K	67
Tabel 4.15. Hasil perhitungan Curah Hujan Harian Rencana dengan Periode Ulang t Tahun.....	68
Tabel 4.16. Hasil Interpolasi nilai K_T	68
Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Curah Hujan Harian Rencana dengan Periode Ulang t Tahun.....	69
Tabel 4.18. Hasil Perhitungan Curah Hujan Harian Rencana dengan Periode Ulang t Tahun.....	69
Tabel 4.19. Hasil Perhitungan Curah Hujan Harian Rencana dengan Periode Ulang t Tahun.....	70
Tabel 4.20. Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Gumbel	70
Tabel 4.21. Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Person III.....	71
Tabel 4.22. Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Normal.....	71
Tabel 4.23. Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Normal	71
Tabel 4.24. Rekapitulasi Nilai X^2 dan X^2_{cr}	72
Tabel 4.25. Perhitungan Distribusi Gumbel Metode Smirnov-Kolmogorov	74
Tabel 4.26. Nilai f_t dari hasil Interpolasi C_s	75
Tabel 4.27. Perhitungan Distribusi Log Person III Metode Smirnov-Kolmogorov.	76
Tabel 4.28. Perhitungan Distribusi Normal Metode Smirnov-Kolmogorov.....	78
Tabel 4.29. Perhitungan Distribusi Log Normal Metode Smirnov-Kolmogorov	81
Tabel 4.30. Rekapitulasi Nilai X^2 dan X^2_{cr}	81
Tabel 4.31. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana	82
Tabel 4.32. Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota.....	83
Tabel 4.33. Parameter Koefisien Limpasan	88
Tabel 4.34. Data Polder Unissula.....	89
Tabel 4.35. Kapasitas Pompa	86
Tabel 4.36. Simulasi Kapasitas Pompa	90
Tabel 4.37. Simulasi Kapasitas Kolam Retensi	92
Tabel 4.38. Simulasi Kapasitas Pompa	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pengaruh Perubahan Simpangan Baku σ dan Koefisien Skewness G Pada Probability Density Function (PDF)	10
Gambar 2.2. Grafik metode Rasional.....	39
Gambar 2.3. Distribusi hujan dalam 24 jam	41
Gambar 2.4. Bentuk Saluran	44
Gambar 2.5. Pompa Archemedian Screw	45
Gambar 2.6. Pompa Centrifugal	46
Gambar 2.7. Pompa Axial.....	46
Gambar 2.8. Pompa Aliran Campuran.....	47
Gambar 3.1. Bagan Alir Pelaksanaan	52
Gambar 4.1. Denah Lokasi Stasiun Penakar Hujan	56
Gambar 4.2. Denah Lokasi Polder	84
Gambar 4.3. Denah Lokasi Polder	85
Gambar 4.4. Grafik Hidrograf Metode Rasional	87



KAJIAN TEKNIS SISTEM POLDER STUDI KASUS UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Abstrak

Sebagai sebuah kampus yang terletak di daerah rawan banjir, Universitas Islam Sultan Agung Semarang (UNISSULA) telah mengimplementasikan sistem polder sebagai solusi untuk mengatasi masalah banjir di kampus. Sistem polder adalah sistem pengendalian banjir dengan membuat kawasan tertentu menjadi rata dengan mengeruk tanah dan membuat tanggul di sekitarnya, sehingga air hujan atau air sungai tidak dapat masuk ke dalam kawasan tersebut. Pada sistem polder, sebelum air dialirkan ke saluran utama atau sungai, air tersebut ditampung di kolam retensi terlebih dahulu. Dengan menggunakan sistem pompa, air yang ditampung dialirkan ke sungai. Pengoperasian pompa sangat penting karena muka air di kolam meningkat karena curah hujan dan banjir.

Metode pengujian adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis suatu masalah. Metode penelitian merupakan hal yang penting dalam penelitian. Dalam kajian teknis digunakan 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Di kawasan Unissula memiliki 8 titik pemasangan pompa, dengan 1 pompa tidak diperhitungkan karena tidak berfungsi untuk mengalirkan air ke saluran drainase diluar Unissula. Untuk mengetahui apakah suatu polder dan pompa dapat menampung debit banjir maksimum dengan asumsi durasi 4 jam perlu dilakukan analisis aliran inflow dan outflow. Setelah dilakukan analisis debit banjir maksimum dengan asumsi hujan maksimum selama 4 jam. Ternyata didapatkan hasil volume polder dan kapasitas pompa yang ada tidak bisa menanggulangi banjir yang ada.

Setelah dilakukan perhitungan, ternyata volume polder dan kapasitas pompa tidak bisa menanggulangi banjir yang terjadi. Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, metode yang digunakan adalah metode Log Person Type III. Pada probabilitas curah hujan maksimum pada Metode Log Person Type III, didapat nilai 108,06 mm untuk kala ulang 5 tahun. Untuk kapasitas pompa dan volume polder Unissula tidak bisa menampung debit banjir maksimal yang ada. Maka dilakukan alternatif lainnya yaitu dengan menambah kapasitas pompa sebesar $0,758 \text{ m}^3/\text{s}$, yang terdiri dari 2 buah pompa dengan kapasitas $9 \text{ m}^3/\text{menit}$, 1 buah pompa dengan kapasitas $6,5 \text{ m}^3/\text{menit}$, dan 2 pompa dengan kapasitas $1,5 \text{ m}^3/\text{menit}$ dan menambah volume kolam retensi $1.000.000 \text{ m}^3$.

Kata Kunci: *Sistem Polder; Kolam Retensi; Pompa*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Semarang adalah salah satu kota besar yang terletak di daerah pantai utara Pulau Jawa. Pada tahun 2021, kota ini memiliki penduduk sebanyak 1.656.564 jiwa, yang menjadikan kota besar nomor lima di Indonesia. Kota dengan penduduk terbanyak ke-4 se-indonesia ini (Badan Pusat Statistik, 2021). Namun, kota ini menghadapi permasalahan serius terkait banjir di Semarang bagian pesisir, yang meliputi kecamatan Genuk, Kecamatan Gayamsari, dan Kecamatan Pedurungan. Ada beberapa faktor yang menyebabkan banjir dan rob terutama di wilayah Semarang, seperti berkurangnya daerah resapan, yang menyebabkan air hujan tidak dapat terserap dengan baik oleh tanah. Selain itu, penyempitan saluran drainase dan sungai juga berperan dalam meningkatkan risiko banjir. Namun, faktor utama terjadinya banjir rob di wilayah tersebut adalah tinggi muka air laut yang lebih tinggi dibandingkan dengan tinggi muka tanah di wilayah pesisir (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, 2021). Kenaikan muka air laut ini terjadi karena adanya perubahan iklim, yang menyebabkan air laut masuk dan menggenangi daratan, baik masuk secara langsung maupun melalui saluran sungai.

Di daerah tertentu, banjir bisa terjadi pada musim penghujan atau musim kemarau. Banjir biasanya disebabkan oleh curah hujan, geografi aliran, disintegrasi, sedimentasi, batas saluran air yang tidak mencukupi dan dampak pasang surut. Sedangkan faktor manusia yang menyebabkannya adalah perubahan keadaan DAS, kawasan ghetto, sampah, sampah tanah, bendung dan saluran air, rusaknya bangunan pengendali banjir dan penataan kerangka pengendalian banjir yang tidak tepat (Kodoatie & Sugiyanto, 2002). Dalam proses pengendalian banjir, ada dua hal yang harus bisa dilakukan, yaitu dengan memanfaatkan strategi papan dan non primer. Banjir papan dengan teknik dasar adalah membangun atau membuat struktur pengendalian banjir, sedangkan strategi non primer adalah menyelesaikan administrasi dan penindakan daerah yang berpotensi banjir. Beberapa teknik utama

termasuk bendungan, danau penahan, tepian penahan banjir, saluran by-pass, standardisasi aliran (Kodoatie & Sugiyanto, 2002).

Sebagai sebuah kampus yang terletak di daerah rawan banjir, Universitas Islam Sultan Agung Semarang (UNISSULA) telah mengimplementasikan sistem polder sebagai solusi untuk mengatasi masalah banjir di kampus. Sistem polder, mengandalkan kolam retensi sebagai tahap awal sebelum air diarahkan ke saluran utama atau sungai. Di dalam kolam retensi air dikeluarkan dari kolam retensi menggunakan pompa. Pengoperasian pompa sangat krusial karena perlu mengatur muka air di kolam saat curah hujan meningkat. Manajemen operasi pompa berfokus pada pengaturan waktu yang optimal untuk memulai dan menghentikam pemompaan berdasarkan karakteristik debit banjir yang masuk ke dalam kolam retensi. Berdasarkan permasalahan yang terjadi, diperlukan adanya kajian teknis sistem polder studi kasus Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa rata – rata curah hujan untuk di UNISSULA ?
2. Berapa volume tampungan di Polder UNISSULA ?
3. Bagaimana solusi sistem polder untuk menangani banjir di UNISSULA ?

1.3. Tujuan

Tujuan dari analisis perhitungan pada tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis hidrologi di Kawasan UNISSULA
2. Menganalisis volume tampungan Polder UNISSULA
3. Mengetahui solusi penanganan banjir dengan sistem Polder UNISSULA

1.4. Batasan Masalah

Dalam laporan tugas akhir ini, focus utamanya adalah pada analisa curah rata-rata hujan untuk menemukan solusi terbaik dalam mengatasi banjir di Unissula dengan menggunakan sistem poldernya. Meskipun ada banyak aspek yang dapat diperhatikan, namun karena keterbatasan waktu dan sumberdaya, lingkup masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini dibatasi pada :

1. Analisa hidrologi menggunakan data curah hujan terbaru dengan curah hujan di daerah terdekat Polder UNISSULA, dalam periode waktu 10 tahun terakhir.
2. Analisa hidrolika antara kapasitas polder dengan pompa, dengan debit banjir maksimum yang ada.

1.5. Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu :

- Bab I Pendahuluan
- Bab II Tinjauan Pustaka
- Bab III Metodologi Penelitian
- Bab IV Analisis dan Pembahasan
- Bab V Penutup

Bab I merupakan pemaparan yang memaparkan tentang landasan pemeriksaan, pokok-pokok dan tujuan, jangkauan penajakan, dan sistematika pemeriksaan

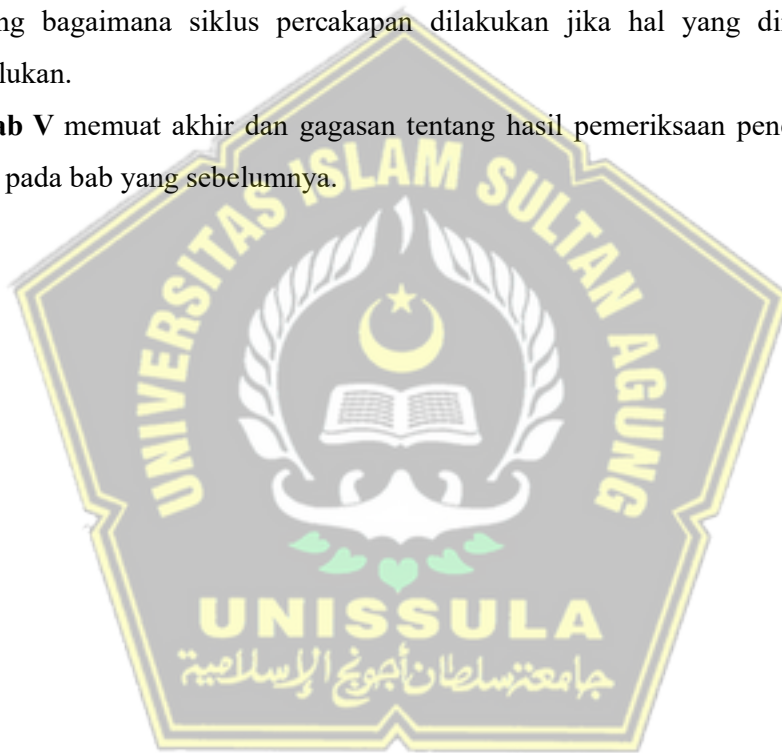
Bab II memahami survei penulisan yang membingkai hipotesis terkait dengan topik yang dievaluasi berdasarkan penulisan, persepsi dan penilaian para ahli untuk kasus yang sebanding, serta penggunaan aturan persamaan atau estimasi yang berlaku dalam perhitungan pemeriksaan terkait masalah.

Bab III berisi tentang tata cara dan anggapan tentang bagaimana hal-hal yang berkaitan dengan estimasi materi ujian dalam tugas akhir ini akan diuraikan atau tata cara mencari tata cara serta pemilihan informasi, sumber-sumber informasi yang digunakan dalam perhitungan kajian tugas akhir ini. Perlu diketahui terlebih dahulu bahwa sejumlah besar materi ujian estimasi dalam tugas terakhir ini memiliki kualitas yang eksentrik dan luar biasa, oleh karena itu digunakan teknik 4

dan pengandaian yang merupakan pendugaan terhadap konsekuensi persepsi.

Bab IV menyajikan pemeriksaan perhitungan dan percakapan masalah yang berhubungan dengan konsekuensi penyelidikan. Pemeriksaan berpikir kritis dilakukan dengan melihat informasi yang ada dan diambil dari konsekuensi persepsi langsung atau yang telah diambil oleh analis masa lalu di wilayah eksplorasi mereka dan masih tetap substansial dan relevan sebagai bahan untuk penyelidikan komputasi. Persamaan yang digunakan untuk ujian berpikir kritis adalah resep yang diuraikan dalam audit penulisan di bagian II, dan menggunakan strategi dan anggapan yang digambarkan di bagian III, dengan penjelasan ekstra tentang bagaimana siklus percakapan dilakukan jika hal yang dirujuk untuk diperlukan.

Bab V memuat akhir dan gagasan tentang hasil pemeriksaan penelitian tugas akhir pada bab yang sebelumnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Hidrologi

Hampir semua perencanaan dan perancangan bangunan menggunakan analisa hidrologi. Perencanaan yang membutuhkan Analisa hidrologi, misalnya adalah pembangunan bendungan, waduk, kolam retensi, bangunan irigasi, bangunan pengendali banjir, lapangan terbang, jalan raya, dll. Pentingnya perhitungan analisa hidrologi ialah agar tidak terjadi keruntuhan dini pada bangunan yang dibangun. Analisa Hidrologi merupakan suatu analisa agar air yang berada pada wilayah tersebut dapat mengalir, ataupun tertampung sehingga air tersebut tidak mengakibatkan banjir di wilayah tersebut. Selain menganalisa tentang air, diperlukan juga, Analisa sedimentasi, supaya tidak terjadi banyak sedimentasi, yang berakibat berkurangnya volume penampung air. (Suripin, 2004)

2.2. Analisa Hujan Rata-Rata Daerah

2.2.1. Pengukuran Hujan

Dalam pengukuran hujan dibutuhkan pos atau stasiun penakar hujan. Stasiun curah hujan digunakan untuk memperkirakan curah hujan per hari bahkan perjam pada beberapa stasiun penakar hujan. Curah hujan yang diukur dari pos penakar hujan dikumpulkan oleh instansi pemerintahan seperti Badan Meteorologi dan Geofisika, Dinas Pertanian, Dinas Pengairan. Di lapangan alat penakar hujan dibagi menjadi dua bagian, yaitu alat penakar hujan manual dan alat penakar hujan otomatis. (Suripin, 2004)

2.2.2. Analisa Hujan

Informasi hujan yang didapat dari cek hujan adalah hujan yang terjadi di satu wilayah atau titik saja (titik presipitasi). Mempertimbangkan bahwa hujan sangat bervariasi dengan tempat, untuk wilayah yang luas, satu tes hujan tidak dapat menggambarkan hujan di sekitar sana. Untuk kondisi ini, diperlukan presipitasi

lokal yang diperoleh dari nilai presipitasi tipikal dari beberapa stasiun penduga hujan di dalam maupun di sekitar wilayah tersebut. Dalam mengestimasi curah hujan rata-rata disuatu wilayah, ada 3 metode yang umum. Berikut adalah tiga cara yang sering diterapkan :

1. Rata-rata Aljabar
2. Metode Poligon Thiessen
3. Metode Isohyet

(Sumber : Suripin, 2004)

1. Rata-rata Aljabar

Merupakan teknik yang paling tidak rumit dalam menghitung presipitasi lokal. Teknik ini bergantung pada pemahaman bahwa semua cek hujan menghasilkan perbedaan yang setara. Teknik ini cocok untuk daerah dengan geologi datar atau datar, alat penduga tersebar merata/merata dan nilai curah hujan tunggal agak mendekati nilai tipikal. Curah hujan rata-rata diperoleh dengan rumus :

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana $P_1, P_2, \dots, P_n$ adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n dan n adalah banyaknya pos penakar hujan.

(Sumber : Suripin, 2004)

2. Metode Poligon Thiessen

Strategi ini juga disebut teknik rata-rata tertimbang. Teknik ini memberikan luasan area yang terkena dampak dari pos pemeriksaan hujan untuk mewajibkan variasi jarak. Area tumbukan dibingkai dengan menarik garis hub berlawanan dengan garis interfacing antara dua pos perkiraan terdekat. Varietas presipitasi antara satu pos dan pos lainnya diharapkan bersifat langsung dan setiap pos dianggap beralamat di wilayah terdekat.

Hasil metode poligon Thiessen lebih akurat daripada dengan metode rata-rata aljabar. Metode ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 - 5.000 km, dan jumlah stasiun penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

Prosedur metode ini mencakup langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Lokasi stasiun penakar hujan diplot pada peta DAS. Diantara stasiun penakar hujan dibuat garis lurus yang dihubungkan.
- 2) Tentukan batas yang berlawanan di setiap garis penghubung sehingga membingkai poligon Thiessen. Semua fokus dalam poligon akan memiliki jarak paling terbatas ke pos penaksir dibandingkan dengan jarak ke pos yang berbeda. Selain itu, curah hujan di pos tersebut dianggap mengatasi curah hujan terdekat di dalam poligon yang dirujuk.
- 3) Wilayah setiap poligon dapat diperkirakan dengan planimeter dan luas keseluruhan DAS A dapat ditemukan dengan memasukkan setiap wilayah poligon.
- 4) Curah hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (2.2)$$

di mana $P_1, P_2, \dots, P_n$ adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n. $A_1, A_2, \dots, A_n$ adalah luas areal poligon 1, 2, ..., n. n adalah banyaknya pos penakar hujan.
(Sumber : Suripin, 2004)

3. Metode Isohyet

Metode ini adalah teknik yang paling dapat diandalkan untuk menentukan curah hujan normal, namun membutuhkan keahlian dan pengalaman. Strategi ini memperhitungkan hasil sebenarnya dari setiap pos pengukuran hujan. Dengan demikian, anggapan teknik Isohyet yang tanpa tujuan mengharapkan agar setiap pos pengukur mencatat kedalaman yang sama untuk wilayah sekitarnya dapat diperbaiki. Metode Isohyet mencakup langkah-langkah sebagai berikut :

- Plot informasi kedalaman air untuk setiap pos pengukuran curah hujan pada panduan.
- Gambarkan bentuk kedalaman air dengan menghubungkan titik-titik yang memiliki kedalaman air serupa. Rentang isohyet yang biasa digunakan adalah 10 mm.

- Hitung daerah antara dua garis isohyet menggunakan planimeter. Tingkatkan tanah tertentu dengan curah hujan normal antara dua isohyet yang berdampingan.

Hitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right) + P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \dots (2.3)$$

Atau

$$P = \frac{\sum \left[A \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \right]}{\sum A} \dots (2.4)$$

Metode Isohyet cocok untuk daerah perbukitan yang tidak rata dengan luas lebih dari 5.000 km².

(Sumber : Suripin, 2004)

2.2.3. Cara Memilih Metode

Tabel 2.1. Cara memilih metode rata-rata curah hujan
(Sumber : Suripin, 2004)

Indikator	Rata-rata Aljabar	Thiessen	Isohyet
Jaring-Jaring Pos Penakar hujan			
Jumlah pos penakar hujan cukup	✓	✓	✓
Jumlah Pos penakar hujan terbatas	✓	✓	
Luas Das			
Das Besar (>5000 km ²)			✓
Das Sedang (500 s/d 5000 km ²)		✓	
Das Kecil (<500 km ²)	✓		
Topografi DAS			
Pegunungan	✓		
Dataran		✓	
Berbukit dan tidak beraturan			✓

2.3. Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Sistem hidrologi terkadang dipengaruhi oleh peristiwa ekstrim, seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besar peristiwa ekstrim cenderung jarang terjadi, dan frekuensinya berbanding terbalik dengan besarnya peristiwa tersebut.

Analisis frekuensi bertujuan untuk memahami besaran peristiwa ekstrim yang terkait dengan frekuensi kejadiannya melalui distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bersifat independent tetapi terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik.

Ada 2 macam seri data yang dipergunakan untuk analisis frekuensi yaitu :

1. Data maksimum tahunan
2. Seri Parsial

Dalam ilmu statistic dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan 4 jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah :

- a. Distribusi Gumbel
- b. Distribusi Log-Person III
- c. Distribusi, Normal dan
- d. Distribusi Log Normal

Dalam analisis frekuensi, lima parameter statistic yang umumnya digunakan untuk menentukan jenis distribusi adalah :

1. nilai rata-rata ($\bar{X}$),
2. deviasi standar (S),
3. koefisien variasi (Cv),
4. koefisien kemencengan (Cs) dan
5. koefisien kurtosis (Ck).

Dari Lima parameter statistik tersebut, dapat ditentukan jenis distribusi yang sesuai dengan data hidrologi yang diamati.

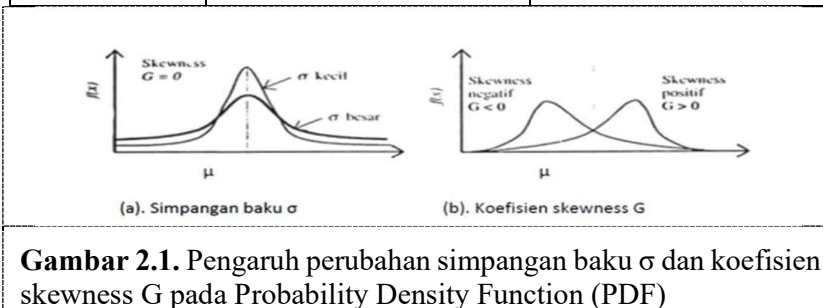
Tabel 2.2. Tabel Statistik untuk menentukan Jenis Distribusi

No	Jenis sebaran	Syarat
1	Normal	$Cs \approx 0$
		$Ck \approx 3$
2	Gumbel	$Cs = 1,14$
		$Ck = 5,4$
3	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$
		$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

(Sumber : Triatmodjo, Bambang. 2008)

Tabel 2.3. Pengaruh perubahan simpangan baku σ dan koefisien skewness G pada Probability Density Function (PDF) (Sumber : Suripin, 2004)

Parameter/Statistik	Sampel	Populasi
Rata-rata	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$
Simpangan Baku	$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$	$\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{1/2}$
Koefisien Variasi	$CV = \frac{s}{\bar{x}}$	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$
Koefisien skewness	$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^2}$	$\gamma = \frac{E[(x - \mu)^3]}{\sigma^2}$
Kurtosis	$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4}$	$K = \sigma_4 = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^4}{\sigma^4}$



Gambar 2.1. Pengaruh perubahan simpangan baku σ dan koefisien skewness G pada Probability Density Function (PDF)

Berikut adalah metode distribusi yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi :

2.3.1. Distribusi Gumbel

Ada 2 cara pendekatan perhitungan yang dapat digunakan dalam metode ini, yaitu pendekatan analitis dan pendekatan grafis yang didukung oleh grafik hubungan antar parameter yang telah ditentukan secara empirik. Pendekatan analitis menggunakan rumus matematis yang telah diturunkan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung harga curah hujan rata - rata tahunan dengan rumus :

$$\overline{Xi} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

2. Menghitung deviasi standar dengan rumus sebagai berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \overline{Xi})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

3. Menentukan nilai Sn , Yt , Yn sesuai dengan tabel 2.4, 2.5, dan 2.6.

4. Menghitung curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun :

$$X_T = \overline{Xi} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \times SD \dots\dots\dots(2.7)$$

$$X_t = \overline{Xi} - Sd \frac{Y_n}{S_n} + Sd \frac{Y_t}{S_n} \dots\dots\dots(2.8)$$

Jika digantikan oleh variabel a dan b , maka :

$$a = \frac{S_n}{Sd} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\frac{1}{a} = \frac{Sd}{S_n} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$b = \overline{Xi} - \frac{Y_n \cdot S}{S_n} \dots\dots\dots(2.11)$$

Sehingga persamaan menjadi :

$$X_t = b + \frac{1}{a} Y_t \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

X_t = hujan rancangan dengan kala ulang t tahun

Y_t = *reduced variate* dengan nilai tabel 2.5 atau bisa juga dengan persamaan :

$$Y_t = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \dots \dots \dots (2.13)$$

T = kala ulang

S_d = standar deviasi

Y_n = *reduced mean* (didasarkan pada banyaknya data)

S_n = *reduced standart deviation* (didasarkan pada banyaknya data)

X_i = rerata hujan

Tabel 2.4 *Reduced Mean, Y_n* (Sumber : Suripin, 2004)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,532	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,538	0,5388	0,8396	0,5403	0,541	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,553	0,5533	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,555	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,558	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5592	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,56	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,561	0,5611

Tabel 2.5 *Reduced Standart, S_n* (Sumber : Suripin, 2004)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,108
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1658	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,177	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,206
100	1,2065	1,2069	1,2077	1,2077	1,2081	1,2087	1,2087	1,209	1,2093	1,2096

Tabel 2.6 *Reduced variate, Yt sebagai fungsi periode ulang* (Sumber : Suripin, 2004)

Periode ulang, T (tahun)	Reduced variate, Yt	Periode ulang, T tahun	Reduced variate, Yt
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,251	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber : Suripin, 2004)

2.3.2. Distribusi Log Person Type III

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Mengubah data hujan tahunan sebanyak n buah $X_1, X_2, \dots, X_n$ menjadi $\log X_1, \log X_2, \dots, \log X_n$.

2. Menghitung harga rata - rata nilai logaritma tersebut dengan rumus

$$\overline{\log Xi} = \frac{\sum_{i=1}^n \log Xi}{n} \dots \dots \dots (2.14)$$

3. Menghitung deviasi standar dengan rumus sebagai berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log Xi})^2}{(n-1)}} \dots \dots \dots (2.15)$$

4. Menghitung koefisien kemencengan dengan rumus sebagai berikut :

$$Cs = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log Xi})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}} \dots \dots \dots (2.16)$$

5. Menentukan K_T menggunakan tabel Koefisien Skewnes dapat dilihat pada tabel 2.7, dan tabel 2.8.

6. Kemudian menghitung logaritma hujan X_T dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X_i} + (K_T \times S \text{Log } X_i) \dots \dots \dots (2.17)$$

7. Untuk mendapatkan nilai X_T yang sebenarnya dapat digunakan antilog

$$X_T = 10^{\text{Log } X_T} \dots \dots \dots (2.18)$$



Tabel 2.7 Hubungan Koefisien Skewnes (G) Positif dengan Koefisien K_T (Sumber : Wahyudi, S. I, & Henny P. A. 2016)

Skew Coef (g)	Average Recurrence Interval in Years											
	1.0101	1.0526	1.1111	1.25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Percent change											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3	-0.667	-0.665	-0.66	-0.36	-0.396	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051	4.97	7.15
2.9	-0.69	-0.688	-0.681	-0.651	-0.39	0.44	1.195	2.277	3.134	5.013	4.909	7.03
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.46	1.21	2.275	3.114	3.973	4.847	6.92
2.7	-0.74	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783	6.79
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.887	4.718	6.67
2.5	-0.799	-0.79	-0.771	-0.771	-0.36	0.51	1.25	2.262	3.048	3.845	4.652	6.55
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.8	4.584	6.42
2.3	-0.867	-0.85	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515	6.3
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.33	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705	4.444	6.17
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.23	2.942	3.656	4.372	6.04
2	-0.99	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.91
1.9	-1.037	-0.984	-0.92	-0.788	-0.294	0.627	1.31	2.207	2.881	3.553	4.223	5.78
1.8	-1.087	-1.02	-0.945	-0.799	-0.282	0.642	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.64
1.7	-1.14	-1.056	-0.97	-0.808	-0.268	0.66	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069	5.51
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388	3.99	5.37
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.24	0.69	1.333	2.146	2.743	3.33	3.91	5.23
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.1
1.3	-1.383	-1.206	-1.064	-0.838	-0.21	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745	4.96
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149	3.661	4.81
1.1	-1.518	-1.28	-1.107	-0.848	-0.18	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575	4.67
1	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022	3.489	4.53
0.9	-1.66	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.39
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.78	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.24
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.79	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.1
0.6	-1.88	-1.458	-1.2	-0.857	-0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755	3.123	3.96
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.91	2.311	2.686	3.041	3.81
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615	2.949	3.67
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.859	3.52
0.2	-2.178	-1.586	-1.256	-0.85	-0.033	0.83	1.301	1.818	2.059	2.472	2.763	3.38
0.1	-2.252	-1.616	-1.27	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.007	2.4	2.67	3.23
0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.09

Tabel 2.8 Hubungan Koefisien Skewnes (G) Negatif dengan Koefisien K (Sumber : Wahyudi, S. I, & Henny P. A. 2016)

Skew Coef (g)	Average Recurrence Interval in Years											
	1.0101	1.0526	1.1111	1.25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Percent change											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.09
-0.1	-2.4	-1.673	-1.292	-0.836	0.017	0.846	1.27	1.716	2	2.252	2.482	2.95
-0.2	-2.472	-1.7	-1.301	-0.83	0.033	0.45	1.258	1.68	1.945	2.178	2.388	2.81
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	0.05	0.853	1.245	1.643	1.89	2.104	2.294	2.67
-0.4	-2.615	-1.75	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.53
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.4
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.8	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88	2.016	2.27
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.79	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.14
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.78	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.02
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.66	1.749	1.90
-1	-3.022	-1.877	-1.34	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.79
-1.1	-3.087	-1.894	-1.341	-0.45	0.18	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581	1.68
-1.2	-3.149	-1.91	-1.34	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.58
-1.3	-3.211	-1.925	-1.339	-0.719	0.21	0.838	1.064	1.24	1.324	1.383	1.424	1.48
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.27	1.318	1.351	1.39
-1.5	-3.33	-1.951	-1.333	-0.69	0.24	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282	1.31
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.24
-1.7	-3.444	-1.972	-1.324	-0.66	0.268	0.808	0.97	1.075	1.116	1.14	1.155	1.17
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.11
-1.9	-3.553	-1.989	-1.31	-0.627	0.292	0.788	0.92	0.996	1.023	1.037	1.044	1.05
-2	-3.605	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.98	0.99	0.995	1.00
-2.1	-3.656	-2.001	-1.294	-0.592	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949	0.95
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.33	0.752	0.844	0.888	0.9	0.905	0.907	0.91
-2.3	-3.753	-2.009	-1.274	-0.555	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869	0.87
-2.4	-3.8	-2.011	-1.262	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.83	0.832	0.833	0.83
-2.5	-3.845	-2.012	-1.25	-0.518	0.36	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.8	0.8
-2.6	-3.889	-2.013	-1.238	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.77
-2.7	-3.932	-2.012	-1.224	-0.479	0.376	0.681	0.724	0.738	0.74	0.74	0.741	0.74
-2.8	-3.973	-2.01	-1.21	-0.46	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.71
-2.9	-4.013	-2.007	-1.195	-0.44	0.39	0.651	0.683	0.683	0.689	0.69	0.69	0.69
-3	-4.051	-2.003	-1.18	-0.42	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.667	0.667	0.67

2.3.3. Distribusi Normal

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Menghitung harga curah hujan rata - rata tahunan dengan rumus

$$\overline{Xi} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} \dots\dots\dots(2.19)$$

2. Menghitung deviasi standar dengan rumus sebagai berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \overline{Xi})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.20)$$

3. Menentukan nilai K_T berdasarkan periode ulang dari Tabel 2.9 Reduksi Gauss

4. Menghitung curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun dengan rumus :

$$X_T = \overline{Xi} + K_T \times SD \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

X_T = Curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun (mm)

$\overline{Xi}$ = Curah hujan rata-rata

K_T = Variabel standar didapat berdasarkan tabel reduksi Gauss

SD = Standar Deviasi

Nilai factor frekuensi K_T umumnya sudah tersedia dalam tabel untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan dalam tabel 2.9, yang sering disebut sebagai tabel nilai variable reduksi Gauss (Variable reduced Gauss).

Tabel 2.9 Nilai variable reduksi Gauss (Sumber : Suripin. 2004)

No	Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	K _T
1	1,001	0,999	-3,050
2	1,005	0,995	-2,580
3	1,010	0,990	-2,330
4	1,050	0,950	-1,640
5	1,110	0,900	-1,280
6	1,250	0,800	-0,840
7	1,330	0,750	-0,670
8	1,430	0,700	-0,520
9	1,670	0,600	-0,250
10	2,000	0,500	0,000
11	2,500	0,400	0,250
12	3,330	0,300	0,520
13	4,000	0,250	0,670
14	5,000	0,200	0,840
15	10,000	0,100	1,280
16	20,000	0,050	1,640
17	50,000	0,020	2,050
18	100,000	0,010	2,330
19	200,000	0,005	2,580
20	500,000	0,002	2,880
21	1000,000	0,001	3,090

2.3.4. Distribusi Log Normal

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Mengubah data hujan tahunan sebanyak n buah X₁, X₂, ..., X_n menjadi log X₁, log X₂, ..., log X_n.

2. Menghitung harga rata - rata nilai logaritma tersebut dengan rumus

$$\overline{\log Xi} = \frac{\sum_{i=1}^n \log Xi}{n} \dots\dots\dots(2.22)$$

3. Menghitung deviasi standar dengan rumus sebagai berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.23)$$

4. Menentukan nilai K_T berdasarkan periode ulang dari Tabel 2.9 Reduksi Gauss.
5. Kemudian menghitung logaritma hujan X_T dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X_i} + (K_T \times S \text{Log } X_i) \dots \dots \dots (2.24)$$

6. Untuk mendapatkan nilai X_T yang sebenarnya dapat digunakan antilog.

$$X_T = 10^{\text{log } X_T} \dots \dots \dots (2.25)$$

2.4. Pengeplotan Probabilitas

Menurut Suripin (2004), ada dua cara untuk mengetahui ketepatan distribusi probabilitas data hidrologi, yaitu data yang ada diplot pada kertas probabilitas yang sudah didesain khusus atau menggunakan skala plot yang melinierkan fungsi distribusi. Suatu garis lurus yang merepresentasikan sebaran data-data yang diplot kemudian ditarik sedemikian rupa, sehingga dapat digunakan untuk interpolasi maupun ekstrapolasi. Dalam analisis hidrologi, ekstrapolasi harus dilakukan dengan sangat hati-hati karena dapat menimbulkan penyimpangan yang cukup besar.

Posisi pengeplotan data merujuk pada nilai probabilitas yang dimiliki oleh masing masing data yang di plot. Ada banyak metode yang telah dikembangkan untuk menentukan posisi pengeplotan ini, dan sebagian besar metode ini dibuat secara empiris. Dalam konteks penentuan posisi ini, data hidrologi (hujan atau banjir) yang telah ditabelkan diurutkan dari besar ke kecil (berdasarkan peringkat m), dimulai dengan $m = 1$ untuk data dengan nilai tertinggi dan $m = n$ (n adalah jumlah data) untuk data dengan nilai terkecil. Periode ulang T , dapat dihitung dengan beberapa persamaan yang telah dikenal, yaitu:

1) Weibull

Persamaan Weibull adalah salah satu persamaan yang paling sering digunakan, yaitu :

$$T_r = \frac{m}{n+1} \dots \dots \dots (2.26)$$

m = nomor urut (peringkat) data setelah diurutkan dari besar ke kecil,

n = banyaknya data atau jumlah kejadian (event)

Kelemahan dari persamaan ini adalah hasilnya kurang tepat untuk kejadian terbesar jika rangkaian datanya pendek.

2) California

$$T_r = \frac{n}{m} \dots \dots \dots (2.27)$$

3) Hazen

$$T_r = \frac{2n}{2m-1} \dots \dots \dots (2.28)$$

4) Gringorten

$$T_r = \frac{n+0,12}{m-0,44} \dots \dots \dots (2.29)$$

5) Cunnane

$$T_r = \frac{n+0,2}{m-0,44} \dots \dots \dots (2.30)$$

6) Blom

$$T_r = \frac{n+0,25}{m-\left(\frac{3}{8}\right)} \dots \dots \dots (2.31)$$

7) Turkey

$$T_r = \frac{3n+1}{3m-1} \dots \dots \dots (2.32)$$

Data yang telah diurutkan dan periode ulangnya telah dihitung dengan salah satu persamaan (2.26 – 2.32) di plot diatas kertas probabilitas sehingga diperoleh garis T_r vs P (hujan) atau Q (debit banjir) yang berupa garis lurus.

2.5. Uji Kesesuaian Distribusi

2.5.1. Metode Chi Kuadrat

Menurut Suripin (2004), Uji Chi Kuadrat digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis. Dari distribusi (sebaran) chi kuadrat dilakukan dengan langkah - langkah sebagai berikut :

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya),
2. Menghitung jumlah kelas. Untuk mengetahui jumlah kelas dilakukan dengan rumus :

$$k = 1 + 3,3322 \log n \dots\dots\dots(2.33)$$

3. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan X^2_{cr} . Untuk menghitung derajat kebebasan menggunakan rumus persamaan 2.34, dan untuk menentukan X^2_{cr} , menggunakan tabel 2.10.

$$dk = k - P - 1 \dots\dots\dots(2.34)$$

(nilai P = 2 untuk distribusi normal dan binomial).

4. Menghitung kelas distribusi. Untuk menghitung kelas distribusi menggunakan rumus :

$$\text{Kelas distribusi} = 1/k \times 100\% \dots\dots\dots(2.35)$$

5. Menghitung interval kelas :

- a. Distribusi Gumbel

1. Hitung nilai K dengan rumus :

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.36)$$

2. Hitung rumus pendekatan Metode Gumbel :

$$X_T = \bar{X} + Sd.K \dots\dots\dots(2.37)$$

b. Distribusi Log Pearson Type III

1. Tentukan nilai K_T dari tabel 2.7 dan 2.8.
2. Hitung rumus pendekatan Metode Log Pearson Type III dengan persamaan :

$$\text{Log } X_T = \overline{\log X_i} + (K_T \times S \log X_i) \dots \dots \dots (2.38)$$

$$X_T = 10^{\text{Log } X_T} \dots \dots \dots (2.39)$$

c. Distribusi Normal

1. Hitung nilai K_T dengan menggunakan tabel 2.9.
2. Hitung rumus pendekatan Metode Normal dengan persamaan :

$$X_T = \bar{X} + K_T \times SD \dots \dots \dots (2.40)$$

d. Distribusi Log Normal

1. Hitung nilai K_T dengan menggunakan tabel 2.9.
2. Hitung rumus pendekatan Metode Normal dengan persamaan :

$$\text{Log } X_T = \overline{\log X_i} + (K_T \times S \log X_i) \dots \dots \dots (2.41)$$

$$X_T = 10^{\text{Log } X_T} \dots \dots \dots (2.42)$$

6. Perhitungan nilai X^2

- a. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .

Nilai E_i didapat menggunakan rumus : جامعة

$$E_i = \frac{n}{k} \dots \dots \dots (2.43)$$

- b. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub-grup,

- c. Pada tiap sub-grup hitung nilai

$$(O_i - E_i)^2 \dots \dots \dots (2.44)$$

$$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2.45)$$

- d. Hitung nilai X^2 dengan persamaan :

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2.46)$$

Dimana :

dk = derajat kebebasan

P = Parameter

n = banyaknya data

k = Jumlah kelas

O_i = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

E_i = rata-rata dari jumlah data dengan jumlah kelas

7. Bandingkan nilai X^2 terhadap X^2_{cr}
Setelah mendapatkan nilai X^2 , selanjutnya melakukan perbandingan antara X^2 dengan X^2_{cr} . Nilai X^2_{cr} didapatkan pada tabel lihat 2.10. Jika $X^2 < X^2_{cr}$, maka pengujian distribusi frekuensi tersebut diterima. Apabila $X^2 > X^2_{cr}$, maka distribusi tidak diterima.

Nilai X^2 dalam hal ini harus lebih kecil dari harga X^2_{cr} (Kai Kuadrat kritis), Untuk suatu derajat nyata tertentu (*level of significance*), sering diambil sebesar 5%.

Tabel 2.10 Harga X^2_{cr} (Sumber : Soewarno, 1995)

dk	0,1	0,05	0,025	0,001	0,005
1	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	9,236	11,070	12,833	15,086	16,750
6	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188
11	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757
12	18,549	21,026	23,337	26,217	28,300
13	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819
14	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319
15	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801
16	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267
17	24,769	27,587	30,191	33,409	35,718
18	25,989	28,869	31,526	34,805	37,156
19	27,204	30,144	32,852	36,191	38,582
20	28,412	31,410	34,170	37,566	39,997
21	29,615	32,671	35,479	38,932	41,401
22	30,813	33,924	36,781	40,289	42,796
23	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181
24	33,196	36,415	39,364	42,980	45,559
25	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928
26	35,563	38,885	41,923	45,642	48,290
27	36,741	40,113	43,195	46,963	49,645
28	37,916	41,337	44,461	48,278	50,993
29	39,087	42,557	45,722	49,588	52,336
30	40,256	43,773	46,979	50,892	53,672

2.5.2. Metode Smirnov-Kolmogorov

Menurut Suripin (2004), uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara horizontal, yaitu simpangan maksimum antara distribusi secara teoritis dan empiris (Δ maks). Kemudian dibandingkan antara Δ maks dan Δ_{cr} , apabila Δ maks $< \Delta_{cr}$ maka pemilihan distribusi frekuensi tersebut dapat diterapkan untuk data yang ada.

Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut dengan menggunakan persamaan Weibull sesuai dengan rumus 2.26.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3), \text{ dan seterusnya,}$$

3. Tentukan peluang teoritis masing-masing data yang sudah diurutkan tersebut $P'(X_i)$ berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih (Gumbel, Log Pearson Type III, Normal, dan Log Normal).

a. Metode Gumbel

1. Hitung nilai K_T/f_t menggunakan persamaan :

$$f_t = \frac{x_i - \bar{x}_i}{SD} \dots \dots \dots (2.47)$$

2. Hitung nilai Y_t dengan persamaan :

$$Y_T = f_t S_n + Y_n \dots \dots \dots (2.48)$$

3. Kemudian dicari nilai T menggunakan persamaan rumus 2.13

4. Setelah itu hitung peluang teoritis $P'(X_i)$

$$P'(X_i) = \frac{1}{T} \dots \dots \dots (2.49)$$

b. Metode Log Pearson Type III

1. Hitung nilai $K_T/f(t)$ menggunakan persamaan :

$$f_t = \frac{\log X_i - \overline{\log X_i}}{SD} \dots \dots \dots (2.50)$$

2. Nilai $P'(X_i)$ didapatkan berdasarkan interpolasi antara f_t perhitungan, dengan f_t dari nilai C_s . Kemudian hasil interpolasi dipersenkan.

c. Metode Normal

1. Hitung nilai K_T/f_t menggunakan persamaan :

$$f_t = \frac{X_i - \bar{X}_i}{SD} \dots \dots \dots (2.51)$$

2. Menentukan nilai tabel z distribusi normal sesuai dengan nilai f_t pada tabel 2.12.

3. Setelah itu hitung peluang teoritis $P'(X_i)$

$$P'(X_i) = 1 - z \dots \dots \dots (2.52)$$

d. Metode Log Normal

1. Hitung nilai $K_T/f(t)$ menggunakan persamaan :

$$f_t = \frac{\log X_i - \log \bar{X}_i}{SD} \dots \dots \dots (2.53)$$

2. Menentukan nilai tabel z distribusi normal sesuai dengan nilai f_t pada tabel 2.12.

3. Setelah itu hitung peluang teoritis $P'(X_i)$

$$P'(X_i) = 1 - z \dots \dots \dots (2.54)$$

4. Hitung selisih (ΔP_i) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut :

$$\Delta P = P'(X_i) - P(X_i) \dots \dots \dots (2.55)$$

5. Dari kedua peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum } (P(X_n) - P'(X_n)) \dots \dots \dots (2.56)$$

6. Menentukan simpangan baku krisis sesuai pada tabel 2.11.

7. Membandingkan ΔP max dengan nilai kritis ΔP kritis. Jika ΔP max $<$ ΔP kritis. maka curah hujan maksimal diterima menurut Metode Smirnov – Kolmogorov, dan sebaliknya.

Tabel 2.11 Simpangan Baku Kritis (Sumber : Soewarno, 1995)

n	Alfa			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,447	0,509	0,563	0,669
10	0,323	0,369	0,409	0,486
15	0,266	0,304	0,338	0,404
20	0,232	0,265	0,294	0,352
25	0,208	0,238	0,264	0,317
30	0,19	0,218	0,242	0,29
35	0,177	0,202	0,224	0,269
40	0,165	0,189	0,21	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,238
50	0,148	0,17	0,188	0,226
N>50	$\frac{107}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

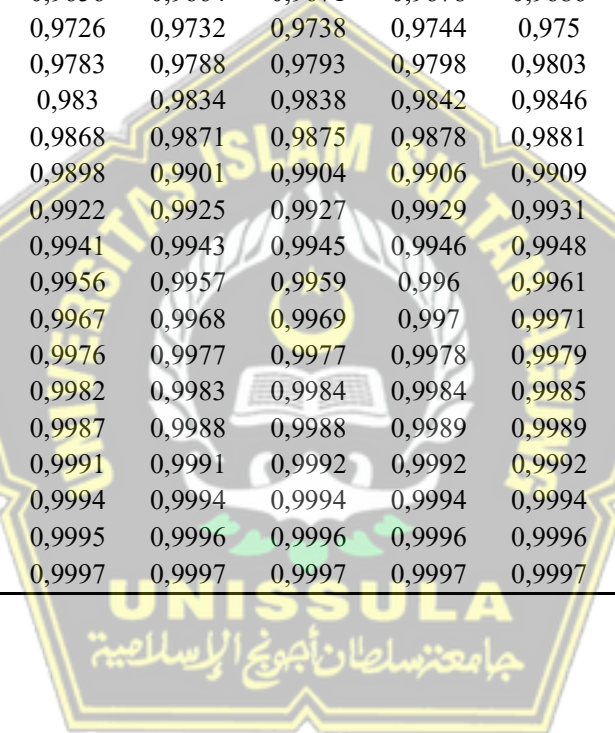


Tabel 2.11 Luas Wilayah Dibawah Kurva Normal (Sumber : I Made Kamiana, 2011)

z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,001	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,001	0,001
-2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,002	0,0019
-2,7	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,003	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0041	0,004	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,006	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,008	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,011
-2,1	0,0179	0,0174	0,017	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,015	0,0146	0,0143
-2	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,025	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,063	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0582	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823

-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,102	0,1003	0,0965
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,123	0,121	0,119	0,117
-1	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,166	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,209	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,242	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,305	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,281	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,33	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3738	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,352	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4192	0,409	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0	0,5	0,496	0,492	0,488	0,484	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0	0,5	0,504	0,508	0,512	0,516	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,591	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,648	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,67	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,695	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,719	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,758	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,791	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,834	0,8365	0,8389
1	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,877	0,879	0,881	0,883
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,898	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177

1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9316
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,937	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,975	0,9756	0,9761	0,9767
2	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,983	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9846	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9881	0,9887	0,989
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9909	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,992	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9931	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,994	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9948	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,996	0,9961	0,9961	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,997	0,9971	0,9971	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,998	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,999	0,999
3,1	0,999	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998



2.6. Intensitas Curah Hujan

Menurut I Made Kamiana (2011), Intensitas hujan merujuk pada jumlah curah hujan yang terjadi dalam suatu satuan waktu, biasanya diukur dalam mm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, mm/tahun, dan sebagainya. (Bambang Triatmodjo, 2016). Salah satu sifat umum hujan adalah semakin singkat hujan berlangsung, intensitasnya cenderung semakin tinggi dan semakin besar periode ulangnya semakin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan dapat dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF = Intensity–Duration–Frequency Curve) (Suripin, 2004).

Untuk menghasilkan Curve IDF yang terukur, diperlukan data hujan jangka pendek, seperti hujan 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit serta data jam-jaman. Berbagai rumus regresi, seperti rumus Talbot, Ishiguro, dan Sherman, dapat digunakan untuk pendekatan kurva IDF berdasarkan data tersebut.

Jika data hujan jangka pendek tidak tersedia, Namun data hujan ada maka metode Mononobe dapat digunakan untuk menurunkan persamaan regresi kurva IDF.

Selain itu, metode Van Breen dapat digunakan untuk menurunkan kurve IDF yang berdasarkan data hujan harian. Namun, dalam penentuan persamaan regresinya, metode Van Breen memerlukan Curve IDF terukur, yang sebaiknya berasal dari daerah pengaliran terdekat, sebagai pembanding bentuk kurve. (I Made Kamiana, 2011)

A. Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t+b} \dots \dots \dots (2.62)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = durasi hujan (menit atau jam)

a dan b = tetapan

n = jumlah data

$$a = \frac{(txI)x(I^2) - (I^2xt)x(I)}{Nx(I^2) (I)x(I)} \dots \dots \dots (2.63)$$

$$b = \frac{(I)x(txI) - Nx(I^2)xt}{Nx(I^2) (I)x(I)} \dots\dots\dots(2.64)$$

B. Rumus Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t}+b} \dots\dots\dots(2.65)$$

Keterangan rumus :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = durasi hujan (menit atau jam)

a dan b = tetapan

n = jumlah data

$$a = \frac{(txI)x(I^2) - (I^2xt)x(I)}{Nx(I^2) (I)x(I)} \dots\dots\dots(2.66)$$

$$b = \frac{(I)x(txI) - Nx(I^2)xt}{Nx(I^2) (I)x(I)} \dots\dots\dots(2.67)$$

C. Rumus Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots(2.68)$$

Keterangan rumus :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = durasi hujan (menit atau jam)

a dan n = tetapan

$$\text{Log } a = \frac{(\text{Log } I)x(\text{Log } t)^2 - (\text{Log } t \times \text{Log } I)x(\text{Log } t)}{N x (\text{Log } t)^2 - (\text{Log } t)x(\text{Log } t)} \dots\dots\dots(2.69)$$

$$n = \frac{(\text{Log } I)x(\text{Log } t) - Nx(\text{Log } t \times \text{Log } I)}{N x (\text{Log } t)^2 - (\text{Log } t)x(\text{Log } t)} \dots\dots\dots(2.70)$$

D. Rumus Van Breen

Menurut rumus Van Breen, Intensitas hujan dapat dihitung berdasarkan asumsi durasi hujan harian selama 4 jam, terutama di pulau jawa, dengan besar hujan harian efektif adalah 90% dari hujan harian maksimum.

Berdasarkan pengertian diatas, maka didapatkan rumus intensitas hujan menurut Van Breen adalah :

$$I = \frac{90\% \times X_{24}}{4} \dots \dots \dots (2.71)$$

Keterangan rumus :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

X₂₄ = Hujan harian maksimum (mm)

E. Rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2.72)$$

Keterangan rumus :

I adalah intensitas hujan (mm/jam);

t adalah waktu curah hujan (jam);

R₂₄ adalah curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

2.7. Analisa Debit Banjir Rencana

2.7.1 Metode Rasional Praktis

Metode ini dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan secara praktis berlaku untuk luas DAS hingga 5.000 hektar. Dua komponen utama ialah waktu konsentrasi (tc) dan intensitas curah hujan (itc).

Persamaan yang digunakan :

$$Q_p = 0,278 C.I.A \dots \dots \dots (2.73)$$

Keterangan:

Q_p adalah debit puncak banjir (m³ /s);

C adalah koefisien limpasan;

I adalah intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam);

A adalah luas daerah aliran (km²).

Koefisien *runoff* untuk drainase perkotaan sangat dipengaruhi oleh daerah kedap air dan dirumuskan seperti berikut :

$$C = 0,9I_m + (1 - I_m)C_p \dots \dots \dots (2.74)$$

Keterangan :

C_p adalah koefisien *runoff* untuk daerah tidak kedap air;

I_m adalah rasio kedap air.

$$I_m = \frac{A_{Kedap\ Air}}{A_{Total}} \dots \dots \dots (2.75)$$

Koefisien runoff dan rasio kedap air dapat dilihat pada Tabel 2.9 di bawah ini :

Tabel 2.12 Koefisien Runoff Dan Rasio Kedap Air
(Sumber : Kementrian PUPR, 2016)

Tata guna lahan	Karakteristik	C	Im (%)	Keterangan
Pusat perbelanjaan dan perkantoran		0,90	100	
Industri	Bangunan penuh	0,80	80	Berkurang untuk bangunan tidak penuh
Pemukiman (kepadatan menengah – tinggi)	20 rmh/ha	0,48	30	Bandingkan daerah kedap air dengan daerah lain
	30 rmh/ha	0,55	40	
	40 rmh/ha	0,65	60	
	60 rmh/ha	0,75	75	
Pemukiman (kepadatan rendah)	0,30	0,40	<20	CN = 85 (Curve Number)
Taman	Daerah datar	0,30	0	
Pedesaan	Tanah berpasir		0	C = 0,20; CN = 60
	Tanah berat (heavy soil)		0	C = 0,35; CN = 75
	Daerah irigasi		0	C = 0,50; CN = 85

Untuk C komposit dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut :

$$C_k = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_{TOTAL}} \dots \dots \dots (2.76)$$

Beberapa pendekatan estimasi waktu konsentrasi untuk aliran di lahan dapat digunakan seperti persamaan berikut :

- 1) Cara menghitung t_c , Kirpich (1940) Persamaan 2.77 digunakan untuk didaerah pedesaan.

$$t_c = \left(\frac{0,87xL^2}{100xS} \right)^{0,385} \dots \dots \dots (2.77)$$

Keterangan :

t_c adalah waktu dalam jam;
L adalah panjang lereng dalam (km);
S adalah kemiringan lereng (m/m).

- 2) Cara menghitung t_c , Izzard (1994)

$$t_c = \frac{526,4 * K * L}{i^{2/3}} \text{ menit} \rightarrow \text{untuk } i * L < 3871 \dots \dots \dots (2.78)$$

Keterangan :

L adalah panjang aliran di lahan (m)
i adalah intensitas hujan (mm/jam)

$$K = \frac{2,756 * 10^{-4} * i + C_r}{S^{2/3}} \dots \dots \dots (2.79)$$

Keterangan :

L adalah panjang aliran di lahan (overland flow distance), dalam m;
i adalah intensitas hujan, dalam mm/jam;
S adalah slope (m/m);
 C_r adalah koefisien penghalang (Tabel 2.13).

Tabel 2.13 Koefisien C_r (Sumber : Kementrian PUPR, 2016)

Aspal Halus	0,0070
Aspal dan Perkerasan Pasir	0,0075
Atap	0,0082
Beton	0,0120
Aspal dan Perkerasan Krikil	0,0170
Rumput	0,0460
Alang-Alang	0,0600

3) Cara menghitung t_c , Kerby (1959)

$$t_c = 1,44 * (L * n * S^{-0,5})^{0,467} \text{ menit} \rightarrow \text{untuk } L < 365 \text{ m} \dots \dots \dots (2.80)$$

Keterangan :

L adalah panjang aliran (m);

S adalah slope (m/m);

n adalah koefisien kekasaran.

Tabel 2.14 Besarnya Koefisien Kekasaran (n) (Sumber : Kementrian PUPR, 2016)

Paving halus	0,02
Tanah terbuka	0,1
Rumput gersang/tanah terbuka	0,3
Rumput sedang	0,4
Hutan meranggas	0,6
Rumput lebat	0,8

4) Cara menghitung t_c , FAA

Daerah perkotaan dengan panjang aliran antara 60 m – 100 m dirumuskan seperti berikut :

$$t_c = \frac{0,552 * [1,8 * (1,1 - C) * L^{0,5}]}{S^{1/3}} \text{ menit} \dots \dots \dots (2.81)$$

Keterangan:

C adalah koefisien runoff;

L adalah panjang aliran di lahan (m);

S adalah kemiringan lahan (%).

5) Waktu Konsentrasi di saluran:

Untuk estimasi waktu konsentrasi di saluran digunakan pendekatan seperti berikut :

$$t_d = \frac{L}{60 \cdot V} \text{ menit} \dots \dots \dots (2.82)$$

Keterangan :

L adalah panjang saluran (m);

V adalah kecepatan aliran rata-rata (m/s).

6) Koefisien limpasan C, diperkirakan berdasarkan tata guna lahan (Tabel 2.15) dan kondisi permukaan lahan (Tabel 2.16).

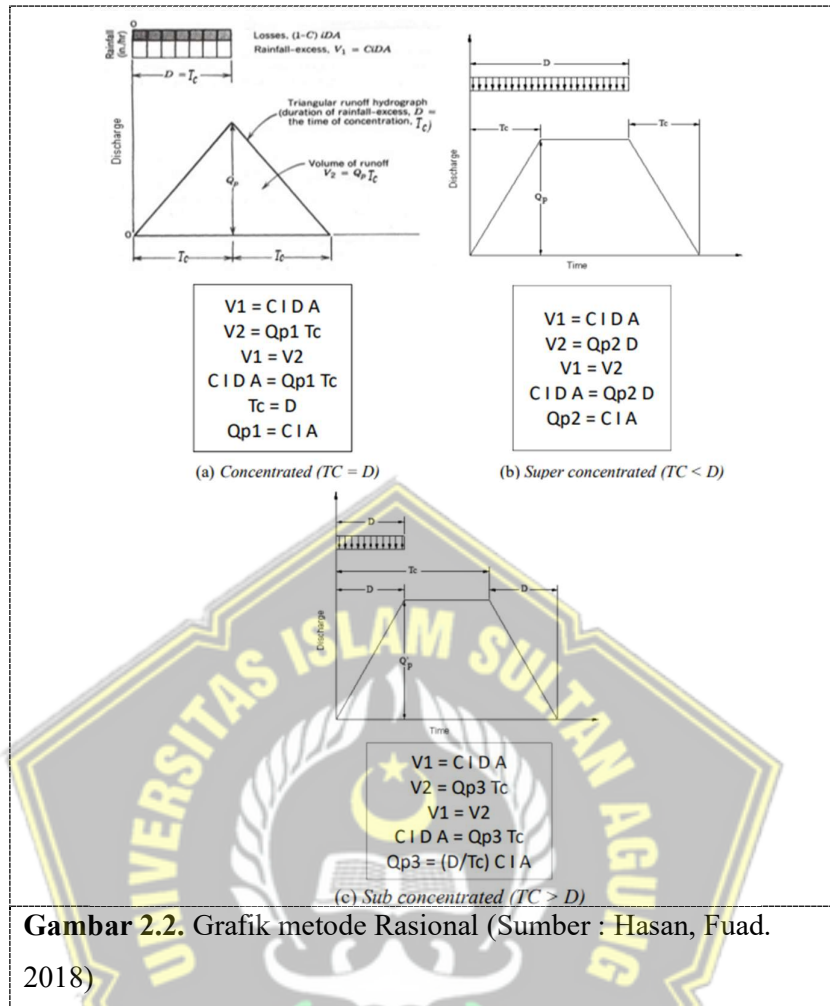
Tabel 2.15 Nilai Koefisien Limpasan (Sumber : Kementrian PUPR, 2016)

Karakteristik Tanah	Tata guna lahan	Limpasan (C)
Campuran pasir dan/atau campuran kerikil	Pertanian	0,20
	Padang rumput	0,15
	Hutan	0,10
Geluh dan sejenisnya	Pertanian	0,40
	Padang Rumput	0,35
	Hutan	0,30
Lempung dan Sejenisnya	Pertanian	0,50
	Padang rumput	0,45
	Hutan	0,40

Tabel 2.16 Nilai Koefisien Limpasan (Sumber : Kemestrian PUPR, 2016)

Jenis Daerah	Koefisien Aliran	Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran
Daerah Perdagangan		Jalan Aspal	
Kota	0,70-0,95	Aspal dan beton	0,70-0,95
Sekitar kita	0,50-0,70	Batu bata dan batako	0,70-0,85
Daerah Pemukiman		Atap Rumah	0,70-0,95
Satu rumah	0,30-0,50	Halaman berumput, tanah pasir	
Banyak rumah, terpisah	0,40-0,60	Datar, 2%	0,05-0,10
Banyak rumah, rapat	0,60-0,75	Rata-rata, 2-7%	0,10-0,15
Pemukiman, pinggiran kota	0,25-0,40	Curam, 7% atau lebih	0,15-0,20
Apartemen	0,50-0,70		
Daerah Industri		Halaman berumput, tanah pasir padat	
Ringan	0,50-0,80	Datar, 2%	0,13-0,17
Padat	0,60-0,90	Rata-rata, 2-7%	0,18-0,22
		Curam, 7% atau lebih	0,25-0,35
Lapangan, kuburan, dan sejenisnya	0,10-0,25		
Halaman, Jalan kereta api, dan sejenisnya	0,20-0,35		
Lahan tidak terpelihara	0,10-0,30		

Dalam perhitungan debit banjir, terdapat hidrograf dari suatu metode, untuk hidrograf metode rasional seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.2. Grafik metode Rasional (Sumber : Hasan, Fuad. 2018)

2.7.2. Metode Melchior, der Weduwen, dan Haspers

Metode rasional dari Melchior, der Weduwen dan Haspers pada umumnya berlaku untuk DAS yang luasnya sampai dengan 5000 hektar, khusus untuk wilayah Jakarta, anggapan-anggapan yang digunakan dalam penerapan metode rasional pada DAS yang luasnya lebih dari 5000 hektar, adalah : intensitas hujan yang merata di seluruh DAS untuk waktu curah hujan tertentu, waktu hujan sama dengan waktu konsentrasi dari DAS, puncak banjir dan intensitas hujan mempunyai periode ulang yang sama; digunakan Persamaan (2.83).

$$Q_{\max} = \gamma \cdot \beta \cdot f \cdot q \dots \dots \dots (2.83)$$

Keterangan:

$Q_{\max}$ adalah debit maksimum (m^3 / s);

γ adalah koefisien aliran;

β adalah koefisien reduksi;

f adalah luas daerah aliran (km^2);

q adalah hujan maksimum ($m^3 / km^2 / s$).

Dengan penjelasan sebagai berikut :

1) Metode Melchior, dengan ketentuan sebagai berikut :

a) Koefisien aliran berkisar antara 0,42 – 0,62 dan disarankan memakai 0,52;

b) Koefisien reduksi digunakan Persamaan 2.84.

$$F = \frac{1970}{\beta - 0,12} 3960 + 1720 \beta \dots \dots \dots (2.84)$$

c) Waktu konsentrasi ditentukan terlebih dahulu untuk mempercepat curah hujan maksimum dengan Persamaan 2.85.

$$t_k = \frac{1000}{3600V} \dots \dots \dots (2.85)$$

Keterangan:

t_k adalah waktu konsentrasi (jam);

L adalah panjang sungai (km);

V adalah kecepatan air rata-rata (m/s)

$$V = 1,31 \sqrt[5]{\beta \cdot q \cdot f \cdot i^2} \dots \dots \dots (2.86)$$

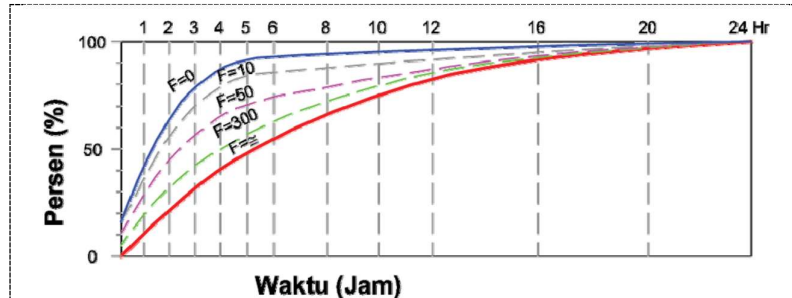
$$i = \frac{H}{0,9L} \dots \dots \dots (2.87)$$

Keterangan:

H adalah beda tinggi antara dasar sungai di mulut (outlet) DAS dengan dasar sungai di titik 0,9L ke arah hilir. Maka :

$$T = 0,186L \cdot Q^{-0,2} \cdot i^{-0,4} \dots \dots \dots (2.88)$$

- d) Hujan maksimum (q) dihitung dari grafik hubungan persentase curah hujan dengan t terhadap curah hujan harian dengan luas DAS dan waktu (lihat gambar 2.3.)



Gambar 2.3. Distribusi hujan dalam 24 jam (menurut Melchior) (Sumber : Kementrian PUPR, 2016)

- 2) Metode der weduwen, dengan ketentuan :

- a) Koefisien aliran (a) dihitung dengan Persamaan 2.89.

$$\sigma = 1 - \frac{4,1}{\beta \cdot q + 7} \quad (2.89)$$

- b) Koefisien reduksi (β) dihitung dengan Persamaan 2.90.

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9}f}{120 + f} \quad (2.90)$$

- c) Waktu kosentrasi (t_k) dihitung dengan Persamaan 2.91.

$$t_k = 0,125 L \cdot Q^{-0,125} \cdot i^{-0,25} \quad (2.91)$$

- e) Hujan maksimum (q) dihitung dengan persamaan 2.92.

$$q = \frac{67,65}{t + 1,45} \quad (2.92)$$

Keterangan:

t adalah 1/6 sampai dengan 12 jam;

f adalah $<50 \text{ km}^2$

- 3) Metode Haspers, dengan ketentuan :

- a) Koefisien aliran (α) dihitung dengan persamaan :

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 f^{0,7}}{1 + 0,075 f} \quad (2.93)$$

b) Koefisien reduksi (β) dihitung dengan persamaan :

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + (3,7 \times 10^{-0,4t})}{(t^2 + 15)} \times \frac{f^{3/4}}{12} \dots\dots\dots (2.94)$$

c) Waktu konsentrasi dihitung dengan persamaan :

$$t_x = 0,1L^{0,8}i^{0,3} \dots\dots\dots (2.95)$$

d) Hujan maksimum menurut Haspers dihitung dengan persamaan :

$$q = \frac{Rt}{3,6t} \dots\dots\dots (2.96)$$

$$R_t = \bar{R} + S_x \cdot Y \dots\dots\dots (2.97)$$

Keterangan :

t adalah waktu curah hujan (jam);

q adalah hujan maksimum ($m^3/km^2/s$);

R adalah curah hujan maksimum rata-rata (mm);

S_x adalah simpangan baku;

Y adalah variabel simpangan untuk periode ulang T tahun;

R_t adalah curah hujan dengan periode ulang T tahun (mm).

berdasarkan Haspers ditentukan :

untuk $t < 2$ jam,

$$R_t = \frac{t \cdot R_{24}}{t + 1 - 0,0008(260 - R_{24})(2 - t)^2} \dots\dots\dots (2.98)$$

Keterangan:

t adalah waktu curah hujan (jam);

R_{24} adalah curah hujan dalam 24 jam (mm);

R_t adalah curah hujan dengan waktu t jam (mm).

untuk $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$,

$$R_t = \frac{t \cdot R_{24}}{t + 1} \dots\dots\dots (2.99)$$

untuk $19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari}$,

$$R_t = 0,707.R_{24}\sqrt{t + 1}.....(2.100)$$

Keterangan:

t adalah waktu curah hujan (hari);

R 24 adalah curah hujan dalam 24 jam (mm);

Rt adalah curah hujan dalam t jam (mm).

(Sumber : Kementrian PUPR, 2016)

2.8. Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika dimanfaatkan untuk mengetahui kapasitas saluran dalam menampung debit banjir pada kondisi saat ini tanpa terjadinya peluapan air. Menurut Jurnal (Suryaman, Heri. 2013) analisis hidrolika terdiri dari tiga tahap analisis, yaitu analisis terhadap kapasitas maksimum saluran drainase eksisting, evaluasi kapasitas saluran terhadap debit rancangan dan evaluasi tinggi dan kemiringan saluran yang ideal berdasarkan kapasitas/volume air yang masuk. Analisis ini bertujuan guna mengetahui kondisi eksisting Polder serta mengetahui profil dari muka air.

2.8.1. Saluran Air

Saluran air adalah suatu struktur fisik yang digunakan untuk mengalirkan air. Saluran air dapat berupa saluran buatan manusia seperti saluran drainase, saluran irigasi, sungai buatan, atau saluran air limbah, maupun saluran alami seperti sungai, danau, sungai bawah tanah, atau laut.

Saluran air biasanya dibangun dari bahan yang tahan terhadap erosi dan tahan terhadap beban air. Material yang umum digunakan dalam konstruksi saluran air antara lain beton, batu, kayu, dan besi. Selain itu, saluran air juga harus dirancang agar dapat menampung debit air yang diinginkan, terhindar dari banjir, dan dapat mengalirkan air secara efisien.

Saluran air memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia, terutama dalam bidang industry, pertanian, dan kebutuhan air sehari-hari. Dalam sektor pertanian, saluran air digunakan untuk mengalirkan air irigasi ke kebun atau

sawah, sedangkan dalam sektor industri, saluran air digunakan untuk mengalirkan air ke pabrik atau fasilitas pengolahan air.

Namun, saluran air juga bisa menimbulkan masalah jika tidak dirawat dengan baik. Salah satu masalah yang sering terjadi adalah tersumbatnya saluran air akibat endapan lumpur atau sampah, sehingga mengakibatkan banjir atau bahkan kerusakan pada saluran air itu sendiri. Oleh karena itu, perawatan dan pemeliharaan saluran air secara rutin sangat penting untuk menjamin keberlangsungan fungsinya.

Dalam penentuan jenis dan ukuran saluran, dilakukan analisis potongan melintang saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan kemiringan dasar tertentu. Sesuai dengan persamaan kontinuitas, bahwa untuk penampang melintang tetap, debit maksimum dapat diperoleh jika kecepatan aliran maksimum.



Gambar 2.4 Bentuk Saluran (Sumber : Suryaman, Heri. 2013)

2.8.2. Pompa Air

Pada sistem kolam retensi air tidak bisa mengalir dengan gaya gravitasi, karena elevasi pada daerah hilir disuatu sungai biasanya mempunyai elevasi yang lebih rendah dari muka air banjir atau air laut. Oleh karena itu, untuk mencegah adanya genangan maka perlu adanya pompa air yang akan mengeluarkan air ke saluran drainase luar atau ke laut.

Langkah perhitungan pompa dengan menghitung dapat dilihat di bawah ini :

1. Menghitung besarnya aliran masuk (input)

$$\text{Jam ke} - = \text{Interval jam} \times \text{debit} \times 3600 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2.101)$$

2. Menentukan besaran aliran keluar (output)

$$\text{Jam ke} - = \text{interval jam} \times \text{jumlah} \times \text{kapasitas pompa} \times 3600 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(2.102)$$

3. Menghitung tinggi genangan dan volume genangan

$$\text{Volume genangan} = \text{inflow} - \text{outflow} \dots \dots \dots (2.103)$$

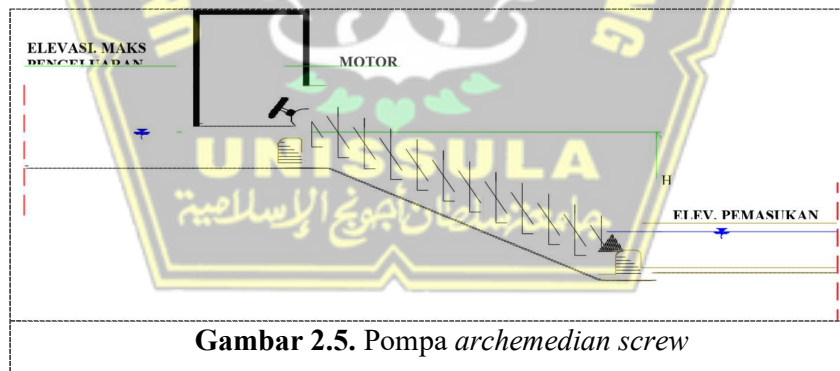
$$\text{Tinggi genangan} = \frac{\text{Volume genangan}}{\text{luas kolam}} \dots \dots \dots (2.104)$$

Karakteristik kinerja pompa dilihat dari debit yang dihasilkan dalam berbagai variasi tinggi atau rendahnya tenaga yang diberikan. Semakin tinggi head yang diberikan semakin kecil pula debit yang diproduksi, ini disebabkan jika semakin tinggi head yang harus diproduksi maka tekanan dari hilir pompa terhadap hulu pompa semakin besar, serta kemampuan untuk mengalirkan air melewati impeller mengecil. (Triatmadja, Bambang. 2013)

Tipe pompa sesuai dengan kebutuhan yang ada. Tipe-tipe pompa yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1) Pompa *Archemedian Screw*.

Pompa archemedian screw digunakan untuk kondisi elevasi muka air yang dipompa relatif aman, tidak sesuai untuk elevasi muka air yang perubahannya relatif besar.



Pompa ini tidak terganggu dengan adanya tumbuhan air dan sampah, oleh sebab itu pompa ini mampu beroperasi tanpa dijaga dalam jangka waktu yang lama.

2) Pompa *Rotodynamic*.

Pompa rotodynamic dipilih sesuai dengan keperluan perencanaan. Pompa ini terdiri atas :

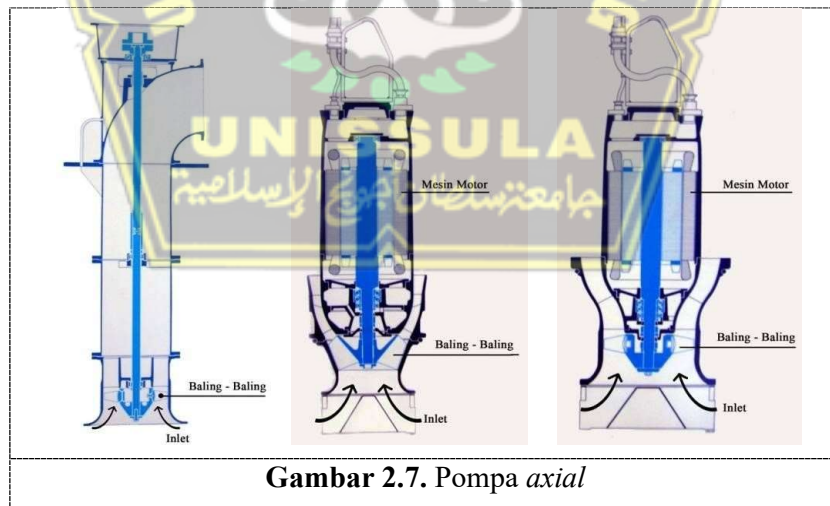
a) Pompa *Centrifugal* (aliran radial)

Dipergunakan untuk memompa air dengan ketinggian yang besar dan aliran sedang.



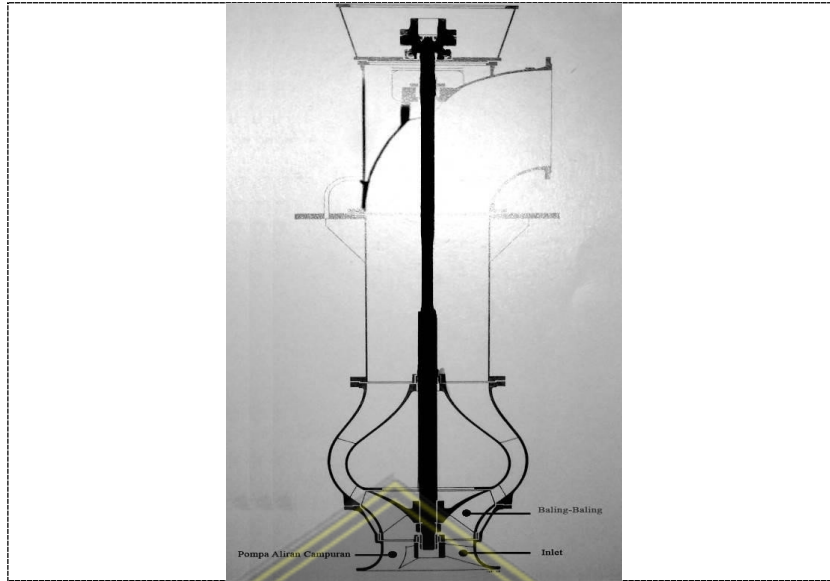
b) Pompa Axial (baling-baling)

Dipergunakan untuk memompa air dengan ketinggian yang rendah sampai aliran yang besar.



c) Pompa Aliran Campuran

Digunakan dengan karakteristik tengah-tengah antara Pompa Centrifugal dengan Pompa Axial.



Gambar 2.7. Pompa Aliran Campuran

(Sumber : Kementerian PUPR, 2019)

2.8.3. Polder

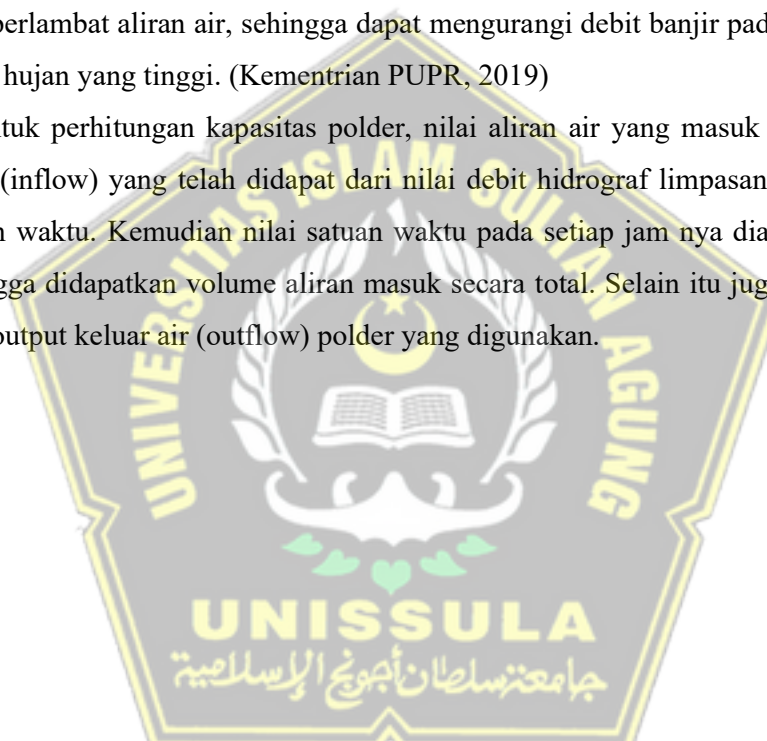
Sistem polder adalah suatu cara penanganan banjir dengan kelengkapan bangunan sarana fisik, yang meliputi saluran drainase, kolam retensi, pompa air, yang dikendalikan sebagai satu kesatuan pengelolaan. Dengan sistem polder, maka lokasi rawan banjir akan dibatasi dengan jelas, sehingga elevasi muka air, debit dan volume air yang harus dikeluarkan dari sistem dapat dikendalikan. Oleh karena itu, sistem polder disebut juga sebagai sistem drainase yang terkendali. Sistem ini dipakai untuk daerah-daerah rendah dan daerah yang berupa cekungan, ketika air tidak dapat mengalir secara gravitasi. Agar daerah ini tidak tergenang, maka dibuat saluran yang mengelilingi cekungan. Air yang tertangkap dalam daerah cekungan itu sendiri ditampung di dalam suatu waduk, dan selanjutnya dipompa ke kolam tampungan

Kolam alami yaitu kolam retensi yang berupa cekungan atau lahan resapan yang sudah terdapat secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian. Pada umumnya perencanaan kolam jenis ini memadukan fungsi sebagai kolam penyimpanan air dan penggunaan oleh masyarakat dan kondisi lingkungan sekitarnya. Kolam jenis alami ini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan, juga dapat meresapkan pada lahan atau kolam yang pervious,

misalnya lapangan sepak bola (yang tertutup oleh rumput), danau alami, seperti yang terdapat di taman rekreasi dan kolam rawa.

Kolam non alami adalah jenis kolam retensi yang sengaja dibuat dan direncanakan sebelumnya dengan bentuk dan kapasitas tertentu. Kolam ini menggunakan bahan material yang kaku, seperti beton, untuk membentuk struktur kolam yang stabil. Fungsi utama dari kolam non alami adalah untuk mengurangi debit banjir puncak (peak flow) pada saat over flow. Ketika air masuk ke dalam kolam melalui inlet, kolam tersebut dirancang untuk menampung air sesuai dengan kapasitas yang telah ditentukan. Hal ini memungkinkan kolam untuk memperlambat aliran air, sehingga dapat mengurangi debit banjir pada saat terjadi curah hujan yang tinggi. (Kementrian PUPR, 2019)

Untuk perhitungan kapasitas polder, nilai aliran air yang masuk dengan nilai debit (inflow) yang telah didapat dari nilai debit hidrograf limpasan berdasarkan satuan waktu. Kemudian nilai satuan waktu pada setiap jam nya diakumulasikan sehingga didapatkan volume aliran masuk secara total. Selain itu juga didapatkan nilai output keluar air (outflow) polder yang digunakan.



BAB III

METODOLOGI

3.1. Metode Pengujian

Metode pengujian adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis suatu masalah. Metode penelitian merupakan hal yang penting dalam penelitian.

3.1.1. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan adalah susunan kegiatan sebelum melakukan pengumpulan data dan pengolahannya. Adapun beberapa kegiatan persiapan adalah sebagai berikut :

1. Survey ke lokasi secara langsung untuk memperoleh gambaran secara umum baik bentuk dan tempat dari Kawasan Yayasan Badan Wakaf Sultan Agung.
2. Menentukan studi Pustaka atau literatur sebagai acuan terhadap materi perencanaan untuk menentukan garis besar kajian teknis sistem polder Universitas Islam Sultan Agung Semarang
3. Menentukan dan menyiapkan kebutuhan data yang dibutuhkan dalam kajian teknis sistem polder Universitas Islam Sultan Agung Semarang
4. Mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam kajian teknis sistem polder Universitas Islam Sultan Agung Semarang

3.2.1. Metode Observasi

Metode observasi adalah metode pengumpulan data dimana pengamatan dilakukan secara langsung untuk melihat kegiatan dan permasalahan yang terjadi. Selain pengamatan secara langsung, data juga dapat diperoleh dari internet untuk mengetahui kondisi lingkungan yang sebenarnya.

3.2.2. Studi Literatur

Studi literatur adalah metode pengumpulan data dengan mencari sumber rujukan yang berguna untuk penelitian. Referensi terdapat pada buku, jurnal, situs situs di internet, maupun artikel laporan penelitian.

3.2.3. Metode Dokumentasi

Metode dokumentasi ialah metode pengumpulan data dengan cara merekam dari keterangan yang dibutuhkan. Dengan maksud lain bahwa dokumentasi merupakan pengambilan data melalui dokumen tertulis maupun elektronik seperti recorder, kamera, dan sebagainya.

3.2.4. Metode Kepustakaan

Metode kepustakaan adalah metode pengumpulan data yang berfungsi menggabungkan data dalam bentuk informasi yang relevan dengan topik yang dipakai. Metode pengambilan data untuk metode ini berasal dari hasil penelitian, penyelidikan, bahan acuan, maupun standar yang dibutuhkan dalam perencanaan melalui perpustakaan maupun instansi terkait.

3.3. Jenis Data

Dalam kajian teknis digunakan 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder diperoleh dari instansi yang sesuai dengan rencana penelitian. Penjelasan lebih lanjut terkait data primer dan data sekunder yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.3.1. Data Primer

Data primer ialah data yang awal kali diamati serta dicatat yang berasal langsung dari lapangan. Data tersebut dapat berubah menjadi data sekunder jika dimanfaatkan oleh orang tidak berhubungan langsung dengan riset yang bersangkutan. Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, data primer berupa survey lokasi Kawasan Yayasan Badan Wakaf Sultan Agung, apakah ada perubahan data Peta Unissula dengan kondisi di lapangan.

3.3.2. Data Sekunder

Data sekunder ialah data yang dibutuhkan dalam Kajian Teknis Sistem Polder Kampus Islam Sultan Agung Semarang. Data sekunder adalah data yang sudah ada sebelumnya bersumber dari instansi terkait dan penelitian yang sudah ada sebelumnya. Sumber data penelitian yang didapat peneliti secara tidak langsung

melalui media perantara sehingga peneliti berperan sebagai pihak kedua. Data-data sekunder meliputi : Data Peta Unissula, data Stasiun Pompa, dan Data curah hujan.

3.4. Analisa Data

3.4.1. Analisa Hidrologi

Analisa Hidrologi digunakan untuk mengetahui debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Hal ini dilakukan dengan cara :

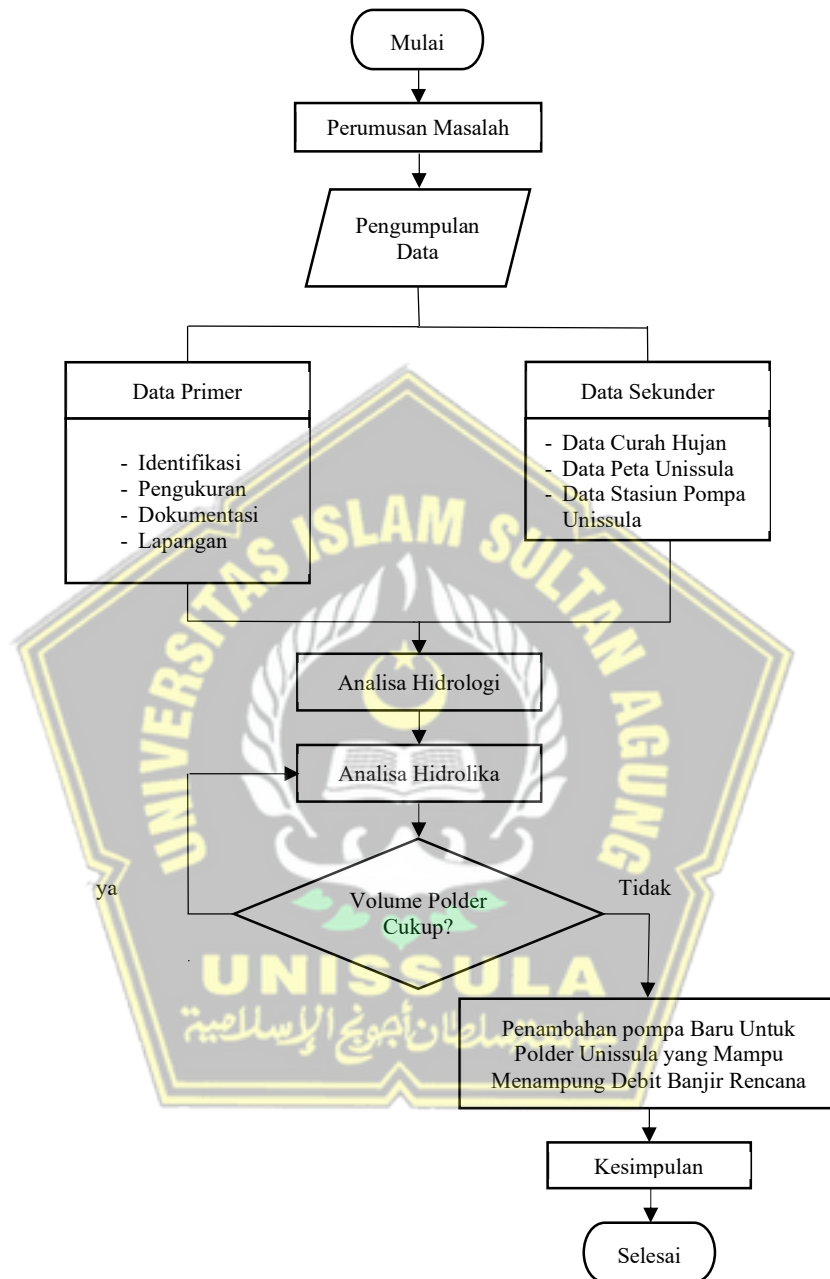
1. Perhitungan curah hujan rata-rata daerah.
2. Uji kesesuaian distribusi.
3. Mengetahui curah hujan rencana.
4. Perhitungan debit banjir rencana.

3.4.2. Analisa Hidrolika

Analisa Hidrolika digunakan untuk mengetahui kapasitas polder, dan pompa dalam menampung debit banjir rencana.



3.5. Bagan Alir



Gambar 3.1. Bagan Alir Pelaksanaan

Dalam Kajian Teknis Sistem Polder Kampus Islam Sultan Agung Semarang digunakan bagan alir seperti gambar 3.1. Adapun tahapan-tahapan perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Tahap 1

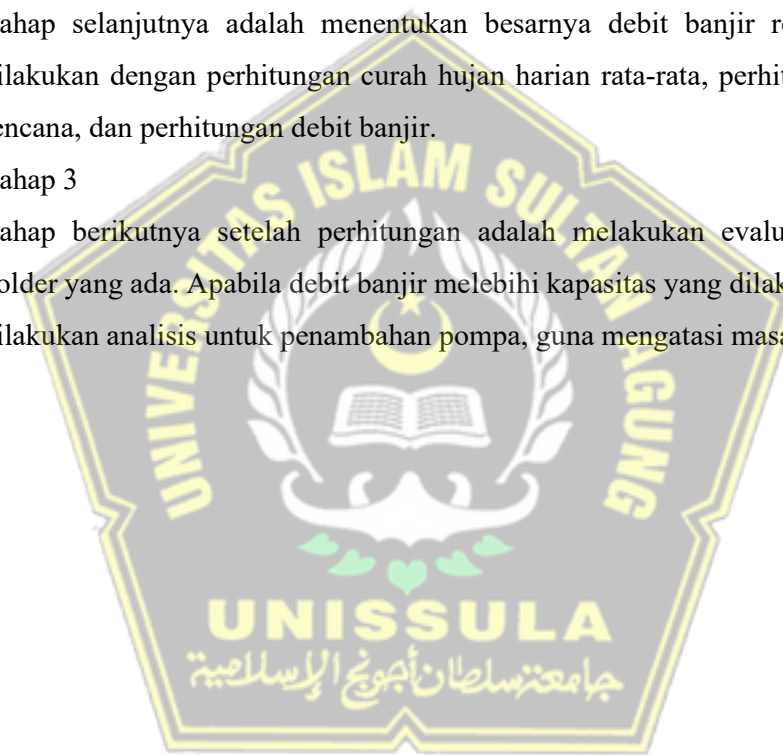
Tahap pertama yaitu tahap pengumpulan data yang digunakan dalam Kajian Teknis Sistem Polder Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Data data yang dibutuhkan antara lain data curah hujan, peta Unissula dan data stasiun pompa. Data tersebut didapatkan sebelum penyusunan laporan tugas akhir.

2. Tahap 2

Tahap selanjutnya adalah menentukan besarnya debit banjir rencana yang dilakukan dengan perhitungan curah hujan harian rata-rata, perhitungan hujan rencana, dan perhitungan debit banjir.

3. Tahap 3

Tahap berikutnya setelah perhitungan adalah melakukan evaluasi terhadap polder yang ada. Apabila debit banjir melebihi kapasitas yang dilakukan polder, dilakukan analisis untuk penambahan pompa, guna mengatasi masalah tersebut.



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Dalam mengkaji teknis polder Unissula, diperlukan analisa perhitungan yang perlu ditinjau adalah analisa hidrologi. Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi seperti besarnya: curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah terhadap waktu. Analisis hidrologi dalam pelaksanaan pekerjaan ini lebih pada analisis ketersediaan air dan kebutuhan air. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui karakteristik hujan, debit atau potensi air.

Analisa hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana, yang mana debit banjir tersebut berpengaruh besar terhadap pelayanan polder Unissula.

Adapun langkah-langkah dalam analisa hidrologi adalah sebagai berikut :

- a. Mencari data curah hujan dari stasiun penakar curah hujan terdekat
- b. Melakukan uji kesesuaian distribusi.
- c. Menghitung curah hujan rencana.
- d. Menghitung debit banjir rencana pada periode ulang T tahun.

4.2 Distribusi Hujan Wilayah

Dalam hal ini diperlukan perhitungan rata-rata curah hujan pada beberapa stasiun, data hujan yang diperlukan untuk analisa hidrologi yang telah terhimpun data hujan sepanjang tahun. Mulai dari 2013 – 2022 pada 2 stasiun hujan yaitu :

1. Stasiun Karangroto
2. Stasiun Pucanggading

Di dalam suatu daerah, tentunya dilayani oleh suatu das tertentu. Untuk daerah RSI Sultan Agung, Universitas Islam Sultan Agung, dan SMP Islam Sultan Agung 4, dan SMA Islam Sultan Agung 3, dilayani oleh DAS Sringin.

Perhitungan curah hujan masimum rata-rata menggunakan persamaan 2.1

Tabel 4.1 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata dengan metode aljabar

No.	Tahun	Tanggal	Stasiun Pencatat Hujan		Curah Hujan Rata-Rata (mm)	Xi (mm)
			Curah Hujan Maximum			
			Karangroto	Pucanggading		
1	2013	23 Febuari 2013	135	90	112,5	112,5
		23 Febuari 2013	135	90	112,5	
2	2014	23 Januari 2014	135	42	88,5	90,5
		4 Febuari 2014	75	106	90,5	
3	2015	13 Febuari 2015	130	105	117,5	117,5
		13 Febuari 2015	130	105	117,5	
4	2016	27 Desember 2016	110	3	56,5	83
		4 Januari 2016	62	104	83	
5	2017	2 Maret 2017	100	46	73	73
		4 April 2017	14	82	48	
6	2018	3 April 2018	98	16	57	57
		10 Maret 2018	18	88	53	
7	2019	4 April 2019	116	6	61	61
		6 Febuari 2019	26	72	49	
8	2020	20 Febuari 2020	93	98	95,5	95,5
		20 Febuari 2020	93	98	95,5	
9	2021	6 Febuari 2021	137	67	102	102
		24 Febuari 2021	137	16	76,5	
		4 Januari 2021	3	95	49	
10	2022	30 Desember 2022	147	0	73,5	104
		6 Juni 2022	92	116	104	

(Sumber : Hasil Perhitungan 2023)

4.3. Analisa Curah Hujan Rencana

Untuk memperoleh besarnya debit banjir rencana dengan menggunakan data hujan, maka diperlukan adanya analisis. Analisis yang digunakan yaitu analisis statistic distribusi curah hujan harian maksimum. Metode umum yang digunakan dalam menentukan curah hujan rencana adalah distribusi gumbel, log pearson tipe III, normal, dan log normal,.

4.4 Pengukuran Pola Sebaran (Uji Dispersi)

Uji Dispersi dilakukan untuk menentukan jenis sebaran (distribusi) yang akan digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana. Pengukuran pola sebaran (uji dispersi) digunakan untuk membandingkan Standar Deviasi (Sd), Koefisien Skewness (Cs), Koefisien Kurtosis (Ck), dan Koefisien Varian (Cv) dari data curah hujan dengan ketentuan yang sudah ditetapkan.

Perhitungan uji dispersi menggunakan rumus pada tabel 2.3.

Tabel 4.2 Parameter statistik uji dispersi curah hujan maksimum

No	Tahun	X_i	$(X_i - \bar{X}_i)^2$	$(X_i - \bar{X}_i)^3$	$(X_i - \bar{X}_i)^4$
1	2013	112,5	524,41	12.008,99	275.005,85
2	2014	90,5	0,81	0,73	0,66
3	2015	117,5	778,41	21.717,64	605.922,13
4	2016	83	43,56	-287,50	1.897,47
5	2017	73	275,56	-4.574,30	75.933,31
6	2018	57	1062,76	-34.645,98	1.129.458,82
7	2019	61	817,96	-23.393,66	669.058,56
8	2020	95,5	34,81	205,38	1.211,74
9	2021	102	153,76	1.906,62	23.642,14
10	2022	104	207,36	2.985,98	42.998,17
Jumlah		896	3899,4	-24.076,08	2.825.128,84

(Sumber : Hasil Perhitungan 2023)

Dari rumus-rumus pada tabel 2.3, maka didapatkan nilai :

Curah hujan rata rata ($\bar{X}_i$) : 89,60

Standar Deviasi (Sd) : 20,82

Koefisien Skewness (Cs) : - 0,37

Koefisien Kurtosis (Ck) : 3,0

Koefisien Varian (Cv) : 0,23

Tabel 4.3 Parameter Statistik Uji Dispersi Logaritma Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	Xi	Log Xi	$(\log Xi - \log \bar{X})^2$	$(\log Xi - \log \bar{X})^3$	$(\log Xi - \log \bar{X})^4$
1	2013	112,5	2,05	0,0122	0,001347	0,000149
2	2014	90,5	1,96	0,0003	0,000004	1E-07
3	2015	117,5	2,07	0,0167	0,002163	0,00028
4	2016	83	1,92	0,0005	-0,00001	2E-07
5	2017	73	1,86	0,006	-0,00046	3,59E-05
6	2018	57	1,76	0,0342	-0,00632	0,001167
7	2019	61	1,79	0,0241	-0,00375	0,000583
8	2020	95,5	1,98	0,0015	0,000061	2,4E-06
9	2021	102	2,01	0,0046	0,000313	2,12E-05
10	2022	104	2,02	0,0058	0,000445	3,39E-05
Jumlah		896	19,41	0,1059	-0,00621	0,002272

(Sumber : Hasil Perhitungan 2023)

Dari rumus-rumus pada tabel 2.3, maka didapatkan nilai :

Log Curah hujan rata rata ($\log \bar{X}$) : 1,94

Standar Deviasi (Sd) : 0,11

Koefisien Skewness (Cs) : - 0,68

Koefisien Kurtosis (Ck) : 3,26

Koefisien Varian (Cv) : 0,06

Jenis analisis frekuensi yang akan digunakan ditentukan dengan membandingkan hasil perhitungan parameter statistik menggunakan persyaratan tabel 2.2 dengan hasil pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Syarat dan batas tertentu distribusi

No	Nama Metode	Persyaratan		Hasil		Keterangan
1	Gumbel	Cs = 1,14	1,14	Cs	-0,37	Tidak memenuhi
		Ck = 5,4	5,4	Ck	3	Tidak memenuhi
2	Normal	Cs $\approx$ 0	0	Cs	-0,37	Tidak memenuhi
		Ck $\approx$ 3,0	3	Ck	3	memenuhi
3	Log Pearson Type III	Jika semua syarat tidak terpenuhi		Cs	-0,68	memenuhi
4	Log Normal	Cs = Cv ³ + 3Cv	2	Cs	0,17	Tidak memenuhi
		Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3	4	Ck	3,05	Tidak memenuhi

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

4.5. Curah Hujan Rencana

4.5.1. Distribusi Probabilitas Gumbel

1. Pada perhitungan hujan rencana diawali dengan menghitung rata-rata curah hujan maksimal tahunan dengan rumus persamaan 2.5

$$\text{Curah Hujan rata-rata } (\bar{Xi}) = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} = \frac{896}{10} = 89,6$$

2. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung standar deviasi dengan rumus persamaan 2.6

$$\text{Standar deviasi (SD)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3899,40}{9}} = 20,82$$

Tabel 4.5 Parameter Statistik Metode Distribusi Gumbel

No.	Tahun Kejadian	Xi	$(Xi - X_{rata-rata})^2$
1	2013	112,5	524,41
2	2014	90,5	0,81
3	2015	117,5	778,41
4	2016	83	43,56
5	2017	73	275,56
6	2018	57	1062,76
7	2019	61	817,96
8	2020	95,5	34,81
9	2021	102	153,76
10	2022	104	207,36
Jumlah		896	3899,40

(Sumber : Hasil Perhitungan 2023)

3. Menentukan nilai Sn , Yt , Yn sesuai dengan tabel 2.4, 2.5, dan 2.6.

Untuk, $n = 10$ tahun; didapat $Yn = 0,4952$; $Sn = 0,9496$

untuk, $T = 2$ tahun, $Yt = 0,3665$

untuk, $T = 5$ tahun, $Yt = 1,4999$

untuk, $T = 10$ tahun, $Yt = 2,251$

untuk, $T = 20$ tahun, $Yt = 2,9702$

untuk, $T = 25$ tahun, $Yt = 3,1985$

untuk, T = 50 tahun, Y_t = 3,9019
 untuk, T = 100 tahun Y_t = 4,6001

4. Menghitung curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun dengan persamaan 2.12

Sehingga, curah hujan periode ulang hujan 2 tahun yaitu :

$$X_T = b + \frac{1}{a} Y_T$$

$$\begin{aligned} X_2 &= 78,75 + 21,92 \times 0,3665 \\ &= 86,79 \end{aligned}$$

Dimana b dan $\frac{1}{a}$ didapat dari perhitungan dibawah ini:

$$\begin{aligned} b &= \overline{Xi} - \frac{yn.S}{Sn} \\ &= 89,6 - \frac{0,4952 \times 20,82}{0,9496} \\ &= 78,75 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{a} = \frac{S}{Sn}$$

$$\frac{1}{a} = \frac{20,82}{0,9496}$$

$$\frac{1}{a} = 21,92$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Perhitungan Hujan Rencana Metode Distribusi Gumbel

PUH	Y _t	X _T (mm)
2	0,3668	86,79
5	1,5004	111,63
10	2,251	128,09
20	2,9709	143,87
25	3,1993	148,87
50	3,9028	164,29
100	4,6012	179,60

(Sumber ; Hasil Perhitungan 2023)

4.5.2. Metode Log Person Type III

1. Pada perhitungan hujan rencana diawali dengan mengubah data hujan tahunan sebanyak n buah $X_1, X_2, \dots, X_n$ menjadi $\log X_1, \log X_2, \dots, \log X_n$.

$$\begin{aligned}\log (X_1) &= \log (112,5) \\ &= 2,05\end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.7

2. Menghitung harga rata - rata nilai logaritma tersebut dengan persamaan rumus 2.14

$$\overline{\log Xi} = \frac{\sum_{i=1}^n \log Xi}{n} = \frac{19,41}{10} = 1,941$$

3. Menghitung deviasi standar dengan rumus dengan persamaan 2.15

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log Xi})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,1059}{9}} = 0,108$$

4. Menghitung koefisien kemencengan dengan rumus persamaan 2.16

$$Cs = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log Xi})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}} = \frac{10 \times -0,00621}{9 \times 8 \times (0,108)^3} = -0,675$$

Tabel 4.7 Parameter Statistik Metode Distribusi Log Pearson III

No	Tahun Kejadian	X_i	$\log X_i$	$(\log X_i - \overline{\log X})^2$	$(\log X_i - \overline{\log X})^3$
1	2013	112,5	2,05	0,0122	0,00135
2	2014	90,5	1,96	0,0003	0,00000
3	2015	117,5	2,07	0,0167	0,00216
4	2016	83	1,92	0,0005	-0,00001
5	2017	73	1,86	0,0060	-0,00046
6	2018	57	1,76	0,0342	-0,00631
7	2019	61	1,79	0,0241	-0,00375
8	2020	95,5	1,98	0,0015	0,00006
9	2021	102	2,01	0,0046	0,00031
10	2022	104	2,02	0,0058	0,00044
Jumlah		896	19,41	0,1059	-0,00621

(Sumber ; Hasil Perhitungan 2023)

5. Untuk menetapkan nilai K_T termuat dalam Tabel Koefisien Skewnes. Jika nilai C_s tidak termuat dalam tabel Koefisien Skewnes, maka untuk mendapatkan nilai K_T dilakukan interpolasi dari nilai C_s yang memiliki nilai lebih kecil dan yang lebih besar. Sehingga mendapatkan nilai K_T pada tingkat peluang sebanding dengan nilai C_s nya pada periode tertentu. Tabel Koefisien Skewnes dapat dilihat pada tabel 2.7, dan tabel 2.8.

Didapatkan nilai $C_s = -0,675$, karena ditabel kemencengan tidak terdapat nilai $C_s = -0,675$, maka dilakukan interpolasi antara nilai $C_s = -0,6$ dan $C_s = -0,7$.

Tabel 4.8 Interpolasi Nilai C_s

PUH	2	5	10	25	50	100
-0,6	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,448	1,663	1,806
-0,675	0,112	0,857	1,187	1,468	1,677	1,824

(Sumber : Hasil Perhitungan 2023)

6. Kemudian menghitung logaritma hujan X_T dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus persamaan 2.17

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X_i} + (K_T \times S \text{Log } X_i)$$

$$\begin{aligned} \text{Log } X_2 &= 1,941 + 0,112 \times 0,108 \\ &= 1,95 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.9

7. Untuk mendapatkan nilai X_T yang sebenarnya dapat digunakan antilog dengan rumus persamaan 2.18

$$X_T = 10^{\text{Log } X_T}$$

$$X_2 = 10^{1,95} = 89,71$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Perhitungan Hujan Rencana Metode Distribusi Log Pearson Type III

PUH	K _T	Log X _T	X _T
2	0,112	1,95	89,71
5	0,857	2,03	108,06
10	1,187	2,07	117,36
20	1,374	2,09	122,97
25	1,468	2,10	125,88
50	1,677	2,12	132,63
100	1,824	2,14	137,60

(Sumber : Hasil Perhitungan 2023)

4.5.3. Distribusi Probabilitas Normal

1. Pada perhitungan hujan rencana diawali dengan menghitung harga curah hujan rata - rata tahunan dengan rumus persamaan 2.19

$$\overline{Xi} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} = \frac{896}{10} = 89,6$$

2. Menghitung deviasi standar dengan rumus persamaan 2.20

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \overline{Xi})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3899,4}{10-1}} = 20,82 \text{ mm}$$

Tabel 4.10 Parameter Statistik Metode Distribusi Normal

N0	Tahun	Xi	(Xi-Xrata-rata) ²
1	2013	112,5	524,41
2	2014	90,5	0,81
3	2015	117,5	778,41
4	2016	83	43,56
5	2017	73	275,56
6	2018	57	1062,76
7	2019	61	817,96
8	2020	95,5	34,81
9	2021	102	153,76
10	2022	104	207,36
Jumlah		896	3899,4

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

3. Menentukan nilai K_T berdasarkan periode ulang dari Tabel 2.9 Reduksi Gauss

Nilai K_T didapat berdasarkan periode ulang tahun (T) yaitu :

untuk,	$T = 2$ tahun,	$K_T = 0$
untuk,	$T = 5$ tahun,	$K_T = 0,84$
untuk,	$T = 10$ tahun,	$K_T = 1,28$
untuk,	$T = 20$ tahun,	$K_T = 1,64$
untuk,	$T = 25$ tahun,	$K_T = 1,71$
untuk,	$T = 50$ tahun,	$K_T = 2,05$
untuk,	$T = 100$ tahun,	$K_T = 2,33$

4. Menghitung curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun dengan persamaan rumus 2.21.

Perhitungan curah hujan rencana periode ulang 2 tahun yaitu :

$$X_T = \bar{X}_i + K_T \times SD$$

$$X_2 = 89,6 + 0 \times 20,82$$

$$= 89,60$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

PUH	K_T	X_T
2	0	89,60
5	0,84	107,08
10	1,28	113,95
20	1,64	123,74
25	1,71	125,19
50	2,05	132,27
100	2,33	138,10

(Sumber : Hasil Perhitungan , 2023)

4.5.4. Distribusi Probabilitas Log Normal

1. Pada perhitungan hujan rencana diawali dengan mengubah data hujan tahunan sebanyak n buah $X_1, X_2, \dots, X_n$ menjadi $\log X_1, \log X_2, \dots, \log X_n$.

$$\begin{aligned}\log (X_1) &= \log (112,5) \\ &= 2,05\end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan

2. Menghitung harga rata - rata nilai logaritma tersebut dengan dengan rumus persamaan 2.22

$$\overline{\log Xi} = \frac{\sum_{i=1}^n \log Xi}{n} = \frac{19,407}{10} = 1,941$$

3. Menghitung deviasi standar dengan dengan rumus persamaan 2.23

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log X})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,1059}{9}} = 0,108$$

Tabel 4.12 Parameter Statistik Metode Distribusi Log Normal

No	Tahun Kejadian	X_i	$\log X_i$	$(\log X_i - \log \bar{X})^2$
1	2013	112,5	2,051	0,0122
2	2014	90,5	1,957	0,0003
3	2015	117,5	2,070	0,0167
4	2016	83	1,919	0,0005
5	2017	73	1,863	0,0060
6	2018	57	1,756	0,0342
7	2019	61	1,785	0,0241
8	2020	95,5	1,980	0,0015
9	2021	102	2,009	0,0046
10	2022	104	2,017	0,0058
Jumlah		896	19,407	0,1059

(Sumber : Hasil Perhitungan 2023)

4. Menentukan nilai K_T berdasarkan periode ulang dari Tabel 2.8 Reduksi Gauss
Nilai K_T didapat berdasarkan periode ulang tahun (T) yaitu :

untuk,	$T = 2$ tahun,	$K_T = 0$
untuk,	$T = 5$ tahun,	$K_T = 0,84$
untuk,	$T = 10$ tahun,	$K_T = 1,28$
untuk,	$T = 20$ tahun,	$K_T = 1,64$
untuk,	$T = 25$ tahun,	$K_T = 1,71$
untuk,	$T = 50$ tahun,	$K_T = 2,05$
untuk,	$T = 100$ tahun	$K_T = 2,33$

5. Kemudian menghitung logaritma hujan X_T dengan waktu balik yang dikehendaki dengan persamaan rumus 2.24

Perhitungan curah hujan rencana periode ulang 2 tahun yaitu :

$$\log X_T = \overline{\log X_i} + (K_T S_d)$$

$$\log X_2 = 1,941 + 0 \times 0,108 = 1,94$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.13

6. Untuk mendapatkan nilai X_T yang sebenarnya dapat digunakan antilog dengan persamaan rumus 2.25

$$X_T = 10^{\log X_T}$$

$$X_2 = 10^{1,94} = 87,24$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.13

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

PUH	KT	Log XT	XT
2	0	1,94	87,24
5	0,84	1,95	89,25
10	1,28	1,96	90,32
20	1,64	1,96	91,20
25	1,71	1,96	91,38
50	2,05	1,96	92,22
100	2,33	1,97	92,92

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

4.6. Uji Distribusi Probabilitas

Uji Distribusi Probabilitas digunakan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

4.6.1. Uji Chi - Kuadrat (X^2)

- a. Menghitung jumlah kelas

$$\text{Jumlah data (n)} = 10$$

$$\begin{aligned}\text{Kelas distribusi (k)} &= 1 + 3,33 \log n \\ &= 1 + 3,33 \log 10 \\ &= 4,3 \\ &= 5\end{aligned}$$

- b. Menghitung derajat kebebasan (DK) dan X^2 cr

$$\text{Parameter (P)} = 2$$

$$\begin{aligned}\text{Derajat kebebasan (Dk)} &= k - (P+1) \\ &= 5 - (2+1) \\ &= 5 - (3) \\ &= 2\end{aligned}$$

Dengan derajat kepercayaan 95% diterima, maka didapat nilai X^2 cr = 5,991 (berdasarkan table) dengan $\alpha = 5\%$, dan Dk = 2

c. Menghitung kelas distribusi

Kelas distribusi = $1/k \times 100\% = 1/5 \times 100\% = 20\%$, maka interval distribusi adalah 20%, 40%, 60%, 80%.

- Probabilitas 20%

$$P(x) = 20\% \text{ diperoleh periode ulang } (T) = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

- Probabilitas 40%

$$P(x) = 40\% \text{ diperoleh periode ulang } (T) = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ tahun}$$

- Probabilitas 60%

$$P(x) = 60\% \text{ diperoleh periode ulang } (T) = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,60} = 1,67 \text{ tahun}$$

- Probabilitas 80%

$$P(x) = 80\% \text{ diperoleh periode ulang } (T) = \frac{1}{P_x} = \frac{1}{0,80} = 1,25 \text{ tahun}$$

d. Menghitung kelas interval

1. Distribusi Gumbel

Dengan nilai $n = 10$, maka

$$y_n = 0,4952 \text{ (lihat tabel 2.4)}$$

$$S_n = 0,9496 \text{ (lihat tabel 2.5)}$$

Perhitungan Reduced Variate (Y_t) dan Faktor frekuensi K menggunakan rumus persamaan 2.13 dan 2.36.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Y_t dan K

PUH	Y_t	Y_n	S_n	K
5	1,4999	0,4952	0,9496	1,06
2,5	0,6717	0,4952	0,9496	0,19
1,667	0,0977	0,4952	0,9496	-0,42
1,25	-0,4759	0,4952	0,9496	-1,02

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Perhitungan pendekatan Metode Gumbel menggunakan persamaan 2.37,

dimana nilai $\bar{X}_i = 89,6$ (lihat halaman 59)

$$S_d = 20,82 \text{ (lihat halaman 59)}$$

Tabel 4.15 Hasil perhitungan curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun

Periode Ulang	X_T
5	111,62
2,5	93,47
1,667	80,89
1,25	68,31

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

2. Distribusi Log Person Tipe III

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai T dan nilai C_s dari tabel 2.7, dan 2.8 dengan $C_s = -0,675$ (lihat halaman 61), didapat nilai K_T yang di interpolasikan sehingga didapatkan nilai K_T seperti pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil interpolasi nilai K_T

PUH	1,25	1,667	2,5	5
-0,6	-0,8	-0,2007	0,3517	0,857
-0,7	-0,79	-0,186	0,363	0,857
-0,675	-0,792	-0,19	0,36	0,857

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

- Untuk $T = 5$ didapatkan $K_T = 0,857$
- Untuk $T = 2,5$ didapatkan $K_T = 0,36$
- Untuk $T = 1,667$ didapatkan $K_T = -0,19$
- Untuk $T = 1,25$ didapatkan $K_T = -0,792$
- Nilai $\overline{\log Xi} = 1,941$ (lihat halaman 61)
- Nilai $SD = 0,108$ (lihat halaman 61)
- $C_s = -0,675$ (lihat halaman 61)

Perhitungan pendekatan Metode Log Pearson Type III dengan persamaan rumus 2.38 dan 2.39.

Tabel 4.18 Hasil perhitungan curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun

PUH	KTR	Log XT	X_T
5	0,857	2,034	108,06
2,5	0,36	1,98	95,45
1,667	-0,19	1,92	83,2
1,25	-0,792	1,855	71,57

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

3. Distribusi Probabilitas Normal

Nilai K_T didapat berdasarkan periode ulang tahun (T) berdasarkan tabel 2.9.

Sehingga didapatkan nilai K_T sebesar :

T = 5 tahun maka $K_T = 0,84$

T = 2,5 tahun maka $K_T = 0,25$

T = 1,667 tahun maka $K_T = -0,25$

T = 1,25 tahun maka $K_T = -0,84$

Nilai $\bar{X}_i = 89,9$ (lihat halaman 63)

Nilai SD = 20,82 (lihat halaman 63)

Perhitungan pendekatan Metode Normal menggunakan persamaan rumus 2.40.

Tabel 4.16 Hasil perhitungan curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun

PUH	K_T	X_T
5	0,84	107,08
2,5	0,25	94,80
1,667	-0,25	84,40
1,25	-0,84	72,12

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

4. Distribusi Log Normal

Nilai K_T didapat berdasarkan periode ulang tahun (T) berdasarkan tabel

2.9. Sehingga didapatkan nilai K_T sebesar :

T = 5 tahun maka $K_T = 0,84$

T = 2,5 tahun maka KT = 0,25
T = 1,667 tahun maka KT = - 0,25
T = 1,25 tahun maka KT = - 0,84

Nilai $\overline{\log Xi}$ = 1,941 (lihat halaman 65)

Nilai S Log Xi = 0,108 (lihat halaman 65)

Rumus pendekatan Metode Log Normal menggunakan persamaan rumus 2.41 dan 2.42.

Tabel 4.17 Hasil perhitungan curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun

PUH	KT	S log Xi	Log X _T	X _T
5	0,84	0,108	2,03	107,61
2,5	0,25	0,108	1,97	92,86
1,667	-0,25	0,108	1,91	81,96
1,25	-0,84	0,108	1,85	70,73

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

e. Perhitungan nilai Chi – Kuadrat (X^2)

$$Ei = \frac{\text{Banyakdata}(n)}{\text{Jumlah kelas}}$$

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

Oi = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

Tabel 4.19 Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Gumbel

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi- Ei	(Oi-Ei) ² /Ei
1	>111,62	2	2	0	0
2	93,47 - 111,62	2	3	1	0,5
3	80,89 - 93,47	2	2	0	0
4	68,31 - 80,89	2	1	-1	0,5
5	<68,31	2	2	0	0
Jumlah		10	10	X^2	1

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4.20 Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Pearson III

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi- Ei	$(O_i-E_i)^2/E_i$
1	> 108,06	2	2	0	0
2	95,45 - 108,06	2	3	1	0,5
3	83,20 - 95,45	2	1	-1	0,5
4	71,57 - 83,20	2	2	0	0
5	< 71,57	2	2	0	0
Jumlah		10	10	X^2	1

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4.21 Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Normal

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi- Ei	$(O_i-E_i)^2/E_i$
1	> 107,08	2	2	0	0
2	94,80 - 107,08	2	2	0	0
3	84,40 - 94,80	2	2	0	0
4	72,12 - 84,40	2	2	0	0
5	< 72,12	2	2	0	0
Jumlah		10	10	X^2	0

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4.22 Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Normal

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi- Ei	$(O_i-E_i)^2/E_i$
1	> 107,61	2	2	0	0
2	92,86 - 107,61	2	3	1	0,5
3	81,96 - 92,86	2	2	0	0
4	70,73 - 81,96	2	1	-1	0,5
5	< 70,73	2	2	0	0
Jumlah		10	10	X^2	1

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

f. Perbandingan nilai Chi – Kuadrat (X^2) dengan X^2_{cr}

Setelah mendapatkan nilai X^2 , selanjutnya melakukan perbandingan antara X^2 dengan X^2_{cr} . Nilai X^2_{cr} didapatkan pada tabel lihat 2.10. Jika $X^2 < X^2_{cr}$, maka pengujian distribusi frekuensi tersebut diterima. Apabila $X^2 > X^2_{cr}$, maka distribusi tidak diterima. Pada tabel 4.23 adalah hasil rekapitulasi hasil perbandingan.

Tabel 4.23 Rekapitulasi nilai X^2 dan X^2_{cr}

No	Distribusi Probabilitas	X^2 hitung	X^2_{cr}	Keterangan
1	Gumbel	1	5,991	Diterima
2	Log Pearson III	1	5,991	Diterima
3	Normal	0	5,991	Diterima
4	Log Normal	1	5,991	Diterima

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

4.6.2. Metode Smirnov – Kolmogorov

Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorof dilakukan dengan Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

a. Distribusi Probabilitas Gumbel

Distribusi probabilitas normal dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil.
2. Menghitung probabilitas $P(X_i)$ dengan persamaan rumus 2.26.

Sehingga perhitungan $P(X_1)$ adalah

$$P(X_i) = \frac{1}{10 + 1}$$

$$= 0,091$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.25.

3. Menghitung nilai f_t / K_T menggunakan persamaan rumus 2.47.

Sehingga perhitungan f_t adalah

$$f_1 = \frac{117,5 - 89,60}{20,82} = 1,34$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.25.

4. Menghitung nilai Y_t dengan persamaan rumus 2.48.

Sehingga perhitungan Y_t adalah

$$Y_t = K_T \cdot S_n + Y_n$$

$$Y_1 = 1,34 \cdot 0,95 + 0,50$$

$$= 1,768$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.25

5. Menghitung periode ulang (T) dengan persamaan rumus 2.13.

Sehingga dengan perhitungan

$$Y_1 = 1,768, \text{ didapat periode ulang } (T) = 6,372$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.25

6. Menghitung probabilitas peluang teoritis $P'(X_i)$ dengan persamaan rumus 2.49.

Sehingga didapatkan perhitungan $P'(X_i)$ adalah

$$P'(X_1) = \frac{1}{6,372} = 0,157$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.25

7. Menghitung simpangan baku (ΔP) dengan persamaan rumus 2.55.

Sehingga didapat perhitungan

$$\Delta P_I = P'(X_i) - P(X_i)$$

$$= 0,157 - 0,091$$

$$= 0,066$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.25

8. Mencari simpangan baku maksimal. Dari tabel 4.25 didapatkan ΔP max sebesar 0,066.
9. Menentukan simpangan baku krisis. Dari tabel 2.11, dengan jumlah data = 10 dan derajat kepercayaan (α) = 5%, maka didapat ΔP krisis sebesar 0,41.
10. Membandingkan ΔP max dengan nilai kritis ΔP kritis. Jika ΔP max < ΔP kritis. maka curah hujan maksimal dengan metode gumbel diterima menurut Metode Smirnov – Kolmogorov, dan sebaliknya.

Jadi untuk $\Delta P \text{ max} < \Delta P \text{ kritis}$

$$0,066 < 0,41$$

11. Maka distribusi probabilitas normal untuk menganalisis data data curah hujan dengan metode gumbel diterima karena $\Delta P \text{ max} > \Delta P \text{ kritis}$.

Tabel 4.25 Perhitungan Distribusi Gumbel Metode Smirnov – Kolmogorov

No	Curah Hujan	P (Xi)	f(t)/Kt	Yt	T	P'(Xi)	ΔP
1	117,5	0,091	1,34	1,768	6,372	0,157	0,066
2	112,5	0,182	1,1	1,54	5,182	0,193	0,011
3	104	0,273	0,692	1,152	3,688	0,271	-0,002
4	102	0,364	0,596	1,061	3,417	0,293	-0,071
5	95,5	0,455	0,283	0,764	2,685	0,372	-0,082
6	90,5	0,545	0,043	0,536	2,258	0,443	-0,103
7	83	0,636	-0,317	0,194	1,782	0,561	-0,075
8	73	0,727	-0,797	-0,262	1,863	0,537	-0,191
9	61	0,818	-1,374	-0,81	2,784	0,359	-0,459
10	57	0,909	-1,566	-0,992	3,227	0,31	-0,599
MAX							0,066

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

b. Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

Distribusi probabilitas Log Pearson Type III dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil.
2. Menghitung Log Xi.

$$\begin{aligned} \text{Log } X_1 &= \log 117,5 \\ &= 2,07 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.27

3. Menghitung probabilitas P(Xi) dengan persamaan rumus 2.26.

Sehingga perhitungan P (Xi) adalah

$$\begin{aligned} P (X_1) &= \frac{1}{10 + 1} \\ &= 0,091 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.27

4. Menghitung nilai f_t / K_T dengan persamaan rumus 2.50.

Sehingga perhitungan f_t adalah

$$f_1 = \frac{2,07 - 1,941}{0,108} = 1,192$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.27.

5. Nilai $P'(X_i)$ didapatkan berdasarkan interpolasi antara f_t perhitungan, dengan f_t nilai $C_s = -0,675$. (lihat halaman 61) Dalam hal ini f_t perhitungan berada diantara f_t dengan f_t dari $C_s = -0,675$. Misalnya, untuk $f_t = 1,192$ berada diantara nilai $f_t = 0,112$ dan $f_t = 0,857$ yang berada pada kala ulang 2 dan 5 tahun. Kemudian interpolasi dipersenkan.

Tabel 4.26 Nilai f_t dari hasil Interpolasi $C_s = -0,675$

Kala Ulang	f_t
1,01	-2,807
2	0,112
5	0,857
10	1,187
25	1,468
50	1,677
100	1,825

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Hasil perhitungan ditabelkan pada tabel 4.27

6. Menghitung simpangan baku (ΔP) dengan persamaan rumus 2.55.

Sehingga didapat perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \Delta P_I &= P'(X_i) - P(X_i) \\
 &= 0,063 - 0,09 \\
 &= -0,027
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.27.

7. Mencari simpangan baku maksimal. Dari tabel 4.25 didapatkan ΔP max sebesar 0,066.

8. Menentukan simpangan baku krisis. Dari tabel 2.11 dengan jumlah data = 10 dan derajat kepercayaan (α) = 5%, maka didapat ΔP krisis sebesar 0,41.
9. Membandingkan ΔP max dengan nilai kritis ΔP kritis. Jika ΔP max < ΔP kritis. maka curah hujan maksimal dengan metode Log Pearson Type III diterima menurut Metode Smirnov – Kolmogorov, dan sebaliknya.
Jadi untuk ΔP max < ΔP kritis
 $-0,027 < 0,41$
10. Maka distribusi probabilitas normal untuk menganalisis data data curah hujan dengan metode Log Pearson Type III diterima karena ΔP max < ΔP kritis.

Tabel 4.27 Perhitungan Distribusi Log Pearson III
Metode Smirnov – Kolmogorov

No	Curah Hujan	Log Xi	P(Xi)	f(t)	P'(Xi)	ΔP
1	117,5	2,07	0,09	1,192	0,063	- 0,027
2	112,5	2,05	0,18	1,018	0,074	- 0,107
3	104	2,02	0,27	0,704	0,044	- 0,229
4	102	2,01	0,36	0,626	0,041	- 0,323
5	95,5	1,98	0,45	0,362	0,030	- 0,424
6	90,5	1,96	0,55	0,147	0,021	- 0,524
7	83	1,92	0,64	0,199	0,019	- 0,617
8	73	1,86	0,73	0,713	0,017	- 0,710
9	61	1,79	0,82	1,432	0,015	- 0,803
10	57	1,76	0,91	1,704	0,014	- 0,895
Max						- 0,027

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

c. Distribusi Probabilitas Normal

Distribusi probabilitas normal dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil.
2. Menghitung probabilitas P(Xi) dengan persamaan rumus 2.26.
Sehingga perhitungan P (X1) adalah

$$P(X_i) = \frac{1}{10 + 1}$$

$$= 0,091$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada atbel 4.28

3. Menghitung nilai f_t / K_T dengan persamaan rumus 2.51.

Sehingga perhitungan f_t adalah

$$f_1 = \frac{117,5 - 89,60}{20,82} = 1,34$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.28.

4. Menentukan nilai tabel z distribusi normal sesuai dengan nilai f_t pada tabel 2.12.
5. Menghitung probabilitas peluang teoritis $P'(X_i)$ sesuai dengan persamaan rumus 2.54.

Sehingga perhitungan $P'(X_i)$ adalah

$$P'(X_1) = 1 - z$$

$$= 1 - 0,9082$$

$$= 0,090$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.28

6. Menghitung simpangan baku (ΔP) dengan persamaan 2.55.

Sehingga didapat perhitungan

$$\Delta P_1 = P'(X_i) - P(X_i)$$

$$= 0,090 - 0,09$$

$$= - 0,001$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.28.

7. Mencari simpangan baku maksimal. Dari tabel 4.28 didapatkan ΔP max sebesar 0,097.
8. Menentukan simpangan baku krisis. Dari tabel 2.11 dengan jumlah data = 10 dan derajat kepercayaan (α) = 5%, maka didapat ΔP krisis sebesar 0,41.

9. Membandingkan ΔP max dengan nilai kritis ΔP kritis. Jika ΔP max < ΔP kritis. maka curah hujan maksimal dengan metode normal diterima menurut Metode Smirnov – Kolmogorov, dan sebaliknya.

Jadi untuk ΔP max < ΔP kritis

$$0,097 < 0,41$$

10. Maka distribusi probabilitas normal untuk menganalisis data data curah hujan dengan metode normal diterima karena ΔP max > ΔP kritis.

Tabel 4.28 Perhitungan Distribusi Normal Metode Smirnov – Kolmogorov

No	Curah Hujan	P (Xi)	f(t)	L. Grafik Tabel Z	P'(Xi)	ΔP
1	117,5	0,09	1,34	0,9082	0,09	-0,001
2	112,5	0,18	1,1	0,8643	0,136	-0,046
3	104	0,27	0,69	0,7549	0,245	-0,028
4	102	0,36	0,6	0,7257	0,274	-0,089
5	95,5	0,45	0,28	0,6103	0,39	-0,065
6	90,5	0,55	0,04	0,516	0,484	-0,061
7	83	0,64	-0,32	0,3745	0,626	-0,011
8	73	0,73	-0,8	0,2119	0,788	0,061
9	61	0,82	-1,37	0,0853	0,915	0,097
10	57	0,91	-1,57	0,0582	0,942	0,033
					Max	0,097

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

d. Distribusi Probabilitas Log Normal

Distribusi probabilitas normal dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil.
2. Menghitung Log Xi

$$\text{Log } X_1 = \log 117,5$$

$$= 2,07$$
3. Menghitung probabilitas P(Xi) dengan persamaan rumus 2.26.
 Sehingga perhitungan P (X1) adalah

$$P(X_i) = \frac{1}{10 + 1}$$

$$= 0,091$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.29

4. Menghitung nilai f_t / K_T menggunakan persamaan rumus 2.53

Sehingga perhitungan f_t adalah

$$f_1 = \frac{117,5 - 89,60}{20,82} = 1,19$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.29

5. Menentukan nilai tabel z distribusi normal sesuai dengan nilai f_t pada tabel 2.12.
6. Menghitung probabilitas peluang teoritis $P'(X_i)$ dengan persamaan rumus 2.54.

Sehingga perhitungan $P'(X_i)$ adalah

$$P'(X_1) = 1 - z$$

$$= 1 - 0,883$$

$$= 0,117$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.29

7. Menghitung simpangan baku (ΔP) dengan persamaan rumus 2.55

Sehingga didapat perhitungan

$$\Delta P_1 = P'(X_1) - P(X_1)$$

$$= 0,117 - 0,09$$

$$= 0,026$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.29

8. Mencari simpangan baku maksimal. Dari tabel 2.29 didapatkan ΔP max sebesar 0,229.
9. Menentukan simpangan baku krisis. Dari tabel 2.11 dengan jumlah data = 10 dan derajat kepercayaan (α) = 5%, maka didapat ΔP krisis sebesar 0,41

10. Membandingkan ΔP max dengan nilai kritis ΔP kritis. Jika ΔP max $<$ ΔP kritis. maka curah hujan maksimal dengan metode Log Normal diterima menurut Metode Smirnov – Kolmogorov, dan sebaliknya.

Jadi untuk ΔP max $<$ ΔP kritis

$$0,229 < 0,41$$

11. Maka distribusi probabilitas normal untuk menganalisis data data curah hujan dengan metode Log Normal diterima karena ΔP max $>$ ΔP kritis

Tabel 4.29 Perhitungan Distribusi Log Normal Metode Smirnov – Kolmogorov

No	Curah Hujan	Log Xi	P(Xi)	f(t)	L. Grafik Tabel Z	P'(Xi)	ΔP
1	117,5	2,07	0,091	1,19	0,883	0,117	0,026
2	112,5	2,05	0,182	1,02	0,8461	0,1539	-0,028
3	104	2,02	0,273	0,7	0,758	0,242	-0,031
4	102	2,01	0,364	0,63	0,7324	0,2676	-0,096
5	95,5	1,98	0,455	0,36	0,6406	0,3594	-0,095
6	90,5	1,96	0,545	0,15	0,5596	0,4404	-0,105
7	83	1,92	0,636	-0,2	0,4207	0,5793	-0,057
8	73	1,86	0,727	-0,71	0,0436	0,9564	0,229
9	61	1,79	0,818	-1,43	0,0764	0,9236	0,105
10	57	1,76	0,909	-1,7	0,0446	0,9554	0,046
MAX							0,229

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4.30 Rekapitulasi nilai X^2 dan X^2 cr

No	Distribusi Probabilitas	ΔP max	ΔP kritis	Keterangan
1	Gumbel	0,066	0,41	Diterima
2	Log Pearson III	-0,027	0,41	Diterima
3	Normal	0,097	0,41	Diterima
4	Log Normal	0,229	0,41	Diterima

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4.31 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

T (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)			
	Metode Gumbel	Metode Log Pearson III	Metode Normal	Metode Log Normal
2	86,79	89,71	89,6	87,24
5	111,63	108,06	107,08	89,25
10	128,09	117,36	113,95	90,32
20	143,87	122,97	123,74	91,2
25	148,87	125,88	125,19	91,38
50	164,29	132,63	132,27	92,22
100	179,6	137,6	138,1	92,92
Uji Chi - Kuadrat				
X ²	1	1	0	1
X ² cr	5,991	5,991	5,991	5,991
Kesimpulan	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
Uji Smirnov – Kolmogorov				
Delta P max	0,066	-0,027	0,097	0,229
Delta P kritis	0,41	0,41	0,41	0,41
Kesimpulan	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
Pemilihan Distribusi				
Cs	-0,37	0,68	0,37	0,17
	Tidak Memenuhi	Memenuhi	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Ck	3	-	3	3,05
	Tidak Memenuhi	-	Memenuhi	Tidak Memenuhi

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

4.7. Analisa Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana memiliki beberapa metode yang dapat dipilih. Diantaranya yaitu metode Rasional, metode Melchior, metode der Weduwen, dan metode Haspers. Namun di dalam penelitian ini dihitung dengan metode rasional, karena kawasan unissula memiliki luasan sebesar 32,18 Ha. Dimana sesuai dengan syarat menggunakan metode rasional yaitu memiliki luasan area <5000 Ha.

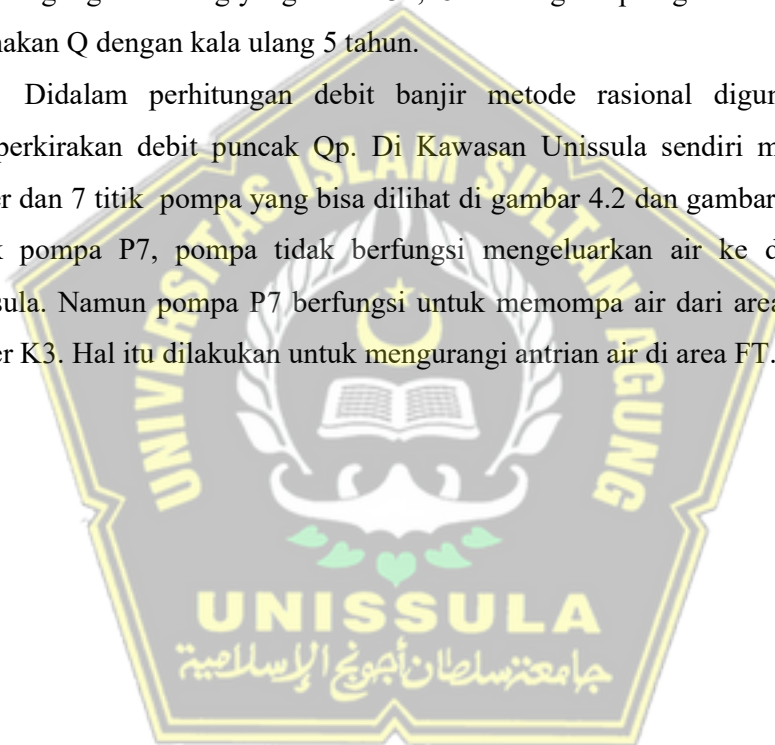
Didalam perhitungan debit banjir rencangan memiliki debit banjir rencana dengan berbagai kala ulang, misalnya kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun. Namun dalam penentuan kala ulang tersebut diatur pada SNI 12 tahun 2014, yang ada pada tabel 4.34.

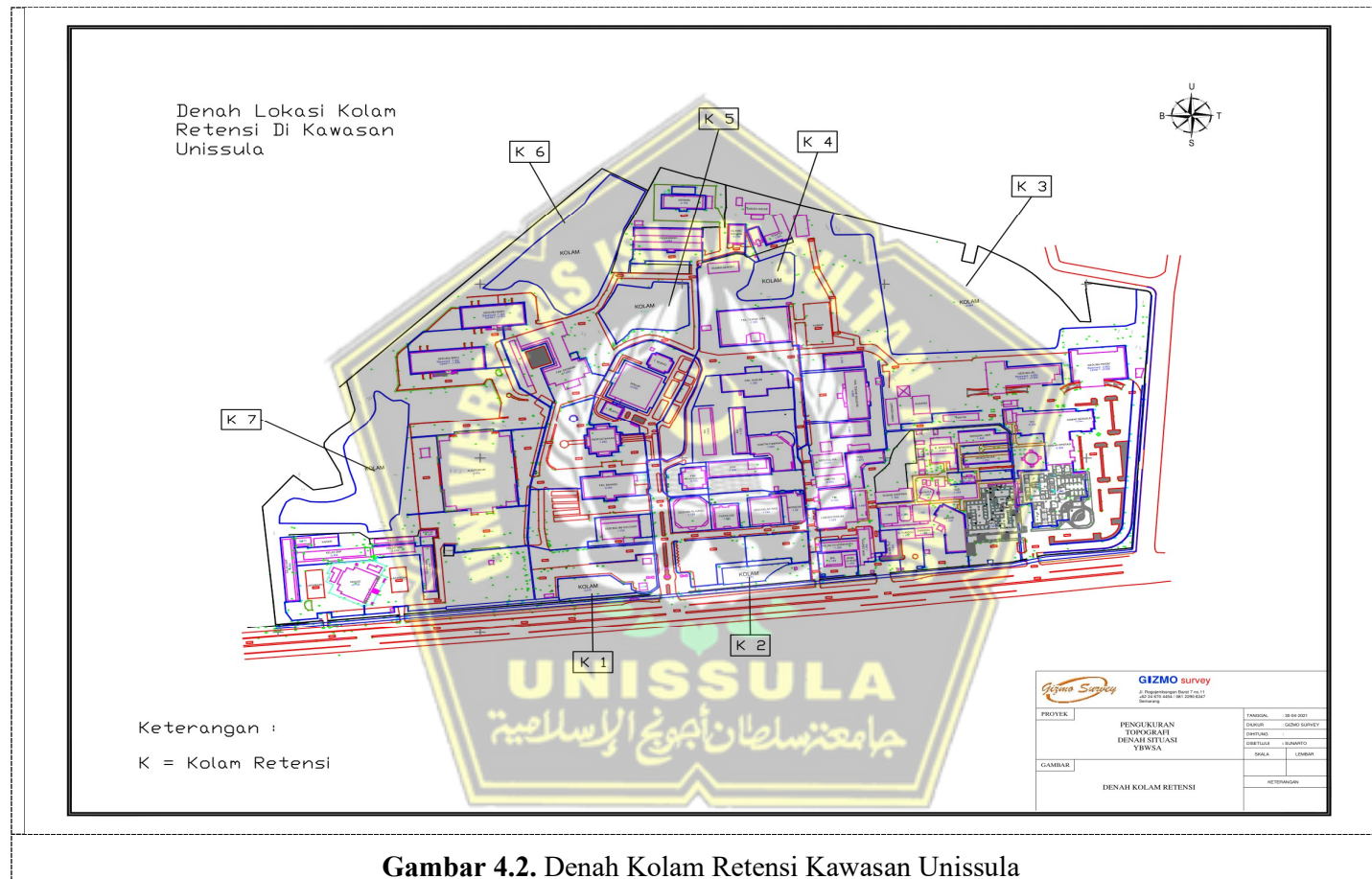
Tabel 4.32 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota
(SNI 12 tahun 2014)

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	<10	10 - 100	101 - 500	>500
Kota Metropolitan	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 - 5 Th	2 - 5 Th	5 - 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 - 5 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 - 5 Th

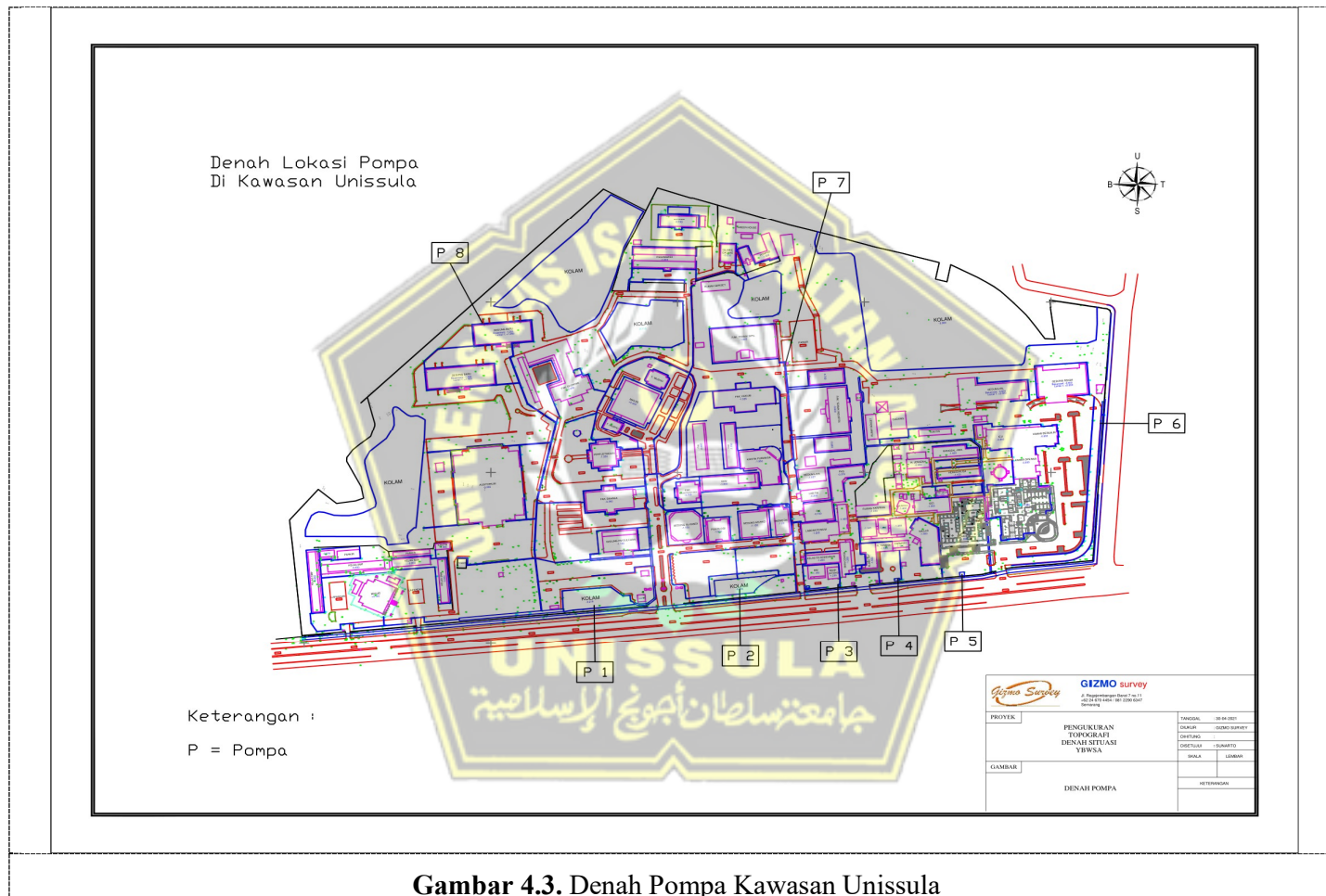
Sesuai dengan SNI 12 tahun 2014, dari luas catchment area dari Yayasan Sultan Agung Semarang yang seluas 32,18 Ha dengan tipologi kota sedang, maka digunakan Q dengan kala ulang 5 tahun.

Didalam perhitungan debit banjir metode rasional digunakan untuk memperkirakan debit puncak Q_p . Di Kawasan Unissula sendiri mempunyai 7 polder dan 7 titik pompa yang bisa dilihat di gambar 4.2 dan gambar 4.3. Khusus untuk pompa P7, pompa tidak berfungsi mengeluarkan air ke drainase luar Unissula. Namun pompa P7 berfungsi untuk memompa air dari area tersebut ke Polder K3. Hal itu dilakukan untuk mengurangi antrian air di area FT.





Gambar 4.2. Denah Kolam Retensi Kawasan Unissula



Gambar 4.3. Denah Pompa Kawasan Unissula

Dalam perhitungan debit dengan metode Rasional dapat dilihat pada persamaan rumus 2.72. Untuk menghitung catchment area menggunakan bantuan autocad. Untuk menghitung koefisien limpasan menggunakan persamaan 2.75, dan pedoman tabel 2.16. Untuk menghitung intensitas curah hujan menggunakan rumus mononobe dengan persamaan 2.72.

Data-data untuk perhitungan debit banjir dengan Metode Rasional :

Curah Hujan Metode Log Person III

Curah Hujan (5 tahun) = 108,06

Luas Catchment area (A) = 321824,623 m²

= 0,322 km²

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Limpasan (C)} &= \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{A} \\ &= \frac{71361,8 \times 1 + 46699,95 \times 1 + 30564,43 \times 0,1 + 173198,4 \times 0,7}{321824,623} \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

Tabel 4.33 Parameter Koefisien Limpasan

Jenis Penggunaan Lahan	Luas (m ²)
Bangunan	71361,8
Kolam Retensi	46699,95
Tanah	30564,43
Jalan Paving Blok	173198,4

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Intensitas curah hujan :

Sebelum menghitung intensitas curah hujan, menghitung waktu konsentrasi sesuai dengan rumus 2.77.

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{100 \times S} \right)^{0,385}$$

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times 1,584^2}{100 \times 0,00119} \right)^{0,385}$$

$$t_c = 1,26 \text{ jam}$$

Setelah mendapatkan t_c . Setelah itu mencari Intensitas hujan

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{108,06}{24} \times \left(\frac{24}{1,26} \right)^{\frac{2}{3}}$$

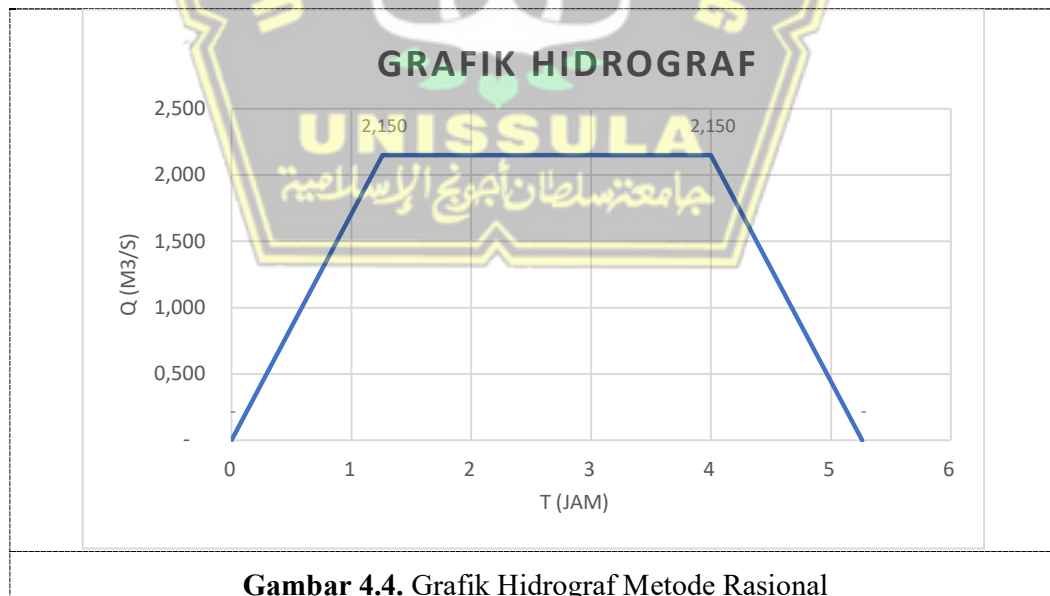
$$I = 32,04 \text{ mm/jam}$$

Sehingga debit banjir rencana :

$$Q_t = 0,278.C.I.A$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= 0,278 \times 0,75 \times 32,04 \times 0,322 \\ &= 2,15 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan debit banjir rencana (Q_p), selanjutnya dengan asumsi hujan maksimum selama 4 jam, maka didapat gambar hidrograf seperti pada gambar 4.5 dengan berpedoman pada gambar 2.2. Dari grafik hidrograf, untuk mencapai Q_p membutuhkan waktu (t_c) = 1,26 jam atau 1 jam 16 menit. Kemudian hal tersebut bertahan sampai hujan jam ke 4. Dan setelah hujan reda, maka debit di saluran akan berkurang dan habis sampai jam ke 5,26 atau 5 jam 16 menit.



Setelah mendapatkan debit banjir rencana (Q_p), didapatkan Grafik Hidrograf Metode Rasional.

4.7.1. Analisa Kapasitas Kolam Retensi

Kolam retensi Unissula, ketika di wilayah Unissula tidak terjadi hujan, atau terjadi hujan tetapi tidak ekstrem, maka tetap menggunakan sistem drainase dari luar. Oleh karena itu kapasitas kolam retensi di Unissula tidak dihitung dari kedalaman polder dari dasar, melainkan dari ketinggian muka air ketika kawasan tidak terpengaruh drainase dari luar.

Tabel 4.34 Data Polder Unissula

Polder	Luas (m ²)	t (m)	t efektif (m)
K1	1.513,76	-2,54	-1,27
K2	955,88	-1,98	-1,27
K3	18.138,63	-2,24	-1,1
K4	2.225,46	-1,57	-1,1
K5	4.341,85	-1,60	-1,0
K6	10.580,63	-1,90	-1,0
K7	8.943,75	-1,20	-1,1
Jumlah	46.699,96	-13,03	-7,84

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Karena setiap polder Unissula memiliki tinggi efektif yang berbeda beda. Maka dipilih tinggi efektif dengan nilai terendah yaitu dengan $t = -1$ m. Maka volume tampungan polder Unissula dari t efektif ialah 46.699,96 m³.

4.7.2. Analisa Kapasitas Pompa

Di kawasan Unissula memiliki 8 titik pemasangan pompa, dengan 1 pompa tidak diperhitungkan karena tidak berfungsi untuk mengalirkan air ke saluran drainase diluar Unissula. Dari 7 titik pompa di Unissula memiliki spesifikasi yang masing-masing dijelaskan pada tabel 4.35.

Tabel 4.35 Kapasitas Pompa

Titik Pompa	Kapasitas (m ³ /menit)	Jumlah Pompa	Jumlah Kapasitas (m ³ /menit)
P1	9	3	27
P2	9	3	27
P3	1,5	1	1,5
P4	6,5	1	6,5
	1,5	1	1,5
P5	6,5	1	6,5
	1,5	1	1,5
P6	6,5	1	6,5
P8	6,5	1	6,5
Jumlah			84,5

(Sumber : Yayasan Sultan Agung Semarang, 2023)

Jadi jumlah kapasitas kemampuan pompa dalam memompa air sebesar 84,5 m³/menit atau 1,408 m³/s.

4.7.3. Simulasi Polder Dan Pompa

Untuk mengetahui apakah suatu polder dan pompa dapat menampung debit banjir maksimum dengan asumsi durasi 4 jam perlu dilakukan analisis aliran inflow dan outflow, yang bisa dilihat di tabel 4.35.

Tabel 4.36 Simulasi Kapasitas Pompa

t (Menit)	t (Jam)	Q Banjir (m ³ /s)	EMA	Kondisi Lingkungan	Q Pompa (m ³ /s)	Volume Genangan (m ³)	Tinggi Genangan (cm)
0	0	0	-1	Aman	0	0	0
20	0,33	0,48	-0,99	Aman	0,475	4,6	0,01
40	0,67	0,96	-1,09	Aman	0,975	-41,6	-0,09
60	1	1,44	-0,78	Aman	1,408	101,4	0,22
75,6	1,26	1,81	2,9	Tidak Aman	1,408	1.821,91	3,9
80	1,33	2,15	6,62	Tidak Aman	1,408	3.560,00	7,62
100	1,67	2,15	8,53	Tidak Aman	1,408	4.450,00	9,53
120	2	2,15	10,43	Tidak Aman	1,408	5.340,00	11,43
140	2,33	2,15	12,34	Tidak Aman	1,408	6.230,00	13,34
160	2,67	2,15	14,25	Tidak Aman	1,408	7.120,00	15,25
180	3	2,15	16,15	Tidak Aman	1,408	8.010,00	17,15
200	3,33	2,15	18,06	Tidak Aman	1,408	8.900,00	19,06
220	3,67	2,15	19,96	Tidak Aman	1,408	9.790,00	20,96
240	4	2,15	21,87	Tidak Aman	1,408	10.680,00	22,87
260	4,33	1,44	-0,06	Aman	1,408	439,4	0,94
280	4,67	0,96	-0,12	Aman	0,933	408,8	0,88
300	5	0,48	-1,17	Aman	0,483	-81	-0,17
315,6	5,26	0	-1	Aman	0	0	0

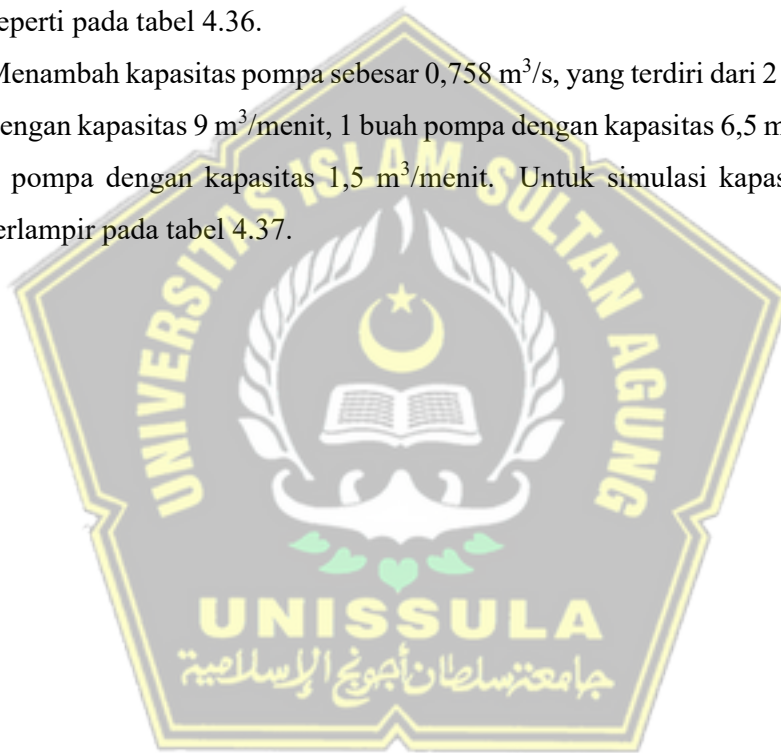
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Setelah dilakukan analisis debit banjir maksimum dengan asumsi hujan maksimum selama 4 jam. Ternyata didapatkan hasil volume polder dan kapasitas pompa yang ada tidak bisa menanggulangi banjir yang ada.

4.8. Alternatif Penyelesaian

Setelah dilakukan perhitungan, ternyata volume polder dan kapasitas pompa tidak bisa menanggulangi banjir yang terjadi. Oleh karena itu, perlu adanya penambahan volume polder atau penambahan kapasitas pompa.

1. Menambah volume kolam retensi $1.000.000 \text{ m}^3$. Sehingga simulasi polder seperti pada tabel 4.36.
2. Menambah kapasitas pompa sebesar $0,758 \text{ m}^3/\text{s}$, yang terdiri dari 2 buah pompa dengan kapasitas $9 \text{ m}^3/\text{menit}$, 1 buah pompa dengan kapasitas $6,5 \text{ m}^3/\text{menit}$, dan 2 pompa dengan kapasitas $1,5 \text{ m}^3/\text{menit}$. Untuk simulasi kapasitas pompa, terlampir pada tabel 4.37.



Tabel 4.37 Simulasi Kapasitas Kolam Retensi

t (Menit)	t (Jam)	Q Banjir (m ³ /s)	EMA	Kondisi Lingkungan	Q Pompa (m ³ /s)	Volume Genangan (m ³)	Tinggi Genangan (cm)
0	0	0	-1	Aman	0	0	0
20	0,33	0,48	-1	Aman	0,475	4,6	0
40	0,67	0,96	-1	Aman	0,975	-41,6	0
60	1	1,44	-0,99	Aman	1,408	101,4	0,01
75,6	1,26	1,81	-0,83	Aman	1,408	1.821,91	0,17
80	1,33	2,15	-0,66	Aman	1,408	3.560,00	0,34
100	1,67	2,15	-0,57	Aman	1,408	4.450,00	0,43
120	2	2,15	-0,49	Aman	1,408	5.340,00	0,51
140	2,33	2,15	-0,4	Aman	1,408	6.230,00	0,6
160	2,67	2,15	-0,32	Aman	1,408	7.120,00	0,68
180	3	2,15	-0,23	Aman	1,408	8.010,00	0,77
200	3,33	2,15	-0,15	Aman	1,408	8.900,00	0,85
220	3,67	2,15	-0,06	Aman	1,408	9.790,00	0,94
240	4	2,15	0,02	Aman	1,408	10.680,00	1,02
260	4,33	1,44	-0,96	Aman	1,408	439,4	0,04
280	4,67	0,96	-0,96	Aman	0,933	408,8	0,04
300	5	0,48	-1,01	Aman	0,483	-81	-0,01
315,6	5,26	0	-1	Aman	0	0	0

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4.38 Simulasi Kapasitas Pompa

t (Menit)	t (Jam)	Q Banjir (m ³ /s)	EMA	Kondisi Lingkungan	Q Pompa (m ³ /s)	Volume Genangan (m ³)	Tinggi Genangan (cm)
0	0	0	-1	Aman	0	0	0
20	0,33	0,48	- 0,99	Aman	0,475	4,6	0,01
40	0,67	0,96	- 1,09	Aman	0,975	-41,6	-0,09
60	1	1,44	- 0,98	Aman	1,433	11,4	0,02
75,6	1,26	1,81	- 1,06	Aman	1,817	-30,29	-0,06
80	1,33	2,15	- 1,17	Aman	2,167	-80	-0,17
100	1,67	2,15	- 1,21	Aman	2,167	-100	-0,21
120	2	2,15	- 1,26	Aman	2,167	-120	-0,26
140	2,33	2,15	- 1,30	Aman	2,167	-140	-0,3
160	2,67	2,15	- 1,34	Aman	2,167	-160	-0,34
180	3	2,15	- 1,39	Aman	2,167	-180	-0,39
200	3,33	2,15	- 1,43	Aman	2,167	-200	-0,43
220	3,67	2,15	- 1,47	Aman	2,167	-220	-0,47
240	4	2,15	- 1,51	Aman	2,167	-240	-0,51
260	4,33	1,44	- 1,73	Aman	1,458	-340,6	-0,73
280	4,67	0,96	- 1,92	Aman	0,983	-431,2	-0,92
300	5	0,48	- 1,17	Aman	0,483	-81	-0,17
315,6	5,26	0	- 1,00	Aman	0	0	0

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan curah hujan maksimum tahun 2013-2022, metode yang digunakan adalah metode Log Person Type III. Pada probabilitas curah hujan maksimum pada Metode Log Person Type III, didapat nilai 89,71 mm untuk kala ulang 2 tahun, 108,06 mm untuk kala ulang 5 tahun, 117,36 mm untuk kala ulang 10 tahun, 122,97 mm untuk kala ulang 20 tahun, 125,88 mm untuk kala ulang 25 tahun, 132,63 mm untuk kala ulang 50 tahun, 137,6 mm untuk kala ulang 100 tahun.
2. Dalam perhitungan volume tampungan didapatkan tampungan polder Unissula dari t efektif : -1m ialah 46.699,96 m³.
3. Setelah dilakukan analisis ternyata kapasitas pompa dan volume polder Unissula tidak bisa menampung debit banjir maksimal yang ada. Maka dilakukan alternatif lainnya yaitu dengan menambah kapasitas pompa sebesar 0,758 m³/s, yang terdiri dari 2 buah pompa dengan kapasitas 9 m³/menit, 1 buah pompa dengan kapasitas 6,5 m³/menit, dan 2 pompa dengan kapasitas 1,5 m³/menit dan menambah volume kolam retensi sebesar 1.000.000 m³.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang didapat terdapat beberapa saran dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk penelitian kedepannya adalah sebagai berikut.

1. Dapat dilakukan pengkajian ulang dengan mempertimbangkan sistem polder yang ada di Unissula dan melakukan redesaian kapasitas polder berserta kapasitas pompa yang sesuai.

2. Diperlukan adanya sistem operasi yang terkoordinasi secara baik dan pemeliharaan dalam mengatasi banjir di Unissula.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2021). *Faktor Banjir Rob Semarang*. Semarang: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Statistik Indonesia Tahun 2021*. Jakarta Pusat: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Laju Perumbuhan Penduduk Semarang 2022*. Semarang: Badan Pusat Statistik.
- Hasan, Fuad. (2018). Metode Rasional Modifikasi untuk Berbagai Kejadian Hujan di Sub-Das Cimonyar. 5-6.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Banjir Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kementrian PUPR. (2014). *SNI No 12 Tahun 2014 Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta: Kementrian PUPR.
- Kementrian PUPR. (2016). *SNI 2415 Tahun 2016 Debit Banjir Rancangan*. Jakarta: Kementrian PUPR.
- Kementrian PUPR. (2019). *Modul 4 : Perencanaan polder dan kolam retensi*. Bandung: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kodoatie & Sugiyanto . (2002). *Banjir : Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Soewarno. (1993). *Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Hidrologi*. Bandung: Nova.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Suryaman, Heri. (2013). *Evaluasi Sistem Drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo*. 3.
- Triatmadja, Bambang. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Bata Offset.
- Triatmadja, Bambang. (2013). *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wahyudi, S. I. (2016). *Drainase Sistem Polder*. Semarang: EF PRESS DIGIMEDIA.