

TUGAS AKHIR

**ANALISA DIMENSI SUNGAI BATANG TAPAKIS DI
ULAKAN KAB.PADANG PARIAMAN**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Bung Hatta

Oleh :

NAMA : ULFATUL UMMAH

NPM : 1910015211072



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

TUGAS AKHIR

**ANALISA DIMENSI SUNGAI BATANG TAPAKIS ULAKAN KAB.
PADANG PARIAMAN**

Oleh :

Nama : Ulfatul Ummah
NPM : 1910015211072
Program Studi : Teknik Sipil

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam ujian komprehensif guna mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta-Padang.

Padang, 15 Maret 2024

Menyetujui :

Pembimbing I



(Ir. Mawardi Samah, Dipl. HE)

Penguji I



(Dr. Ir. Zahrul Umar, Dipl. HE)

Penguji II



(Edwina Zainal, ST. MEng. Ph.D)

LEMBAR PENGESAHAN INSTITUSI

TUGAS AKHIR

**ANALISA DIMENSI SUNGAI BATANG TAPAKIS DI ULAKAN
KAB. PADANG PARIAMAN**

Oleh :

Nama : Ulfatul Ummah
NPM : 1910015211072
Program Studi : Teknik Sipil

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam ujian komprehensif guna mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta-Padang.

Padang, 15 Maret 2024

Menyetujui :

Pembimbing I



(Ir. Mawardi Samah, Dipl. HE)



Pit.Dekan

(Dr. Al Busyra Fuadi, ST., M.Sc)

Ketua Program Studi



(Indra Khaidir, S.T., M.Sc)

ANALISA DIMENSI SUNGAI BATANG TAPAKIS DI ULAKAN KAB. PADANG PARIAMAN

Ulfatul Ummah¹⁾, Mawardi Samah²⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta, Padang

E-mail : ¹⁾ulfahatulummah@gmail.com ²⁾mawardisamahms@gmail.com

ABSTRAK

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang terjadi akibat luapan air sungai. Salah satu bencana yang sering terjadinya di Kabupaten Padang Pariaman khususnya di Sungai Batang Ulakan Tapakis yaitu banjir. Luapan air itu menyebabkan banjir dengan ketinggian dua meter pada tanggal 7 Mei 2023 dan satu koma empat puluh tujuh meter pada tanggal 20 September 2023. Hal ini disebabkan karena air yang meluap di muara sungai tersebut dapat mengakibatkan kebanjiran di beberapa Kecamatan yaitu Kecamatan Batang Anai, Kecamatan Lubuk Alung, Kecamatan Patamuhan dan Kecamatan VII Koto Sungai Sarik. Chatment Area dipengaruhi tiga stasiun yaitu Santok, Paraman Talang dan Kasang dengan menggunakan analisa curah hujan rencana kawasan yaitu metode poligon thiessen. Curah hujan rencana dengan menggunakan distribusi gumbel untuk periode ulang 5 tahun didapatkan sebesar 139,298 mm. Debit banjir rencana digunakan dengan metode weduwen pada periode 25 tahun didapatkan sebesar 320,467 m³/dt, karena nilai debit banjir dilapangan mendekati debit banjir rencana. Dimensi sungai existing ini mengetahui keadaan yang sebenarnya yaitu dilokasi tersebut sudah dibangun bentuk penampang Sheet Pile disebelah kiri dan disebelah kanan belum ada dibangun penampang. Oleh karena itu untuk dimensi sungai disebelah kanan didapatkan lebar 50 m dan ketinggian 3,2 m. maka didapatkan Q lapangan 290,707 m³/dt. Dimensi rencana terhadap dimensi adalah menganalisa dimensi menggunakan bangunan penampang Retaining Wall dengan mencoba metode coba-coba yang didapatkan debit banjir rencana 320,454 m³/dt.

Kata kunci : Banjir, Debit Banjir, Penampang Rencana

Pembimbing



Ir. Mawardi Samah, Dipl. HE

DIMENSIONAL ANALYSIS OF THE BATANG TAPAKIS RIVER IN ULAKAN DISTRICT

Ulfatul Ummah¹⁾, Mawardi Samah²⁾

Civil Engineering Study Program, Faculty of Civil Engineering and Planning, Bung Hatta University, Field

E-mail : ¹⁾ulfahtulummah@gmail.com ²⁾mawardisamahms@gmail.com

ABSTRACT

Flooding is a natural disaster that occurs due to overflowing river water or. One of the disasters that often occurs in Padang Pariaman Regency, especially in the Batang Ulakan Tapakis River, is flooding. The overflow of water caused flooding with a height of two meters on May 7 2023 and one point forty seven meters on September 20 2023. This is because water overflowing at the mouth of the river can cause flooding in several sub-districts, namely Batang Anai Sub-district, Subdistrict Lubuk Alung, Patamaian District and VII Koto Sungai Sarik District. Chatment Area, three stations were used, namely Santok, Paraman Talang and Kasang using regional planning rainfall analysis, namely the Thiessen polygon method. The planned rainfall using the gumbel distribution for a 5 year return period was found to be 139,298 mm. The planned flood discharge used using the Weduwen method for a 25 year period was found to be 320,467 m³/s, because the flood discharge value in the field was close to the planned flood discharge. The dimensions of the existing river know the actual situation, namely that at that location a sheet pile cross section has been built on the left and on the right there has not been a cross section built. Therefore, for the dimensions of the river on the right, we get a width of 50 m and a height of 3.2 m. then we get Q field 290.707 m³/s. Plan dimensions against dimensions is to analyze the dimensions using a retaining wall section building with trying the trial and error method, the planned flood discharge was 320,454 m³/s.

Keywords: Flood, Flood Discharge.

Mentor



Mr.Ir.Mawardi Samah, Dipl. HE

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas Akhir dengan judul “Analisa Dimensi Sungai Batang Tapakis Diulakan Kab.Padang Pariaman” ini ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu Universitas Bung Hatta, Padang.

Penulisan menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu kepada:

- 1) Bapak Prof. Dr. Ir. H Nasfryzal Carlo M.Sc., IPM, CSE selaku Dekan Fakultas.
- 2) Bapak Indra Khaidir, S.T, MSc, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil
- 3) Bapak Ir.Mawardi Samah, DIPL, HE, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
- 4) Ayah, ibu, abang, adik dan Keluarga Tanjung Chaniago yang telah memberikan dukungan, doa dan kasih sayang
- 5) Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih banyak sudah berjuang dan semangat bersama-sama.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Padang,2024

Ulfahtul Ummah

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. <i>Latar Belakang</i>	<i>1</i>
1.2. <i>Rumus Masalah.....</i>	<i>2</i>
1.3. <i>Tujuan Penelitian.....</i>	<i>2</i>
1.4. <i>Batas Masalah.....</i>	<i>3</i>
1.5. <i>Sistematika Rumus.....</i>	<i>3</i>
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. <i>Tinjauan Umum.....</i>	<i>4</i>
2.2. <i>Definisi Sungai.....</i>	<i>4</i>
2.2.1. <i>Morfologi Sungai</i>	<i>5</i>
2.2.2. <i>Pembagian Zona Sungai.....</i>	<i>6</i>
2.2.3. <i>Struktur Sungai.....</i>	<i>7</i>
2.2.4. <i>Bentuk Penampang Sungai</i>	<i>8</i>
2.2.5. <i>Pengendalian Daya Rusak Air.....</i>	<i>9</i>
2.3. <i>Hidrologi dan Hidrolika Sungai</i>	<i>10</i>
2.3.1. <i>Curah Hujan Rencana Kawasan</i>	<i>12</i>
2.3.2. <i>Curah Hujan Rencana</i>	<i>15</i>
2.3.3. <i>Uji Probabilitas.....</i>	<i>20</i>
2.3.4. <i>Analisa Debit Banjir Rencana.....</i>	<i>22</i>
2.3.5. <i>Analisa Dimensi Sungai.....</i>	<i>26</i>
2.3.6. <i>Analisa Hidraulika.....</i>	<i>27</i>
2.3.7. <i>Kemiringan Sungai.....</i>	<i>27</i>
2.3.8. <i>Chatment Area.....</i>	<i>27</i>
2.3.9. <i>Waktu Konsentrasi.....</i>	<i>28</i>
2.4. <i>Analisa Saringan.....</i>	<i>28</i>

2.4.1.	<i>Langkah-Langkah Pengerjaan</i>	28
2.4.2.	<i>Perhitungan Analisa Saringan</i>	29
2.5.	<i>Gerusan Sungai</i>	29
4.5.1.	<i>Rumus Dalam Perhitungan Kedalaman Gerusan</i>	30
2.6.	<i>Perkuatan Tebing Sungai</i>	33
2.7.	<i>Banjir</i>	37
2.8.	<i>Limpasan</i>	37
BAB III METODE PENELITIAN		39
3.1.	<i>Umum</i>	39
3.2.	<i>Letak Geografis</i>	39
3.3.	<i>Topografi Wilayah</i>	39
3.4.	<i>Lokasi Penelitian</i>	40
3.5.	<i>Pengumpulan Data</i>	40
3.5.1.	<i>Study Pustaka</i>	40
3.5.2.	<i>Data Primer</i>	40
3.5.3.	<i>Data Sekunder</i>	41
3.6.	<i>Metode Perencanaan</i>	41
3.7.	<i>Alat dan Bahan</i>	41
3.8.	<i>Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian</i>	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN		43
4.1.	<i>Data Perencanaan</i>	43
4.1.1.	<i>Penentuan Luas Chatment Area</i>	43
4.2.	<i>Analisa Curah Hujan Rencana Kawasan</i>	44
4.2.1.	<i>Metode Poligon Thiessen</i>	44
4.3.	<i>Analisa Curah Hujan Rencana</i>	46
4.3.1.	<i>Metode Distribusi Normal</i>	46
4.3.2.	<i>Metode Distribus Log Normal</i>	48
4.3.3.	<i>Metode Distribusi Gumbel</i>	49
4.3.4.	<i>Metode Distribusi Log Person III</i>	50
4.4.	<i>Uji Probabilitas</i>	52
4.4.1.	<i>Metode Chi Kuadrat</i>	52
4.4.2.	<i>Metode Smirnov Kalmogrof</i>	58
4.5.	<i>Perhitungan Debit Banjir Rencana</i>	70
4.5.1.	<i>Metode Rasional</i>	70

4.5.2.	<i>Metode Hasper</i>	71
4.5.3.	<i>Metode Weduwen</i>	73
4.5.4.	<i>Rekapitulasi Debit Banjir Rencana</i>	75
4.6.	<i>Analisa Debit Banjir Aktual Berdasarkan Pengamatan Lapangan</i>	75
4.7.	<i>Menghitung Penampang Rencana</i>	77
4.8.	<i>Analisa Saringan</i>	78
4.9.	<i>Perhitungan Kedalaman Gerusan</i>	81
4.10.	<i>Perhitungan Perkuatan Tebing Sungai</i>	86
4. 10.1.	<i>Akibat Berat Sendiri</i>	87
4. 10.2.	<i>Akibat Gaya Gempa</i>	89
4. 10.3.	<i>Akibat Tekanan Tanah</i>	91
BAB V PENUTUPAN		95
5.1.	<i>Kesimpulan</i>	95
5.2.	<i>Saran</i>	95
DAFTAR PUSTAKA		96
LAMPIRAN		98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rumus Penampang Sungai	9
Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss.....	16
Tabel 2.3 Nilai Reduced Standart Deviation (Sn) dan Nilai Reduced Mean (Yn)	18
Tabel 2.4 Nilai ΔP Kritis Smirnov Kolmogorof.....	22
Tabel 2.5 Koefesien Pengaliran Untuk Metode Rasional.....	23
Tabel 2.6 Nilai K Untuk Rumus Lacey Dan Blench Dalam satuan SI (d50 dalam mm).....	33
Tabel 4.1 Perhitungan Hujan Maksimum Harian Rata-rata	45
Tabel 4.2 Rekap Curah Hujan Harian Maksimum.....	46
Tabel 4.3 Hitung Parameter Statistik Normal.....	46
Tabel 4.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss.....	47
Tabel 4.5 Perkiraan Hujan Rencana DAS Batang Ulakan Tapakis	47
Tabel 4.6 Hitungan Parameter Statistika Data Log Normal	48
Tabel 4.7 Perkiraan Hujan Rencana DAS Batang Ulakan Tapakis	48
Tabel 4.8 Hitungan Parameter Statistika Data Gumbel	49
Tabel 4.9 Perhitungan Nilai Y_t dan K	50
Tabel 4.10 Perhitungan Nilai Hujan Rencana Periode Ulang XT	50
Tabel 4.11 Perhitungan Metode Distribusi Log Person III.....	51
Tabel 4.12 Pehitungan Curah Hujan Rencana	51
Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana	52
Tabel 4.14 Data Hujan Yang Telah Diurutkan Dari Besar Ke Kecil Chi Kuadrat....	52
Tabel 4.15 Perhitungan Chi Kuadrat Distribusi Normal	54
Tabel 4.16 Perhitungan Chi Kuadrat Distribusi Log Normal	54
Tabel 4.17 Perhitungan Chi Kuadrat Distribusi Gumbel.....	56
Tabel 4.18 Perhitungan Chi Kuadrat Distribusi Log Person III	56
Tabel 4.19 Perhitungan Nilai X^2 Untuk Distribusi Normal	57
Tabel 4.20 Perhitungan Nilai X^2 Untuk Distribusi Log Normal	57
Tabel 4.21 Perhitungan Nilai X^2 Untuk Distribusi Gumbel	57
Tabel 4.22 Perhitungan Nilai X^2 Untuk Distribusi Log Person III.....	57
Tabel 4.23 Rekapitulasi Nilai X^2 dan X^2_{cr} Untuk Empat Metode Distribusi Probabilitas	58
Tabel 4.24 Nilai Curah Hujan Maksimum Besar Ke Kecil Normal	58
Tabel 4.25 Perhitungan Probailitas Uji DP Normal Dengan Metode Smirnov Kolmogorof.....	59
Tabel 4.26 Perhitungan Rumus Weibull Smirminov Kolmogorof.....	59
Tabel 4.27 Perhitungan Peluang Teoritis $P'(X_i)$ Smirnov Kolmogorof.....	60
Tabel 4.28 Perhitungan Nilai ΔP_i Maksimum Smirnov Kolmogorof	60
Tabel 4.29 Nilai Curah Hujan Maksimum Besar Ke Kecil Log Normal.....	61
Tabel 4.30 Perhitungan Probabilitas Smirnov Kolmogorof	61
Tabel 4.31 Perhitungan Peluang Teoritis Dengan Rumus Weibull	62

Tabel 4.32 Perhitungan Peluang Teoritis $P'(X_i)$	62
Tabel 4.33 Perhitungan Selisih ΔP_i	63
Tabel 4.34 Curah Hujan Maksimum Besar Ke Kecil Gumbel	63
Tabel 4.35 Perhitungan Probabilitas Uji DP Gumbel Dengan Metode Smirnov Kolmogorof.....	64
Tabel 4.36 Perhitungan Rumus Weibull Smirminov Kolmogorof	64
Tabel 4.37 Perhitungan Reduced Variate	65
Tabel 4.38 Perhitungan Check Nilai Reduced Variate	65
Tabel 4.39 Perhitungan $P'(X_i)$	66
Tabel 4.40 Perhitungan Selisih ΔP_i	66
Tabel 4.41 Curah Hujan Maksimum Besar Ke Kecil Log Person III.....	67
Tabel 4.42 Perhitungan Probabilitas Uji DP Log Person III Dengan Metode Smirnov Kolmogorof.....	67
Tabel 4.43 Perhitungan Rumus Weibull Smirminov Kolmogorof	68
Tabel 4.44 Perhitungan Peluang Teoritis $P'(X_i)$	68
Tabel 4.45 Perhitungan Selisih ΔP_i	69
Tabel 4.46 Rekapitulasi Nilai X_2 dan X_{2cr}	69
Tabel 4.47 Rekapitulasi Nilai ΔP Maks dan ΔP Kritis	69
Tabel 4.48 Perhitungan Nilai Hujan Rencana Periode Ulang (X_t).....	70
Tabel 4.49 Perhitungan Intensitas Hujan	71
Tabel 4.50 Perhitungan Debit Rasional	71
Tabel 4.51 Perhitungan Nilai (r)	72
Tabel 4.52 Perhitungan Intensitas Hujan	72
Tabel 4.53 Perhitungan Debit Banjir Hasper	73
Tabel 4.54 Perhitungan t Dengan Coba-Coba Sehingga $t_1=t$	74
Tabel 4.55 Debit Maksimum Dengan Periode Ulang	74
Tabel 4.56 Rekapitulasi Debit Banjir Rencana.....	75
Tabel 4.57 Kekasaran Manning	76
Tabel 4.58 Perhitungan <i>hcoba – coba</i>	78
Tabel 4.59 Material Dasar Tanah Gerusan	80
Tabel 4.60 Parameter Distribusi Frekuensi Ukuran Butiran Material Dasar Tanah Gerusan	81
Tabel 4.61 Perhitungan (R.J Garde, 2006)	82
Tabel 4.62 Perhitungan (Novak, et al, 2007)	82
Tabel 4.63 Perhitungan (Norak, et al, 2007).....	82
Tabel 4.64 Perhitungan (R.J Garde dan K.G Rangga Raju, 2000)	83
Tabel 4.65 Perhitungan (R.J Garde dan K.G Rangga Raju, 2000)	83
Tabel 4.66 Perhitungan (Direktorat Jendral SDA, 2013)	84
Tabel 4.67 Perhitungan (Bridge Scour)	84
Tabel 4.68 Perhitungan (Bridge Scour)	85
Tabel 4.69 Perhitungan Blodgett, 1986	85
Tabel 4.70 Perhitungan Pemberton dan Lara (1981)	86

Tabel 4.71 Rekap Perhitungan Gerusan	86
Tabel 4.72 Perhitungan Gaya dan Momen Berat Sendiri	89
Tabel 4.73 Harga Koefesien Gempa n dan m	90
Tabel 4.74 Perhitungan Gaya dan Momen Akibat Gempa	91
Tabel 4.75 Perhitungan Gaya dan Momen Akibat Tekanan Tanah.....	92
Tabel 4.76 Rekapitulasi Gaya-Gaya dan Momen	92
Tabel 4.77 Terzaghi untuk mencari N_c, N_q dan N_γ	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Banjir di Ulakan Tapakis Padang Pariaman	2
Gambar 2.1 Sungai Ulakan Tapakis	5
Gambar 2.2 Sistem Proses pembentukan Dasar Sungai atau Morfologi Sungai Menurut Mangelsdorf dan Scheurmann	5
Gambar 2.3 Pembagian Zona Sungai	6
Gambar 2.4 Struktur Sungai	8
Gambar 2.5 Bentuk Penampang Sungai Persegi	8
Gambar 2.6 Siklus Hidrologi	10
Gambar 2.7 Metode Aritmatika (Aljabar)	13
Gambar 2.8 Metode Poligon Thiessen.....	14
Gambar 2.9 Metode Ishoyet.....	15
Gambar 3.1 Topografi Wilayah.....	39
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian.....	40
Gambar 3.3 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian	42
Gambar 4.1 Peta Chatment Area Sungai Batang Tapakis.	43
Gambar 4.2 Profil Melintang Sungai.....	76
Gambar 4.3 Analisa Penampang Dimensi Sungai	78
Gambar 4.4 Grafik Analisa Butiran Material Dasar Tanah Gerusan.....	80
Gambar 4.5 Penampang Retaining Wall Batu Kali	87
Gambar 4.6 Gaya Akibat Beban Sendiri	88
Gambar 4.7 Penampang Retaining Wall Gaya Gempa.....	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang terjadi akibat luapan air sungai atau sarana penampang kelebihan air lainnya. Bencana banjir ini dapat menimbulkan kerugian bagi penduduk seperti kerugian harta benda dan sawah gagal panen. Bahkan aliran air yang membawa material tanah yang halus mampu menyeret material berupa batuan yang lebih berat yang dapat merusak bangunan yang dilewatinya seperti pondasi jembatan, menggenangi, merusak perumahan dan bangunan, bahkan mampu menghanyutkan bangunan dan juga dapat menelan korban jiwa.

Salah satu bencana yang sering terjadinya di Kabupaten Pariaman khususnya di Sungai Batang Ulakan Tapakis yaitu banjir. Sungai Batang Tapakis merupakan anak Sungai Batang Ulakan yang berada di Kecamatan Ulakan Tapakis, Kabupaten Padang Pariaman. Pada cuaca yang ekstrem terjadi dalam beberapa tahun belakangan, selain disebabkan tingginya curah hujan juga disebabkan Aliran Sungai Batang Ulakan yang sudah tidak lancar lagi seperti sebelumnya. Sehingga menyebabkan air sungai dengan mudah meluap dan merendam pemukiman warga dan fasilitas umum lainnya. Luapan air itu menyebabkan banjir dengan ketinggian dua meter pada tanggal 7 Mei 2023 dan satu koma empat puluh tujuh meter pada tanggal 20 September 2023.

Hal ini sebabkan karena air yang meluap di muara sungai tersebut dapat mengakibatkan kebanjiran di beberapa Kecamatan yaitu Kecamatan Batang Anai, Kecamatan Lubuk Alung, Kecamatan Patamuan dan kecamatan VII Koto Sungai Sariak. Guna mencegah banjir terulang, diperlukan normalisasi sungai dan tutupnya muara sungai tersebut. Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan suatu pengendalian perkuatan tebing sungai dan Ulakan Tapakis dapat diminimalisir.



Gambar 1.1 Banjir di Ulakan Tapakis Padang Pariaman
(Sumber : padang.tribunnews.com)

1.2. Rumus Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut.

- a. Berapa curah hujan rencana?
- b. Berapa debit banjir rencana?
- c. Bagaimana dimensi sungai existing?
- d. Bagaimana dimensi rencana terhadap dimensi Existing?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian penulisan tugas akhir ini adalah.

- a. Menghitung curah hujan rencana.
- b. Menghitung debit banjir rencana.
- c. Mengetahui dimensi sungai existing.
- d. Mengetahui dimensi rencana terhadap dimensi Existing

1.4. Batas Masalah

Adapun batas masalah penulisan tugas akhir ini adalah.

- a. Penelitian ini fokuskan bagaimana menganalisa dimensi sungai di Kecamatan Ulakan Tapakis, Kabupaten Padang Pariaman.
- b. Penelitaian ini dilakukan untuk mengetahui batas pengambilan data.

1.5. Sistematika Rumus

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah.

BAB I PENDAHULUAN

Bab I ini menjelaskan tentang latar belakang, rumus masalah, tujuan penelitian, batas masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II ini menjelaskan tentang teori singkat yang digunakan dalam menyelesaikan dan membahas permasalahan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab III ini menjelaskan tentang metode penelitian yang mencakup lokasi penelitian, pengumpulan data sekunder dan primer, metode perencanaan, alat dan bahan, dan bagan alir pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Bab IV ini menjelaskan bagaimana menganalisa perhitungan hidrologi dan hidrolika sungai berupa pengolahan data curah hujan, perhitungan debit banjir rencana, perhitungan dimensi dan perencanaan penampang.

BAB V PENUTUP

Bab V ini membahas tentang kesimpulan dan saran yang di dapat dari penulisan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Sungai adalah saluran terbuka yang terbentuk secara alami di muka bumi yang mengalir, menurut kondisi permukaan bumi dari mata air lewat beberapa alur sungai dapat mengakibatkan penggerusan tanah dasar. Sungai berfungsi sebagai penampung air hujan yang turun. Di samping itu sungai juga bisa dimanfaatkan untuk pelayaran, pertanian, pariwisata, perikanan, bahkan pembangkit listrik tenaga air. Selain sangat bermanfaat bagi manusia sungai juga sering membawa bencana dalam kehidupan manusia terutama bila terjadi banjir bila musim hujan.

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang terjadi akibat luapan air sungai atau sarana penampung kelebihan air lainnya. Banjir sungai merupakan jenis banjir yang terjadi ketika air mengalami kelebihan kapasitas di sebuah sungai.

2.2. Definisi Sungai

Menurut Triatmodjo tahun 2003 hal 103, Sungai (Saluran Terbuka) adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan lain sebagainya.

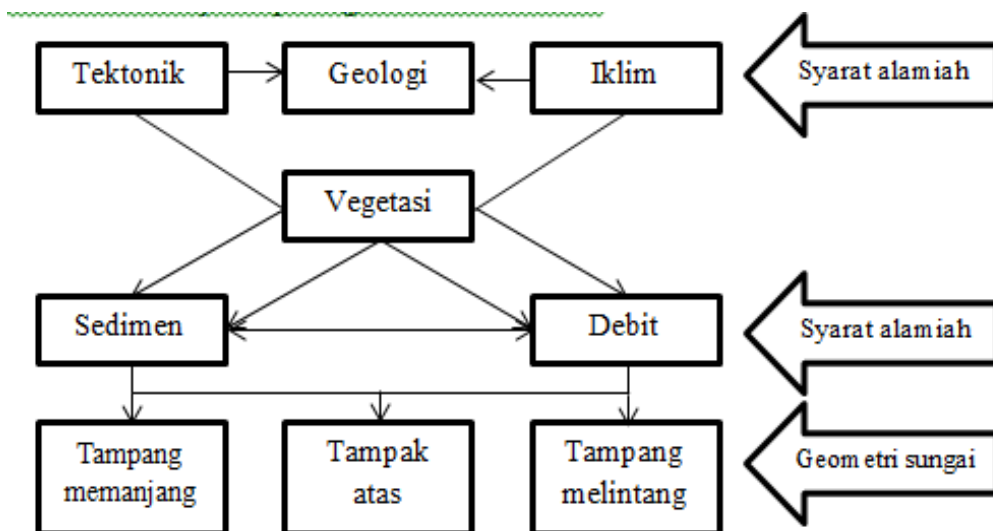
Definisi di atas merupakan sungai alami. Menurut undang-undang nomor 35 tahun 1991, tentang sungai yaitu dalam peraturan pemerintah pasal 1 ayat 1. Dijelaskan sungai adalah suatu tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan.



Gambar 2.1 Sungai Ulakan Tapakis
(Sumber : Dokumentasi Survey Lapangan)

2.2.1. Morfologi Sungai

Morfologi sungai adalah ilmu yang mempelajari tentang geometri (bentuk dan ukuran), jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek dan perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu. Dengan demikian morfologi, sungai juga menyangkut sifat dinamik sungai dan lingkungannya yang saling berkaitan. Menurut *Mangelsdorf* dan *Scheurman* tahun 1980 yang mengusulkan empat faktor utama yaitu dapat berpengaruh terhadap pembentukan alur morfologi sungai Sosio – Antropogenetik adalah tektonik, geologi, iklim dan vegetasi. Hubungan antara faktor-faktor tersebut disajikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Sistem Proses pembentukan Dasar Sungai atau Morfologi Sungai Menurut *Mangelsdorf* dan *Scheurmann*

Unsur morfologi yang harus diketahui sebagai penunjang kegiatan desain pembangunan teknik sipil adalah fenomena dan karakter sungai, parameter sungai serta dimensi sungai.

2.2.2. Pembagian Zona Sungai

Pembagian zona sungai ini mempunyai tiga bagian sungai yaitu.

a. Bagian Hulu (*Up Stream / Upper Regime*)

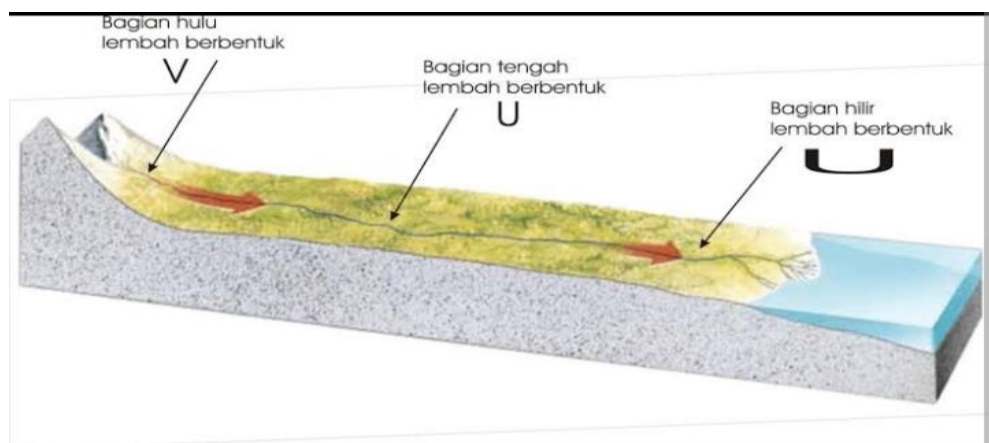
Bagian Hulu adalah bagian yang terletak di lereng gunung, sehingga kecepatan aliran pada waktu banjir mencapai puluhan m/dt yang mengakibatkan pengikisan. Maka dari itu daerah ini disebut zona pengikisan.

b. Bagian Tengah (*Middle Stream / Middle Regime*)

Bagian tengah adalah bagian kemiringan rata-rata dasar sungai yang masih relatif curam. Untuk kecepatan aliran banjir masih mencapai sekitar 5 m/dt. Benda-benda yang besar dan kasar mulai mengendap di lokasi ini dan sedimen halus masih hanyut. Pada zona ini terjadi pengendapan dan juga pengikisan maka dari itu daerah ini disebut zona keseimbangan.

c. Bagian Hilir (*Down Stream / Lower Regime*)

Bagian hilir adalah bagian lokasi yang kecepatan aliran pada waktu banjir sekitar 2 m/dt. Daerah disekitar sungai adalah datar tinggi permukaan air sungai tidak banyak berbeda dengan muka tanah disekitarnya sehingga pada musim hujan air sering meluap atau banjir.



Gambar 2.3 Pembagian Zona Sungai

2.2.3. Struktur Sungai

Struktur sungai merupakan komponen (elemen) atau bagian dari morfologi sungai yang meliputi badan sungai, tebing sungai, bantaran sungai dan tanggul sungai.

a. Badan Sungai

Badan sungai sangat bervariasi dan sering mencerminkan bantuan dasar yang keras. Jarang ditemukan bagian yang rata kadang ada yang berbentuk bergelombang, landai atau dari bentuk keduanya sering terendapkan material yang terbawa oleh aliran sungai (endapan lumpur), tebal tipisnya dasar sungai yang sangat dipengaruhi oleh bantuan dasarnya. Gradien sungai yang disebut kemiringan sungai ini merupakan hubungan antara elevasi dasar sungai dan jarak yang di ukur sepanjang sungai mulai dari ujung hulu sampai ke muara.

b. Tebing Sungai

Tebing sungai umumnya membentuk lereng atau sudut lereng yang tergantung dari medannya. Semakin terjal maka semakin besar sudut lereng yang terbentuk. Tebing sungai merupakan habitat dari komunitas vegetasi riparin, kadang kala sangat rawan longsor karena batuan dasarnya sering berbentuk cadas.

c. Bantaran Sungai

Bantaran sungai adalah ruang antara tepi palung sungai dan kaki tanggul, sebelah dalam yang terletak di kiri dan kanan palung sungai. Peranan fungsinya cukup efektif sebagai penyaring (*Filter Nutrient*), menghambat aliran permukaan dan pengendalian besaran laju erosi. Bantaran sungai juga merupakan habitat tertumbuhan yang spesifik (*Vegetasi Riparian*) yaitu tumbuhan yang komunitasnya tertentu mampu mengendalikan air pada saat musim penghujan dan kemarau.

d. Tanggul Sungai

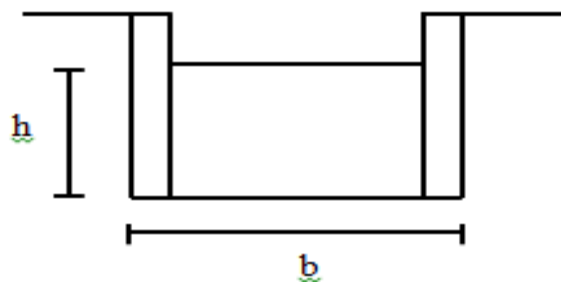
Tanggul sungai (tepi aliran sungai) adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan yang disebabkan oleh banjir dan gelombang pasang. Alur sungai adalah bagian dari muka bumi yang selalu berisi air yang mengalir yang bersumber dari aliran limpasan, *aliran sub surface*, *run off*, mata air dibawah tanah (*base flow*).



Gambar 2.4 Struktur Sungai

2.2.4. Bentuk Penampang Sungai

Dalam menentukan bentuk dan dimensi saluran yang digunakan dalam pembangunan, saluran baru maupun dalam kegiatan perbaikan penampang saluran yang sudah ada. Salah satu hal penting yang perlu dipertimbangkan adalah ketersediaan lahan. Untuk mencegah muka air ke tepi (meluap) maka diperlukan adanya tinggi jagaan pada saluran, yaitu jarak vertikal dan puncak saluran permukaan air pada kondisi debit rencana. Bentuk-bentuk penampang sungai yang buatan maupun alami, yang dapat kita jumpai adalah bentuk penampang sungai setengah elipse, tak beraturan, persegi panjang dan trapesium. Dilokasi penelitian berbentuk penampang sungai persegi.



Gambar 2.5 Bentuk Penampang Sungai Persegi

Perhitungan kecepatan rata-rata dengan menggunakan rumus Manning ada dua yaitu penampang persegi dan penampang trapesium

Tabel 2.1 Rumus Penampang Sungai

Penampang Persegi	Penampang Trapesium
Luas keliling basah (A) $A = b * h$	Luas keliling basah (A) $A = (b + m * h) * h$
Keliling penampang basah (P) $P = b + 2 * h$	Keliling penampang basah (P) $P = (b + 3 * h * \sqrt{1 + m^2})$
Jari-jari hidraulis (R) $R = \frac{A}{P}$	Jari-jari hidraulis (R) $R = \frac{A}{P}$
Kecepatan aliran (V) $V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$	Kecepatan aliran (V) $V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$
Debit lapangan (Q) $Q = A * V$	Debit lapangan (Q) $Q = A * V$

2.2.5. Pengendalian Daya Rusak Air

Pengendalian daya rusak air adalah mencegah menanggulangi dan memulihkan kerusakan kualitas lingkungan yang disebabkan oleh daya rusak air. Dalam peraturan undang-undang nomor 7 tahun 2004, tentang sumber daya air yang menjelaskan pengendalian daya rusak air pasal 51-58. Ketentuan mengenai pengendalian daya rusak air pada sungai, sistem irigasi, air hujan dan air laut, yang berada di darat dapat di periksa lebih lanjut oleh peraturan pemerintah. Dibawah ini ada tiga kegiatan pengendalian daya rusak air yaitu.

a. Upaya Pencegahan

Upaya pencegahan ini dilakukan baik melalui kegiatan fisik atau non fisik maupun melalui penyeimbangan hulu dan hilir wilayah sungai. Kegiatan fisik seperti membuat peta daerah bencana, menyusun rencana umum tata ruang berdasarkan kajian resiko bencana dan juga menyusun perdata mengenai syarat keamanan bangunan pengendalian limbah dan lain-lainnya. Kegiatan non fisik contoh pembangunan sarana dan prasarana serta upaya lainnya, dalam rangka pencegahan kerusakan atau bencana yang diakibatkan oleh daya rusak air. Daya rusak air adalah daya air yang dapat merugikan kehidupan, contoh banjir.

b. Upaya penanggulangan

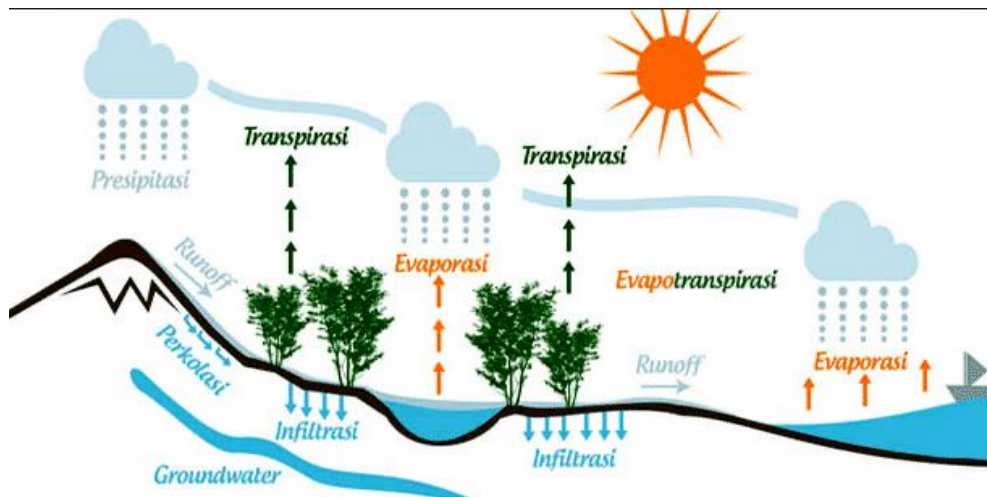
Upaya penanggulangan ini dilakukan dengan kegiatan yang ditunjukkan untuk meringankan penderitaan akibat bencana (mitigasi bencana). Contoh kegiatan yang bersifat meringankan penderitaan akibat bencana seperti penyediaan fasilitas pengungsian dan penambalan darurat tanggul bobol. Untuk ketentuan mengenai penanggulan kerusakan dan bencana akibat daya rusak air ini di atur lebih lanjut dengan peraturan pemerintah.

c. Upaya Pemulihan

Upaya pemulihan ini ditunjukkan untuk memulihkan fungsi lingkungan hidup serta sistem prasarana sumber daya air, pemulihan ini menjadi tanggung jawab pemerintah daerah, pengelolaan sumber daya rusak air dan masyarakat.

2.3. Hidrologi dan Hidrolika Sungai

Hidrologi adalah tahapan awal perencanaan suatu rancangan bangunan suatu DAS. Untuk memperkirakan besar debit banjir yang terjadi di daerah tersebut. Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi seperti curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai selalu berubah terhadap waktu (Seowarno, 1995).



Gambar 2.6 Siklus Hidrologi
(Sumber : Soewarno, 1995)

Dari gambar di atas dapat dilihat dengan mudah, bahwa siklus hidrologi atau siklus air memiliki sembilan komponen utama yaitu.

a. Evaporasi

Proses Evaporasi adalah penguapan air dari tubuh-tubuh air. Contoh laut, danau dan sungai yang diakibatkan oleh pemanasan sinar matahari. Air yang menguap lalu naik ke langit dan nantinya menjadi awan.

b. Transpirasi

Transpirasi merupakan penguapan air dari permukaan tumbuhan. Diteruskan lewat tubuh tanaman dan diuapkan kembali lewat stomata daun.

c. Sublimasi

Sublimasi adalah sinar matahari yang membantu penguapan pada es tanpa melalui proses pencairan. Hal ini mengakibatkan es yang merupakan bentuk padat dari air, menguap dan berubah menjadi awan.

d. Intersepsi

Proses Intersepsi adalah air hujan tertahan pada tanaman untuk kemudian ter-evaporasi kembali ke atmosfer. Siklus hidrologi ini memungkinkan air untuk kembali ke atas tergantung dengan kemampuan setiap pohon, dari jenis daun, kerapatan daun, lebar tajuk dan batang.

e. Kondensasi

Kondensasi adalah menampakkan perubahan wujud uap air menjadi titik-titik air di atmosfer, sehingga membentuk awan. Proses ini terjadi karena pengaruh rendahnya suhu udara pada ketinggian atmosfer tersebut.

f. Adveksi

Adveksi adalah butiran air yang berbentuk awan bergerak secara horizontal dan berpindah dari tempat ke tempat lain. Hal tersebut juga dibantu karena pengaruh angin yang terhembus.

g. Presipitasi

Presipitasi adalah proses turunnya air hujan dari hasil kondensasi. Awan hitam yang mengandung butir-butir air ini ditiup oleh angin, sehingga butir-butir air tersebut kembali jatuh ke permukaan bumi. Jika air jatuh berbentuk cair, maka disebut (*Rain Fall*) dan jika dalam bentuk padat disebut salju (*Snow*).

h. Aliran permukaan (*Run Off*)

Aliran permukaan adalah air yang sudah jatuh ke permukaan bumi yang tinggi, terus mengalir ke tempat yang rendah melalui sungai dan anak sungai.

i. Infiltrasi

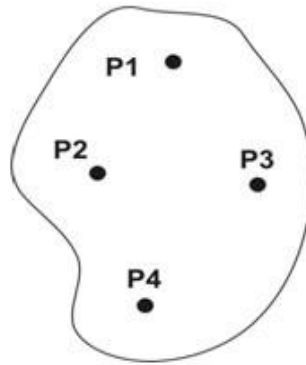
Infiltrasi merupakan proses peresapan air ke dalam tanah melalui pori-pori tanah. Dalam siklus hidrologi ini, air dapat tersimpan menjadi air tanah yang secara lambat mengalir kembali ke laut.

2.3.1. Curah Hujan Rencana Kawasan

Data curah hujan yang di dapat dari alat pengukur hujan merupakan hujan yang terjadi hanya satu titik saja. Jika dalam daerah hanya ada satu titik dan satu daerah terdapat stasiun pencatat curah hujan. Maka untuk mendapatkan diatas curah hujan area adalah dengan mengambil rata-ratanya. Untuk data curah hujan di pilih ada tiga stasiun hujan yaitu stasiun Kasang, stasiun Paraman Talang dan stasiun Santok. Untuk menentukan stasiun hujan yang berpengaruh, dianalisis dengan tiga metode yaitu metode Aritmatika (Aljabar), metode Poligon Thiessen dan metode Ishoyet.

a. Metode Aritmatika (Aljabar)

Metode aritmatika ini dilakukan dengan menentukan curah hujan rata-rata pada daerah aliran sungai dengan membagi beberapa wilayah pada DAS/stasiun. Kemudian, pada masing-masing stasiun ini dilakukan penghitungan curah hujan. Jumlah curah hujan setiap stasiun ditotal dan dibagi dengan jumlah wilayah. Sehingga, diperoleh hasil rata-rata curah hujan pada wilayah DAS yang suda ditentukan. Cara pengukuran curah hujan dengan metode arimatikan ini memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu kelebihan adalah mudah dilakukan karena masih sederhana sedangkan kekurangannya adalah kurang akurat karena bergantung pada distribusi hujan terhadap ruang dan ukuran daerah aliran sungai.



Gambar 2.7 Metode Aritmatika (Aljabar)
(Sumber : Triatmojo B, 2008)

Rumus Metode Aritmatika (Aljabar).

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

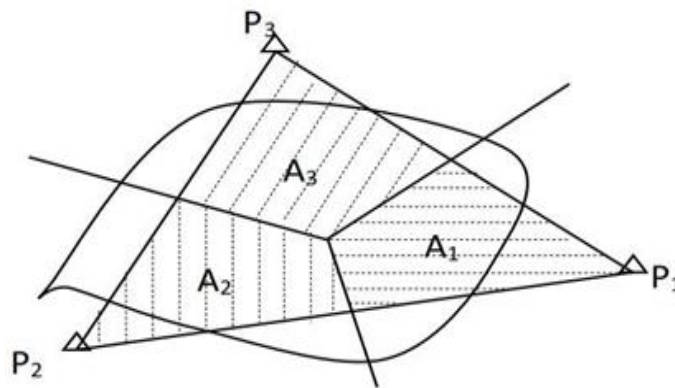
R = Curah Hujan Rerata Tahunan (mm)

n = Jumlah Stasiun yang Digunakan

$R_1+R_2+R_3+R_n$ = Curah Hujan Rerata Tahunan Ditiap Titik Pengamatan (mm)

b. Metode Poligon Thiessen

Metode poligon thiessen digunakan untuk mengetahui luas daerah pengaruh. Pemilihan stasiun hujan yang dianalisis harus meliputi daerah yang terdekat dengan bangunan yang di rencanakan. Metode perhitungan ini dengan memasukan faktor pengaruh daerah, yang mewakili stasiun hujan disebut koefisien thiessen. Koefisien thiessen ini didapatkan dengan membentuk daerah pengaruh. Cara mencari daerah pengaruh yaitu dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos hujan. Metode poligon thiessen ini harus menggunakan minimal tiga stasiun hujan. Kelemahan menggunakan metode ini yaitu karena tidak memasukkan faktor topografi, tetapi menggunakan metode ini lebih teliti objektif dan dapat dipakai pada daerah yang memiliki titik pengamatan tidak merata.



Gambar 2.8 Metode Poligon Thiessen
(Sumber : Triatmojo B, 2008)

Rumus Metode Poligon Thiessen.

$$P_{Rerata} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + A_3 P_3}{P_1 + P_2 + P_3} \dots\dots\dots 2.2$$

$$Koefesien\ Thiessen = \frac{P_i + 1}{P_{Total}} \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan :

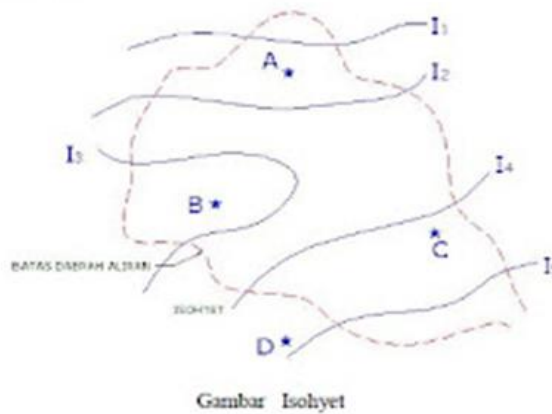
Prerata = Curah Hujan Rerata Tahunan (mm)

A1+A2+A3 = Luas Wilayah Yang Dibatasi Poligon

P1+P2+P3 = Curah Hujan Rerata Tahunan Ditiap Titik Pengamatan (mm)

c. Metode isohyet

Metode isohyet ini jauh lebih kompleks dibandingkan kedua metode diatas. Untuk metode isohyet ini harus dilakukan dengan menggunakan komouter agar data yang di peroleh akurat dan hasil analisa dapat terjaga konsistensinya. Perhitungan metode ini dilakukan dengan menentukan dan membagi daerah-daerah sepanjang DAS yang memiliki intensitas hujan yang serupa. Metode isohyet merupakan perhitungan paling teliti untuk kedalaman hujan rata-rata di suatu daerah. Pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata. Teknik ini membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibandingkan dua metode lainnya.



Gambar 2.9 Metode Isohyet
(Sumber : Triatmojo B, 2008)

Rumus Metode Isohyet.

$$R = \frac{A_1 I_1 + B_2 I_2 + C_3 I_3 + D_4 I_4 + \dots + A_n I_n}{A_1 + B_2 + C_3 + D_4 + \dots + A_n} \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

R = Curah Hujan Rerata Tahunan (mm)

A1, B2, C3, D4 = Luas Wilayah yang Dibatasi Isohyet

I1, I2, I3, I4 = Curah Hujan Rerata Tahunan Ditiap Titik Pengamatan (mm)

An = Luas Daerah Aliran

In = Jumlah Titik Pengamatan

2.3.2. Curah Hujan Rencana

Dalam menganalisis curah hujan rencana dengan periode tertentu. Dengan menggunakan empat metode statistik yaitu metode distribusi normal, distribusi log normal, distribusi gumbel dan distribusi log person III.

a. Metode Distribusi Normal

Metode distribusi normal ini menggunakan perhitungan curah hujan rencana. Untuk langkah-langkah perhitungan distribusi normal yaitu.

1). Hitung parameter statistik data

a). Nilai Rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan :

$\sum_{i=1}^n X_i$ = jumlah data curah hujan X_i

n = nilai banyak data

b). Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan :

$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ = jumlah data curah hujan $(X_i - \bar{X})^2$

n = nilai banyak data

2). Hitung nilai K_T

Nilai K_T di hitung berdasarkan nilai T dari tabel 2.2 di dapat untuk nilai T = 5, maka nilai $K_T = 0,84$

Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang T (tahun)	Peluang	KT
1	1.001	0.999	-3.05
2	1.005	0.995	-2.58
3	1.010	0.990	-2.33
4	1.050	0.950	-1.64
5	1.110	0.900	-1.28
6	1.250	0.800	-0.84
7	1.330	0.750	-0.67
8	1.430	0.700	-0.52
9	1.670	0.600	-0.25
10	2.000	0.500	0
11	2.500	0.400	0.25
12	3.330	0.300	0.52
13	4.000	0.250	0.67
14	5.000	0.200	0.84
15	10.000	0.100	1.28
16	20.000	0.050	1.64
17	50.000	0.020	2.05
18	100.000	0.010	2.33
19	200.000	0.005	2.58
20	500.000	0.002	2.88
21	1000.000	0.001	3.09

(Sumber : Suripin, 2004)

3). Hitung hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun (X_5)

$$X_T = \bar{X} + K_T * Sd \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan :

K_T = nilai faktor frekuensi, nilainya tergantung dari T

b. Metode Distribusi Log Normal

Metode distribusi log normal ini menggunakan perhitungan curah hujan rencana. Untuk langkah-langkah perhitungan distribusi log normal yaitu

1). Hitung parameter statistik data

a). Nilai Log \bar{X}

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

$\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i$ = jumlah curah hujan $\text{Log } X_i$

n = nilai banyak data

b). Nilai Standar Deviasi (Sd Log X)

$$Sd \log X = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1} \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan :

$\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2$ = jumlah curah hujan $\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2$

n = nilai banyak data

2). Hitung nilai K_T

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai T dari tabel 2.2 didapatkan untuk nilai T = 5, maka $K_T = 0,84$

3). Hitung hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun (X_5)

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } x} + K_T Sd \log X \dots\dots\dots 2.10$$

$$X_T = 10^{\overline{\text{Log } x} + (K_T * Sd \log X)} \dots\dots\dots 2.11$$

Keterangan :

$\text{Log } X_T$ = nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T tahun

c. Metode Distribusi Gumbel

Metode distribusi gumbel ini banyak digunakan untuk analisa data maksimum seperti penggunaan pada analisa frekuensi banjir. Untuk langkah-langkah perhitungan metode distribusi gumbel yaitu.

1). Hitung parameter stastistika data

a). Hitung nilai rata-rata \bar{X}

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan :

$\sum_{i=1}^n X_i$ = jumlah data curah hujan X_i

n = nilai banyak data

b). Hitung nilai standar deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 2.13$$

Keterangan :

$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ = jumlah data curah hujan $(X_i - \bar{X})^2$

n = nilai banyak data

2). Tentukan nilai Y_n dan S_n

$$Y_t = -L_n(-Ln \frac{T-1}{T}) \dots\dots\dots 2.14$$

Tabel 2.3 Nilai Reduced Standart Deviation (S_n) dan Nilai Reduced Mean (Y_n)

No	S_n	Y_n	n	S_n	Y_n
10	0.950	0.495			
15	1.021	0.513	60.000	1.175	0.552
20	1.063	0.524	70.000	1.185	0.555
25	1.091	0.539	80.000	1.194	0.557
30	1.112	0.536	90.000	1.201	0.559
35	1.128	0.540	100.000	1.206	0.560
40	1.410	0.544	20.000	1.236	0.567
45	1.152	0.546	500.000	1.259	0.572
50	1.161	0.549	1000.000	1.269	0.575

(Sumber : Soemarto, 1987)

3). Hitung nilai K

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots 2.15$$

Keterangan :

S_n = nilai *reduced standart deviation*

Y_n = nilai *reduced mean*

Y_t = nilai *reduced variate*

4). Hitung curah hujan kala ulang T tahun

$$X_T = \bar{X} + (Sd * K) \dots\dots\dots 2.16$$

Keterangan :

\bar{X} = nilai rata-rata

Sd = nilai standar deviasi

K = faktor frekuensi gumbel

d. Metode Distribusi Log Person III

Data yang dibutuhkan dalam menggunakan metode ini adalah nilai rata-rata standard deviasi dan koefisien kepengengan. Untuk langkah-langkah perhitungan metode distribusi log person III yaitu.

1). Hitung parameter statistika data

a). Hitung nilai Log \bar{X}

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \dots\dots\dots 2.17$$

Keterangan :

$\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i$ = jumlah data curah hujan $\text{Log } X_i$

n = nilai banyak data

b). Hitung nilai standar deviasi (Sd Log X)

$$Sd \log X = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1} \dots\dots\dots 2.18$$

Keterangan :

$\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2$ = jumlah data curah hujan

n = nilai banyak data

2). Hitung koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)(S \text{Log } X)} \dots\dots\dots 2.19$$

Keterangan :

$\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3$ = jumlah data curah hujan $(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3$

n = nilai banyak data

Sd Log X = nilai standar deviasi Log X

3). Hitung curah hujan rencana

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + (K * Sd \text{Log } X) \dots\dots\dots 2.20$$

Keterangan :

K = faktor frekuensi log person III
 $Sd \text{ Log } X$ = nilai standar deviasi $\text{Log } X$

2.3.3. Uji Probabilitas

Uji kecocokan sebaran dimaksudkan untuk menentukan persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistika sampel data yang dianalisis. Ada dua metode yang dapat dilakukan untuk menguji. Apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada yaitu chi kuadrat dan smirnov kolmogrof.

a. Metode Chi Kuadrat (X^2)

Uji kuadrat adalah uji hipotesis dengan uji statistik yang mengikuti distribusi chi kuadrat dengan hipotesis nol. Uji chi kuadrat person merupakan uji chi kuadrat pertama yang ditemukan dan paling banyak digunakan. Untuk langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan chi kuadrat yaitu.

- 1) Urutkan data curah hujan dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- 2) Menghitung jumlah kelas

$$K = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots 2.21$$

- 3) Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan $X^2 cr$

$$Dk = K - (p + 1) \dots\dots\dots 2.22$$

- 4) Menghitung kelas distribusi

$$\text{Kelas Distribusi } P_{(x)} = \frac{1}{5} * 100\% \dots\dots\dots 2.23$$

$$T = \frac{1}{P_{(x)}} \dots\dots\dots 2.24$$

- 5) Menghitung interval kelas

- a). Metode distribusi normal
- b). Metode distribusi log normal
- c). Metode distribusi gumbel
- d). Metode distribus log person III

- 6) Perhitungan nilai X^2

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Of - Ef}{Ef} \right) \dots\dots\dots 2.25$$

X^2 = parameter chi kuadrat

E_f = frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
 O_f = frekuensi yang diamati pada kelas yang sama
 n = jumlah sub kelompok

7) Bandingkan nilai X^2 terhadap X^2_{cr}

$$X^2 < X^2_{cr} \dots\dots\dots 2.26$$

Keterangan :

X^2 = parameter chi kuadrat terhitung

X^2_{cr} = parameter chi kuadrat kritis

b. Metode Smirnov Kolmogorof

Uji kecocokan smirnov kolmogorof sering juga di sebut uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1). Urutkan data curah hujan yang besar ke kecil
- 2). Menghitung probabilitas $P(X_i)$

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots 2.27$$

Keterangan :

m = nomor urut data setelah diurutkan dari besar ke kecil

n = banyak data

3). Tentukan peluang teoritis masing-masing data dengan rumus weibull

$$f(t) = \frac{(X - X_{rata-rata})}{s} \dots\dots\dots 2.28$$

4). Tentukan peluang teoritis masing-masing dari $P'(X_i)$ berdasarkan distribusi probabilitas yang dipilih

$$Y_t = -LN \left(-Ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right) \dots\dots\dots 2.29$$

$$P'(X_i) = \frac{1}{T} \dots\dots\dots 2.30$$

$$P'(X_i) = 1 - \text{Luas dibawah kurva} \dots\dots\dots 2.31$$

Nilai Luas wilayah dibawah Kurva Normal lihat di Lampiran 4.

5). Hitung selisih (ΔP_i) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data

$$\Delta P_i = \text{ABS}(P'(X_i) - P(X_i)) \dots\dots\dots 2.32$$

6). Tentukan apakah ΔP_i maksimum $<$ ΔP kritis. Jika “tidak” artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat di terima, demikian sebaliknya.

Tabel 2.4 Nilai ΔP Kritis Smirnov Kolmogorof

N	α (Derajat Kepercayaan)			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	107 / (N ^{0.5})	.1.22 / (N ^{0.5})	1.36 / (N ^{0.5})	1.63 / (N ^{0.5})

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.3.4. Analisa Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit aliran disungai atau saluran yang besarnya ditentukan berdasarkan periode atau kala ulang tahun tertentu (SNI 2415:2016). Untuk analisa debit rencana di hitung berdasarkan data hujan rencana yang dilakukan dengan melihat hubungan banjir yang terjadi dengan distribusi curah hujan. Untuk periode 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun. Perhitungan debit banjir rencana ini mempunyai tiga metode dan ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk menghitung debit permukaan. Pada umumnya metode perhitungan aliran permukaan yang disajikan adalah metode empirik yang merupakan hasil penelitian lapangan dari para ahli hidrologi. Perhitungan debit banjir rencana penelitian menggunakan tiga metode yaitu metode rasional, metode hasper dan metode weduwen.

a. Metode Rasional

Metode rasional adalah untuk menghitung debit puncak sungai atau saluran. Namun dengan daerah pengaliran yang terbatas. Menurut Imam Subarkah tahun 1980, metode rasional ini mengansumsikan bahwa laju pengaliran maksimum terjadi, jika lama hujan dengan adegan waktu konsentrasi. Daerah alirannya atau dapat juga diartikan debit puncak akibat intensitas berlangsung selama atau lebih lama dari waktu banjir (konsentrasi). Untuk waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh hujan yang jatuh pada titik terjauh DAS untuk mencapai outletnya.

Rumus Metode Rasional.

$$Q = 0,278 * C * I * A \dots\dots\dots 2.33$$

$$Q_t = 0,278 * C * I_T * A \dots\dots\dots 2.34$$

Keterangan:

Q = debit puncak limpasan permukaan (m³/dt)

Q_t = debit puncak limpasan permukaan dengan periode ulang T tahunan (m³/det)

C = angka pengaliran

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (Km²)

Untuk angka pengaliran merupakan perbandingan antara besarnya limpasan aliran terhadap besarnya hujan yang menyebabkan limpasan tersebut. Besarnya koefesien pengaliran tersebut dipengaruhi beberapa faktor yaitu tata guna lahan, kemiringan tanah, struktur tanah dan kelembaban tanah.

Tabel 2.5 Koefesien Pengaliran Untuk Metode Rasional

No		Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefesien Pengaliran ©		
1		Business			
	a	Pekotaan	0.7	-	0.95
	b	Pinggiran	0.5	-	0.7
2		Perumahan			
	a	Rumah Tinggal	0.3	-	0.5
	b	Multiunit, terpisah	0.4	-	0.6
	c	Multiunit, bergabung	0.6	-	0.75
	d	Perkampungan	0.25	-	0.4
	e	Apartemen	0.5	-	0.7
3		Perkerasan			
	a	Aspal dan Beton	0.7	-	0.95
	b	Batu Bata dan Paving	0.5	-	0.7
4		Halaman Bepasir			
	a	Datar (2%)	0.05	-	0.1
	b	Curam (7%)	0.15	-	0.2
5		Halaman Tanah			
	a	Datar (2%)	0.13	-	0.17
	b	Curam (7%)	0.18	-	0.22
6		Hutan			
	a	Datar 0-5%	0.1	-	0.4
	b	Gelombang 5-10%	0.25	-	0.5
	c	Berbukit 10-30%	0.3	-	0.6

(Sumber : Suripin, 2004)

Dalam analisa hidrograf satuan, diperlukan data adalah

1). Koefesien pengaliran (C)

2). Kecepatan aliran (V)

$$V = 72 * S^{0,6} \dots\dots\dots 2.35$$

Keterangan :

S = Kemiringan sungai

3). Perhitungan waktu konsentrasi (Tc)

Perhitungan waktu konsentrasi dengan menggunakan rumus kirpich

$$T_c = (0,1 * L^{0,8} * S^{-0,3}) \dots\dots\dots 2.36$$

Keterangan :

Tc = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang lintasan air dari titik terjauh sampai pada titik yang ditinjau (Km)

S = kemiringan rata-rata daerah lintasan air

4). Menghitung intensitas curah hujan (I_T)

$$I_T = \frac{R_t}{24} * \left(\frac{24}{T_c}\right)^2 \dots\dots\dots 2.37$$

Keterangan:

I_T = intensitas hujan (mm/jam)

R_t = Curah hujan maksimum harian (mm)

T_c = waktu konsentrasi (jam)

5). Menghitung debit banjir rencana (Q)

$$Q = 0,278(C * I_T * A) \dots\dots\dots 2.38$$

Keterangan :

C = koefesien pengaliran

I_T = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (Km²)

b.Metode Hasper

Metode hasper adalah penelitian ada beberapa DAS dengan luas maksimum 200 km². untuk langkah-langkah perhitungannya adalah.

1).Menghitung besarnya koefesien pengaliran (α)

$$\alpha = \frac{1+0,12*A^{0,7}}{1+0,12*A^{0,7}} \dots\dots\dots 2.39$$

Keterangan :

α = koefisien pengaliran

A = Luas DAS (Km²)

2). Menghitung waktu konsentrasi (T_c)

$$T_c = (0,1 * L^{0,8} * S^{-0,3}) \dots\dots\dots 2.40$$

Keterangan :

T_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang lintasan air dari titik terjauh sampai pada titik yang ditinjau (Km)

S = kemiringan rata-rata daerah lintasan air

3). Menghitung koefisien reduksi (β)

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{T_c + 3,7 \cdot 10^{(-0,4 \cdot T_c)}}{T_c^2 + 15} \cdot \frac{A^{0,75}}{12} \dots\dots\dots 2.41$$

Keterangan :

β = Koefisien reduksi

T_c = waktu konsentrasi (jam)

A = Luas DAS (Km²)

4). Curah hujan rencana dengan metode probabilitas yang terpilih

5). Menghitung nilai (r)

$$r = \frac{(T_c * R_T)}{(T_c + 1)} \dots\dots\dots 2.42$$

Keterangan :

R_T = Curah hujan maksimum harian (mm)

T_c = waktu konsentrasi (jam)

6). Menghitung intensitas curah hujan (I_T)

$$I_T = \frac{r}{3,6 * T_c} \dots\dots\dots 2.43$$

Keterangan :

r = nilai r

T_c = waktu konsentrasi (jam)

7). Menghitung debit banjir rencana (Q)

$$Q = \alpha * \beta * I_T * A \dots\dots\dots 2.44$$

Keterangan :

α = koefisien pengaliran

- β = Koefesien reduksi
- I_T = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (Km²)

c. Metode Weduwen

Metode weduwen adalah untuk menghitung debit banjir dengan luas DAS < 100 Km². langkah-langkah perhitungan dengan metode weduwen.

- 1). Menghitung nilai koefesien limpasan (α)

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{I+7} \dots\dots\dots 2.45$$

Keterangan :

I = intensitas hujan

- 2). Menghitung nilai koefesien pengurangan daerah hujan (β)

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} A}{120+A} \dots\dots\dots 2.46$$

Keterangan :

A = luas daerah pengaliran (Km²)

t = lamanya hujan

- 3). Menghitung debit banjir rencana (Q)

$$Q = \alpha * \beta * I * A \dots\dots\dots 2.47$$

Keterangan :

α = koefesien pengaliran

β = Koefesien reduksi

I = intensitas hujan

A = luas daerah pengaliran (Km²)

- 4). Menghitung debit maksimum dengan periode ulang (Qmaks)

$$Q_{maks} = Q * RT \dots\dots\dots 2.48$$

Keterangan :

Q = debit banjir rencana

RT = nilai curah hujan

2.3.5. Analisa Dimensi Sungai

Analisa dimensi sungai ini gunanya untuk memeriksa atau menyelidiki suatu peristiwa melalui data untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya. Kemudian hitung analisa debit banjir aktual dilapangan dan pilih debit banjir rencana sesuai dengan nilai yang sudah diperhitungkan.

2.3.6. Analisa Hidraulika

Dalam perencanaan penampang sungai, kita harus memperhatikan faktor-faktor kapasitas pengaliran, kapasitas sungai, kapasitas aliran, bahan konstruksi, kemiringan dasar sungai untuk penampang. Untuk langkah-langkah analisa hidraulika ini adalah menyiapkan skematika sungai, input data melintang dan memanjang (geometrik sungai), input flow data (debit aliran sungai) dan hasil perhitungan elevasi muka air banjir.

2.3.7. Kemiringan Sungai

Kemiringan sungai memajang dasar sungai biasanya diatur dengan keadaan tinggi topografi dan tinggi energi yang diperlukan untuk mengalirkan air. Dalam hal, kemiringan ini dapat pula bergantung pada kegunaan sungai.

Rumus Kemiringan :

$$S = \frac{(\text{Elevasi Hulu} - \text{Elevasi Hilir})}{(\text{Panjang Sungai utama} * 1000)} \dots\dots\dots 2.49$$

Keterangan :

S = kemiringan sungai

2.3.8. Chatment Area

Menurut (Rizki Et Al, 2017) chatment area adalah kawasan yang memiliki fungsi mengalirkan air kesaluran drainase. Daerah tangkapan air dapat di hitung berdasarkan luas jalan. Daerah tangkap air juga merupakan daerah daratan yang dibatasi oleh punggung bukit atau batas topografi yang berfungsi untuk menerima, menyimpan dan mengarahkan air hujan yang jatuh di atasnya kedalam alur sungai

dan terus mengalir ke anak-anak sungai dan sungai-sungai utama yang pada akhirnya bermuara ke danau atau sungai ataupun laut.

2.3.9. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik control yang ditentukan dibagian hilir satuan saluran.

2.4. Analisa Saringan

Analisa saringan merupakan suatu usaha untuk mendapatkan distribusi ukuran butiran tanah dengan menggunakan saringan dan penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos, dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Tujuan analisa saringan adalah untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan.

Untuk alat dan bahan analisa saringan yaitu sikat (untuk membersihkan saringan), oven pengering, alat pemisah contoh, satu set alat saringan (ayakan), mesin penguncang saringan, talam, kuas, sendok dan timbangan digital.

2.4.1. Langkah-Langkah Pengerjaan

- a. Ambil sampel tanah gerusan, setelah timbang sampel tanah gerusan basah tersebut kemudian keringkan sampel gerusan dengan menggunakan oven selama 24 jam.
- b. Sesudah 24 jam di dalam oven maka sampel tanah gerusan kering tersebut dikeluarkan kemudian di timbang kembali sampel tanah gerusan kering tersebut.
- c. Setelah ditimbang, lanjut menggunakan alat ayakan saringan dengan waktu 10 menit.

- d. Setelah diayakan sampel tanah gerusan tersebut dengan menggunakan saringan, lanjut dibuka alat ayakan tersebut untuk mengetahui kelolosan ukuran lubang ayakan.
- e. Sesudah mengetahui kelolosan ukuran lubang ayakan sampel tanah tersebut lanjut timbang sampel tanah satu persatu ukuran lubang ayakan tersebut.
- f. Sesudah di timbang satu persatu ukuran lubang ayakan tersebut maka analisa saringan ini selesai.

2.4.2. Perhitungan Analisa Saringan

- a. Persentase tertahan pada setiap saringan = $\frac{\text{berat tanah tertahan}}{\text{berat total}} \times 100\%$
..... 2.50
- b. Persentase kumulatif pada setiap saringan = jumlah persentase tertahan pada setiap saringan..... 2.51
- c. Persentase agregat halis pada setiap saringan = 100% - persentase tertahan kumulatif 2.52

2.5. Gerusan Sungai

Gerusan adalah fenomena alam yang terjadi akibat erosi terhadap aliran air pada dasar dan tebing sungai. Penyebab Gerusan adalah karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai. Menurut definisi oleh Lauren 1952 gerusan adalah sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai oleh pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Gerusan mempunyai tipe yaitu gerusan umum, gerusan dilokalisir dan gerusan lokal. Untuk gerusan lokal merupakan proses alamiah yang terjadi di sungai akibat pengaruh morfologi sungai atau adanya bangunan air yang menghalangi aliran sungai. Gerusan lokal ini terjadi pada suatu kecepatan aliran yang dimana sedimen yang ditranspor lebih besar dari sedimen yang disuplai. Untuk akibat gerusan lokal ini ketika adanya bangunan air yang terjadi perubahan karakteristik aliran seperti kecepatan aliran dan turbulensi, sehingga menimbulkan perubahan transpor sedimen dan terjadi gerusan. Untuk gerusan umum dialur sungai ini tidak

berkaitan dengan ada atau tidak struktur / bangunan air sedangkan untuk gerusan dilokalisir ini dialur sungai terjadi karena penyempitan aliran sungai.

4.5.1. Rumus Dalam Perhitungan Kedalaman Gerusan

Data yang diperlukan dalam perhitungan kedalaman gerusan ini adalah analisa saringan meterial dasar sungai dilokasi perkuatan tebing yang dilaksanakan dengan diameter butir rata-rata (d50). Perhitungan kedalaman gerusan ini pada umumnya didasarkan atas teori Lacey Regime Channels yaitu saluran yang dibentuk pada material dasar yang mudah tererosi tapi tidak mengalami degradasi atau agradasi dalam jangka panjang. Bentuk penampang melintang dapat bervariasi dalam jangka dan saluran, yang dapat berpindah kesamping. Karena proses erosi dan pengendapan yang terjadi terus menerus. Beberapa peneliti yang telah mempelajari tentang perhitungan kedalaman gerusan diantaranya.

a. Persamaan Lecey (1930)

1). R.J Garde (2006)

Rumus R.J Garde (2006)

$$f_1 = 1,76 * \sqrt{Dm} \dots\dots\dots 2.53$$

$$D_{LQ} = 0,47 * \left(\frac{Q}{f_1}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 2.54$$

$$D_{Se} = K * D_{LQ} \dots\dots\dots 2.55$$

Keterangan :

f_1 = faktor lumpur lacey

D_{LQ} = kedalaman gerusan (m)

K = konstanta bernilai variasi dari 1,76 – 2,59 diambil nilai 2,09

D_{Se} = muka air banjir (m)

Q = debit banjir rencana 25 tahun (m³/dtk)

Dm = diameter lubang ayakan 50 gram (mm)

2). Novak, et al (2007)

Rumus Novak, et al (2007)

$$f = 1,75 * \sqrt{Dm} \dots\dots\dots 2.56$$

$$R_s = 0,475 * \left(\frac{Q}{f}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 2.57$$

$$R_s \text{ Total} = 2 * R_s \dots\dots\dots 2.58$$

$$R_s = 1,35 * \left(\frac{q^2}{f}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 2.59$$

$$f = 1,75 * d^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots 2.60$$

Keterangan :

- f = faktor lumpur lacey
- D_m = diameter lubang ayakan 50 gram (mm)
- Q = debit banjir rencana 25 tahun (m³/dtk)
- R_s = diukur dari tinggi muka air banjir (m)
- $R_s \text{ Total}$ = tinggi muka air banjir total (m)
- q = debit / lebar (m³/dtk)

3). R.J Garde dan K.G Rangga Raju (2000)

Rumus R.J Garde dan K.G Rangga Raju (2000)

$$f_1 = 1,76 * \sqrt{D_m} \dots\dots\dots 2.61$$

$$D_L = 0,47 * \left(\frac{Q}{f_1}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 2.62$$

$$D_1 = K * D_L \dots\dots\dots 2.63$$

Keterangan :

- f_1 = faktor lumpur lacey
- D_m = diameter lubang ayakan 50 gram (mm)
- D_L = kedalaman gerusan (m)
- Q = debit banjir rencana 25 tahun (m³/dtk)
- D_1 = kedalaman gerusan dibawah muka air (m)
- K = konstanta bernilai variasi dari 1,73 – 2,62 diambil nilai 2,0

4). Direktorat Jendral SDA (2013)

Rumus Direktorat Jendral SDA (2013)

$$f = 1,76 * \sqrt{D_m} \dots\dots\dots 2.64$$

$$R = 0,47 * \left(\frac{Q}{f}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 2.65$$

$$R_{Total} = 2 * R \dots\dots\dots 2.66$$

Keterangan :

- f = faktor lumpur lacey

- Dm = diameter lubang ayakan 50 gram (mm)
- R = kedalaman gerusan dibawah permukaan air banjir (m)
- Q = debit banjir rencana 25 tahun (m³/dtk)
- R_{Total} = tinggi muka air banjir total (m)

5). Dari Buku Bridge Scour

b. Persamaan Blench (1969)

1). Dari buku Bridge Scour

Rumus Dari Buku Bridge Scour

$$f = 1,76 * \sqrt{Dm} \dots\dots\dots 2.67$$

$$Y_{ms} = 0,47 * \left(\frac{Q}{f}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 2.68$$

$$Y_{ms\ total} = 2 * Y_{ms} \dots\dots\dots 2.69$$

$$q = \frac{Q}{b} \dots\dots\dots 2.70$$

$$Y_{ms} = 1,20 * \left(\frac{\frac{q^{\frac{2}{3}}}{d50^{\frac{1}{6}}}}{\dots}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 2.71$$

Rumus valid untuk pasir dengan 0,06 mm < d50 (mm)

$$Y_{ms} = 1,23 * \left(\frac{\frac{q^{\frac{2}{3}}}{d50^{\frac{1}{12}}}}{\dots}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 2.72$$

Rumus valid untuk kerikil dengan d50 (mm) < 2 mm dan G = 2,65

Keterangan :

- f = faktor lumpur lacey
- Dm=d50= diameter lubang ayakan 50 gram (mm)
- Y_{ms} = kedalaman gerusan dari muka air banjir (m)
- Q = debit banjir rencana 25 tahun (m³/dtk)
- Y_{ms total}= muka air banjir total (m)
- q = debit / lebar (m³/dtk)
- b = lebar (m)

c. Persamaan Blodgett (1986)

Rumus Blodgett (1986)

$$Z_t = 2 * d50^{-0,11} \dots\dots\dots 2.73$$

Keterangan :

- Z_t = kedalaman gerusan maksimum dihitung dari dasar sungai (m)
- d_{50} = diameter lubang ayakan 50 gram (mm)
- K = koefisien yang bernilai 0,84 – 3,8 untuk satuan SI

d. Persamaan Pemberton dan Lara (1984)

Rumus Pemberton dan Lara (1984)

$$Z_t = K * Q_d^a * W_f^b * d_{50}^c \dots\dots\dots 2.74$$

Keterangan :

- Z_t = kedalaman gerusan maksimum (m)
- K = koefisien yang bernilai 0,84 – 3,8 untuk satuan SI
- Q_d = debit banjir rencana 25 tahun (m^3/dtk)
- W_f = lebar sungai (m)
- d_{50} = diameter lubang ayakan 50 gram (mm)
- a, b, c = eksponen dari nilai K untuk rumus Lacey dan Blench

Tabel 2.6 Nilai K Untuk Rumus Lacey Dan Blench Dalam satuan SI (d_{50} dalam mm)

No	Kondisi	Lacey				Blench			
		K	a	b	c	K	a	b	c
1	Ruas Lurus	0.030	$\frac{1}{3}$	0	-0.167	0.162	$\frac{1}{3}$	-0.667	-1092
2	Tikung Sedang	0.059	$\frac{1}{3}$	0	-0.167	0.162	$\frac{1}{3}$	-0.667	-1092
3	Tikunga Berat	0.089	$\frac{1}{3}$	0	-0.167	0.162	$\frac{1}{3}$	-0.667	-1092
4	Tikung Sudut Kanan	0.119	$\frac{1}{3}$	0	-0.167	0.337	$\frac{1}{3}$	-0.667	-1092
5	Dinding Batu Vertikal	0.148	$\frac{1}{3}$	0	-0.167	0	$\frac{1}{3}$	-0.667	-1092

2.6. Perkuatan Tebing Sungai

Perkuatan tebing sungai adalah bangunan yang berfungsi untuk mengendalikan gerusan air sungai agar tidak naik kedaratan, terutama menahan tanah agar tidak terjadi longsor. Dampak tergerusnya tebing sungai, seringkali mengalami pendangkalan sungai, longsor yang merusak bangunan-bangunan yang berada pada pinggir sungai dekat muara. Tidak hanya menyebabkan kerusakan pada kawasan terjadi gerusan, tetapi juga merusak wilayah penerima hasil gerusan. Untuk dilakukan perbaikan sungai pada muara. Perkuatan tebing disebelah kiri sudah di bangun perencanaan sheet pile dan di sebelah lagi belum di bangun. Perencanaan sheet pile adalah dinding vertikal relatif tipis yang berfungsi untuk menahan tanah dan untuk menahan air masuk kepermukiman penduduk. Sheet pile ini berfungsi untuk pengendalian banjir.

Perencanaan retaining wall adalah konstruksi bangunan berupa dinding yang digunakan untuk menstabilkan tanah miring agar tidak tergeser atau longsor. Fungsi retaining wall adalah untuk menahan tanah dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri.

Perencanaan turap retaining wall dalam tanah kohesif sangat kompleks, karena kuat geser tanah berubah-ubah dengan berjalannya waktu, sehingga tekanan tanah pada dinding turap berubah-ubah pula dari waktu ke waktu. Untuk stabilitas jangka panjang dari turap retaining wall harus diperhatikan. Dalam hal perencanaan turap yang di pancang pada tanah kohesif agar dapat stabilitas jangka panjang yang aman. Semua ini memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitas. Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan yaitu dalam keadaan diam (Ko) dalam keadaan aktif (Ka) dan dalam keadaan pasif (Kp).

a. Dalam keadaan diam (Ko)

Massa tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman h akan terkena tekanan arah vertikal dan tekanan tanah horizontal.

$$K_o = 1 - \sin \phi \dots\dots\dots 2.75$$

Keterangan :

ϕ = sudut geser tanah (°)

b. Dalam keadaan aktif (Ka)

Menurut teori rankine harga Ka untuk tanah datar yaitu.

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots 2.76$$

Keterangan :

ϕ = sudut geser tanah (°)

c. Dalam keadaan pasif (Kp)

Menurut teori rankine harga Kp untuk tanah datar yaitu.

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots 2.77$$

Keterangan :

ϕ = sudut geser tanah (°)

Keruntuhan pondasi berdasarkan hasil uji model vecis (1963) membagi mekanisme keruntuhan pondasi menjadi 3 macam

- a. Keruntuhan geser umum
- b. Keruntuhan geser lokal
- c. Keruntuhan penetrasi

Terzaghi (1943) menganalisis daya dukung tanah dengan beberapa anggapan yaitu kapasitas dukung ultimate (q_u) didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan.

$$q_u = \frac{Pu}{A} \dots\dots\dots 2.7$$

Persamaan umum untuk daya dukung ultimate pada pondasi memanjang

$$q_u = cNc + P_0Nq + 0,5\gamma BN_\gamma \dots\dots\dots 2.79$$

Karena $P_0 = Df \cdot \gamma$ maka dapat pula dinyatakan dengan.

$$q_u = cNc + Df \cdot \gamma Nq + 0,5\gamma BN_\gamma \dots\dots\dots 2.80$$

Apabila keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan geser lokal, maka.

$$q_u = cNc' + P_0Nq' + 0,5\gamma BN_\gamma \dots\dots\dots 2.81$$

Dengan Nc' , Nq' dan N_γ' adalah faktor-faktor daya dukung pada keruntuhan geser lokal yang bernilai ditentukan Nc' , Nq' dan N_γ' pada keruntuhan geser umum dengan mengambil.

$$\varphi' = \frac{\arctan 2}{3 \tan \varphi} \dots\dots\dots 2.82$$

Stabilitas perkuatan tebing sungai mempunyai tujuan untuk memeriksa stabilitas perkuatan tebing terhadap kontrol stabilitas guling, kontrol stabilitas geser dan kontrol keruntuhan daya dukung.

- a. Kontrol stabilitas guling

Kontrol stabilitas guling mempunyai metode rankine. Metode rankine memiliki faktor keamanan (FS) terhadap guling di tinjau dari kaki.

$$SF = \frac{\Sigma MT}{\Sigma MG} \dots\dots\dots 2.83$$

$$SF > \gamma_{bk}$$

Keterangan :

SF= faktor keamanan

ΣMT = jumlah momen tekanan

ΣMG = jumlah momen guling

b. Kontrol stabilitas geser

$$SF = f * \frac{\Sigma V}{\Sigma H} \dots\dots\dots 2.84$$

$$SF > \gamma_{bk}$$

Keterangan :

SF = faktor keamanan

ΣV = jumlah vertikal

ΣH = jumlah horizontal

c. Kontrol keruntuhan daya dukung tanah

Kontrol keruntuhan daya dukung tanah dapat digunakan dengan persamaan hasen pada perhitungan dianggap pondasi terletak dipermukaan.

Kontrol eksentrisitas

$$X_e = \frac{\Sigma MT - \Sigma MG}{\Sigma V} \dots\dots\dots 2.85$$

Keterangan :

X_e = kontrol terhadap daya dukung tanah

ΣMT = jumlah momen tekanan

ΣMG = jumlah momen guling

ΣV = jumlah vertikal

$$\frac{B}{2} \dots\dots\dots 2.86$$

Keterangan :

B = lebar sungai (m)

$$e = \frac{B}{2} - X_e \dots\dots\dots 2.87$$

Keterangan :

e = kontrol eksentrisitas

B = lebar sungai (m)

X_e = kontrol terhadap daya dukung tanah

Distribusi tekanan pada dasar dinding penahan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \leq \sigma_{izin} \dots\dots\dots 2.88$$

Keterangan :

ΣV = jumlah vertikal

B = lebar sungai (m)

e = kontrol eksentrisitas

2.7. Banjir

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang terjadi akibat luapan air sungai atau sarana penampang kelebihan air lainnya. Kejadian banjir di Indonesia semakin sering intensitasnya. Intensitas hujan sering kali berubah yang terpengaruh kondisi iklim “global”. Perubahan lingkungan terkait dengan bertambah jumlah penduduk dan dinamika perubahan budaya. Pertambahan jumlah disertai tuntutan sarana pemukiman dan lapangan kerja. Sedangkan perubahan budaya juga melahirkan perubahan tuntutan yang lebih dari kebiasaan (Kustamar, 2019). Perubahan-perubahan yang terjadi tercermin pada aktivitas pembangunan yang sudah tentu berpengaruh terhadap daya dukung lingkungan. Banjir terjadi akibat adanya limpasan permukaan yang sangat besar, yang disebabkan oleh hujan dan tidak dapat di tampung lagi oleh sungai atau saluran-saluran lainnya.

2.8. Limpasan

Limpasan adalah intensitas hujan yang jatuh di suatu DAS melebihi kapasitas infiltrasi, juga mengisi cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan penuh, air juga mengalir di atas permukaan tanah. Aliran di atas permukaan tanah ini yang disebut sebagai limpasan permukaan (*Surface Run Off*). Limpasan permukaan (aliran permukaan) merupakan dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah yang mengangkut zat-zat dan partikel tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan yang pertama adalah faktor meteorologi terdiri dari intensitas hujan, durasi hujan dan distribusi curah hujan. Faktor yang mempengaruhi limpasan kedua adalah faktor karakteristik DAS berupa luas dan bentuk DAS, topografi, tata guna lahan (Suripin, 2004).

Limpasan permukaan ini dapat terkonsentrasi menuju sungai dalam waktu yang singkat, sehingga meluap yang menyebabkan terjadinya banjir. Wilayah Indonesia banjir limpasan sering terjadi dibandingkan dengan jenis banjir lainnya. Banjir limpasan merupakan air limpasan yang mengalir akibat dari penuhnya sungai yang

meluap sehingga merusak daerah sekitar sungai. Jadi, untuk menentukan layanan dimensi sungai yang ada dengan debit rencana, bila kemampuan layanan debit pada dimensi tersebut lebih kecil dari debit rencana. Maka terjadinya pelimpasan, yang artinya $Q_{\text{sungai}} > Q_{\text{layanan}} = \text{Meluap (Kebanjiran)}$

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Umum

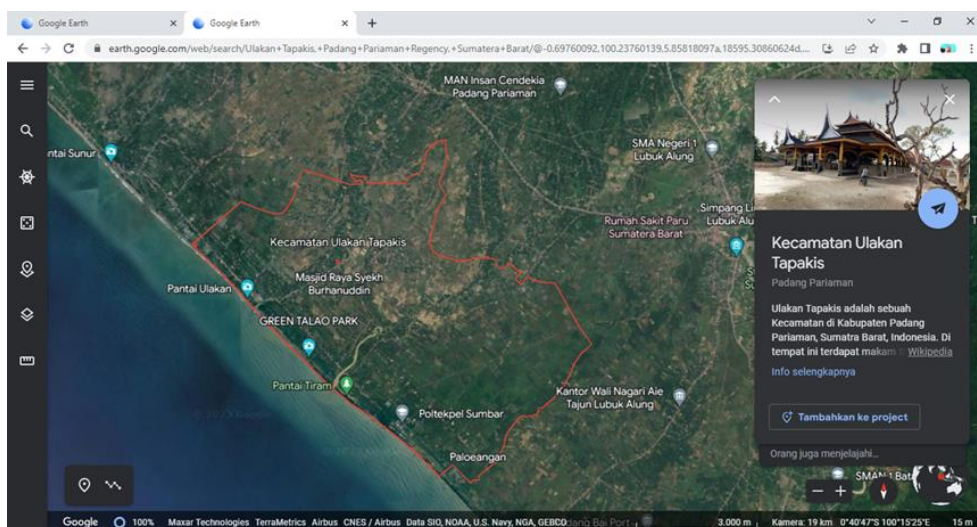
Metode penelitian adalah langkah-langkah dalam pengetahuan ilmiah atau ilmu. Untuk menyelesaikan suatu masalah dengan mempelajari, mengumpulkan data, mencatat dan menganalisa semua data yang diperoleh.

3.2. Letak Geografis

Letak geografis adalah posisi keberadaan sebuah wilayah berdasarkan letak dan bentuknya dimuka bumi. Letak geografis biasanya dibatasi dengan berbagai fitur geografi yang ada di bumi dan nama daerah yang secara langsung bersebelahan dengan daerah tersebut. Secara geografis posisi astronomi Kabupaten Padang Pariaman yang terletak antara titik 0°11'-0°49' lintang selatan dan 98°36'-100°28' bujur timur. Untuk lokasi penelitian tugas akhir dititik 100°12'13"E dan 0°43'1"S.

3.3. Topografi Wilayah

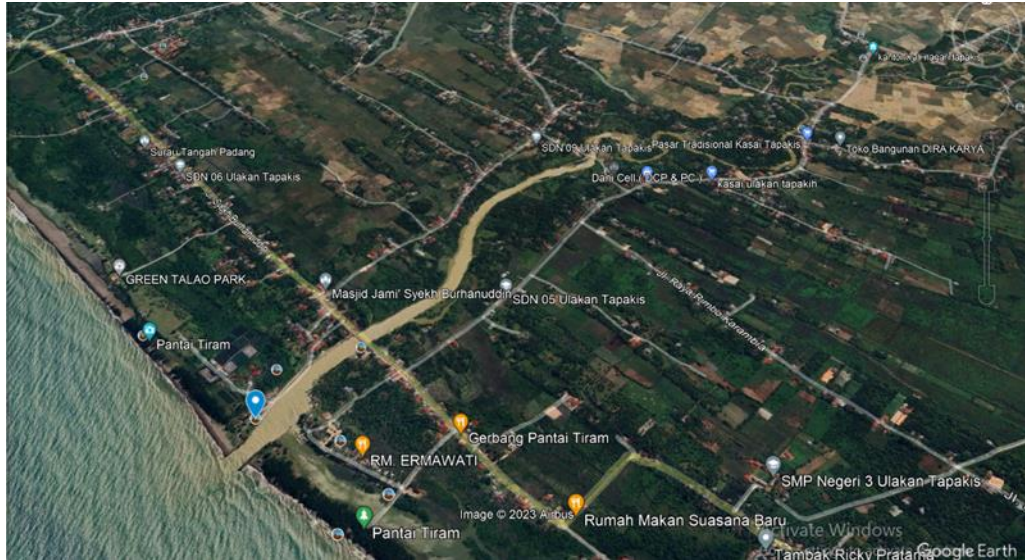
Topografi wilayah Kabupaten Padang Pariaman termasuk iklim tropis besar yang memiliki musim kering yang sangat pendek dan daerah lautan sangat dipengaruhi oleh angin laut.



Gambar 3.1 Topografi Wilayah
(Sumber : Google Earth)

3.4. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di pondok, Tiram. Ulakan, Kecamatan Ulakan Tapakis, Kabupaten Padang Pariaman. Titik lokasi penelitian $100^{\circ}12'13''E$ dan $0^{\circ}43'1''S$.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth)

3.5. Pengumpulan Data

3.5.1. Study Pustaka

mencari referensi penelitian diberbagai buku, jurnal dan internet yang berisikan tentang normalisasi sungai dan menganalisa dimensi suungai. Untuk memperjelaskan rumus-rumus yang ada pada pembahasan penelitian agar penelitian ini bisa berguna bagi orang lain.

3.5.2. Data Primer

Metode pengumpulan data primer adalah dengan cara observasi langsung kelapangan yaitu di sungai Tapakis, Ulakan Kabupaten Padang Pariaman. Dalam observasi lapangan ini dilakukan pengamatan kondisi fisik pada daerah aliran sungai tapakis yaitu pengambilan data analisa saringan, dimensi sungai dan ketinggian

banjir yang terjadi di lokasi penelitian. Selanjutnya data primer masuk ke perhitungan analisa debit banjir rencana untuk mengetahui nilai debit banjir dilapangan yang pernah terjadi.

3.5.3. Data Sekunder

Metode pengumpulan data sekunder adalah dengan cara mengumpulkan data yang bersifat teoritis, dokumen, diperoleh melalui skripsi-skripsi kepustakaan, diklat, jurnal, buku lain yang sesuai dengan materi penelitian serta instansi terkait adapun data yang diperoleh dari instansi yaitu data curah hujan dan data topografi.

3.6. Metode Perencanaan

Data yang diperoleh berupa.

- a. Data curah hujan dari dinas pengendalian sumber daya air (PSDA) Sumatera Barat
- b. Peta daerah aliran sungai (DAS) Padang Pariaman
- c. Data penggunaan lahan diperoleh dari analisa serta citra menggunakan software Arcgis
- d. Peta topografi

3.7. Alat dan Bahan

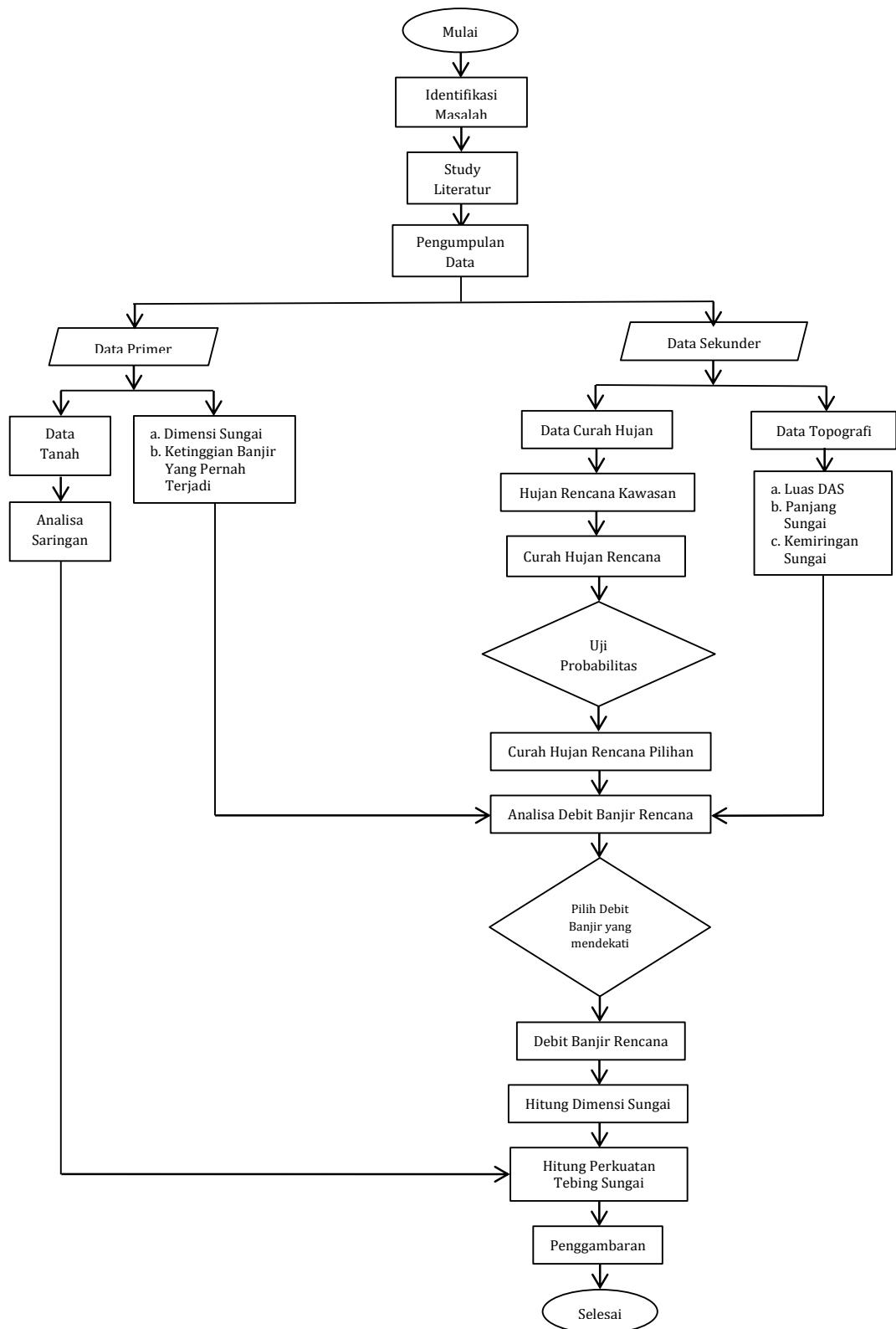
Alat yang digunakan pada penulisan tugas akhir.

- a. Perangkat keras (*Hardware*) : satu unit laptop, printer dan alat tulis
- b. Perangkat lunak (*Software*) : Microsoft Word, Microsoft Excel, Arcgis, Autocad, Google Earth dan Autocad.

Bahan yang digunakan pada penulisan tugas akhir.

- a. Peta topografi
- b. Data curah hujan stasiun Kasang, Paraman Talang dan Santok
- c. Gambar Penampang Sheat Pile

3.8. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



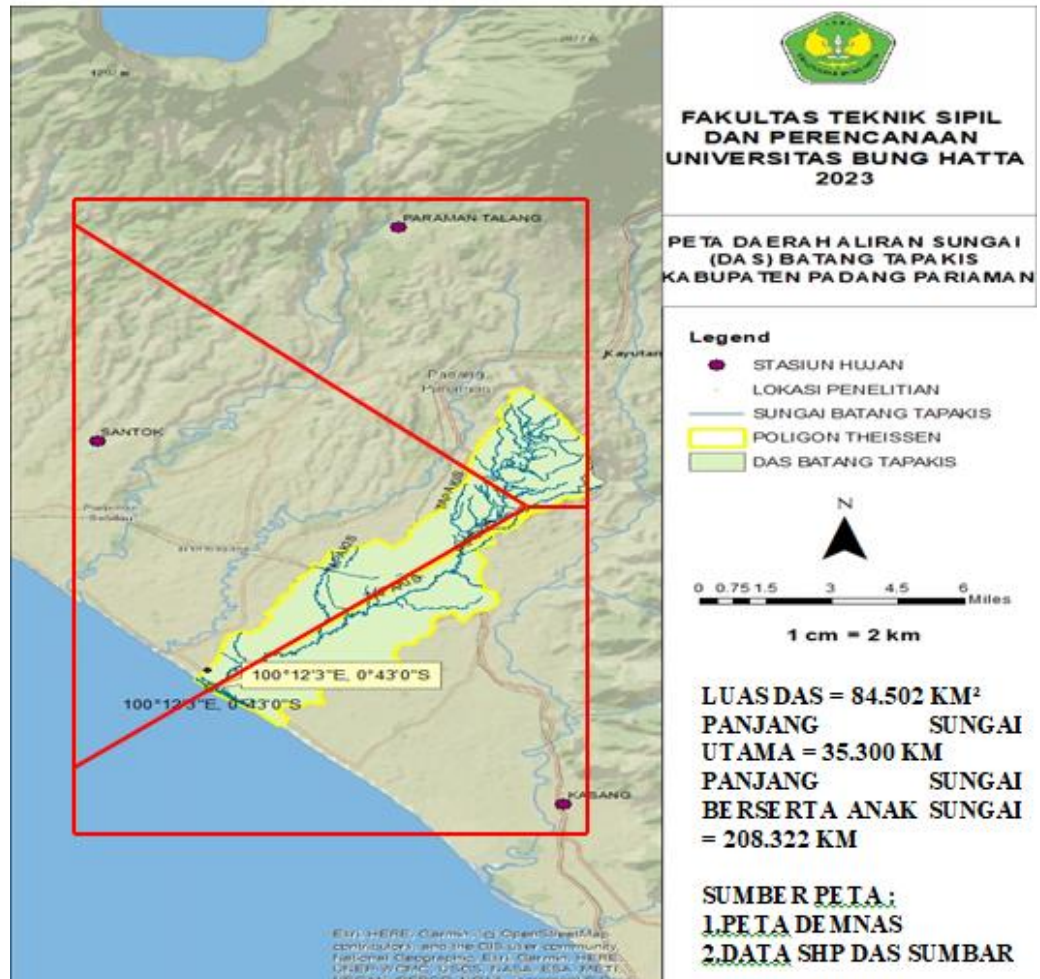
Gambar 3.3 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

4.1. Data Perencanaan

4.1.1. Penentuan Luas Chatment Area

Sebelum menentukan luas chatment area Ulakan Tapakis, terlebih dahulu menentukan kawasan yang terjadi banjir yang direncanakan untuk menghitung ulang dimensi penampang sungai Tapakis. Dari lokasi ini arah hulu, kemudian ditentukan batas chatment area dengan menarik garis imajiner yang menghubungkan titik-titik yang memilih kontur tinggi sebelah kiri dan kanan sungai yang ditinjau (Soemarno, 1999).



Gambar 4.1 Peta Chatment Area Sungai Batang Tapakis.
(Sumber : Aplikasi Arcgis)

Dari peta chatment area sungai Batang Tapakis diperoleh data sebagai berikut.

- a. Luas DAS (A) = 84,502 Km²
- b. Panjang Sungai (L) = 35,300 Km
- c. L.eff (0.9 x L) = 31,770 Km
- d. Elevasi Hulu = 350 m
- e. Elevasi Hilir = 113 m

4.2. Analisa Curah Hujan Rencana Kawasan

Dalam penentuan curah hujan pengukuran dilakukan di beberapa stasiun yaitu stasiun Kasang, stasiun Paraman Talang dan stasiun Santok. Metode perhitungan curah hujan rencana kawasan ini menggunakan tiga metode yaitu metode arimatika (aljabar), metode poligon thiessen dan metode ihsoyet. Ketiga metode tersebut yang digunakan untuk analisa curah hujan rencana kawasan adalah metode poligon thiessen. Metode thiessen ini di ambil data selama 10 tahun dari tahun 2013 sampai tahun 2022. Sehingga didapatkan data curah hujan maksimum harian rata-rata dengan hasil pada tabel 4.1

4.2.1. Metode Poligon Thiessen

Dengan menggunakan metode poligon thiessen, maka didapatkan rumus sebagai berikut.

$$R_{Rerata} = (A_1 * P_1) + (A_2 * P_2) + (A_3 * P_3)$$

Berikut contoh perhitungan pada tanggal 29 bulan Agustus tahun 2022 adalah sebagai berikut.

- a. Curah hujan pada stasiun pengamata (A)

$$A_{Kasang} = 180 \text{ mm}$$

$$A_{Paraman Talang} = 95 \text{ mm}$$

$$A_{Santok} = 51 \text{ mm}$$

- b. Luas daerah yang mengenai DAS (P)

$$\text{Luas pengaruh stasiun hujan Kasang} = 33,291 \text{ km}^2$$

$$\text{Luas pengaruh stasiun hujan Paraman Talang} = 18,693 \text{ km}^2$$

Luas pengaruh stasiun hujan Santok = 32,519 km²

Total = 84,502 km²

Sehingga :

$$R_{Rerata} = (180 * 0,394) + (95 * 0,221) + (51 * 0,385) = 111,554 \text{ mm}$$

Tabel 4.1 Perhitungan Hujan Maksimum Harian Rata-rata

No	Tahun	Tanggal	Bulan	Hujan Harian Maksimum (mm)			Hujan Harian Rata-Rata (mm)	Hujan Harian Maksimum Rata-Rata (mm)
				STA Kasang	STA Paraman Talang	STA Santok		
				33.29	18.69	32.52		
				39.40%	22.12%	38.48%		
1	2022	29	AUG	180	95	51	111.554	131.995
		21	SEP	161	136	100	131.995	
		24	MEI	0	27	140	59.848	
2	2021	29	SEP	248	176	95	173.194	173.194
		29	SEP	248	176	95	173.194	
		17	DES	128	81	95	104.904	
3	2020	22	JUL	140	0	60	78.244	78.244
		5	APR	0	105	25	32.848	
		17	FEB	30	52	95	59.880	
4	2019	3	JAN	131	19	0	55.812	79.937
		24	NOV	0	109	43	40.660	
		14	JAN	98	32	89	79.937	
5	2018	21	AUG	162	0	0	63.822	63.822
		29	NOV	13	111	23	38.527	
		14	FEB	0	9	95	38.549	
6	2017	21	AUG	162	0	20	71.518	71.518
		1	JAN	0	175	10	42.560	
		25	APR	22	31.5	79	46.037	
7	2016	22	MAR	294	108	0	139.716	139.716
		1	APR	0	108	11	28.124	
		24	AUG	89	0	97.3	72.506	
8	2015	16	JUN	53	4	0	21.765	108.573
		24	APR	46	102	0	40.686	
		11	JUN	128	24	137.3	108.573	
9	2014	20	SEP	194	5	19	84.846	84.846
		8	MEI	0	96	0	21.236	
		11	MEI	0	8	75	30.632	
10	2013	13	NOV	193	0	15	81.807	81.807
		2	MEI	0	96	15	27.009	
		30	APR	0	65	60	37.468	

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Dari hasil perhitungan di atas, maka didapatkan nilai curah hujan maksimum setiap tahunnya yang digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana pada tabel 4.1

Tabel 4.2 Rekap Curah Hujan Harian Maksimum

No	Kejadian			Hujan Harian Maksimum Rata-Rata (mm)
	Tahun	Tanggal	Bulan	
1	2022	21	SEP	131.995
2	2021	29	SEP	173.194
3	2020	22	JUL	78.244
4	2019	14	JAN	79.937
5	2018	21	AUG	63.822
6	2017	21	AUG	71.518
7	2016	22	MAR	139.716
8	2015	16	JUN	108.573
9	2014	20	SEP	84.846
10	2013	13	NOV	81.807

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.3. Analisa Curah Hujan Rencana

Analisa curah hujan rencana dapat diperhitungkan untuk periode ulang 2 tahun, 10 tahun, 15 tahun dan 50 tahun. Dengan menggunakan analisa ke empat metode curah hujan rencana sebagai berikut.

4.3.1. Metode Distribusi Normal

Langkah-langkah perhitungan metode distribusi normal yaitu.

a. Hitung parameter statistik data

1). Nilai Rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1013,652}{10} = 101,365 \text{ mm}$$

2). Nilai Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{11569,848}{10-1}} = 35,854 \text{ mm}$$

Tabel 4.3 Hitung Parameter Statistik Normal

No	Tahun	Xi	(Xi-X)	(Xi-X) ²
1	2022	131.995	30.630	938.204
2	2021	173.194	71.829	5159.422
3	2020	78.244	-23.121	534.582
4	2019	79.937	-21.429	459.187
5	2018	63.822	-37.543	1409.510
6	2017	71.518	-29.847	890.839
7	2016	139.716	38.350	1470.754
8	2015	108.573	7.208	51.949
9	2014	84.846	-16.519	272.875
10	2013	81.807	-19.558	382.525
Jumlah (Σ)		1013.652		11569.848
Rata-Rata (X)		101.365		
Sd		35.854		

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

b. Hitung nilai K_T

Nilai $K_T = 0.84$

Tabel 4.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang T (tahun)	Peluang	KT
1	1.001	0.999	-3.05
2	1.005	0.995	-2.58
3	1.010	0.990	-2.33
4	1.050	0.950	-1.64
5	1.110	0.900	-1.28
6	1.250	0.800	-0.84
7	1.330	0.750	-0.67
8	1.430	0.700	-0.52
9	1.670	0.600	-0.25
10	2.000	0.500	0
11	2.500	0.400	0.25
12	3.330	0.300	0.52
13	4.000	0.250	0.67
14	5.000	0.200	0.84
15	10.000	0.100	1.28
16	20.000	0.050	1.64
17	50.000	0.020	2.05
18	100.000	0.010	2.33
19	200.000	0.005	2.58
20	500.000	0.002	2.88
21	1000.000	0.001	3.09

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

c. Hitung hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun (X_5)

$$X_T = \bar{X} + (K_T * Sd) = 101,365 + (0,84 * 35,854) = 131.483 \text{ mm}$$

Tabel 4.5 Perkiraan Hujan Rencana DAS Batang Ulakan Tapakis

No	Periode Ulang (T)	Xrata-rata	Sd	KT	XT
1	2 Tahun	101.365	35.854	0	101.365
2	4 Tahun	101.365	35.854	0.67	125.388
3	5 Tahun	101.365	35.854	0.84	131.483
4	10 Tahun	101.365	35.854	1.28	147.259
5	20 Tahun	101.365	35.854	1.64	160.166
6	25 Tahun	101.365	35.854	1.71	162.676
7	50 Tahun	101.365	35.854	2.05	174.867
8	100 Tahun	101.365	35.854	2.33	184.906

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.3.2. Metode Distribusi Log Normal

Langkah-langkah perhitungan metode distribusi log normal yaitu.

a. Hitung parameter statistik data

1). Nilai Log X rata-rata

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{19,837}{10} = 1,984 \text{ mm}$$

2). Nilai Standar Deviasi (Sd Log X)

$$Sd \log X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,184}{10-1}} = 0.143 \text{ mm}$$

Tabel 4.6 Hitungan Parameter Statistika Data Log Normal

No	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi - Log X) ²
1	2022	131.995	2.121	0.019
2	2021	173.194	2.239	0.065
3	2020	78.244	1.893	0.008
4	2019	79.937	1.903	0.007
5	2018	63.822	1.805	0.032
6	2017	71.518	1.854	0.017
7	2016	139.716	2.145	0.026
8	2015	108.573	2.036	0.003
9	2014	84.846	1.929	0.003
10	2013	81.807	1.913	0.005
Jumlah (Σ)		1013.652	19.837	0.184
Rata-Rata (X)		101.365		
Sd		35.854		
Log X			1.984	
Sd Log X				0.143

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

b. Hitung nilai K_T

Nilai $K_T = 0.84$ (tabel 4.4)

c. Hitung hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun (X_5)

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } x} + (K_T * Sd \log X) = 1,984 + (0,84 * 0,143) = 2,104 \text{ mm}$$

$$X_T = 10^{\overline{\text{Log } x} + (K_T * Sd \log X)} = 10^{1,984 + (0,84 * 0,143)} = 96,438 \text{ mm}$$

Tabel 4.7 Perkiraan Hujan Rencana DAS Batang Ulakan Tapakis

No	Periode Ulang (T)	KT	Log X rata-rata	Sd Log X	Xt	Log Xt
1	2	0	1.984	0.143	96.318	1.984
2	4	0.67	1.984	0.143	96.414	2.079
3	5	0.84	1.984	0.143	96.438	2.104
4	10	1.28	1.984	0.143	96.501	2.167
5	20	1.64	1.984	0.143	96.552	2.218
6	25	1.71	1.984	0.143	96.562	2.228
7	50	2.05	1.984	0.143	96.611	2.277
8	100	2.33	1.984	0.143	96.651	2.317

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.3.3. Metode Distribusi Gumbel

Langkah-langkah perhitungan metode distribusi gumbel yaitu.

a. Hitung parameter statistik data

1). Hitung Nilai rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1013,652}{10} = 101,365 \text{ mm}$$

2). Hitung nilai standar deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{11569,848}{10-1}} = 35,854 \text{ mm}$$

Tabel 4.8 Hitungan Parameter Statistika Data Gumbel

No	Tahun	Xi	(Xi-X)	(Xi-X) ²
1	2022	131.995	30.630	938.204
2	2021	173.194	71.829	5159.422
3	2020	78.244	-23.121	534.582
4	2019	79.937	-21.429	459.187
5	2018	63.822	-37.543	1409.510
6	2017	71.518	-29.847	890.839
7	2016	139.716	38.350	1470.754
8	2015	108.573	7.208	51.949
9	2014	84.846	-16.519	272.875
10	2013	81.807	-19.558	382.525
Jumlah (Σ)		1013.652		11569.848
Rata-Rata (X)		101.365		
Sd		35.854		

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

b. Tentukan nilai Y_n dan S_n

Untuk nilai *Reduced Standart Deviation* (Y_n) dan nilai *Reduced Mean* (S_n) bisa lihat di tabel 2.3

c. Hitung nilai K

$$Y_t = -L_n \frac{T-1}{T} = -L_n \frac{5-1}{5} = 1,500$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \frac{1,4999 - 0,4952}{0,9497} = 1,058$$

Tabel 4.9 Perhitungan Nilai Y_t dan K

No	Periode Ulang (T)	Y_n	S_n	Y_t	K
1	2	0.495	0.950	0.367	-0.136
2	4	0.495	0.950	1.246	0.790
3	5	0.495	0.950	1.500	1.058
4	10	0.495	0.950	2.250	1.848
5	20	0.495	0.950	2.970	2.606
6	25	0.495	0.950	3.199	2.847
7	50	0.495	0.950	3.902	3.587
8	100	0.495	0.950	4.600	4.322

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

d. Hitung nilai hujan rencana periode ulang 5 tahun

$$X_T = \bar{X} + (Sd * K) = 101,365 + (35,854 * 1,058) = 139,298 \text{ mm}$$

Tabel 4.10 Perhitungan Nilai Hujan Rencana Periode Ulang X_T

No	Periode Ulang (T)	X_t
1	2	96.507
2	4	129.707
3	5	139.298
4	10	167.629
5	20	194.805
6	25	203.425
7	50	229.981
8	100	256.341

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.3.4. Metode Distribusi Log Person III

Langkah-langkah perhitungan metode distribusi log person III yaitu.

a. Hitung parameter statistik data

1). Hitung nilai $\text{Log } \bar{X}$

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{19,837}{10} = 1,984 \text{ mm}$$

2). Hitung nilai standar deviasi ($Sd \log X$)

$$Sd \log X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,184}{10-1}} = 0.143 \text{ mm}$$

b. Hitung koefisien kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{(n \cdot \sum (\text{Log } Xi - \text{Log } X)^3)}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (\text{Sd } \text{Log } X)^3} = \frac{10^2 \cdot 0,014}{(10-1) \cdot (10-2) \cdot 0,143^3} = 0,7$$

Tabel 4.11 Perhitungan Metode Distribusi Log Person III

No	Tahun	Xi	Log Xi	Log Xi-Log X	(Log Xi-Log X) ²	(Log Xi-Log X) ³
1	2022	131.9953	2.121	0.137	0.019	0.003
2	2021	173.1943	2.239	0.255	0.065	0.017
3	2020	78.24415	1.893	-0.090	0.008	-0.001
4	2019	79.93654	1.903	-0.081	0.007	-0.001
5	2018	63.82174	1.805	-0.179	0.032	-0.006
6	2017	71.51826	1.854	-0.129	0.017	-0.002
7	2016	139.7156	2.145	0.162	0.026	0.004
8	2015	108.5728	2.036	0.052	0.003	0.000
9	2014	84.84626	1.929	-0.055	0.003	0.000
10	2013	81.80693	1.913	-0.071	0.005	0.000
Jumlah (Σ)		1013.652	19.837		0.184	0.014
Rata-Rata (X)		101.3652				
Sd		35.85441				
Log X			1.984			
Sd Log X					0.143	
CS						0.7

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Dari nilai Cs = 0,7 untuk n=2 didapatkan nilai -0,116 bisa lihat dilampiran 1 Tabel Faktor Frekuensi K_T (G atau Cs Positif).

c. Hitung curah hujan rencana

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \text{Log } X + (K_T * \text{Sd } \text{Log } X) = 1,984 + (0,84 * 0,143) \\ &= 2,104 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$X_T = 10^{\overline{\text{Log } x} + (K_T * \text{Sd } \text{Log } X)} = 10^{1,984 + (0,84 * 0,143)} = 126,992 \text{ mm}$$

Tabel 4.12 Pehitungan Curah Hujan Rencana

No	T	KT	Log X	Sd Log X	Log XT	XT
1	2	0	1.984	0.143	1.984	96.318
2	4	0.67	1.984	0.143	2.079	120.082
3	5	0.84	1.984	0.143	2.104	126.992
4	10	1.28	1.984	0.143	2.167	146.782
5	20	1.64	1.984	0.143	2.218	165.246
6	25	1.71	1.984	0.143	2.228	169.097
7	50	2.05	1.984	0.143	2.277	189.120
8	100	2.33	1.984	0.143	2.317	207.377

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

No	T	Curah Hujan Rencana			
		DP Normal	DP Log Normal	DP Gumbel	DP Log Person III
1	2	101.365	96.318	96.507	96.318
2	4	125.388	96.414	129.707	120.082
3	5	131.483	96.438	139.298	126.992
4	10	147.259	96.501	167.629	146.782
5	20	160.166	96.552	194.805	165.246
6	25	162.676	96.562	203.425	169.097
7	50	174.867	96.611	229.981	189.120
8	100	184.906	96.651	256.341	207.377

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.4. Uji Probabilitas

4.4.1. Metode Chi Kuadrat

Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode chi kuadrat yaitu.

a. Menghitung parameter statistika \bar{X} dan Sd

Tabel 4.14 Data Hujan Yang Telah Diurutkan Dari Besar Ke Kecil Chi Kuadrat

No	Hujan Maksimum (mm)
1	173.194
2	139.716
3	131.995
4	108.573
5	84.846
6	81.807
7	79.937
8	78.244
9	71.518
10	63.822

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

b. Menghitung jumlah kelas distribusi

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

$$\text{Kelas distribusi (K)} = 1 + 3,3 \log n = 1 + 3,3 \text{ Log } 10 = 4,3 = 5$$

c. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan X^2_{cr}

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

$$\text{Derajat Kebebasan (Dk)} = K - (P + 1) = 5 - (2+1) = 2$$

Nilai X^2_{cr} dengan jumlah data $n = 10$, maka $\alpha = 5\%$ dan $Dk = 2$. Jadi nilai $\alpha = 5\% = 0,05$ hasil dari lampiran 3 Tabel Nilai Parameter Chi Kuadrat Kritis, X^2_{cr} (Uji Satu Sisi) adalah 5,991

d. Menghitung kelas distribusi

$$\text{Kelas Distribusi} = \frac{1}{5} * 100\% = 20\%$$

$$\text{Persentase } P_{(x)} = 20\% = 0,20$$

$$T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ Tahun}$$

$$\text{Kelas Distribusi} = \frac{2}{5} * 100\% = 40\%$$

$$\text{Persentase } P_{(x)} = 40\% = 0,40$$

$$T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ Tahun}$$

$$\text{Kelas Distribusi} = \frac{3}{5} * 100\% = 60\%$$

$$\text{Persentase } P_{(x)} = 60\% = 0,60$$

$$T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,60} = 1,67 \text{ Tahun}$$

$$\text{Kelas Distribusi} = \frac{4}{5} * 100\% = 80\%$$

$$\text{Persentase } P_{(x)} = 80\% = 0,80$$

$$T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,80} = 1,25 \text{ Tahun}$$

Jadi, interval distribusi 20%, 40%, 60% dan 80%.

e. Menghitung interval kelas

1). Metode distribusi normal

Nilai K_T berdasarkan T dari Tabel 4.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss

$$T = 5 \text{ maka } K_T = 0,84$$

$$T = 2,5 \text{ maka } K_T = 0,25$$

$$T = 1,67 \text{ maka } K_T = -0,25$$

$$T = 1,25 \text{ maka } K_T = -0,84$$

$$\text{Nilai } \bar{X} = 101,365 \text{ (tabel 4.3)}$$

$$\text{Nilai Sd} = 35,854 \text{ (tabel 4.3)}$$

$$\text{Interval Kelas } X_T = \bar{X} + (K_T * S)$$

Sehingga:

$$X_5 = \bar{X} + (K_T * S) = 101,365 + (0,84 * 35,854) = 131,483 \text{ mm}$$

$$X_{2,5} = \bar{X} + (K_T * S) = 101,365 + (0,25 * 35,854) = 110,329 \text{ mm}$$

$$X_{1,67} = \bar{X} + (K_T * S) = 101,365 + (-0,25 * 35,854) = 92,402 \text{ mm}$$

$$X_{1,25} = \bar{X} + (K_T * S) = 101,365 + (-0,84 * 35,854) = 71,247 \text{ mm}$$

Tabel 4.15 Perhitungan Chi Kuadrat Distribusi Normal

T (Tahun)	KT	XT (mm)
5	0.84	131.483
2.5	0.25	110.329
1.67	-0.25	92.402
1.25	-0.84	71.247

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

2). Metode distribusi log normal

Nilai K_T berdasarkan T dari Tabel 4.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss

$$T = 5 \text{ maka } K_T = 0,84$$

$$T = 2,5 \text{ maka } K_T = 0,25$$

$$T = 1,67 \text{ maka } K_T = -0,25$$

$$T = 1,25 \text{ maka } K_T = -0,84$$

$$\text{Nilai } \overline{\log X} = 1,984 \text{ (tabel 4.6)}$$

$$\text{Nilai Sd Log X} = 0,143 \text{ (tabel 4.6)}$$

$$\text{Interval Kelas } X_T = \overline{\log X} + (K_T * S \text{ Log X})$$

Sehingga :

$$X_5 = \overline{\log X} + (K_T * Sd \text{ Log X}) = 1,984 + (0,84 * 0,143) = 2,104 \text{ mm}$$

$$X_{2,5} = \overline{\log X} + (K_T * Sd \text{ Log X}) = 1,984 + (0,25 * 0,143) = 2,019 \text{ mm}$$

$$X_{1,67} = \overline{\log X} + (K_T * Sd \text{ Log X}) = 1,984 + (-0,25 * 0,143) = 1,948 \text{ mm}$$

$$X_{1,25} = \overline{\log X} + (K_T * Sd \text{ Log X}) = 1,984 + (-0,84 * 0,143) = 1,864 \text{ mm}$$

Tabel 4.16 Perhitungan Chi Kuadrat Distribusi Log Normal

T (Tahun)	KT	XT (mm)
5	0.840	2.104
2.5	0.250	2.019
1.67	-0.250	1.948
1.25	-0.840	1.864

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

3). Metode distribusi gumbel

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

$$Y_n = 0,495 \text{ (Tabel 4.9)}$$

$$S_n = 0,950 \text{ (Tabel 4.9)}$$

$$\bar{X} = 101,365 \text{ (Tabel 4.8)}$$

$$S = 35,854 \text{ (Tabel 4.8)}$$

$$Y_5 = -\text{Ln} \left(-\text{Ln} \frac{T-1}{T} \right) = -\text{Ln} \left(-\text{Ln} \frac{5-1}{5} \right) = 1,500$$

$$Y_{2,5} = -\text{Ln} \left(-\text{Ln} \frac{T-1}{T} \right) = -\text{Ln} \left(-\text{Ln} \frac{2,5-1}{2,5} \right) = 0,672$$

$$Y_{1,67} = -\text{Ln} \left(-\text{Ln} \frac{T-1}{T} \right) = -\text{Ln} \left(-\text{Ln} \frac{1,67-1}{1,67} \right) = 0,087$$

$$Y_{1,25} = -\text{Ln} \left(-\text{Ln} \frac{T-1}{T} \right) = -\text{Ln} \left(-\text{Ln} \frac{1,25-1}{1,25} \right) = -0,476$$

$$K_5 = \frac{Y_5 - Y_n}{S_n} = \frac{1,500 - 0,4952}{0,9497} = 1,058$$

$$K_{2,5} = \frac{Y_{2,5} - Y_n}{S_n} = \frac{0,672 - 0,4952}{0,9497} = 0,186$$

$$K_{1,67} = \frac{Y_{1,67} - Y_n}{S_n} = \frac{0,087 - 0,4952}{0,9497} = -0,429$$

$$K_{1,25} = \frac{Y_{1,25} - Y_n}{S_n} = \frac{-0,476 - 0,4952}{0,9497} = -1,023$$

$$X_5 = \bar{X} + (S * K_5) = 101,365 + (35,854 * 1,058) = 139,298$$

$$X_{2,5} = \bar{X} + (S * K_{2,5}) = 101,365 + (35,854 * 0,186) = 108,030$$

$$X_{1,67} = \bar{X} + (S * K_{1,67}) = 101,365 + (35,854 * -0,429) = 85,970$$

$$X_{1,25} = \bar{X} + (S * K_{1,25}) = 101,365 + (35,854 * -1,023) = 64,703$$

Sehingga :

$$T = 5 ; Y_5 = 1,500 ; K_5 = 1,058 ; X_5 = 139,298 \text{ mm}$$

$$T = 2,5 ; Y_{2,5} = 0,672 ; K_{2,5} = 0,186 ; X_{2,5} = 108,030 \text{ mm}$$

$$T = 1,67 ; Y_{1,67} = 0,087 ; K_{1,67} = -0,429 ; X_{1,67} = 85,970 \text{ mm}$$

$$T = 1,25 ; Y_{1,25} = -0,476 ; K_{1,25} = -1,023 ; X_{1,25} = 64,703 \text{ mm}$$

Tabel 4.17 Perhitungan Chi Kuadrat Distribusi Gumbel

T (Tahun)	Yt	K	XT (mm)
5	1.500	1.058	139.298
2.5	0.672	0.186	108.030
1.67	0.087	-0.429	85.970
1.25	-0.476	-1.023	64.703

Sumber : Pengolahan Data Excel)

4). Metode distribusi log person III

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai $C_s = 0,7$ dari lampiran 1 Tabel Faktor Frekuensi K_T (G atau C_s Positif) Dan nilai T untuk berbagai periode ulang yaitu.

$$T = 5 \text{ maka } K_T = 0,790$$

$$T = 2,5 \text{ maka } K_T = 0,1860$$

$$T = 1,67 \text{ maka } K_T = -0,3630$$

$$T = 1,25 \text{ maka } K_T = -0,857$$

$$\text{Nilai } \overline{\text{Log } X} = 1,983 \text{ (tabel 4.11)}$$

$$\text{Nilai } S_d \text{ Log } X = 0,143 \text{ (tabel 4.11)}$$

$$\text{Interval Kelas} = \text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + (K_T * S \text{ Log } X)$$

$$\text{Log } X_5 = 1,983 + (0,790 * 0,143) = 2,097 \text{ mm}$$

$$\text{Log } X_{2,5} = 1,983 + (0,1860 * 0,143) = 2,010 \text{ mm}$$

$$\text{Log } X_{1,67} = 1,983 + (-0,3630 * 0,143) = 1,932 \text{ mm}$$

$$\text{Log } X_{1,25} = 1,983 + (-0,857 * 0,143) = 1,861 \text{ mm}$$

Tabel 4.18 Perhitungan Chi Kuadrat Distribusi Log Person III

T (Tahun)	KT	XT (mm)
5	0.790	2.097
2.5	0.186	2.010
1.67	-0.363	1.932
1.25	-0.857	1.861

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

f. Perhitungan nilai chi kuadrat (X^2)

Tabel 4.19 Perhitungan Nilai χ^2 Untuk Distribusi Normal

No	Interval	Ef	Of	Of-Ef	$(Of-Ef)^2 / (Ef)$
1	>131.484	2	2	0	0.0
2	110.329-131.483	2	1	-1	0.5
3	92.402-110.329	2	1	-1	0.5
4	71.247-92.402	2	4	2	2.0
5	<71.247	2	2	0	0.0
Xrata-rata		10	10	χ^2	3.0

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Tabel 4.20 Perhitungan Nilai χ^2 Untuk Distribusi Log Normal

No	Interval	Ef	Of	Of-Ef	$(Of-Ef)^2 / (Ef)$
1	>2.104	2	10	8	32.0
2	2.104-2.019	2	0	-2	2.0
3	2.019-1.948	2	0	-2	2.0
4	1.948-1.864	2	0	-2	2.0
5	<1.864	2	0	-2	2.0
Xrata-rata		10	10	χ^2	40.0

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Tabel 4.21 Perhitungan Nilai χ^2 Untuk Distribusi Gumbel

No	Interval	Ef	Of	Of-Ef	$(Of-Ef)^2 / (Ef)$
1	>139.298	2	2	0	0.0
2	108.030-139.298	2	3	1	0.5
3	85.970-108.030	2	1	-1	0.5
4	64.703-85.970	2	4	2	2.0
5	<64.703	2	1	-1	0.5
Xrata-rata		10	10	χ^2	3.5

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Tabel 4.22 Perhitungan Nilai χ^2 Untuk Distribusi Log Person III

No	Interval	Ef	Of	Of-Ef	$(Of-Ef)^2 / (Ef)$
1	>2.097	2	10	8	32.00
2	2.097-2.010	2	0	-2	2.00
3	2.010-1.932	2	0	-2	2.00
4	1.932-1.861	2	0	-2	2.00
5	<1.861	2	0	-2	2.00
Xrata-rata		10	10	χ^2	40.00

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

g. Bandingkan nilai X^2 terhadap X^2_{cr}

Tabel 4.23 Rekapitulasi Nilai X^2 dan X^2_{cr} Untuk Empat Metode Distribusi Probabilitas

Distribusi Probabilitas	X^2	X^2_{cr}	Keterangan
Normal	3.0	5.991	Diterima
Gumbel	3.5	5.991	Diterima
Log Normal	40.0	5.991	Tidak Diterima
Log Person III	40.0	5.991	Tidak Diterima

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Berdasarkan 4.23 tersebut, dua distribusi probabilitas di terima. Nilai distribusi probabilitas yang terkecil adalah distribusi Normal.

4.4.2. Metode Smirnov Kalmogrof

Langkah-langkah perhitungan dengan metode smirnov kalmogrof yaitu.

a. Uji distribusi normal

1). Urutkan data curah hujan dari besar ke kecil

Tabel 4.24 Nilai Curah Hujan Maksimum Besar Ke Kecil Normal

No	Hujan Maksimum (mm)
1	173.194
2	139.716
3	131.995
4	108.573
5	84.846
6	81.807
7	79.937
8	78.244
9	71.518
10	63.822

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

2). Perhitungan probabilitas $P(X_i)$

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

Tabel 4.25 Perhitungan Probailitas Uji DP Normal Dengan Metode Smirnov Kolmogorof

No	Hujan Maksimum (mm)	P(Xi)
1	173.194	0.091
2	139.716	0.182
3	131.995	0.273
4	108.573	0.364
5	84.846	0.455
6	81.807	0.545
7	79.937	0.636
8	78.244	0.727
9	71.518	0.818

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

3). Tentukan peluang teoritis empiris masing-masing data dengan rumus weibull

Nilai $\bar{X} = 101,365$ (tabel 4.3)

Nilai Sd = 35,854 (tabel 4.3)

$$f(t) = \frac{(X-\bar{X})}{sd} = \frac{173,194-101,365}{35,854} = 2,0$$

Tabel 4.26 Perhitungan Rumus Weibull Smirminov Kolmogorof

No	Hujan Maksimum (mm)	P(Xi)	f(t)
1	173.194	0.091	2.0
2	139.716	0.182	1.1
3	131.995	0.273	0.9
4	108.573	0.364	0.2
5	84.846	0.455	-0.5
6	81.807	0.545	-0.5
7	79.937	0.636	-0.6
8	78.244	0.727	-0.6
9	71.518	0.818	-0.8
10	63.822	0.909	-1.0

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4). Tentukan peluang teoritis masing-masing dari P'(Xi) berdasarkan distribusi probabilitas yang dipilih

Untuk nilai f(t) bisa lihat Lampiran 4 Tabel Luas Wilayah Dibawah Kurva Normal.

$$P'(Xi) = 1 - \text{Luas dibawah kurva} = 1 - 0,9778 = 0,022$$

Tabel 4.27 Perhitungan Peluang Teoritis P'(Xi) Smirnov Kolmogorof

No	Hujan Maksimum (mm)	P(Xi)	f(t)	Luas Dibawah Kurva	P'(Xi)
1	173.194	0.091	2.0	0.9778	0.022
2	139.716	0.182	1.1	0.8665	0.134
3	131.995	0.273	0.9	0.8186	0.181
4	108.573	0.364	0.2	0.5832	0.417
5	84.846	0.455	-0.5	0.305	0.695
6	81.807	0.545	-0.5	0.305	0.695
7	79.937	0.636	-0.6	0.2709	0.729
8	78.244	0.727	-0.6	0.2709	0.729
9	71.518	0.818	-0.8	0.209	0.791
10	63.822	0.909	-1.0	0.1562	0.844

(Sumber :Pengolahan Data Excel)

- 5).Hitung selisih (ΔP_i maksimum) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data

$$\Delta P_i = \text{ABS}(P'(X_i) - P(X_i)) = \text{ABS}(0,022 - 0,091) = 0.069$$

Tabel 4.28 Perhitungan Nilai ΔP_i Maksimum Smirnov Kolmogorof

No	Hujan Maksimum (mm)	P(Xi)	f(t)	Luas Dibawah Kurva	P'(Xi)	ΔP_i
1	173.194	0.091	2.0	0.9778	0.022	0.069
2	139.716	0.182	1.1	0.8665	0.134	0.048
3	131.995	0.273	0.9	0.8186	0.181	0.091
4	108.573	0.364	0.2	0.5832	0.417	0.053
5	84.846	0.455	-0.5	0.305	0.695	0.240
6	81.807	0.545	-0.5	0.305	0.695	0.150
7	79.937	0.636	-0.6	0.2709	0.729	0.093
8	78.244	0.727	-0.6	0.2709	0.729	0.002
9	71.518	0.818	-0.8	0.209	0.791	0.027
10	63.822	0.909	-1.0	0.1562	0.844	0.065

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- 6). Tentukan apakah ΔP_i maksimum $<$ ΔP kritis. Jika “tidak” artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat di terima, demikian sebaliknya.

Jadi untuk nilai ΔP Kritis = 0,410; karena n =10 dan α (derajat kepercayaan) adalah 5% lihat tabel 2.4.

Maka, ΔP Mak $<$ ΔP Kritis = 0,240 $<$ 0,410 ...OK

b.Uji distribusi log normal

- 1). Urutkan data curah hujan yang besar ke kecil

Tabel 4.29 Nilai Curah Hujan Maksimum Besar Ke Kecil Log Normal

No	Hujan Maksimum (mm)
1	173.194
2	139.716
3	131.995
4	108.573
5	84.846
6	81.807
7	79.937
8	78.244
9	71.518
10	63.822

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

2). Perhitungan probabilitas $P(X_i)$

$$\text{Log}(X_i) = \text{Log}(173,194) = 2,239$$

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

Tabel 4.30 Perhitungan Probabilitas Smirnov Kolmogorof

No	Hujan Maksimum (mm)	Log (Xi)	P (Xi)
1	173.194	2.239	0.091
2	139.716	2.145	0.182
3	131.995	2.121	0.273
4	108.573	2.036	0.364
5	84.846	1.929	0.455
6	81.807	1.913	0.545
7	79.937	1.903	0.636
8	78.244	1.893	0.727
9	71.518	1.854	0.818
10	63.822	1.805	0.909

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

3). Tentukan peluang teoritis masing-masing data dengan rumus weibull

$$f(t) = \frac{(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rata-rata})}{Sd \log X} = \frac{2,239 - 1,984}{0,143} = 1,8$$

Tabel 4.31 Perhitungan Peluang Teoritis Dengan Rumus Weibull

No	Hujan Maksimum (mm)	Log (Xi)	P (Xi)	f (t)
1	173.194	2.239	0.091	1.8
2	139.716	2.145	0.182	1.1
3	131.995	2.121	0.273	1.0
4	108.573	2.036	0.364	0.4
5	84.846	1.929	0.455	-0.4
6	81.807	1.913	0.545	-0.5
7	79.937	1.903	0.636	-0.6
8	78.244	1.893	0.727	-0.6
9	71.518	1.854	0.818	-0.9
10	63.822	1.805	0.909	-1.3

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- 4). Tentukan peluang teoritis masing-masing $P'(Xi)$ berdasarkan distribusi probabilitas yang dipilih.

Untuk nilai $f(t)$ bisa lihat Lampiran 4 luas dibawah kurva.

$$P'(Xi) = 1 - \text{Luas dibawah kurva} = 1 - 0,9649 = 0,035$$

Tabel 4.32 Perhitungan Peluang Teoritis $P'(Xi)$

No	Hujan Maksimum (mm)	Log (Xi)	P (Xi)	f (t)	Luas Dibawah Kurva	$P'(Xi)$
1	173.194	2.239	0.091	1.8	0.9649	0.035
2	139.716	2.145	0.182	1.1	0.8665	0.134
3	131.995	2.121	0.273	1.0	0.8438	0.156
4	108.573	2.036	0.364	0.4	0.6591	0.341
5	84.846	1.929	0.455	-0.4	0.3409	0.659
6	81.807	1.913	0.545	-0.5	0.305	0.695
7	79.937	1.903	0.636	-0.6	0.2709	0.729
8	78.244	1.893	0.727	-0.6	0.2709	0.729
9	71.518	1.854	0.818	-0.9	0.1814	0.819
10	63.822	1.805	0.909	-1.3	-0.0951	1.095

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- 5). Hitung selisih (ΔPi) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data

$$\Delta Pi = \text{ABS}(P'(Xi) - P(Xi)) = \text{ABS}(0.035 - 0,091) = 0,056$$

Tabel 4.33 Perhitungan Selisih ΔP_i

No	Hujan Maksimum (mm)	Log (Xi)	P (Xi)	f (t)	Luas Dibawah Kurva	P'(Xi)	Δp_i
1	173.194	2.239	0.091	1.8	0.9649	0.035	0.056
2	139.716	2.145	0.182	1.1	0.8665	0.134	0.048
3	131.995	2.121	0.273	1.0	0.8438	0.156	0.117
4	108.573	2.036	0.364	0.4	0.6591	0.341	0.023
5	84.846	1.929	0.455	-0.4	0.3409	0.659	0.205
6	81.807	1.913	0.545	-0.5	0.305	0.695	0.150
7	79.937	1.903	0.636	-0.6	0.2709	0.729	0.093
8	78.244	1.893	0.727	-0.6	0.2709	0.729	0.002
9	71.518	1.854	0.818	-0.9	0.1814	0.819	0.000
10	63.822	1.805	0.909	-1.3	-0.0951	1.095	0.186

(Sumber :Pengolahan Data Excel)

6). Tentukan apakah ΔP_i maksimum $<$ ΔP kritis. Jika "tidak" artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat di terima, demikian sebaliknya.

Jadi untuk nilai ΔP Kritis = 0,410 ; karena n=10 dan α (derajat kepercayaan) adalah 5% lihat tabel 2.4

Maka, ΔP Mak $<$ ΔP Kritis = 0,205 $<$ 0,410 ... OK

c. Uji distribusi gumbel

1). Urutkan data curah hujan yang besar ke kecil

Tabel 4.34 Curah Hujan Maksimum Besar Ke Kecil Gumbel

No	Hujan Maksimum (mm)
1	173.194
2	139.716
3	131.995
4	108.573
5	84.846
6	81.807
7	79.937
8	78.244
9	71.518
10	63.822

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

2). Perhitungan probabilitas $P(X_i)$

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

Tabel 4.35 Perhitungan Probailitas Uji DP Gumbel Dengan Metode Smirnov Kolmogorof

No	Hujan Maksimum (mm)	P (Xi)
1	173.194	0.091
2	139.716	0.182
3	131.995	0.273
4	108.573	0.364
5	84.846	0.455
6	81.807	0.545
7	79.937	0.636
8	78.244	0.727
9	71.518	0.818
10	63.822	0.909

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

3). Tentukan peluang teoritis masing-masing data dengan rumus weibull

Nilai $\bar{X} = 101,365$ (tabel 4.3)

Nilai $Sd = 35,854$ (tabel 4.3)

$$f(t) = \frac{(X-\bar{X})}{sd} = \frac{173,194-101,365}{35,854} = 2,0$$

Tabel 4.36 Perhitungan Rumus Weibull Smirminov Kolmogorof

No	Hujan Maksimum (mm)	P (Xi)	f (t)
1	173.194	0.091	2.0
2	139.716	0.182	1.1
3	131.995	0.273	0.9
4	108.573	0.364	0.2
5	84.846	0.455	-0.5
6	81.807	0.545	-0.5
7	79.937	0.636	-0.6
8	78.244	0.727	-0.6
9	71.518	0.818	-0.8
10	63.822	0.909	-1.0

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4). Tentukan peluang teoritis masing-masing $P'(Xi)$ berdasarkan distribusi probabilitas yang dipilih.

Untuk nilai Yn , Sn bisa lihat di tabel 4.9

$$Yt = (Sn * f(t)) + Yn = (0,950 * 2,0) + 0,495 = 2,398$$

Tabel 4.37 Perhitungan Reduced Variate

No	Hujan Maksimum (mm)	P (Xi)	f (t)	Yn	Sn	Yt
1	173.194	0.091	2.0	0.495	0.950	2.398
2	139.716	0.182	1.1	0.495	0.950	1.511
3	131.995	0.273	0.9	0.495	0.950	1.307
4	108.573	0.364	0.2	0.495	0.950	0.686
5	84.846	0.455	-0.5	0.495	0.950	0.058
6	81.807	0.545	-0.5	0.495	0.950	-0.023
7	79.937	0.636	-0.6	0.495	0.950	-0.072
8	78.244	0.727	-0.6	0.495	0.950	-0.117
9	71.518	0.818	-0.8	0.495	0.950	-0.295
10	63.822	0.909	-1.0	0.495	0.950	-0.499

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Ketika nilai $Y_t = 2,398$ dan untuk mencari kala ulang tahun (T) dengan cara menggunakan langkah excel yaitu klik data-what if analysis-goal seek. Kemudian masuk data Y_t cek untuk memastikan berapa nilai kala ulang tahun (T).

$$Y_t \text{ Cek} = -LN\left(-Ln\left(\frac{T-1}{T}\right)\right) = -LN(-LN(0,913)) = 2,398$$

Tabel 4.38 Perhitungan Check Nilai Reduced Variate

Kala Ulang (Tahun)	(T-1)/T	Yt Cek	Yt
11.509	0.913	2.398	2.398
5.048	0.802	1.511	1.511
4.218	0.763	1.307	1.307
2.528	0.604	0.686	0.686
1.638	0.389	0.059	0.058
1.561	0.359	-0.023	-0.023
1.518	0.341	-0.072	-0.072
1.481	0.325	-0.117	-0.117
1.353	0.261	-0.295	-0.295
1.239	0.193	-0.499	-0.499

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

$$P'(Xi) = \frac{1}{T} = \frac{1}{11,509} = 0,087$$

Tabel 4.39 Perhitungan P'(Xi)

No	Hujan Maksimum (mm)	P (Xi)	f (t)	Yn	Sn	Yt	T	P'(Xi)
1	173.194	0.091	2.0	0.495	0.950	2.398	11.509	0.087
2	139.716	0.182	1.1	0.495	0.950	1.511	5.048	0.198
3	131.995	0.273	0.9	0.495	0.950	1.307	4.218	0.237
4	108.573	0.364	0.2	0.495	0.950	0.686	2.528	0.396
5	84.846	0.455	-0.5	0.495	0.950	0.058	1.638	0.611
6	81.807	0.545	-0.5	0.495	0.950	-0.023	1.561	0.641
7	79.937	0.636	-0.6	0.495	0.950	-0.072	1.518	0.659
8	78.244	0.727	-0.6	0.495	0.950	-0.117	1.481	0.675
9	71.518	0.818	-0.8	0.495	0.950	-0.295	1.353	0.739
10	63.822	0.909	-1.0	0.495	0.950	-0.499	1.239	0.807

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

5). Hitung selisih (ΔP_i) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data

$$\Delta P_i = \text{ABS}(P'(X_i) - P(X_i)) = \text{ABS}(0,087 - 0,091) = 0,004$$

Tabel 4.40 Perhitungan Selisih ΔP_i

No	Hujan Maksimum (mm)	P (Xi)	f (t)	Yn	Sn	Yt	T	P'(Xi)	ΔP_i
1	173.194	0.091	2.0	0.495	0.950	2.398	11.509	0.087	0.004
2	139.716	0.182	1.1	0.495	0.950	1.511	5.048	0.198	0.016
3	131.995	0.273	0.9	0.495	0.950	1.307	4.218	0.237	0.036
4	108.573	0.364	0.2	0.495	0.950	0.686	2.528	0.396	0.032
5	84.846	0.455	-0.5	0.495	0.950	0.058	1.638	0.611	0.156
6	81.807	0.545	-0.5	0.495	0.950	-0.023	1.561	0.641	0.095
7	79.937	0.636	-0.6	0.495	0.950	-0.072	1.518	0.659	0.022
8	78.244	0.727	-0.6	0.495	0.950	-0.117	1.481	0.675	0.052
9	71.518	0.818	-0.8	0.495	0.950	-0.295	1.353	0.739	0.079
10	63.822	0.909	-1.0	0.495	0.950	-0.499	1.239	0.807	0.102

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

6). Tentukan apakah ΔP_i maksimum $<$ ΔP kritis. Jika "tidak" artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat di terima, demikian sebaliknya.

Jadi untuk nilai ΔP Kritis = 0,410 ; karena n=10 dan α (derajat kepercayaan) adalah 5% lihat tabel 2.4

Maka, ΔP Mak $<$ ΔP Kritis = 0, 156 $<$ 0,410 ... OK

d. Uji distribusi log person III

1). Urutkan data curah hujan yang besar ke kecil

Tabel 4.41 Curah Hujan Maksimum Besar Ke Kecil Log Person III

No	Hujan Maksimum (mm)
1	173.194
2	139.716
3	131.995
4	108.573
5	84.846
6	81.807
7	79.937
8	78.244
9	71.518
10	63.822

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

2). Perhitungan probabilitas $P(X_i)$

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

$$\text{Log}(X_i) = \text{Log}(173,194) = 2,239$$

Tabel 4.42 Perhitungan Probailitas Uji DP Log Person III Dengan Metode Smirnov Kolmogorof

No	Hujan Maksimum (mm)	Log (Xi)	P (Xi)
1	173.194	2.239	0.091
2	139.716	2.145	0.182
3	131.995	2.121	0.273
4	108.573	2.036	0.364
5	84.846	1.929	0.455
6	81.807	1.913	0.545
7	79.937	1.903	0.636
8	78.244	1.893	0.727
9	71.518	1.854	0.818
10	63.822	1.805	0.909

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

3). Tentukan peluang teoritis masing-masing data dengan rumus weibull

$$f(t) = \frac{(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rata-rata})}{Sd \log X} = \frac{2,239 - 1,984}{0,143} = 1,8$$

Tabel 4.43 Perhitungan Rumus Weibull Smirminov Kolmogorof

No	Hujan Maksimum (mm)	Log (Xi)	P (Xi)	f (t)
1	173.194	2.239	0.091	1.8
2	139.716	2.145	0.182	1.1
3	131.995	2.121	0.273	1.0
4	108.573	2.036	0.364	0.4
5	84.846	1.929	0.455	-0.4
6	81.807	1.913	0.545	-0.5
7	79.937	1.903	0.636	-0.6
8	78.244	1.893	0.727	-0.6
9	71.518	1.854	0.818	-0.9
10	63.822	1.805	0.909	-1.3

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- 4). Tentukan peluang teoritis masing-masing $P'(Xi)$ berdasarkan distribusi probabilitas yang dipilih.

$$P'(Xi) = 1 - \text{Luas dibawah kurva} = 1 - 1,8 = 0,035$$

Tabel 4.44 Perhitungan Peluang Teoritis $P'(Xi)$

No	Hujan Maksimum (mm)	Log (Xi)	P (Xi)	f (t)	$P'(Xi)$
1	173.194	2.239	0.091	1.8	0.035
2	139.716	2.145	0.182	1.1	0.134
3	131.995	2.121	0.273	1.0	0.156
4	108.573	2.036	0.364	0.4	0.341
5	84.846	1.929	0.455	-0.4	0.659
6	81.807	1.913	0.545	-0.5	0.695
7	79.937	1.903	0.636	-0.6	0.729
8	78.244	1.893	0.727	-0.6	0.729
9	71.518	1.854	0.818	-0.9	0.819
10	63.822	1.805	0.909	-1.3	1.095

(Sumber ; Pengolahan Data Excel)

- 5). Hitung selisih (ΔPi) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data

$$\Delta Pi = \text{ABS}(P'(Xi) - P(Xi)) = \text{ABS}(0,035 - 0,091) = 0,056$$

Tabel 4.45 Perhitungan Selisih ΔP_i

No	Hujan Maksimum (mm)	Log (Xi)	P (Xi)	f (t)	P'(Xi)	Δp_i
1	173.194	2.239	0.091	1.8	0.035	0.056
2	139.716	2.145	0.182	1.1	0.134	0.048
3	131.995	2.121	0.273	1.0	0.156	0.117
4	108.573	2.036	0.364	0.4	0.341	0.023
5	84.846	1.929	0.455	-0.4	0.659	0.205
6	81.807	1.913	0.545	-0.5	0.695	0.150
7	79.937	1.903	0.636	-0.6	0.729	0.093
8	78.244	1.893	0.727	-0.6	0.729	0.002
9	71.518	1.854	0.818	-0.9	0.819	0.000
10	63.822	1.805	0.909	-1.3	1.095	0.186

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

6). Tentukan apakah ΔP_i maksimum $<$ ΔP kritis. Jika "tidak" artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat di terima, demikian sebaliknya.

Jadi untuk nilai ΔP Kritis = 0,410 ; karena n=10 dan α (derajat kepercayaan) adalah 5% lihat tabel 2.4

Maka, ΔP Mak $<$ ΔP Kritis = 0, 205 $<$ 0,410 ... OK

Tabel 4.46 Rekapitulasi Nilai χ^2 dan χ^2_{cr}

No	Distribusi Probabilitas	χ^2	χ^2_{cr}	Keterangan
1	Normal	3	5.991	Diterima
2	Gumbel	3.5	5.991	Diterima
3	Log Normal	40	5.991	Tidak Diterima
4	Log Person III	40	5.991	Tidak Diterima

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Tabel 4.47 Rekapitulasi Nilai ΔP Maks dan ΔP Kritis

No	Distribusi Probabilitas	P Maks	P Kritis	Keterangan
1	Normal	0.240	0.410	Diterima
2	Gumbel	0.156	0.410	Diterima
3	Log Normal	0.205	0.410	Diterima
4	Log Person III	0.205	0.410	Diterima

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Berdasarkan tabel perhitungan di atas, terdapat dua distribusi probabilitas yang memenuhi. Namun yang memenuhi untuk pembahasan selanjutnya dipilih Distribusi Probabilitas Gumbel.

4.5. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Hasil perhitungan debit banjir rencana, saya menggunakan hitungan curah hujan rencana dengan metode normal. Karena sudah melalui uji distribusi probabilitas di atas.

Tabel 4.48 Perhitungan Nilai Hujan Rencana Periode Ulang (Xt)

No	Periode Ulang (T)	Curah Hujan Rencana
1	2	96.507
2	4	129.707
3	5	139.298
4	10	167.629
5	20	194.805
6	25	203.425
7	50	229.981
8	100	256.341

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.5.1. Metode Rasional

Diketahui data :

Kemiringan Sungai (S) = 0,007

Panjang Sungai (L) = 35,300 Km

Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode rasional yaitu.

a. Koefisien pengaliran (C)

Nilai koefisien pengaliran bisa lihat di tabel 2.5 yaitu nilai 0,5 untuk karakter permukaan pinggiran sungai.

b. Kecepatan aliran (V)

$$V = 72 * S^{0,6} = 72 * 0,007^{0,6} = 3,58 \text{ km/jam}$$

c. Konsentrasi (Tc)

$$T_c = 0,1 * L^{0,8} * S^{-0,3} = 0,1 * 35,300^{0,8} * 0,007^{-0,3} \\ = 7,765 \text{ jam}$$

d. Menghitung intensitas hujan I_T

$$I_T = \frac{R_T}{24} * \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{96,507}{24} * \left(\frac{24}{7,765}\right)^{\frac{2}{3}} = 8,532 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.49 Perhitungan Intensitas Hujan

T (Tahun)	Rt (mm)	It (mm)
2	96.507	8.532
4	129.707	11.468
5	139.298	12.316
10	167.629	14.820
20	194.805	17.223
25	203.425	17.985
50	229.981	20.333
100	256.341	22.664

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

e. Menghitung debit banjir rencana (Q)

$$Q = 0,278 * C * It * A$$

$$Q = 0,278 * 0,5 * 8,532 * 84,502 = 100,219 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 4.50 Perhitungan Debit Rasional

T (Tahun)	Rt (mm)	It (mm)	Q (m3/dt)
2	96.507	8.532	100.219
4	129.707	11.468	134.696
5	139.298	12.316	144.655
10	167.629	14.820	174.076
20	194.805	17.223	202.298
25	203.425	17.985	211.250
50	229.981	20.333	238.827
100	256.341	22.664	266.201

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.5.2. Metode Hasper

Diketahui Data :

$$\text{Luas Das (A)} = 84,502 \text{ Km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 35,300 \text{ Km}$$

$$\text{Kemiringan Sungai (S)} = 0,007$$

Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode hasper yaitu.

1). Menghitung Koefisien Run Off (α)

$$\alpha = \frac{1 + 0,12 * A^{0,7}}{1 + 0,075 * A^{0,7}} = \frac{1 + 0,12 * 84,502^{0,7}}{1 + 0,075 * 854,502^{0,7}} = 0,5$$

2). Menghitung Waktu Konsentrasi (T_c)

$$T_c = 0,1 * L^{0,8} * S^{-0,3} = 0,1 * 35,300^{0,8} * 0,007^{-0,3} = 7,765 \text{ Jam}$$

3). Menghitung Koefisien Reduksi (β)

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{T_c + 3,7 \cdot 10^{(-0,4 * T_c)}}{T_c^2 + 15} * \frac{A^{0,75}}{12}$$

$$= 1 + \frac{7,765 + 3,7 * 10^{(-0,4 * 0,978)}}{0,7765^2 + 15} = 50,081$$

4). Curah hujan rencana dengan metode distribusi gumbel

5). Menghitung nilai (r)

$$r = \frac{(T_c * R_T)}{(T_c + 1)} = \frac{(7,765 * 96,507)}{(7,765 + 1)} = 85,496$$

Tabel 4.51 Perhitungan Nilai (r)

T (Tahun)	RT	Tc	Tc*Rn	Tc+1	r=(Tc*Rn)/(Tc+1)
2	96.507	7.765	749.356	8.765	85.496
4	129.707	7.765	1007.145	8.765	114.908
5	139.298	7.765	1081.617	8.765	123.405
10	167.629	7.765	1301.603	8.765	148.503
20	194.805	7.765	1512.618	8.765	172.579
25	203.425	7.765	1579.555	8.765	180.216
50	229.981	7.765	1785.757	8.765	203.742
100	256.341	7.765	1990.435	8.765	227.094

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

6). Menghitung intensitas curah hujan (I_T)

$$I_T = \frac{r}{3,6 * T_c} = \frac{85,496}{3,6 * 7,765} = 3,059 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.52 Perhitungan Intensitas Hujan

T (Tahun)	r	Tc	3.6*Tc	It= r/3.6*Tc
2	85.496	7.765	27.953	3.059
4	114.908	7.765	27.953	4.111
5	123.405	7.765	27.953	4.415
10	148.503	7.765	27.953	5.313
20	172.579	7.765	27.953	6.174
25	180.216	7.765	27.953	6.447
50	203.742	7.765	27.953	7.289
100	227.094	7.765	27.953	8.124
200	250.361	7.765	27.953	8.956
500	281.058	7.765	27.953	10.055

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

7). Menghitung debit banjir rencana (Q)

$$Q = \alpha * \beta * I_T * A = 0,5 * 0,020 * 3,059 * 84,502 = 2,447 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 4.53 Perhitungan Debit Banjir Hasper

No	T (Tahun)	α	β	It	A	$Q=\alpha*\beta*I*A$
1	2	0.5	0.020	3.059	84.502	2.447
2	4	0.5	0.020	4.111	84.502	3.288
3	5	0.5	0.020	4.415	84.502	3.531
4	10	0.5	0.020	5.313	84.502	4.250
5	20	0.5	0.020	6.174	84.502	4.939
6	25	0.5	0.020	6.447	84.502	5.157
7	50	0.5	0.020	7.289	84.502	5.830
8	100	0.5	0.020	8.124	84.502	6.499
9	200	0.5	0.020	8.956	84.502	7.165
10	500	0.5	0.020	10.055	84.502	8.043

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.5.3. Metode Weduwen

Diketahui Data :

$$\text{Luas Das (A)} = 84,502 \text{ Km}^2$$

$$\text{Kemiringan Sungai (S)} = 0,007$$

Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode weduwen yaitu.

1). Menghitung nilai koefesien limpasan (α)

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{I + 7} = 1 - \frac{4,1}{7,746 + 7} = 0,722$$

2). Menghitung nilai koefesien pengurangan daerah hujan (β)

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9}A}{120 + A} = \frac{120 + 42,985}{204,502} = 0,797$$

3). Menghitung Intensitas Hujan (I)

$$I = \frac{67,65}{t+1,45} = \frac{67,65}{7,283+1,45} = 7,746 \text{ mm/jam}$$

4). Menghitung lama hujan (t)

$$t = \frac{0,476 \cdot A^{\frac{3}{8}}}{(\alpha \cdot \beta \cdot I)^{\frac{3}{8}} \cdot S^{\frac{1}{2}}} = \frac{0,476 \cdot 5,279}{1,205 \cdot 0,286} = 7,283 \text{ jam}$$

Tabel 4.54 Perhitungan t Dengan Coba-Coba Sehingga t1=t

t1	t1+1	t1+9	$\frac{(t1+1)/(t1+9)}$	120+A	$\frac{((t1+1)/(t1+9)) \cdot A}{120+A}$	β	I	α	A ^{3/8}	$\frac{(\alpha \cdot \beta \cdot I)^{1/8}}{8}$	S ^{1/4}	t
2.955	3.955	11.955	0.331	204.502	27.954	0.723	15.359	0.817	5.279	1.317	0.286	6.664
3.757	4.757	12.757	0.373	204.502	31.510	0.741	12.992	0.795	5.279	1.290	0.286	6.807
6.988	7.988	15.988	0.500	204.502	42.219	0.793	8.017	0.727	5.279	1.211	0.286	7.250
5.000	6.000	14.000	0.429	204.502	36.215	0.764	10.488	0.766	5.279	1.254	0.286	6.998
3.357	4.357	12.357	0.353	204.502	29.795	0.732	14.073	0.805	5.279	1.303	0.286	6.738
6.789	7.789	15.789	0.493	204.502	41.686	0.791	8.211	0.730	5.279	1.215	0.286	7.227
6.000	7.000	15.000	0.467	204.502	39.434	0.780	9.081	0.745	5.279	1.231	0.286	7.131
6.719	7.719	15.719	0.491	204.502	41.496	0.790	8.281	0.732	5.279	1.216	0.286	7.219
7.220	8.220	16.220	0.507	204.502	42.824	0.796	7.803	0.723	5.279	1.207	0.286	7.276
7.283	8.283	16.283	0.509	204.502	42.985	0.797	7.746	0.722	5.279	1.205	0.286	7.283

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

5). Menghitung debit banjir rencana (Q)

$$Q_n = \alpha \cdot \beta \cdot I \cdot A = 0,722 \cdot 0,797 \cdot 7,746 \cdot 84,502 = 376,652 \text{ m}^3 / dt$$

6). Menghitung debit maksimum dengan periode ulang (Qmaks)

$$Q_{maks} = Q \cdot RT = 376,652 \cdot 96,507 = 151,456 \text{ m}^3 / dt$$

Tabel 4.55 Debit Maksimum Dengan Periode Ulang

Qn	Q	RT	RT/240	Qmaks
Q2	376.652	96.507	0.402	151.456
Q4	376.652	129.707	0.540	203.559
Q5	376.652	139.298	0.580	218.611
Q10	376.652	167.629	0.698	263.074
Q20	376.652	194.805	0.812	305.723
Q25	376.652	203.425	0.848	319.252
Q50	376.652	229.981	0.958	360.928
Q100	376.652	256.341	1.068	402.297

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.5.4. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana

Berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode rasional, hasper dan weduwen.

Tabel 4.56 Rekapitulasi Debit Banjir Rencana

No	Periode Ulang (Tahun)	Debit Rencana Berdasarkan Data Hujan		
		Rasional (m ³ /dtk)	Hasper (m ³ /dtk)	Weduwen (m ³ /dtk)
1	2	100.219	2.447	151.456
2	4	134.696	3.288	203.559
3	5	144.655	3.531	218.611
4	10	174.076	4.250	263.074
5	20	202.298	4.939	305.723
6	25	211.250	5.157	319.252
7	50	238.827	5.830	360.928
8	100	266.201	6.499	402.297
9	200	293.475	7.165	443.515
10	500	329.457	8.043	497.894

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.6. Analisa Debit Banjir Aktual Berdasarkan Pengamatan Lapangan

Debit banjir rencana yang digunakan metode pengamatan dilapangan sebagai kontrol terhadap hasil perhitungan debit banjir rencana yang diperoleh dari data hujan (KP - 01, 2013). Langkah-langkah perhitungan adalah dengan menanyakan kepada penduduk setempat yang bertempat tinggal di pinggir sungai dan peninjau kelapangan.

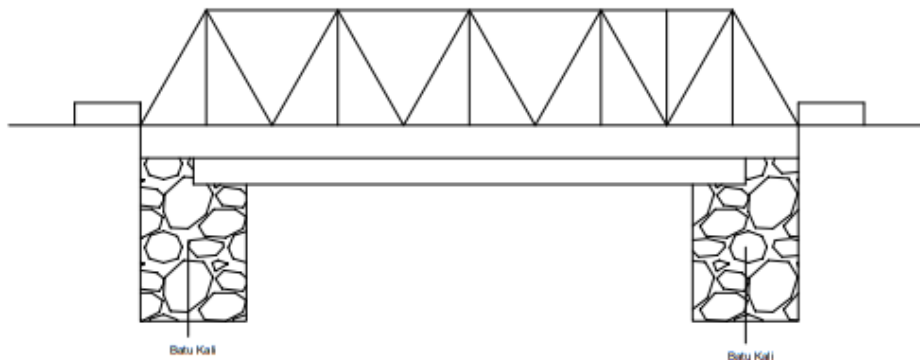
Sesudah debit banjir lapangan diketahui maka dapat memilih metode debit banjir yang mendekati terhadap nilai debit banjir dilapangan tersebut.

Menghitung debit banjir dilapangan akibat curah hujan. Diketahui data sebagai berikut.

- Lebar sungai (b) = 50 m
- Tinggi muka air (h) = 3,2 m
- Kemiringan sungai rata-rata (So) = 0,001
- Koefesien manning (n) = 0,033 (Tabel 4.57)

Tabel 4.57 Kekasaran Manning

Saluran	Keterangan	n (Manning)	
Tanah	Lurus,baru,seragam, landai dan bersih	0.016	0.033
	Berkelok,landai dan berumput	0.023	0.040
	Tidak terawat dan kotor	0.050	0.140
Pasangan	Tanah berbatu,kasar dan tidak teratur	0.035	0.045
	Batu kosong	0.023	0.035
Beton	Pasangan batu belah	0.017	0.030
	Halus, sambung baik dan rata	0.014	0.018
	Kurang halus dan sambung kurang rata	0.018	0.030



Gambar 4.2 Profil Melintang Sungai
(Sumber : Autocad)

a.Mencari penampang basah (A)

$$A = (b * h) = (50 * 3,2) = 160 \text{ m}^2$$

b.Mencari keliling basah (P)

$$P = b + (2 * h) = 50 + (2 * 3,2) = 56,4 \text{ m}$$

c.Menghitung jari-jari hidraulis (R)

$$R = A/P = 160/56,4 = 2,84 \text{ m}$$

d.Menghitung kecepatan aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S_0^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,033} * 2,84^{\frac{2}{3}} * 0,001^{\frac{1}{2}} = 1,817 \text{ m/dt}$$

e. Menghitung debit aliran (Q)

$$Q = A * V = 160 * 1,817 = 290,707 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Jadi, debit yang bisa di tampung dilapangan sebesar 290.707 m³/dt. Maka untuk perencanaan jika terjadi banjir dengan metode weduwen periode ulang 25 tahun sebesar 319,252 m³/dt.

4.7. Menghitung Penampang Rencana

Untuk banjir rencana yang digunakan adalah debit hasil dari perhitungan dari metode weduwen. Berdasarkan perhitungan sebelumnya, diketahui Q_{Banjir} yaitu $Q_{25 \text{ Tahun}}$ sebesar 319,252 m³/dt.

Data desain untuk penampang sebagai berikut.

$$\text{Debit banjir rencana aliran untuk } Q_{25 \text{ Tahun}} = 319,252 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Kemiringan Sungai rata-rata (So)} = 0,001$$

Direncanakan :

$$\text{Koefesien manning (n)} = 0,033 \text{ (Tabel 4.57)}$$

$$\text{Lebar sungai (b)} = 55 \text{ m}$$

Tinggi h ditentukan dengan coba-coba berdasarkan persamaan dibawah

$$h_{coba-coba} = 3,183$$

a. Mencari penampang basah (A)

$$A = (b * h) = (55 * 3,183) = 175,1 \text{ m}^2$$

b. Mencari keliling basah (P)

$$P = (b + 2 * h) = (55 + 2 * 3,183) = 61,366 \text{ m}$$

c. Menghitung jari-jari hidraulis (R)

$$R = A/P = 175,1 / 61,366 = 2,853 \text{ m}$$

d. Menghitung kecepatan aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S_0^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,033} * 2,853^{\frac{2}{3}} * 0,001^{\frac{1}{2}} = 1,824 \text{ m/dt}$$

e. Menghitung debit aliran (Q)

$$Q = A * V = 175,1 * 1,824 = 319,268 \text{ m}^3/\text{dt}$$

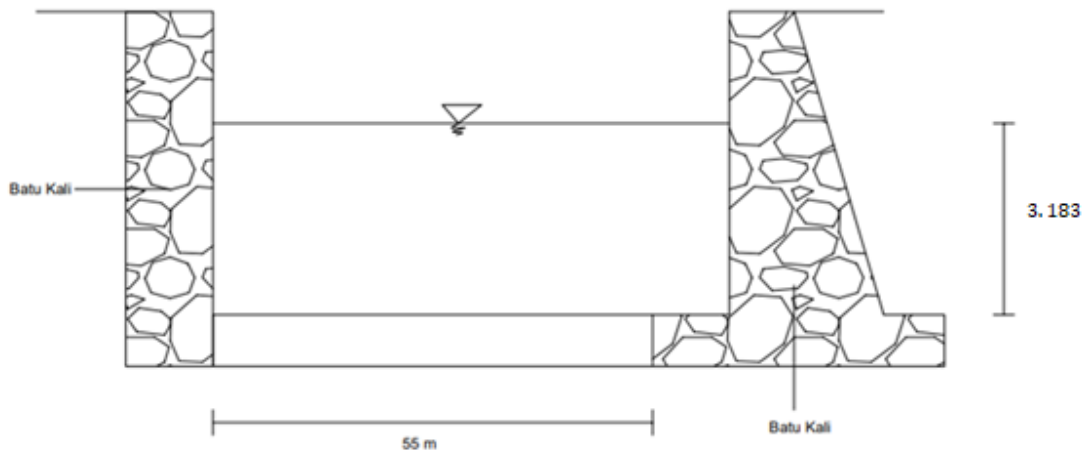
$$Q_{rencana} \neq Q_{hitung} \rightarrow 319,252 \neq 319,268$$

Tabel 4.58 Perhitungan $h_{coba-coba}$

Qrencana	h	b	n	So	A	P	R	V	Qhitung
319.252	2.3	55	0.033	0.001	126.5	59.600	2.122	1.497	189.421
319.252	2.5	55	0.033	0.001	137.5	60.000	2.292	1.576	216.693
319.252	2.4	55	0.033	0.001	132.0	59.800	2.207	1.537	202.891
319.252	3.2	55	0.033	0.001	176.0	61.400	2.866	1.830	321.996
319.252	3.183	55	0.033	0.001	175.1	61.366	2.853	1.824	319.268

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Berdasarkan dari hasil perhitungan, maka desain penampang menggunakan penampang persegi dengan lebar 55 m, tinggi muka air untuk 25 tahun 3,183 m.



Gambar 4.3 Analisa Penampang Dimensi Sungai
(Sumber : AutoCad)

4.8. Analisa Saringan

Hitungan persentase benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

a. Berat tertahan.

No.4 = 0,9 gram

No.8 = 0,8 gram

No.16 = 4,1 gram

No.30 = 14,8 gram

$$\text{No.50} = 16,8 \text{ gram}$$

$$\text{No.100} = 42,2 \text{ gram}$$

$$\text{No.200} = 17,8 \text{ gram}$$

$$\text{Pan} = 2,8 \text{ gram}$$

$$\text{Total} = 99,9 \text{ gram}$$

b. Persentase berat tertahan

$$\text{No.4} = \frac{0,9}{99,9} * 100 = 0,901 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{0,8}{99,9} * 100 = 0,801\%$$

$$\text{No.16} = \frac{4,1}{99,9} * 100 = 4,104\%$$

$$\text{No.30} = \frac{14,8}{99,9} * 100 = 14,815\%$$

$$\text{No.50} = \frac{16,8}{99,9} * 100 = 16,517\%$$

$$\text{No.100} = \frac{42,2}{99,9} * 100 = 42,242\%$$

$$\text{No.200} = \frac{17,8}{99,9} * 100 = 17,818\%$$

$$\text{Pan} = \frac{2,8}{99,9} * 100 = 2,803\%$$

c. Persentase kumulatif berat tanah tertahan

$$\text{No.4} = 0,901 = 0,901\%$$

$$\text{No.8} = 0,901 + 0,801 = 1,702\%$$

$$\text{No.16} = 0,901 + 0,801 + 4,104 = 5,806\%$$

$$\text{No.30} = 0,901 + 0,801 + 4,104 + 14,815 = 20,621\%$$

$$\text{No.50} = 0,901 + 0,801 + 4,104 + 14,815 + 16,517 = 37,137\%$$

$$\text{No.100} = 0,901 + 0,801 + 4,104 + 14,815 + 16,517 + 42,242 = 79,379\%$$

$$\text{No.200} = 0,901 + 0,801 + 4,104 + 14,815 + 16,517 + 42,242 + 17,818 = 97,197\%$$

$$\text{Pan} = 0,901 + 0,801 + 4,104 + 14,815 + 16,517 + 42,242 + 17,818 + 2,803 = 100\%$$

d. Persentase berat lolos

$$\text{No.4} = 100 - 0,901 = 99,099\%$$

$$\text{No.8} = 100 - 1,702 = 98,298\%$$

$$\text{No.16} = 100 - 5,806 = 94,194\%$$

No.30 = 100 – 20,621 = 79,379%

No.50 = 100 – 37,137 = 62,863%

No.100= 100 – 79,379 = 20,621%

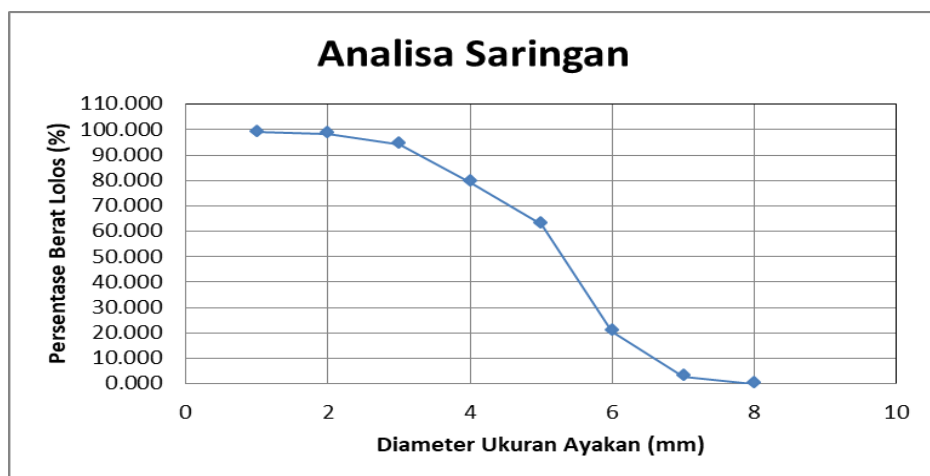
No.200= 100 – 97,197 = 2,803%

Pan = 100 – 100 = 0%

Tabel 4.59 Material Dasar Tanah Gerusan

No	Ukuran Ayakan	Diameter Lubang Ayakan	Berat Tertahan	Persentase Berat Tertahan	Persentase Kumulatif Berat Tanah Tertahan	Persentase Berat Lolos
	gram	mm	gram	%	%	%
1	4	4.75	0.9	0.901	0.901	99.099
2	8	2.36	0.8	0.801	1.702	98.298
3	16	1.18	4.1	4.104	5.806	94.194
4	30	0.6	14.8	14.815	20.621	79.379
5	50	0.3	16.5	16.517	37.137	62.863
6	100	0.15	42.2	42.242	79.379	20.621
7	200	0.075	17.8	17.818	97.197	2.803
8	Pan	0.053	2.8	2.803	100	0
Total			99.9			

(Sumber : Pengolahan Data Excel)



Gambar 4.4 Grafik Analisa Butiran Material Dasar Tanah Gerusan

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Tabel 4.60 Parameter Distribusi Frekuensi Ukuran Butiran Material Dasar Tanah Gerusan

Parameter Distribusi Frekuensi Ukuran Butiran	Material Dasar (mm)
d4	7
d8	6.8
d16	6.3
d30	5.8
d50	5.2
d100	1

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.9. Perhitungan Kedalaman Gerusan

Data-data yang digunakan adalah.

$$Q_{25} = 319,252 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$b = 50 \text{ m}$$

$$h = 3,2 \text{ m}$$

$$d_{50} = 5,2 \text{ mm}$$

$$K = 1,76 - 2,59 \text{ maka nilai rata-rata diambil } 2,09$$

Penyelesaian :

- a. Menggunakan persamaan lacey (R.J Garde, 2006)

Jawab :

$$D_m = d_{50}$$

$$D_m = 5,2 \text{ mm}$$

$$f_1 = 1,76 * \sqrt{D_m} = 1,76 * \sqrt{5,2} = 4,013 \text{ mm}$$

$$D_{LQ} = 0,47 * \left(\frac{Q}{f_1}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,47 * \left(\frac{319,252}{4,013}\right)^{\frac{1}{3}} = 2,021 \text{ m}$$

$$D_{Se} = K * D_{LQ} = 2,09 * 2,021 = 4,225 \text{ m}$$

Maka muka air banjir bernilai 4,225 m

$$\text{Gerusan } 4,225 - 3,2 = 1,025 \text{ m}$$

Tabel 4.61 Perhitungan (R.J Garde, 2006)

Persamaan	Dm=d50	f1	DIQ	Dse
Lacey	5.2	4.013	2.021	4.225

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- b. Menggunakan persamaan lecey (Novak, et al, 2007)

Jawab :

$$D_m = d_{50}$$

$$D_{50} = 5,2 \text{ mm}$$

$$f = 1,75 * \sqrt{D_m} = 1,75 * \sqrt{5,2} = 3,991 \text{ mm}$$

$$R_s = 0,475 * \left(\frac{Q}{f}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,475 * \left(\frac{319,252}{3,991}\right)^{\frac{1}{3}} = 2,047 \text{ m}$$

$$R_s \text{ Total} = 2 * R_s = 2 * 2,047 = 4,093 \text{ m}$$

Maka muka air banjir bernilai 4,093 m

$$\text{Gerusan} = 4,093 - 3,2 = 0,893 \text{ m}$$

Tabel 4.62 Perhitungan (Novak, et al, 2007)

Persamaan	Dm=d50	f	Rs	Rs Total
Lacey	5.2	3.991	2.047	4.093

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- c. Menggunakan persamaan lecey (Norak, et al, 2007)

Jawab :

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{319,252}{50} = 6,385 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$f = 1,75 * \sqrt{D_m} = 1,75 * \sqrt{5,2} = 4,013 \text{ mm}$$

$$R_s = 1,35 * \left(\frac{q^2}{f}\right)^{\frac{1}{3}} = 1,35 * \left(\frac{6,385^2}{3,991}\right)^{\frac{1}{3}} = 2,929 \text{ m}$$

Maka muka air banjir bernilai 2,929 m

$$\text{Gerusan} = 2,937 - 3,2 = -0,263 \text{ m}$$

Tabel 4.63 Perhitungan (Norak, et al, 2007)

Persamaan	Dm=d50	q	f	Rs
Lacey	5.2	6.385	3.991	2.929

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- d. Menggunakan persamaan lacey (R.J Garde dan K.G Rangga Raju, 2000)

Jawab :

$$D_m = d_{50}$$

$$D_m = 5,2 \text{ mm}$$

$$f_1 = 1,76 * \sqrt{D_m} = 1,76 * \sqrt{5,2} = 4,013 \text{ mm}$$

$$D_L = 0,47 * \left(\frac{Q}{f_1}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,47 * \left(\frac{319,252}{4,013}\right)^{\frac{1}{3}} = 2,021 \text{ m}$$

$$D_1 = K * D_L = 2,09 * 2,924 = 4,225 \text{ m}$$

Maka muka air banjir bernilai 4,225 m

$$\text{Gerusan} = 4,225 - 3,2 = 1,025 \text{ m}$$

Tabel 4.64 Perhitungan (R.J Garde dan K.G Rangga Raju, 2000)

Persamaan	f1	DI	D1
Lacey	4.013	2.021	4.225

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- e. Menggunakan persamaan lacey (R.J Garde dan K.G Rangga Raju, 2000)

Jawab :

$$f = 1,76 * \sqrt{D_m} = 1,76 * \sqrt{5,2} = 4,013 \text{ mm}$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{319,252}{50} = 6,385 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$D_L = 1,35 * \left(\frac{q^2}{f}\right)^{\frac{1}{3}} = 1,35 * \left(\frac{6,385^2}{4,013}\right)^{\frac{1}{3}} = 2,924 \text{ m}$$

Maka muka air banjir bernilai 2,924 m

$$\text{Gerusan} = 2,924 - 3,2 = -0,276 \text{ m}$$

Tabel 4.65 Perhitungan (R.J Garde dan K.G Rangga Raju, 2000)

Persamaan	Dm=d50	f1	q	DI
Lacey	5.2	4.013	6.385	2.924

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- f. Menggunakan persamaan lacey (Direktorat Jendral SDA, 2013)

Jawab :

$$D_m = d_{50}$$

$$D_m = 5,2 \text{ mm}$$

$$f = 1,76 * \sqrt{D_m} = 1,76 * \sqrt{5,2} = 4,013$$

$$R = 0,47 * \left(\frac{Q}{f}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,47 * \left(\frac{319,252}{4,013}\right)^{\frac{1}{3}} = 2,021$$

$$R_{Total} = 2 * R = 2 * 2,021 = 4,043 \text{ m}$$

Maka muka air banjir bernilai 4,043 m

$$\text{Gerusan} = 4,043 - 3,2 = 0,843 \text{ m}$$

Tabel 4.66 Perhitungan (Direktorat Jendral SDA, 2013)

Persamaan	Dm=d50	f	R	R Total
Lacey	5.2	4.013	2.021	4.043

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

g. Menggunakan persamaan lacey (Bridge Scour)

Jawab :

$$Dm = d50$$

$$Dm = 5,2 \text{ mm}$$

$$f = 1,76 * \sqrt{Dm} = 1,76 * \sqrt{5,2} = 4,013$$

$$Y_{ms} = 0,47 * \left(\frac{Q}{f}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,47 * \left(\frac{319,252}{4,013}\right)^{\frac{1}{3}} = 2,021$$

$$Y_{ms \text{ total}} = 2 * Y_{ms} = 2 * 2,021 = 4,043 \text{ m}$$

Maka muka air banjir bernilai 4,043 m

$$\text{Gerusan} = 4,043 - 3,2 = 0,843 \text{ m}$$

Tabel 4.67 Perhitungan (Bridge Scour)

Persamaan	Dm=d50	f	Yms	Yms Total
Lacey	5.2	4.013	2.021	4.043

(sumber : pengolahan data excel)

h. Menggunakan persamaan blench, 1969 (Bridge Scour)

Jawab :

$$Dm = d50$$

$$d50 = 5,2 \text{ mm}$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{319,252}{50} = 6,385$$

$$Y_{ms} = 1,20 * \left(\frac{\frac{q^{\frac{2}{3}}}{d50^{\frac{1}{6}}}}{\frac{1}{5,2^{\frac{1}{6}}}}\right)^{\frac{1}{3}} = 1,20 * \left(\frac{6,385^{\frac{2}{3}}}{5,2^{\frac{1}{6}}}\right)^{\frac{1}{3}} = 3,138 \text{ m}$$

Untuk material dasar sungai pasir dengan diameter butir $0,06 < d50 = 0,06 < 5,2 \text{ mm}$.

Maka muka air banjir bernilai 3,138 m

$$\text{Gerusan} = 3,138 - 3,2 = -0,062 \text{ m}$$

Tabel 4.68 Perhitungan (Bridge Scour)

Persamaan	d50	q	Yms
Blench	5.2	6.385	3.138

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- i. Menggunakan persamaan blodgett, 1986

Jawab :

$$K = 0,84 - 3,8 \text{ maka nilai rata-rata diambil } 2$$

$$d50 = 5,2 \text{ mm}$$

$$Z_t = 2 * d50^{-0,11} = 2 * 5,2^{-0,11} = 1,668 \text{ m}$$

Maka nilai gerusan bernilai 1,668 m

Tabel 4.69 Perhitungan Blodgett, 1986

Persamaan	d50	K	Zt
Blodgett	5.2	2	1.668

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

- j. Menggunakan persamaan Pemberton dan Lara (1981)

Jawab :

Menggunakan persamaan pemberton dan lara 1981 ini mempunyai dua persamaan yaitu lacey dan blench.

- 1). Lacey

$$a = \frac{1}{3} \text{ (tabel 2.6)}$$

$$b = 0 \text{ (tabel 2.6)}$$

$$c = -\frac{1}{6} \text{ (tabel 2.6)}$$

$$Z_t = K * Q_d^a * W_f^b * d50^c$$

$$Z_t = 0,030 * 319,252^{\frac{1}{3}} * 50^0 * 5,2^{-\frac{1}{6}} = 0,156 \text{ m}$$

- 2). Blench

$$a = \frac{2}{3} \text{ (tabel 2.6)}$$

$$b = -\frac{2}{3} \text{ (tabel 2.6)}$$

$c = -0,1092$ (tabel 2.6)

$$Z_t = K * Q_d^a * W_f^b * d50^c$$

$$Z_t = 0,162 * 319,252^{\frac{2}{3}} * 50^{-\frac{2}{3}} * 5,2^{-0,1092} = 0,466 \text{ m}$$

Tabel 4.70 Perhitungan Pemberton dan Lara (1981)

Persamaan Pemberton dan Lara	K	Qd	Wf	d50	Zt
Lacey	0.03	319.252	50	5.2	0.156
Blench	0.162	319.252	50	5.2	0.466

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Tabel 4.71 Rekap Perhitungan Gerusan

No	Persamaan	Kedalaman air banjir (h)	Kedalaman gerusan hasil perhitungan (m)	Dalam gerusan dari dasar sungai (m)
1	R.J Garden 2006	3.2	4.225	1.025
2	Novak, et al 2007	3.2	4.093	0.893
3	R.J Garden dan K.g Rangga Raju 2000	3.2	4.225	1.025
4	Direktorat Jendral Sumber Daya Air 2013	3.2	4.043	0.843
5	Bridge Scour	3.2	4.043	0.843
6	Blodgett	3.2	-	1.668
7	Persamaan Pemberton dan Lara	3.2	-	0.466
Σ			20.628	6.762
Total			2.947	0.966

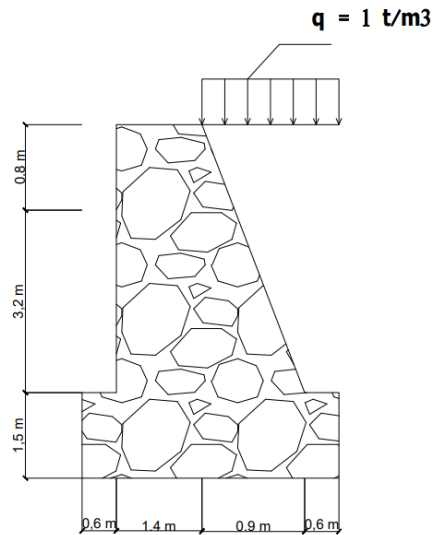
(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.10. Perhitungan Perkuatan Tebing Sungai

Perkuatan tebing sungai dengan bahan konstruksi. Bahan konstruksi dianalisis menggunakan penampang tembok berbatu kali. Serta memeriksa tegangan tanah yang timbul akibat gaya yang di timbulkan oleh beban konstruksi.

Gaya-gaya yang bekerja ada tiga yaitu.

- a. Akibat Berat Sendiri
- b. Akibat Gaya Gempa
- c. Akibat Tekanan Tanah

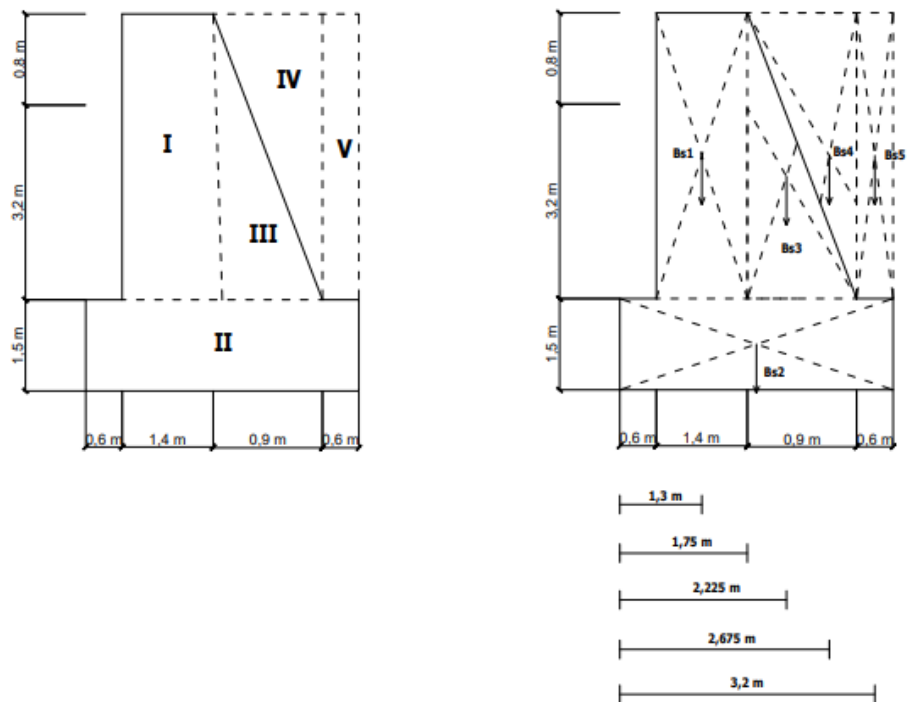


Gambar 4.5 Penampang Retaining Wall Batu Kali
(Sumber : AutoCad)

Data-data adalah:

- $h_1 = 1,0 \text{ m}$
- $h_2 = 3,2 \text{ m}$
- $h_3 = 1,5 \text{ m}$
- $H = 5,7 \text{ m}$
- $b_1 = 0,6 \text{ m}$
- $b_2 = 2,3 \text{ m}$
- $b_3 = 1,0 \text{ m}$
- $b_4 = 0,6 \text{ m}$
- $B = 4,5 \text{ m}$

4. 10.1. Akibat Berat Sendiri



Gambar 4.6 Gaya Akibat Beban Sendiri
(Sumber : AutoCad)

$$G1 = \text{lebar} * \text{tinggi} * \text{Panjang} * \text{Bj Pasang Batu} = 1,43 * 4 * 1 * 2,2 = 12,58 \text{ ton}$$

$$G2 = \text{lebar} * \text{tinggi} * \text{Panjang} * \text{Bj Pasang Batu} = 3,54 * 1,5 * 1 * 2,2 = 11,67 \text{ ton}$$

$$G3 = \text{lebar} * (1/2 * \text{tinggi}) * \text{Panjang} * \text{Bj Pasang Batu} = 0,91 * (1/2 * 4) * 1 * 2,2 = 3,99 \text{ ton}$$

$$G4 = \text{lebar} * (1/2 * \text{tinggi}) * \text{Panjang} * \text{Bj Tanah} = 0,91 * (1/2 * 4) * 1 * 1,9 = 3,45 \text{ ton}$$

$$G5 = \text{lebar} * \text{tinggi} * \text{Panjang} * \text{Bj Tanah} = 0,6 * 4 * 1 * 1,9 = 3,2 \text{ ton}$$

$$l1 = 1,3 \text{ m}$$

$$l2 = 2,75 \text{ m}$$

$$l3 = 2,225 \text{ m}$$

$$l4 = 2,675 \text{ m}$$

$$l5 = 3,2 \text{ m}$$

$$\text{Momen1} = G1 * l1 = 12,58 * 1,3 = 16,36 \text{ ton.m}$$

$$\text{Momen2} = G2 * l2 = 11,67 * 2,75 = 20,43 \text{ ton.m}$$

$$\text{Momen3} = G3 * l3 = 3,99 * 2,225 = 8,88 \text{ ton.m}$$

$$\text{Momen4} = G4 * l4 = 3,45 * 2,675 = 9,22 \text{ ton.m}$$

$$\text{Momen5} = G5 * l5 = 3,45 * 3,2 = 14,59 \text{ ton.m}$$

Tabel 4.72 Perhitungan Gaya dan Momen Berat Sendiri

No	Luas		Panjang (m)	BJ Pasang Batu	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen (ton.m)	
	Lebar(m)	Tinggi(m)						
Bs1		1.43	4	1	2.2	12.58	1.3	16.36
Bs2		3.54	1.5	1	2.2	11.67	1.75	20.43
Bs3	0.5	0.91	4	1	2.2	3.99	2.225	8.88
Bs4	0.5	0.91	4	1	1.9	3.45	2.675	9.22
Bs5		0.6	4	1	1.9	4.56	3.2	14.59
Σ						36.26		69.49

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4. 10.2. Akibat Gaya Gempa

Perhitungan koefesien gempa untuk mengetahui koefesien gempa digunakan persamaan sebagai berikut.

$$a_d = n (a_c * Z)^m$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

Keterangan :

a_d = percepatan gempa rencana (cm/dt²)

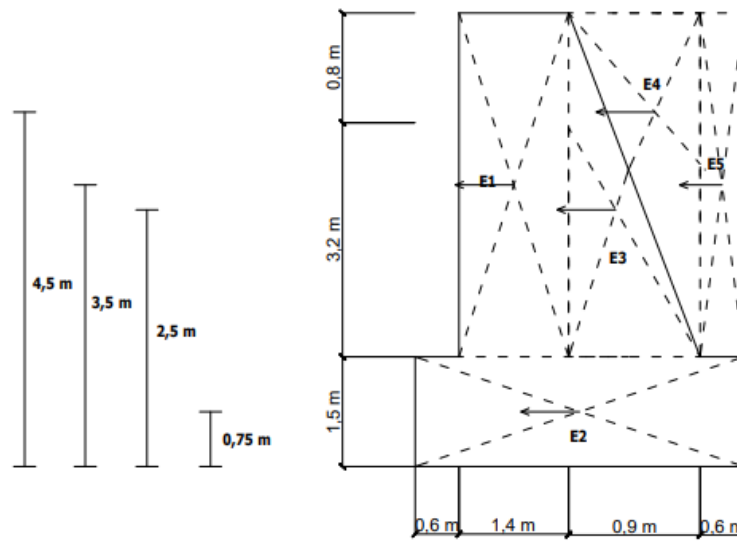
n dan m = koefesien untuk jenis tanah (lihat tabel 4.2)

a_c = percepatan dasar (cm/dt²)

E = koefesien gempa

Z = faktor yang tergantung dari letak geografis

G = gravitasi (9,81)



Gambar 4.7 Penampang Retaining Wall Gaya Gempa
(Sumber : AutoCad)

Tabel 4.73 Harga Koefesien Gempa n dan m

No	Jenis	n	m
1	Batuan	2.76	0.71
2	Diluvium	0.87	1.05
3	Alluvium	1.56	0.89
4	Alluvium Lunak	0.29	1.32

Data-data

$$n = 2,76$$

$$m = 0,71$$

$$a_c = 160$$

$$Z = 1,4$$

$$g = 9,81$$

maka:

$$a_d = n (a_c * Z)^m = 2,76 * (1,60 * 1,4)^{0,71} = 128,702$$

$$E = \frac{a_d}{g} = \frac{128,702}{981} = 0,131$$

$$G1 = \text{berat sendiri} * \text{koefesien gempa} = 12,58 * 0,131 = 1,65$$

$$G2 = \text{berat sendiri} * \text{koefesien gempa} = 11,67 * 0,131 = 1,53$$

$$G3 = \text{berat sendiri} * \text{koefesien gempa} = 3,99 * 0,131 = 0,52$$

$$G4 = \text{berat sendiri} * \text{koefesien gempa} = 3,45 * 0,131 = 0,45$$

$$G5 = \text{berat sendiri} * \text{koefesien gempa} = 4,56 * 0,131 = 0,60$$

$$l1 = 3,50 \text{ m}$$

$$l2 = 0,75 \text{ m}$$

$$l3 = 2,50 \text{ m}$$

$$l4 = 4,50 \text{ m}$$

$$l5 = 3,50 \text{ m}$$

$$\text{Momen1} = G1 * \text{lengan momen} = 1,65 * 3,50 = 5,78 \text{ ton.m}$$

$$\text{Momen2} = G2 * \text{lengan momen} = 1,53 * 0,75 = 1,15 \text{ ton.m}$$

$$\text{Momen3} = G3 * \text{lengan momen} = 0,52 * 2,50 = 1,31 \text{ ton.m}$$

$$\text{Momen4} = G4 * \text{lengan momen} = 0,45 * 4,50 = 2,04 \text{ ton.m}$$

$$\text{Momen5} = G5 * \text{lengan momen} = 0,60 * 3,50 = 2,09 \text{ ton.m}$$

Tabel 4.74 Perhitungan Gaya dan Momen Akibat Gempa

No	Luas		Panjang (m)	BJ Pasang Batu	Gaya (ton)	Koefesien Gempa	Gaya Akibat Gempa	Lengan (m)	Momen (ton.m)	
	Lebar(m)	Tinggi(m)								
G1		1.43	4	1	2.2	12.58	0.131	1.65	3.50	5.78
G2		3.5375	1.5	1	2.2	11.67	0.131	1.53	0.75	1.15
G3	0.5	0.9075	4	1	2.2	3.99	0.131	0.52	2.50	1.31
G4	0.5	0.9075	4	1	1.9	3.45	0.131	0.45	4.50	2.04
G5		0.6	4	1	1.9	4.56	0.131	0.60	3.50	2.09
Σ						36.26		4.76		12.37

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

4.10.3. Akibat Tekanan Tanah

Data-data.

- Beban (q) = 1 t/m³
- berat jenis batu (γ_{bk}) = 1,5 t/m³

Profil Tanah

- Berat jenis tanah (γ_s) = 2,63 t/m³
- Sudut geser tanah (∅) = 30°
- Kohesi (C) = 0,046

a. Akibat beban terbagi rata-rata (Pa1)

$$Ka = \frac{1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = 0,333$$

$$Pa1 = q * ka * H = 1 * 0,333 * 5,5 = 1,83 \text{ ton}$$

b. Akibat tekanan tanah (Pa2)

Berat jenis tanah (γt) = 1,9

$$\frac{1}{2} * \gamma t * H^2 * ka = \frac{1}{2} * 1,9 * 5,5^2 * 0,333 = 9,58 \text{ ton}$$

Tabel 4.75 Perhitungan Gaya dan Momen Akibat Tekanan Tanah

No	Lebar		tinggi	Bj	Ka	Gaya	Lengan	Momen guling
Pa1		1	5.5		0.33	1.83	2.78	5.097
Pa2	0.5	5.5	5.5	1.9	0.33	9.58	2.5	23.948
Σ						11.41		29.045

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Tabel 4.76 Rekapitulasi Gaya-Gaya dan Momen

No	Faktor Gaya	Gaya		M	
		H	V	Guling	Tahan
1	Berat Sendiri		36.26		69.49
2	Gaya Gempa	4.76		12.37	
3	Tekanan Tanah	11.41		29.045	
	Σ	16.17	36.26	41.41	69.49

(Sumber : Pengolahan Data Excel)

Menghitung stabilitas perkuatan tebing yang tujuannya untuk memeriksa stabilitas perkuatan tebing terhadap guling dan geser.

- a. Kontrol Terhadap Guling

$$SF = \frac{\Sigma \text{Momen Tahan}}{\Sigma \text{Momen Guling}} = \frac{69,49}{41,41} = 1,68$$

$$SF > \gamma_{bk} = 1,68 > 1,5 \quad \text{OK}$$

- b. Kontrol Terhadap Geser

$$f = 0,75$$

$$SF = f * \left(\frac{\Sigma V}{\Sigma H} \right) = 0,75 * \frac{36,26}{16,17} = 1,68$$

$$SF > \gamma_{bk} = 1,68 > 1,5 \quad \text{OK}$$

- c. Kontrol Terhadap Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah ini mempunyai nilai-nilai faktor daya dukung tanah dengan persamaan terzaghi.

Tabel 4.77 Terzaghi untuk mencari N_c, N_q dan N_γ

Ø'	Nc	Nq	N _γ	K _{py}	Ø'	Nc	Nq	N _γ	K _{py}
0	5.70	1.00	0.00	10.80	26	27.09	14.21	11.15	37.76
1	6.00	1.10	0.10	12.02	27	29.24	15.90	12.85	40.83
2	6.30	1.22	0.20	12.22	28	31.61	17.81	14.81	44.22
3	6.62	1.35	0.29	12.13	29	34.24	19.98	17.09	47.93
4	6.97	1.49	0.39	12.08	30	37.16	22.46	19.73	52.00
5	7.34	1.64	0.49	12.20	31	40.41	25.28	22.80	56.49
6	7.73	1.81	0.61	12.51	32	44.04	28.52	26.42	61.53
7	8.15	2.00	0.75	12.96	33	48.09	32.23	30.74	67.30
8	8.60	2.21	0.90	13.50	34	52.64	36.50	36.00	74.05
9	9.09	2.44	1.06	14.09	35	57.75	41.44	42.44	82.00
10	9.60	2.69	1.25	14.70	36	63.53	47.16	50.32	91.32
11	10.16	2.98	1.45	15.34	37	70.07	53.80	59.90	102.04
12	10.76	3.29	1.67	16.03	38	77.50	61.55	71.34	114.02
13	11.41	3.63	1.93	16.79	39	85.97	70.61	84.76	127.04
14	12.11	4.02	2.21	17.64	40	95.66	81.27	100.39	141.00
15	12.86	4.45	2.54	18.60	41	106.81	93.85	118.93	156.43
16	13.68	4.92	2.91	19.67	42	119.67	108.75	142.28	175.08
17	14.56	5.45	3.33	20.84	43	134.58	126.50	174.44	200.65
18	15.52	6.04	3.81	22.12	44	151.95	147.74	222.62	239.09
19	16.56	6.70	4.36	23.51	45	172.29	173.29	297.50	298.00
20	17.69	7.44	4.97	25.00	46	196.22	204.19	411.70	384.18
21	18.92	8.26	5.67	26.62	47	224.55	241.80	574.31	498.66
22	20.27	9.19	6.47	28.39	48	258.29	287.85	780.10	629.43
23	21.75	10.23	7.39	30.35	49	298.72	344.64	995.28	745.21
24	23.36	11.40	8.46	32.54	50	347.51	415.15	1153.15	800.00
25	25.13	12.72	9.70	35.00	51	406.82	503.38	1203.34	772.24

Data - Data.

$$\emptyset = 30^\circ$$

$$C = 0,046$$

$$q = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma = 1,9$$

$$N_c = 37,16$$

$$N_q = 22,46$$

$$N_\gamma = 19,73$$

Maka :

$$q_u = 1,3 * C * N_c + q * N_q + 0,4 * \gamma * B * N_\gamma$$

$$q_u = 1,3 * 0,046 * 37,16 + 1 * 22,46 + 0,4 * 1,9 * 3,5 * 19,73$$

$$q_u = 77,726$$

$$\sigma_{izin} = q_u/2 = 77,726/2 = 38,863$$

$$X_e = \frac{\Sigma MT - \Sigma MG}{\Sigma v} = \frac{69,49 - 41,41}{36,26} = 0,77$$

$$\left(\frac{B}{2}\right) - X_e = \left(\frac{3,5}{2}\right) - 0,77 = 0,98$$

$$\frac{\Sigma V}{B} * \left(1 + \frac{6 * e}{B}\right) \leq \sigma_{izin} = \frac{36,26}{3,5} * \left(1 + \frac{6 * 0,98}{435}\right) \leq 38,863$$

27,537 ≤ 38,863 (Aman terhadap keruntuhan)

$$\frac{\Sigma V}{B} * \left(1 - \frac{6 * e}{B}\right) \leq \sigma_{izin} = \frac{36,26}{3,5} * \left(1 - \frac{6 * 0,98}{3,5}\right) \leq 38,863$$

-7,037 ≤ 38,863 (Aman terhadap keruntuhan)

BAB V PENUTUPAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian serta hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Curah hujan rencana dengan metode distribusi gumbel untuk periode ulang 5 tahun didapatkan sebesar 139,298 mm.
- b. Debit banjir rencana digunakan dengan metode Weduwen pada periode 25 tahun didapatkan sebesar 320,467 m³/dt, Karena nilai debit banjir dilapangan mendekati debit banjir rencana.
- c. Dimensi sungai existing ini mengetahui keadaan yang sebenarnya yaitu dilokasi tersebut sudah dibangun satu bentuk penampang *Sheet Pile* disebelah kiri dan sebelah kanan belum ada dibangun penampang. Oleh karena itu untuk dimensi sungai disebelah kanan didapatkan lebar 50 m dan ketinggian 3,2 m. maka didapatkan Q lapangan 290,707 m³/dt.
- d. Dimensi rencana terhadap dimensi existing adalah menganalisa dimensi menggunakan bangunan penampang *Retaining Wall* dengan mencoba metode coba-coba yang didapatkan lebar 55 m dan ketinggian 3,1904 m. sehingga didapatkan debit banjir rencana 320,454 m³/dt .

5.2. Saran

Untuk mengurangi banjir di Batang Ulakan Tapakis ini perlu direncanakan dimensi penampang sungai dengan penampang *Retaining Wall* serta diperlukan ketelitian dalam perhitungan hidrologi khususnya dalam menganalisis curah hujan yang direncanakan dan jangan buang sampah sembarangan agar tidak terjadinya banjir di sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- (Baktiar, 2016) . Korelasi Nilai Kohesi Dan Sudut Geser Dalam Dengan Nilai Tahanan Konus Sondir Menggunakan Metode Statistika
- (Kamiana, I.M, 2011). Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Graha Ilmu: Yogyakarta
- (Mangelsdorf dan Scheurmann, 1980). Morfologi Sungai.
- (*Mawardi Samah , 2023*). Rekayasa Sungai
- (Nofrizal, 2020). Analisa Pengendalian Banjir Akibat Peluapan Debit Aliran Dengan Perkuatan Tebing Tipe Sheet Pile.
- (Peraturan UU No.7 Tahun 2004, 2004). Sumber Daya Air
- (PP No.35, 1991). Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 35 Tahun 1991 tentang Sungai.
- (SNI, 2016) Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana
- (Soemarto,C.D, 1999). Hidrologi Teknik. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- (Soewarno, 1995). Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data. Nova: Bandung.
- (Suripin, 2002). Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Andi: Yogyakarta.
- (Suripin, 2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi Offset: Yogyakarta.
- (Triatmodjo, 2003). Skripsi Pengaruh Arah Aliran terhadap Gerusan Lokal
- (Triatmojo, B, 2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.
- (Umar, Zahrul, 2021). Perancangan Bangunan Air
- (Umar, Zahrul, 2022). Perencanaan Normalisasi Sungai
- (*Umar, Zahrul, 2022*). Perencanaan Perkuatan tebing Sungai dan Pembuatan Jetty

Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa 2013. Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-01.