

# **ANALISA DEBIT BANJIR PADA BENDUNG PLTM PARMONANGAN I SUNGAI SIBUNDONG**

**SKRIPSI**

**OLEH :  
MARTIN LUTHER HURA  
198110126**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
2024**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/1/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)14/1/25

# **ANALISA DEBIT BANJIR PADA BENDUNG PLTM PARMONANGAN I SUNGAI SIBUNDONG**

## **SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area



**OLEH :  
MARTIN LUTHER HURA  
198110126**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/1/25

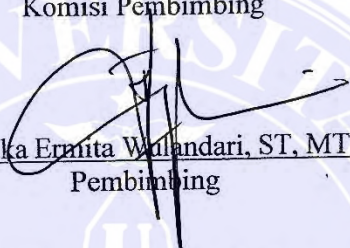
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)14/1/25

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisa Debit Banjir Pada Bendung Pltm Parmonangan I  
Sungai Sibundong  
Nama : Martin Luther Hura  
NPM : 198110126  
Fakultas : Teknik

Telah Disetujui Oleh :  
Komisi Pembimbing

  
Ir. Tika Ermita Wulandari, ST, MT  
Pembimbing

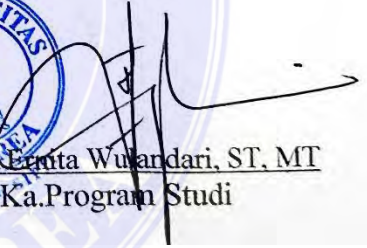
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Sipil



  
H. Tika Ermita Wulandari, S.T, M.T.  
Dekan



  
Ir. Tika Ermita Wulandari, ST, MT  
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 31 Agustus 2024

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

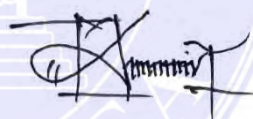
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Martin Luther Hura  
NPM : 198110126  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisa Debit Banjir Pada Bendung PLTM Parmonangan I Sungai Sibundong. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Universitas Medan Area  
Pada tanggal : 31 Agustus 2024  
Yang menyatakan



(Martin Luther Hura)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Hilimoasio 23 Januari 2001 dari Ayah Anotona Hura dan Ibu Timawar Tambunan Penulis merupakan putra ke-3(tiga) dari 3 (tiga) bersudara. Tahun 2019 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 idanogawo dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. pada tahun 2022 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Bangunan Pendukung RS Vina Estetica



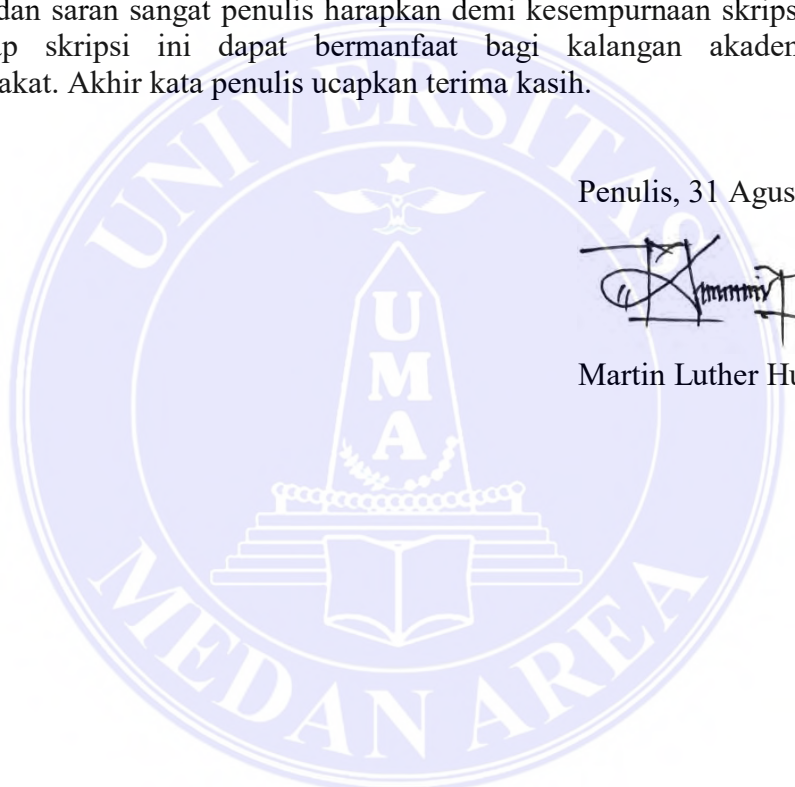
## KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah dengan judul Analisa Debit Banjir Pada Bendung PLTM Parmonangan 1 Sungai Sibundong Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Tika Ermita Wulandari,S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing dan selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Suci Citrawani Giawa yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis, 31 Agustus 2024



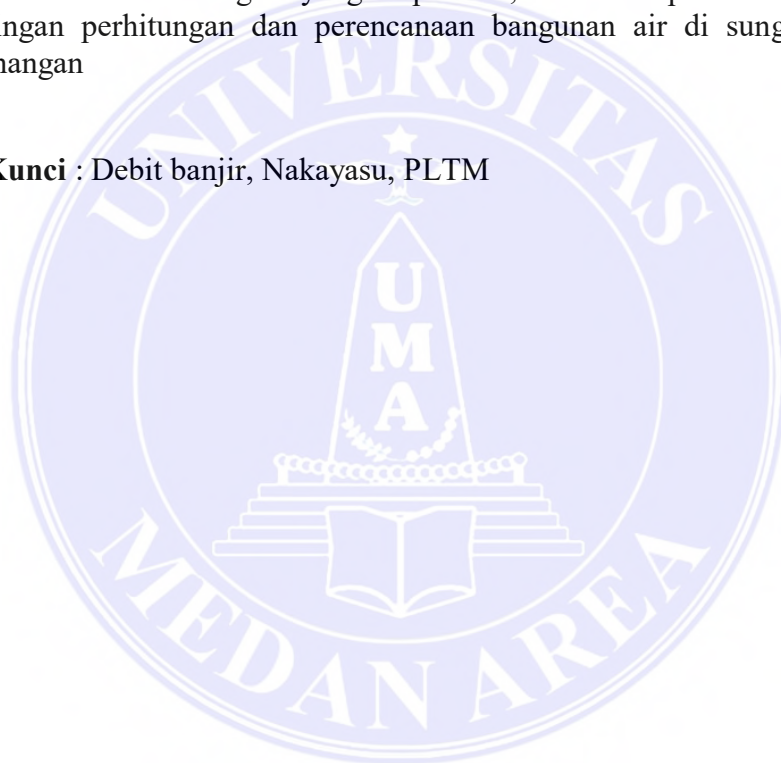
Martin Luther Hura



## ABSTRAK

Analisa debit banjir sangat penting untuk perhitungan tinggi air banjir rencana, tekanan air dan menghitung stabilitas bendung. PLTM Parmonangan I Sibundong merupakan pembangkit listrik tenaga mihidro yang mempunyai pengaruh besar terhadap lingkungan ekitaranya terutama sungai sibundong. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana potensi dampak lingkungan yang mungkin timbul dan merancang langkah-langkah migai yang sesuai. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif, teknik pengumpulan data melalui dataset statistic yang bersumber dari BMKG, Stasiun Klimatologi Sampali Medan. Dengan hasil penelitian, Periode ulang (T) 100 Tahun dengan Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 240,096 m<sup>3</sup>/dt pada t = 7,136 jam. Sehingga, berdasarkan hasil dari metode hidrograf satuan sintetik nakayasu dengan menggunakan data sungai yang diperoleh, maka dapat diterapkan untuk kepentingan perhitungan dan perencanaan bangunan air di sungai Sibundong Parmonangan

**Kata Kunci** : Debit banjir, Nakayasu, PLTM

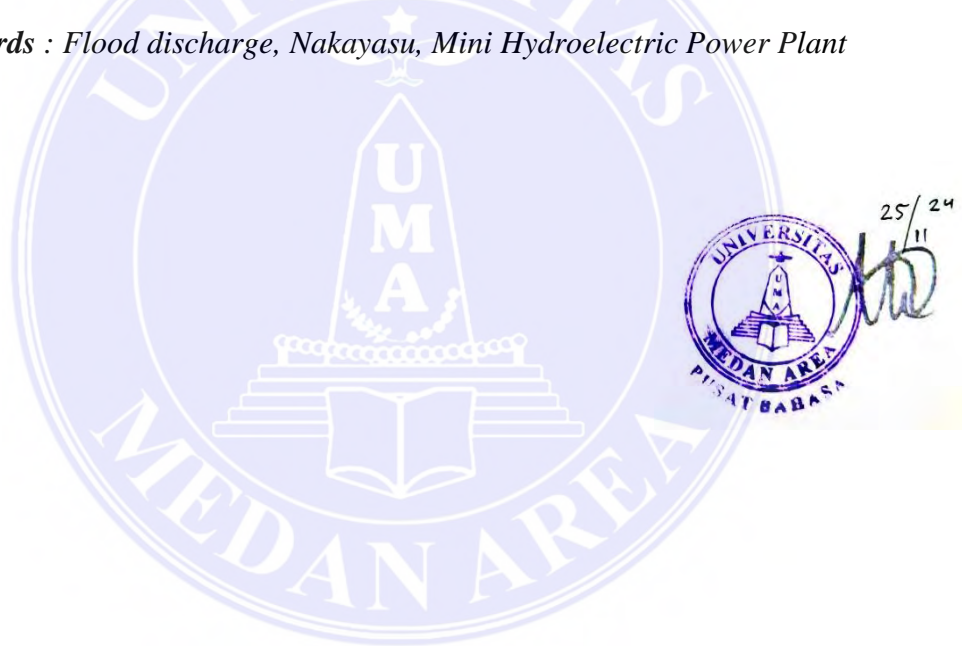




## ABSTRACT

*The analysis of flood discharge is crucial for calculating the planned floodwater height, water pressure, and assessing the stability of dams. The Parmonangan I Sibundong mini-hydro power plant has a significant impact on its surrounding environment, particularly the Sibundong River. Therefore, this study aims to understand the potential environmental impacts that may arise and design appropriate mitigation measures. The research method used is descriptive quantitative, with data collection techniques relying on statistical datasets sourced from BMKG (Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency) and the Sampali Medan Climatology Station. The results show a return period (T) of 100 years with a peak discharge ( $Q_p$ ) of  $240.096 \text{ m}^3/\text{s}$  at  $t = 7.136$  hours. Thus, based on the results of the Nakayasu synthetic unit hydrograph method using river data obtained, it can be applied to the calculation and planning of hydraulic structures in the Sibundong River at Parmonangan..*

**Keywords :** Flood discharge, Nakayasu, Mini Hydroelectric Power Plant



## DAFTAR ISI

COVER .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGHANTAR.....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Debit banjir .....	7
2.3 Analisis Debit Banjir .....	8
2.3.1 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	8
2.4 Curah Hujan Rata-rata.....	10
2.5 Distribusi Probalitas .....	12
2.5.1 Distribusi Normal .....	12
2.5.2 Distribusi Log Normal.....	13
2.5.3 Distribusi Log Person Type III.....	14
2.5.4 Distribusi Gumbel .....	15

2.5.5	Penentuan Distribusi Curah Hujan .....	17
2.6	Uji distibusi Probabilitas .....	17
2.6.1	Metode Chi-Kuadrat .....	18
2.6.2	Metode Smirnov-Kolgomorof .....	20
2.7	Intensitas Hujan Rencana .....	21
2.8	Daerah Aliran Sungai (DAS).....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>25</b>
3.1	Lokasi Penelitian .....	25
3.2	Rancangan Penelitian .....	26
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	30
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>31</b>
4.1	Analisis Curah Hujan Rata-rata.....	31
4.1.1	Perhitungan Metode Aritmatika .....	31
4.1.2	Perhitungan Metode Polygon Thiessen.....	33
4.2	Analisis Distriibusi Curah Hujan Rencana Probalitas.....	33
4.2.1	Distribusi Normal.....	34
4.2.2	Distribusi Log Normal.....	35
4.2.3	Distribusi Log Pearson Type III .....	38
4.2.4	Distribusi Gumbel .....	40
4.3	Uji Distribusi Probalitas .....	43
4.3.1	Metode Chi-Kuadrat.....	44
4.3.2	Metode Smirnov-Kolmogorof (Secara Analitis).....	48
4.4	Uji distribusi dengan Metode Smirnov-Kolgomorof untuk Distribusi Log Normal.....	49
4.5	Uji distribusi dengan Metode Smirnov-Kolgomorof untuk Distribusi Log Pearson III .....	51
4.6	Analisis Intensitas Hujan.....	52
4.7	Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	54
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>64</b>
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>66</b>

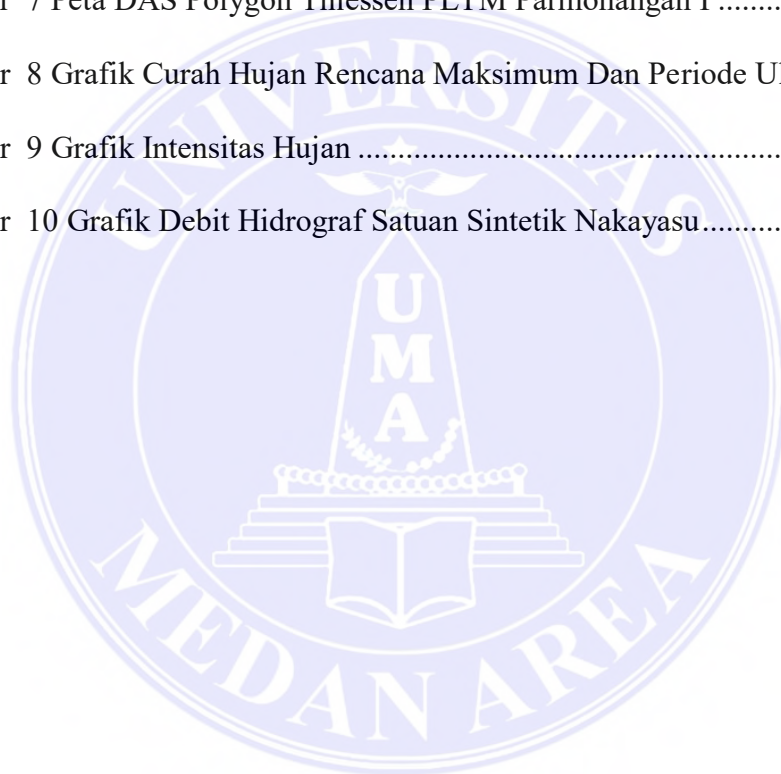
## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Nilai variabel reduksi gauss .....	13
Tabel 2 Nilai K untuk distribusi Log-person III .....	14
Tabel 3 <i>Reduced mean</i> , $Y_n$ .....	16
Tabel 4 <i>Reduced Standard Deviation</i> , $S_n$ .....	16
Tabel 5 <i>Reduced Variate</i> , $Y_{Tr}$ sebagai fungsi periode ulang .....	17
Tabel 6 Persyaratan parameter statistik suatu distribusi .....	17
Tabel 7 Nilai parameter Chi-Kuadrat Kritis, $X_{cr}^2$ (Uji satu sisi).....	19
Tabel 8 Nilai kritis $D_o$ untuk uji <i>Sminorv-Kolmogrov</i> .....	21
Tabel 9 Luas Area Pengaruh Stasiun Hujan DAS Parmonangan I.....	26
Tabel 10 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Dolok Sanggul .....	27
Tabel 11 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Sijamapolang.....	27
Tabel 12 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Sektor Aek Raja .....	28
Tabel 13 Perhitungan Metode Aritmatika.....	32
Tabel 14 Perhitungan Curah Hujan Regional Harian Maksimum .....	33
Tabel 15 Perhitungan Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Normal .....	34
Tabel 16 Analisis Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Normal.....	35
Tabel 17 Analisis Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Log Normal .....	35
Tabel 18 Analisis Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Log Normal .....	36
Tabel 19 Analisis Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Log Pearson Type III .....	38
Tabel 20 Analisis Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Log Pearson Type II .....	38
Tabel 21 Analisis Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Gumbel .....	40
Tabel 22 Analisis Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Gumbel .....	41
Tabel 23 Rekapitulasi Analisa Curah Hujan Rencana Maksimum.....	42
Tabel 24 Parameter penentuan distribusi probabilitas .....	43
Tabel 25 Pengurutan data hujan dari besar ke kecil.....	44
Tabel 26 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Normal .....	45
Tabel 27 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Log Normal .....	46
Tabel 28 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III.....	46
Tabel 29 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Gumbel.....	46

Tabel 30	Perhitungan $\chi^2$ untuk distribusi Normal.....	46
Tabel 31	Perhitungan $\chi^2$ untuk distribusi Log Normal . .....	47
Tabel 32	Perhitungan $\chi^2$ untuk distribusi Log Pearson III .....	47
Tabel 33	Perhitungan $\chi^2$ untuk distribusi Gumbel . .....	47
Tabel 34	Rekapitulasi nilai $\chi^2$ dan $\chi^2_{cr}$ .....	47
Tabel 35	Perhitungan Uji Distribusi dengan Metode Smirnov-Kolgomorof untuk Distribusi Normal.....	48
Tabel 36	Perhitungan Uji Distribusi dengan Metode Smirnov-Kolgomorof untuk Distribusi Log Normal .....	49
Tabel 37	Perhitungan Uji Distribusi dengan Metode Smirnov-Kolgomorof untuk Distribusi Log Pearson Type III .....	51
Tabel 38	Analisis Curah Hujan Rencana Dengan Distribusi Gumbel .....	52
Tabel 39	Analisis Intensitas hujan (mm/jam) .....	53
Tabel 40	Unit Hidrograf.....	55
Tabel 41	Hasil Perhitungan HSS Nakayasu Periode Ulang 100 Tahun .....	56
Tabel 42	Hasil Perhitungan HSS Nakayasu Periode Ulang 2 Tahun .....	58
Tabel 43	Hasil Perhitungan HSS Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun .....	59
Tabel 44	Hasil Perhitungan HSS Nakayasu Periode Ulang 10 Tahun .....	60
Tabel 45	Hasil Perhitungan HSS Nakayasu Periode Ulang 25 Tahun .....	61
Tabel 46	Hasil Perhitungan HSS Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun .....	62
Tabel 47	Rekapitulasi Debit Puncak Berbagai Periode Ulang .....	63

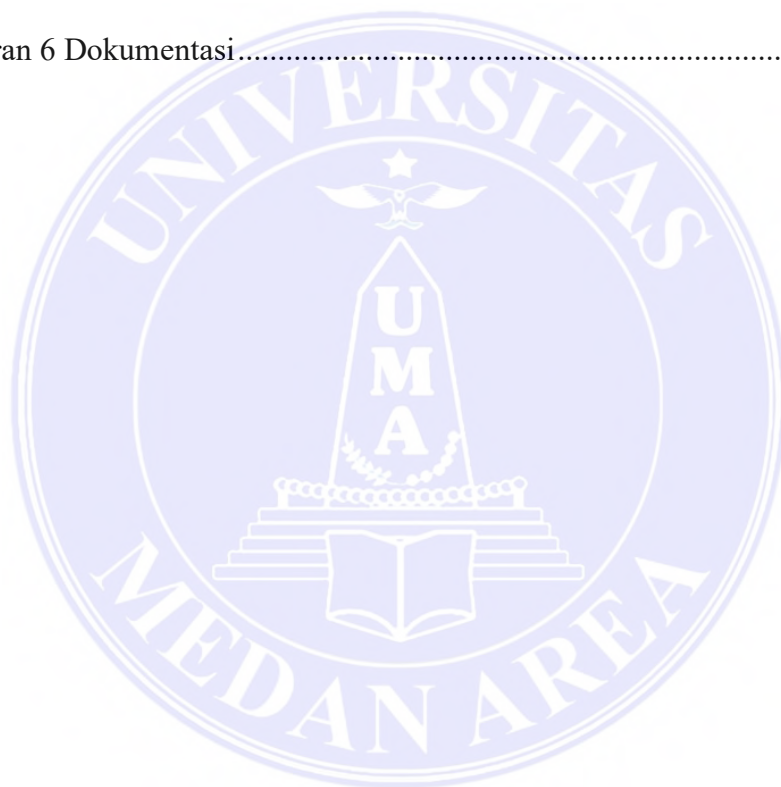
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	10
Gambar 2 Gambar Metode Poligon Thiessen .....	11
Gambar 4 Contoh Bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS) .....	23
Gambar 5 Bentuk Corak Pada Pola Aliran DAS .....	24
Gambar 6 Peta Lokasi PLTM Parmonangan I .....	25
Gambar 7 Peta DAS Polygon Thiessen PLTM Parmonangan I .....	26
Gambar 8 Grafik Curah Hujan Rencana Maksimum Dan Periode Ulang. ....	43
Gambar 9 Grafik Intensitas Hujan .....	54
Gambar 10 Grafik Debit Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	57



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Selesai Penelitian .....	68
Lampiran 2 Stasiun Curah Hujan .....	69
Lampiran 3 Data Curah Hujan Maksimum (Milimeter) Tertinggi Dolok Sanggul .....	70
Lampiran 4 Data Curah Hujan Maksimum (Milimeter) Tertinggi Sijamapolang .	71
Lampiran 5 Data Curah Hujan Maksimum (Milimeter) Tertinggi Aek Raja .....	72
Lampiran 6 Dokumentasi .....	73



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Debit merupakan jumlah air yang mengalir di dalam saluran atau sungai perunit waktu. Metode yang umum di terapkan dalam menetapkan debit sungai dengan menggunakan metode profil sungai (*Cross Section*). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertikal sungai (profil sungai) dengan kecepatan aliran air. Debit (kecepatan aliran) adalah komponen penting yang berhubungan dengan permasalahan Das seperti erosi, sedimentasi, banjir, dan longkos. Oleh karena itu perhitungan debit harus di lakukan dengan monitoring daeran aliran sungai (DAS) (Rahayu, 2009).

Debit Aliran sungai adalah merupakan laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $m^3/dt$ ). Sungai dari beberapa aliran sumber air yang ada di ketinggian, misalnya disebuah puncak buit maupun gunung yang sangat tinggi, dimana air hujan sangat banyak jatuh di daerah tersebut, kemudian berkumpul di bagian yang cekung, lama kelamaan dikarenakan terlalu penuh akhirnya mengalir keluar melalui bagian bibir cekungan yang paling mudah tergerus air.

Selanjutnya air itu mengalir diatas permukaan tanah yang paling rendah dan kemudian mula-mula merata, namun karena adanya bagian permukaan tanah yang tidak begitu keras, maka mudahlah terkikis, sehingga menjadi alur-alur yang tercipta makin hari makin panjang, seiring dengan semakin deras dan semakin



sering air mengalir dari alir itu. Semakin panjang dan semakin dalam alur itu akan berbelok dan bercabang dan apabila air mengalir dari situ dan terhalang oleh batu besar dan banyak, demikian juga sungai di bawah permukaan tanah dan terjadi dari air yang mengalir dari atas kemudian menemukan bagian-bagian yang dapat ditembus kebawah permukaan tanah dan mengalir ke arah daratan yang rendah dan kemudian lama kelamaan sungai itu akan semakin melebar dan besar.

Debit banjir adalah debit maksimum di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang (rata-rata) yang sudah ditentukan yang dapat dialirkan tanpa membahayakan proyek irigasi dan stabilitas bangunan-bangunannya. Debit banjir rencana ditetapkan dengan cara menganalisis debit puncak, dan biasanya dihitung berdasarkan hasil pengamatan harian tinggi muka air. Melalui periode ulang, dapat ditentukan nilai debit rencana. Debit banjir rencana ini dipergunakan untuk perhitungan tinggi air banjir rencana, tekanan air dan menghitung stabilitas bendung, talud dan bronjong.

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Parmonangan I berlokasi di Desa Manalu Dolok, Kecamatan Parmonangan, Tapanuli Utara, Sumatera Utara yang telah diresmikan pada Tahun 2019. PLTM Parmonangan I yang sudah beroperasi memegang peranan penting dalam pengembangan infrastruktur sungai dan pembangunan pembangkit listrik mikrohidro. Proyek PLTM Parmonangan I memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan, khususnya Sungai Sibundong. Oleh sebab itu, penting untuk memahami potensi dampak lingkungan yang mungkin timbul dan merancang langkah-langkah mitigasi yang sesuai.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti merasa perlu adanya Analisis debit banjir, maka dari itu peneliti mengangkat Judul tentang “**Analisa Debit**

**Banjir Pada Titik Bendung PLTM Parmonangan I Sungai Sibundong”** untuk mengidentifikasi dan mengetahui besar dan kecilnya nilai debit banjir pada lokasi PLTM Parmonangan I.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menentukan debit banjir rencana periode ulang 100 tahun?
2. Bagaimana luasan kondisi Daerah Aliran Sungai PLTM Parmonangan I ?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah penelitian yang dilakukan, maka peneliti akan membatasi penelitian ini hanya meneliti wilayah PLTM Parmonangan I. ini bermaksud agar analisis penelitian yang dilakukan bisa terkonsentrasi pada kawasan dan daerah yang dimaksud dengan permasalahan yg ada pada lingkup pembahasan.

## 1.4 Tujuan Penelitian

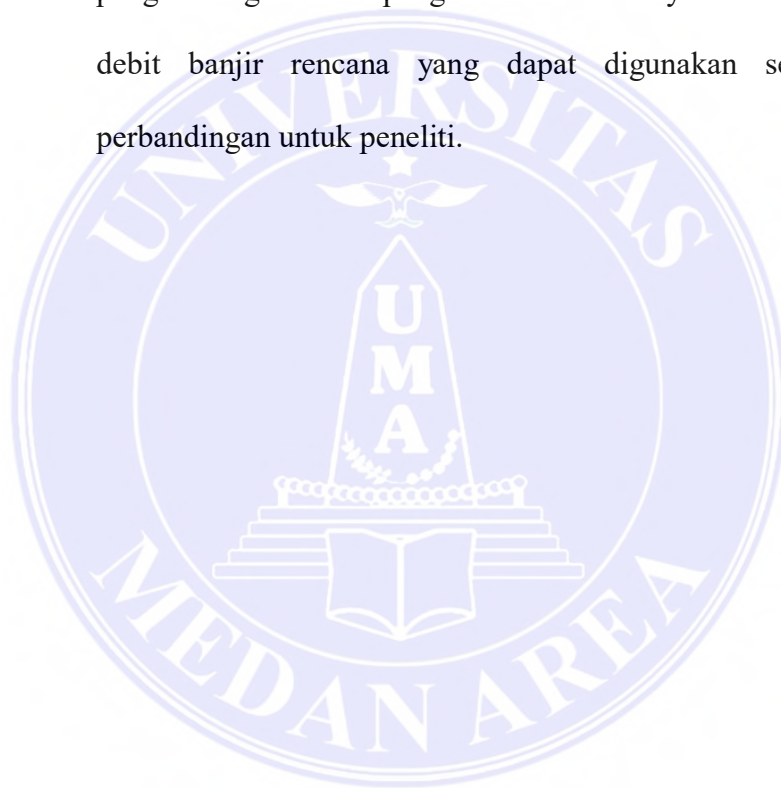
Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan debit banjir rencana pada PLTM Parmonangan I periode ulang 100 tahun.
2. Untuk menentukan dan mengidentifikasi kondisi dan luasan daerah aliran sungai (DAS).

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat bagi instansi setempat ialah sebagai pedoman/acuan dalam pengambilan keputusan terkait kontruksi bangunan air PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro).
2. Manfaat untuk Peneliti sendiri ialah sebagai penelitian lanjutan dan pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam menentukan debit banjir rencana yang dapat digunakan sebagai bahan perbandingan untuk peneliti.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan usaha peneliti untuk melakukan perbandingan dan mencari inspirasi baru untuk penelitian berikutnya. Selain itu, studi terdahulu membantu penelitian dengan memposisikan dan menunjukkan orisinalitas dari penelitian tersebut. Pada bagian ini, peneliti menyajikan hasil-hasil penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan, kemudian merangkumnya, termasuk penelitian yang sudah terpublikasikan maupun yang belum (skripsi, tesis, disertasi, dll.). Melalui langkah ini, dapat dilihat sejauh mana orisinalitas dan posisi penelitian yang akan dilakukan (Taufiqurrahman, 2015). Beberapa kajian yang memiliki relasi atau keterkaitan dengan kajian ini antara lain:

1. Sofyan S.A, dan Aziz A.A, Journal on Education 2023, dengan judul penelitiannya “Analisis Debit Banjir Tanggul Bendungan Way Apu Pulau Buru Ambon.” Penelitian dilakukan dengan tujuan penelitian ini untuk mengetahui debit rancangan kala ulang 25 tahun menggunakan metode HSS, ITB 1, ITB 2. Hasil analisis dari tiga metode tersebut maka yang mendekati nilai debit perencanaan yaitu metode ITB 1 dengan debit Q25 perencanaan sebesar 627 m<sup>3</sup>/det, dan Nilai debit Q25 selama masa konstruksi sebesar 768 m<sup>3</sup>/det telah terlampaui nilai debit perencanaan Q25 sebesar 627 m<sup>3</sup>/det.

2. Saputra M.A, Saputri U.S, Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan 2021, dengan judul penelitian “Analisis Debit Banjir Rencana dengan metode hidrograf satuan sintetis nakayasu di daerah aliran sungai Cimandiri.” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya rancangan curah hujan harian maksimum dan nilai debit hujan Sungai Cimandiri dengan kala ulang dua, lima, 10, 50 dan 100 tahun. Hasil perhitungan menunjukkan, Hujan rancangan dengan metode Log Pearson III mendapat nilai kala ulang dua tahun 49,398 mm, kala ulang lima tahun 71,017 mm, kala ulang 10 tahun 84,408 mm, kala ulang 50 tahun 114,193 mm dan kala ulang 100 tahun 127,215 mm. Hasil perhitungan debit banjir rencana menggunakan HSS Nakayasu mendapat nilai kala ulang dua tahun 2654,4 m<sup>3</sup>/detik, kala ulang lima tahun 3815,3 m<sup>3</sup>/detik, kala ulang 10 tahun 4534,3 m<sup>3</sup>/detik, kala ulang 50 tahun 6133,9 m<sup>3</sup>/detik, dan kala ulang 100 tahun 6833,2 m<sup>3</sup>/detik.
3. Surentu A.A, Mangangka I.R, Jurnal Sipil Statik 2016, dengan judul penelitian “Analisa Debit Banjir Sungai Ranoyapo Di Desa Lindangan, Kec.Tompaso Baru, Kab. Minahasa Selatan.” Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode, HSS Gama I, HSS Snyder, HSS Nakayasu, Metode Melchior, Metode Weduwen, dan Metode Haspers. Hasil penelitian tersebut adalah enam metode yang ada memberikan hasil yang berbeda-beda, tetapi memberikan pola peningkatan debit yang hampir sama. Hasil perhitungan dapat dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu HSS Nakayasu (ekstrim

tinggi), HSS Snyder, Metode Weduwen dan Metode Haspers (moderat), HSS Gama I dan Metode Melchior (ekstrim rendah). Untuk itu direkomendasikan untuk menggunakan hasil perhitungan HSS Snyder.

## 2.2 Debit banjir

Definisi banjir menurut Yohana dan rekan-rekan (2017) merujuk pada suatu kejadian yang terjadi karena akumulasi air yang turun dan tidak mampu diserap oleh tanah. Debit banjir rencana merupakan debit maksimum rencana di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas sungai. Analisa debit banjir digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu DAS. Dalam perencanaan debit banjir digunakan sebagai dasar menentukan dimensi bangunan pengelak (*diversion*) saat pelaksanaan dan juga bangunan pelimpah (*Spillway*).

Penentuan debit banjir rancangan idealnya dilakukan melalui data historis kejadian banjir, namun pada kasus tertentu sering digunakan melalui pendekatan hujan rancangan, sehingga sudah menjadi suatu keharusan bagaimana menentukan hujan rancangan jika data debit yang tersedia terbatas atau tidak ada. Data yang diperlukan adalah data curah hujan serta karakteristik fisik DAS. Besaran curah hujan rancangan digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rencana baik secara rasional, empiris maupun statistik.

## 2.3 Analisis Debit Banjir

Soewarno (1995) berpendapat bahwa menentukan debit banjir rencana bergantung pada tujuan yang ingin dicapai. Debit banjir rencana memiliki macammacam kala ulang yang sesuai dengan perencanaan di suatu lokasi. Dalam pemilihan suatu teknik analisis penentuan banjir rencana tergantung dari data-data yang tersedia dan macam dari bangunan air yang akan dibangun. Perhitungan debit banjir memerlukan data curah hujan yang diperoleh melalui stasiun-stasiun penakar hujan. Stasiun penakar hujan yang berpengaruh di DAS Code telah memakai alat otomatis yang menghasilkan curah hujan. Debit banjir rencana ini dipergunakan untuk perhitungan tinggi air banjir rencana, tekanan air dan menghitung stabilitas bendung dan talud bronjong.

### 2.3.1 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Hidrograf Satuan Sintetis merupakan suatu metode yang digunakan untuk memperkirakan debit banjir yang terjadi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) berdasarkan data karakteristik DAS. Dalam penelitian ini, Metode HSS Nakayasu merupakan metode yang digunakan dimana metode ini berasal dari Jepang.

$$Q_p = \frac{C}{3,6} \left( \frac{A R_o}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) \quad (2.1)$$

Dimana :

$Q_p$  = Debit puncak banjir ( $m^3/dt$ )

$C$  = Koefisien pengaliran (mm)

$A$  = Luas DAS ( $km^2$ )

$R_o$  = Satuan kedalaman hujan (mm)

$T_p$  = Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0,3}$  = Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)

Untuk menentukan  $T_p$  dan  $T_{0,3}$  digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \quad (2.2)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \quad (2.3)$$

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (2.4)$$

$t_g$  adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).  $t_g$  dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Sungai dengan panjang alur  $L > 15$  km :  $t_g = 0,4 + 0,058 L$
2. Sungai dengan panjang alur  $L < 15$  km :  $t_g = 0,21 L 0,7$

Perhitungan  $T_{0,3}$  menggunakan ketentuan :

1.  $\alpha = 2 \rightarrow$  pada daerah pengaliran biasa.
2.  $\alpha = 1,5 \rightarrow$  pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat.
3.  $\alpha = 3 \rightarrow$  pada bagian naik hidrograf cepat, dan turun lambat.

Pada waku naik :  $0 < t < T_p$

$$Q_a = (t/T_p)^{2,4} \quad (2.5)$$

Dimana  $Q_a$  adalah limpasan sebelum mencapai debit puncak ( $m^3/dt$ )

Pada kurva turun (*decreasing limb*) :

1. Selang nilai :  $0 \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$  :

$$Q_{d_1} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \quad (2.6)$$

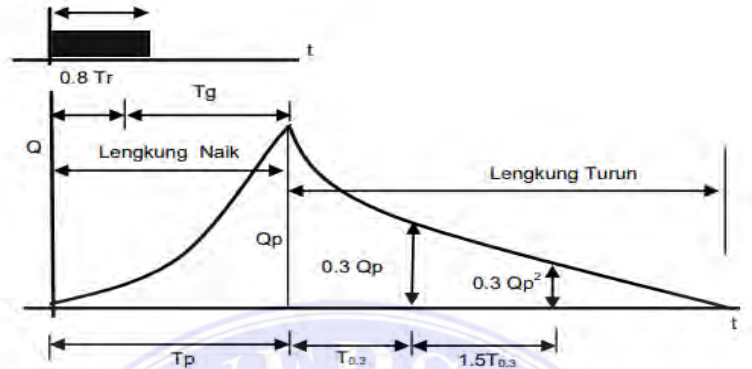
2. Selang nilai :  $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$  :

$$Q_{d_2} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}} \quad (2.7)$$



3. Selang nilai :  $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$  :

$$Qd_3 = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5T_{0,3})}{2T_{0,3}}} \quad (2.8)$$



Gambar 1 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (Zikriansyah, 2016)

## 2.4 Curah Hujan Rata-rata

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu titik saja (*Point Reanfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*Space*), maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada didalam atau disekitar kawasan tersebut. (*Suripin, 2004*). Ada 3 macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan :

1. Metode Aritmatika

Metode aritmatika merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara.

$$\bar{P} = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{n} \quad (2.9)$$

Dimana :

$\bar{P}$  = Tinggi curah hujan rata-rata (mm).

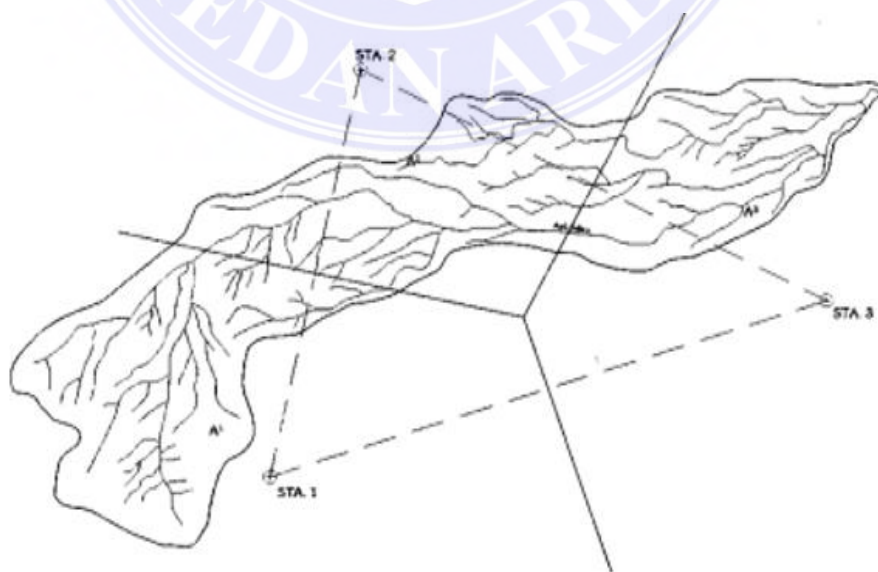
$P_1, P_2 \dots P_n$  = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, . . . , n. (mm).

n = Banyak pos penakaran curah hujan (mm)

Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/hampir merata dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya.

## 2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. (Suripin, 2004). (Gambar 2.2) menunjukkan contoh posisi stasiun 1, 2, dan 3 dari skema poligon Thiessen dalam Daerah Aliran Sungai (DAS).



Gambar 2 Gambar Metode Poligon Thiessen (Sihotang, 2018)

Curah hujan pada suatu daerah dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{A_1.P_1 + A_2.P_2 + \dots + A_n.P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.10)$$

$$P = \frac{A_1.P_1 + A_2.P_2 + \dots + A_n.P_n}{A} \quad (2.11)$$

Dimana :

$P$  = Tinggi curah hujan rata-rata daerah (mm).

$P_n$  = Tinggi curah hujan pada pos penakar hujan (mm).

$A_n$  = Luas daerah pengaruh pos penakar hujan ( $\text{km}^2$ ).

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

## 2.5 Distribusi Probabilitas

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

### 2.5.1 Distribusi Normal

Distribusi Normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi Normal, dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (2.12)$$

Dimana :

$X_T$  = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata dari datai =  $\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$

$K_T$  = Faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T

$$S = \text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_1^n X_i^2 - \frac{(\sum_1^n X_i)^2}{n}}{n-1}}$$

### 2.5.2 Distribusi Log Normal

Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi Log Normal, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T \cdot S \text{ Log } X \tag{2.13}$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$  = Nilai logaritmis hujan rencana periode ulang T tahun.

$\overline{\text{Log } X}$  = Nilai rata-rata dari,  $\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n}$

$S \text{ Log } X$  = Standar Deviasi,  $S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}}$

$K_T$  = Faktor frekuensi, nilainya dari T.

Tabel 1 Nilai variabel reduksi gauss (Zikriansyah, 2016)

No.	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	KT
1	1.001	0.999	-3.05
2	1.005	0.995	-2.58
3	1.010	0.99	-2.33
4	1.050	0.95	-1.64
5	1.110	0.9	-1.28
6	1.250	0.8	-0.84
7	1.330	0.75	-0.67
8	1.430	0.7	-0.52
9	1.670	0.6	-0.25
10	2.000	0.5	0
11	2.500	0.4	0.25
12	3.330	0.3	0.52
13	4.000	0.25	0.67
14	5.000	0.2	0.84
15	10.000	0.1	1.28
16	20.000	0.05	1.64
17	50.000	0.02	2.05
18	100.000	0.01	2.33
19	200.000	0.005	2.58
20	500.000	0.002	2.88
21	1,000.000	0.001	3.09

### 2.5.3 Distribusi Log Person Type III

Untuk analisa frekuensi curah hujan dengan menggunakan metode Log Person Type III, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T \cdot S \text{ Log } X \tag{2.14}$$

Dimana :

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

$\overline{\text{Log } X}$  = Nilai rata-rata dari,  $\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n}$

$S \text{ Log } X$  = Standar Deviasi,  $S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}}$

$K$  = Variabel standar, besarnya tergantung koefisien kemencengan  $C_s$  atau  $G$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{(n-1)(n-2) \cdot S_1^3} \tag{2.15}$$

Dimana :

$C_s$  = Koefisien kemencengan.

Tabel 2 Nilai K untuk distribusi Log-person III (Zikriansyah, 2016)

Koef, $C_s$	Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)							
	1.0101	1.250	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149

Lanjutan tabel 2

1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	-2.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-2.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.6	-2.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.6	-3.889	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.0	-7.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667

### 2.5.4 Distribusi Gumbel

Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode E.J. Gumbel, dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K \cdot S \tag{2.16}$$

Dimana:

$X_T$  = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun.

$\bar{X}$  = Nilai rata – rata dari dat,  $\bar{X} = \frac{\sum_1^n X_i}{n}$

S = Standar deviasi,  $S = \sqrt{\frac{\sum_1^n X_i^2 - \frac{(\sum_1^n X_i)^2}{n}}{n-1}}$

K = Faktor Probabilitas

Faktor Probabilitas K untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$K = \frac{Y_T + Y_n}{S_n} \tag{2.17}$$

Dimana :

$Y_T$  = Reduced variate, sebagai fungsi dari periode ulang T.

$Y_n$  = Reduced mean, sebagai fungsi dari banyak data.

$S_n$  = Reduced standard, deviation sebagai fungsi dari banyak data.

Tabel 3 *Reduced mean, Yn* (Zikriansyah, 2016)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.8396	0.5403	0.5410	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

Tabel 4 *Reduced Standard Deviation, Sn* (Zikriansyah, 2016)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2081	1.2084	1.2087	1.2090	1.2093	1.2096

Tabel 5 *Reduced Variate*, YTr sebagai fungsi periode ulang (Zikriansyah, 2016)

Periode ulang. Tr (tahun)	. YTr
2	0.3668
5	1.5004
10	2.2510
20	2.9709
25	3.1993
50	3.9028
75	4.3117
100	4.6012
200	5.2969
250	5.5206
500	6.2149
1000	6.9087
5000	8.5188
10000	9.2121

### 2.5.5 Penentuan Distribusi Curah Hujan

Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada tabel dibawah

Tabel 6 Persyaratan parameter statistik suatu distribusi (Zikriansyah, 2016)

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

## 2.6 Uji distribusi Probabilitas

Uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, bahwa



terdapat 2 metode pengujian distribusi probabilitas, yaitu Metode Chi-Kuadrat ( $\chi^2$ ) dan Metode Smirnov-Kolmogorof.

### 2.6.1 Metode Chi-Kuadrat

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan Metode Uji Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (2.18)$$

Dimana :

$\chi^2$  = Parameter chi-kuadrat terhitung.

$E_f$  = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya.

$O_f$  = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama.

$n$  = Jumlah sub kelompok.

Derajat nyata atau derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ( $D_k$ ) dihitung dengan rumus :

$$D_k = K - (p+1) \quad (2.19)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n \quad (2.20)$$

Dimana :

$D_k$  = derajat kebebasan.

$p$  = banyaknya parameter, untuk uji chi-kuadrat adalah 2.

$K$  = jumlah kelas distribusi.

$n$  = banyaknya data.

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis atau dirumuskan sebagai berikut :

$$\chi^2 < \chi^2_{cr} \tag{2.21}$$

Dimana :

$\chi^2$  = parameter chi-kuadrat terhitung.

$\chi^2_{cr}$  = parameter chi-kuadrat kritis

Tabel 7 Nilai parameter Chi-Kuadrat Kritis,  $\chi^2_{cr}$  (Uji satu sisi) (Zikriansyah, 2016)

Dk	Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ )							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.1030	5.9910	7.3780	9.2100	10.5970
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.388	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.448	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.225	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.114	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.733	46.979	50.892	53.672

Prosedur perhitungan dengan menggunakan dengan metode chi-kuadrat adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya.
2. Menghitung jumlah kelas.

3. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan  $\chi^2$  cr
4. Menghitung kelas distribusi.
5. Menghitung interval kelas.
6. Perhitungan nilai  $\chi^2$ .
7. Bandingkan nilai  $\chi^2$  terhadap  $\chi^2$  cr

### 2.6.2 Metode Smirnov-Kolgomorof

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

1. Urutkan data ( $X_i$ ) dari besar ke kecil atau sebaliknya.
2. Tentukan peluang empiris masing-masing data yang sudah diurut tersebut

$P(X_i)$  dengan rumus tertentu, rumus Weibull misalnya :

$$P(X_i) = \frac{i}{n+1} \quad (2.22)$$

Dimana :

$n$  = jumlah data.

$i$  = nomor urut data (setelah diurut dari besar ke kecil atau sebaliknya).

3. Tentukan peluang teoritis masing – masing data yang sudah di urut tersebut  $P' (X_i)$  berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang di pilih (Gumbel, Normal, dan sebagainya).

4. Hitung selisih ( $\Delta P_i$ ) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut :

$$\Delta P_i = P(X_i) - P' (X_i) \quad (2.23)$$

5. Tentukan apakah  $\Delta P_i < \Delta P$  kritis, jika “tidak” artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.

6.  $\Delta P$  kritis

Tabel 8 Nilai kritis Do untuk uji *Sminorv-Kolmogrov* (Zikriansyah, 2016)

Jumlah data (n)	Derajat kepercayaan ( $\alpha$ )			
	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	$1.07/n^{0.5}$	$1.22/n^{0.5}$	$1.36/n^{0.5}$	$1.63/n^{0.5}$

2.7 Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan merujuk pada jumlah curah hujan yang jatuh dalam suatu wilayah dalam satuan waktu tertentu. Ini mengukur seberapa kuat hujan tersebut pada saat terjadinya. (Chandra & Suprpto, 2016). Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit dan jamjaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \tag{2.24}$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

## 2.8 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan suatu kesatuan dengan sungai beserta dengan anak-anak sungainya, dan yang berfungsi untuk menampung, menyimpan serta mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau kelaut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas dilaut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Asdakchay), 1995).

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung serta menyimpan air hujan yang kemudian menyalurkan kelaut melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut di sebut sebagai daerah tangkapan air (catchment area) yang merupakan suatu ekosistem dengan komponen utama yang terdiri dari sumber daya alam atau (tanah air dan vegetasi) dan sumber daya manusianya (Asdak, 1995).

Keberadaan DAS atau Sub DAS secara yuridis formal yang sudah tertuang di dalam PERMEN (peraturan pemerintah) No. 33 tahun 1970 tentang perencanaan hutan, dan dimana DAS dibatasi sekuat sebagai daerah tertentu, yang bentuk dan sifat alamnya sedemikian rupa sehingga merupakan suatu kesatuan dengan sungai dan anak sungainya yang melalui daerah tersebut dan yang mempunyai fungsi untuk menampung air yang berasal dari curah hujan,

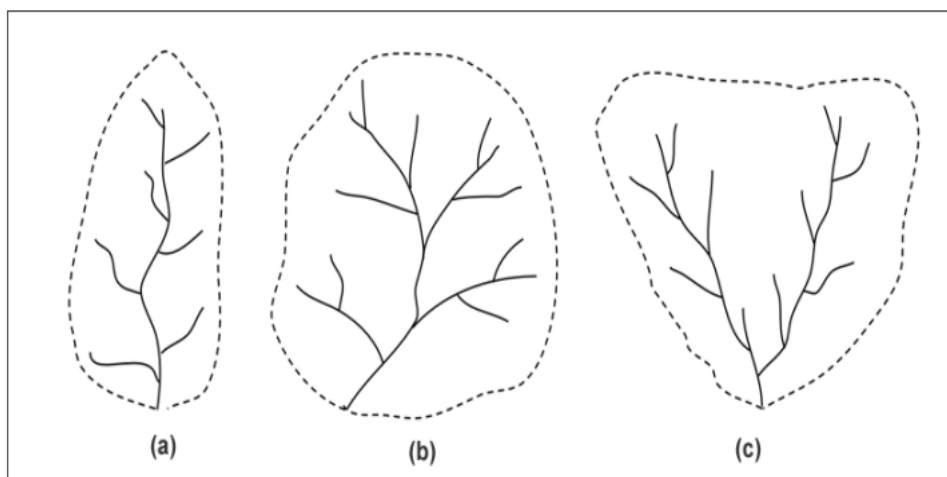
penyimpanan serta pengalirannya dihimpun dan juga di tata berdasarkan hukum alam sekelilingnya demi keseimbangan daerah tersebut (Asdak Chay, 1995).



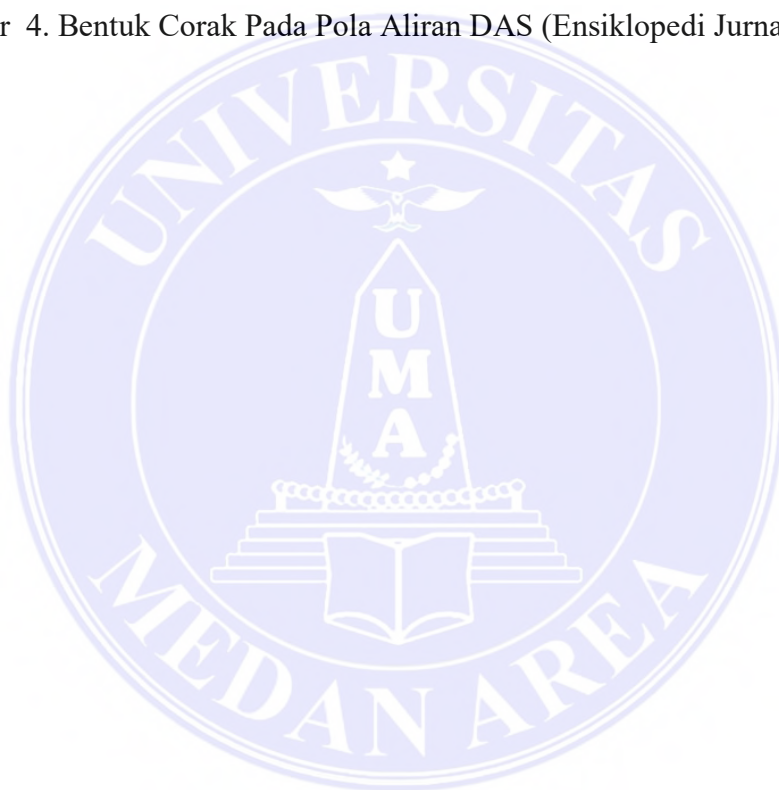
Gambar 3. Contoh Bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS) (Sihotang, 2018)

Ada (tiga) 3 Bentuk Dari Pola Aliran DAS Yaitu :

1. Corak Bulu Burung Disebut bulu burung karena bentuk aliran anak sungainya menyerupai ruas-ruas tulang dari bulu burung. Anak-anak sungai langsung mengalir ke sungai utama. Corak seperti ini resiko banjirnya relatif kecil karena air dari anak sungai tiba di sungai utama pada waktu yang berbeda-beda.
2. Corak Radial Disebut juga menyebar. Anak sungai menyebar dan bertemu di titik-titik tertentu. Wilayahnya berbentuk kipas atau lingkaran. Memiliki resiko banjir yang cukup besar di titik-titik pertemuan anak sungai.
3. Corak Pararel Memiliki dua jalur sub daerah aliran sungai yang sejajar dan bergabung di bagian hilir. Memiliki resiko banjir yang cukup besar di titik hilir aliran sungai.



Gambar 4. Bentuk Corak Pada Pola Aliran DAS (Ensiklopedi Jurnal Bumi, 2020)

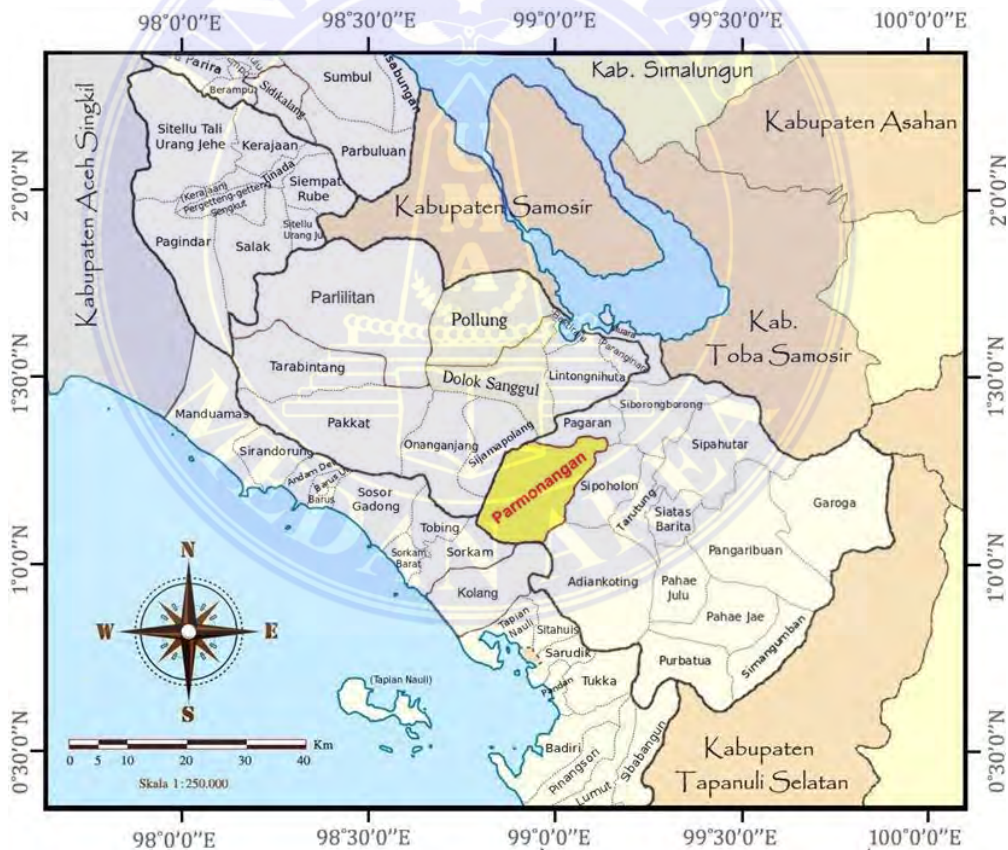


## BAB III

### METODE PENELITIAN

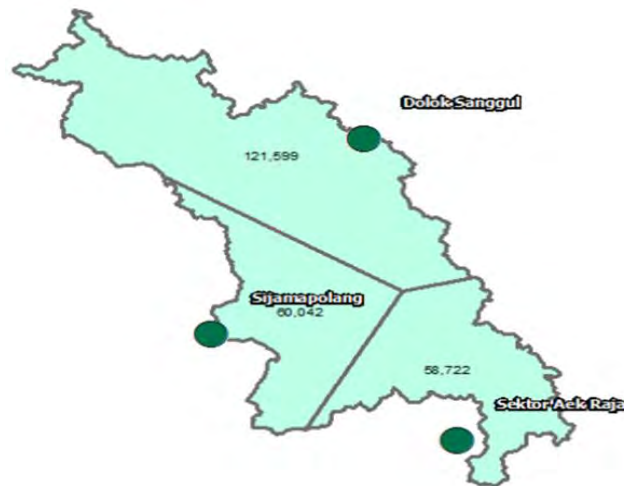
#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah di PLTM Parmonangan I. Bendung Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Parmonangan I merupakan PLTM pertama di Tapanuli Utara dengan Kapasitas 2 X 4,5 MW yang dimiliki oleh PT. Seluma Energy. Peninjauan lokasi penelitian ini bertujuan untuk menganalisa berapa debit banjir yang di lokasi studi kasus PLTM Parmonangan I.



Gambar 5. Peta Lokasi PLTM Parmonangan I (Google Maps, 2023)





Gambar 6. Peta DAS Polygon Thiessen PLTM Parmonangan I (PT. Seluma Clean Energy, 2023)

Tabel 9 Luas Area Pengaruh Stasiun Hujan DAS Parmonangan I (PT. Seluma Clean Energy, 2023)

No	Nama Stasiun Penakar Curah Hujan	Luas Areal (km <sup>2</sup> )
1	Stasiun Dolok Sanggul (Humbang Hasandutan)	121,599
2	Stasiun Sijamapolang (Humbang Hasundutan)	60,043
3	Stasiun Sektor Aek Raja (Tapanuli Utara)	58,722
	Jumlah	240,364

### 3.2 Rancangan Penelitian

Metodologi yang digunakan untuk mengolah data dalam penulisan ini adalah metode kuantitatif deskriptif, yaitu metode perhitungan dan penjabaran hasil pengolahan data lapangan dari lokasi yang ditinjau. Studi penelitian dilakukan sesuai urutan di bawah ini:

#### 1. Tinjauan Pustaka

Rumusan-rumusan serta konsep-konsep teoritis dari berbagai literatur dipelajari dan dipahami agar landasan teoritis terpenuhi dalam mengembangkan konsep penelitian mengenai analisis debit banjir dengan menggunakan metode Hidrograf Satuam Sintetik Nakayasu pada PLTM Parmonangan I Sungai Sibudong.

## 2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi

### a. Data Primer,

Data primer adalah data yang diperoleh dari sumber pertama/sumber data atau data yang dikumpulkan peneliti secara langsung melalui obyek penelitian seperti tinjauan ke lokasi dan data ini biasanya belum diolah. Disini peneliti menggunakan data curah hujan harian maksimum dilokasi DAS tersebut.

Tabel 10. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Dolok Sanggul (BMKG, Stasiun Klimatologi Sampali Medan, 2023)

THN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES	MAX/THN
2012	17	29	30	27	33	23	36	29	70	27	37	39	70
2013	34	38	28	34	43	41	65	41	37	75	50	59	75
2014	35	13	30	35	49	20	21	74	115	31	61	54	115
2015	51	23	43	101	61	13	10	20	56	37	29	55	101
2016	25	21	62	60	57	26	20	15	24	59	65	28	65
2017	26	29	35	35	16	42	18	32	54	26	57	31	57
2018	29	55	53	55	33	30	7	20	63	63	45	77	77
2019	70	46	68	39	47	64	50	42	16	83	37	80	83
2020	31	18	131	49	25	49	50	60	60	48	74	39	131
2021	34	25	46	118	105	29	50	64	30	41	45	33	118

Tabel 11. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Sijamapolang (BMKG, Stasiun Klimatologi Sampali Medan, 2023)

THN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES	MAX/THN
2012	27	27	35	50	27	17	7	25	18	5	18	17	50
2013	28	22	24	29	22	29	8	21	14	22	21	29	29
2014	7	7	x	22	24	10	10	5	5	6	26	28	28
2015	18	20	21	24	27	25	18	16	8	18	X	22	27
2016	17	22	22	19	23	24	20	24	21	20	23	23	24
2017	23	23	19	20	20	14	18	21	21	21	21	25	25
2018	21	22	23	28	22	7	154	32	20	34	188	63	188
2019	42	51	35	27	51	27	90	73	51	41	9	X	90
2020	80	36	83	32	20	30	34	45	R	X	31	43	83
2021	41	41	39	80	63	30	28	39	46	33	44	53	80

Tabel 12 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Sektor Aek Raja (BMKG, Stasiun Klimatologi Sampali Medan, 2023)

THN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES	MAX/ THN
2012	54	47	46	20	25	19	53	41	x	63	63	46	63
2013	27	42	33	49	16	22	19	24	45	51	51	37	51
2014	37	X	29	39	61	x	X	x	14	17	17	27	61
2015	47	18	19	31	36	27	31	37	X	5	5	32	47
2016	23	45	45	40	35	27	45	45	22	30	30	51	51
2017	60	52	44	48	41	31	X	45	30	23	23	20	60
2018	31	40	48	67	59	41	26	25	40	59	59	55	67
2019	52	52	55	36	52	25	28	21	52	64	64	28	64
2020	38	38	59	52	42	37	28	31	37	26	26	28	59
2021	35	11	55	25	33	28	28	34	28	38	38	34	55

Keterangan :

X = Data Kosong dikarenakan alat rusak dan tidak dicatat

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang mendukung penelitian dan memberikan gambaran umum tentang hal-hal yang mencakup penelitian. Pengumpulan data sekunder didapatkan melalui instansi-instansi yang terkait dalam permasalahan ini, seperti jurnal, buku literatur, internet dan dokumen lainnya.

3. Pengolahan Data

Setelah semua data yang dibutuhkan diperoleh, langkah selanjutnya adalah pengolahan data. Data-data yang telah diolah oleh suatu pusat penelitian akan di hitung dengan menggunakan suatu metode.

#### 4. Analisis Data

Dari hasil pengolahan akan dilakukan analisa data sehingga dapat diperoleh kesimpulan akhir yang berarti. Beberapa analisa tersebut berupa:

##### a. Analisis curah hujan

Data ini berguna untuk mengetahui intensitas curah hujan jam-jaman dalam kala ulang 10 tahun terakhir untuk digunakan sebagai bagian dalam parameter perhitungan Hidrograf yang akan ditentukan.

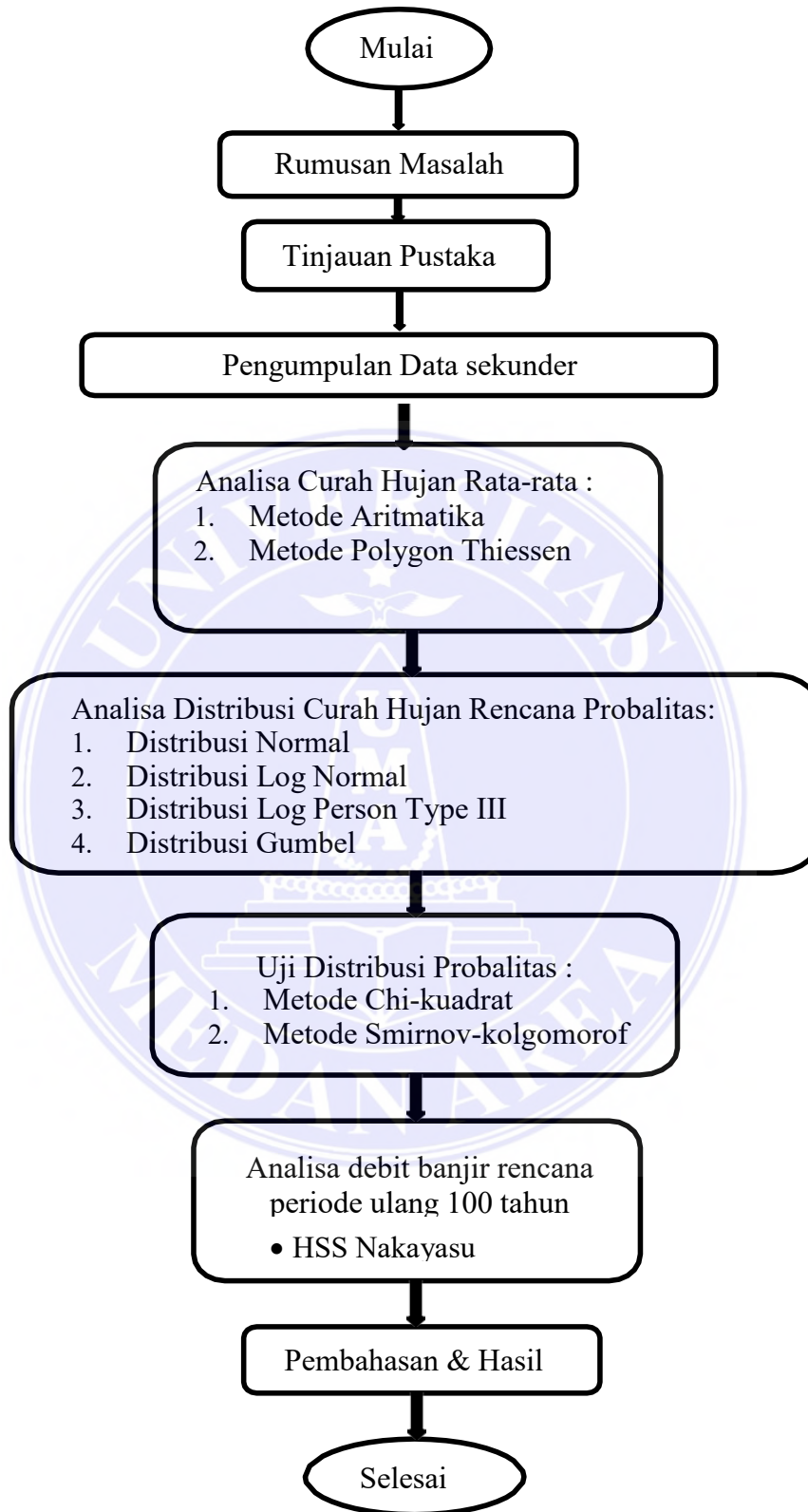
##### b. Analisis debit puncak Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Data ini berguna untuk mengetahui debit puncak dari masing-masing metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu di PLTM Parmonangan I Sungai Sibundong.

#### 5. Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dapat dilakukan setelah hasil pengolahan data diperoleh, ditambah dengan uraian dan informasi yang diperoleh di lapangan.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis debit banjir dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu pada sungai Sibudong Parmonangan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil Analisis Debit banjir puncak metode HSS Nakayasu berbagai Periode ulang :  
Periode ulang (T) 2 Tahun dengan Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 108,314 m<sup>3</sup>/dt pada t = 7,136 jam, Periode ulang (T) 5 Tahun dengan Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 143,594 m<sup>3</sup>/dt pada t = 7,136 jam , Periode ulang (T) 10 Tahun dengan Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 166,954 m<sup>3</sup>/dt pada t = 7,136 jam, Periode ulang (T) 25 Tahun dengan Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 196,466 m<sup>3</sup>/dt pada t = 7,136 jam, Periode ulang (T) 50 Tahun dengan Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 218,361 m<sup>3</sup>/dt pada t = 7,136 jam, Periode ulang (T) 100 Tahun dengan Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 240,096 m<sup>3</sup>/dt pada t = 7,136 jam
2. Berdasarkan hasil dari metode hidrograf satuan sintetik nakayasu dengan menggunakan data sungai yang diperoleh, maka dapat diterapkan untuk kepentingan perhitungan dan perencanaan bangunan air di sungai Sibudong Parmonangan.

## 5.2 Saran

1. Untuk memperoleh hasil perhitungan yang akurat sebaiknya menggunakan curah hujan jam-jaman.
2. Dapat banyak lagi membandingkan metode Hidrograf Satuan Sintetik lain untuk mengetahui perbandingan dengan hasil metode yang sudah dibahas.




## DAFTAR PUSTAKA

- Abdaa, D., & Darfia, N. E. (2021). Analisis Debit Banjir Rencana Das Ambacang Berdasarkan Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu Dan Metode Scs. PROSIDING SNAST, 11-18.
- Denik S. Krisnayanti, Elia Hunggurami & Rivaldi S. Heo. (2020). "Perbandingan Debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu, Gama I dan Limantara pada DAS Raknamo". Jurnal Teknik Sipil, Vol. IX, No. 1.
- Dewi, R., Limantara, L. M., & Soetopo, W. (2016). Analisis Parameter Alfa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Di Sub Das Lesti. Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering, 7(1), 107-116.
- Hasibuan, S. H. 2012, Analisa Debit Banjir Sungai Bonai Kabupaten Rokan Hulu Menggunakan Pendekatan Hidrograf Satuan Nakayasu, Jurnal, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Riau.
- I Made Kamiana. 2010. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- M. Afiz Zikriansyah. (2016). "Analisis Debit Banjir Dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Pada Sungai Batanghari Leko Kecamatan Batanghari Leko". Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Rahayu, Sukmawati. "Penelitian kualitas air Bengawan Solo pada saat musim kemarau." Jurnal sumber daya air 5.2 (2009): 127-136.
- Sarminingsih, Anik. "Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan." Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan 15.1 (2018): 53-61.
- Rico Sihotani, Miftah Hazm, & Debby Rahmawati. (2011). "Analisis Banjir Rancangan Dengan Metode Hss Nakayasu Pada Bendungan Gintung". Universitas Gunadarma. Depok.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Andi, Yogyakarta.
- Zikriansyah, M. A. (2016). Analisis Debit Banjir dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik pada Sungai Batanghari Leko Kecamatan Batanghari Leko.





## Lampiran 1 Surat Selesai Penelitian

 **PT. SELUMA CLEAN ENERGY**  
Jl. Padang Golf Komplek CBD Polonia Blok F No. 31 Medan Polonia  
Tlp. 061-4207 8331, Fax. 061-4207 8330

---

Nomor : 001/SCE-PRM/Dok/1/2024  
Tanggal : 17 Januari 2024  
Lampiran :-  
Perihal : Selesai Penelitian

**Kepada Yth:**  
**Bapak Dr. Eng., Suprianto, S.T, M.T.**  
**Dekan Fakultas Teknik**  
**Universitas Medan Area**  
Dl,-  
Tempat

Dengan hormat,

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa mahasiswa sebagai berikut:

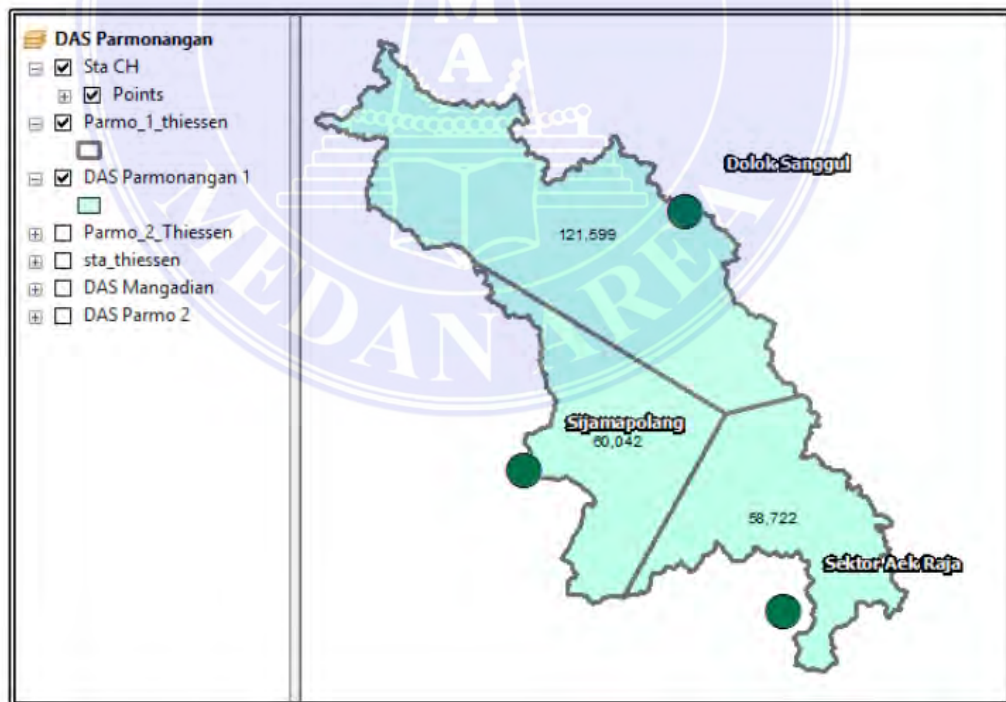
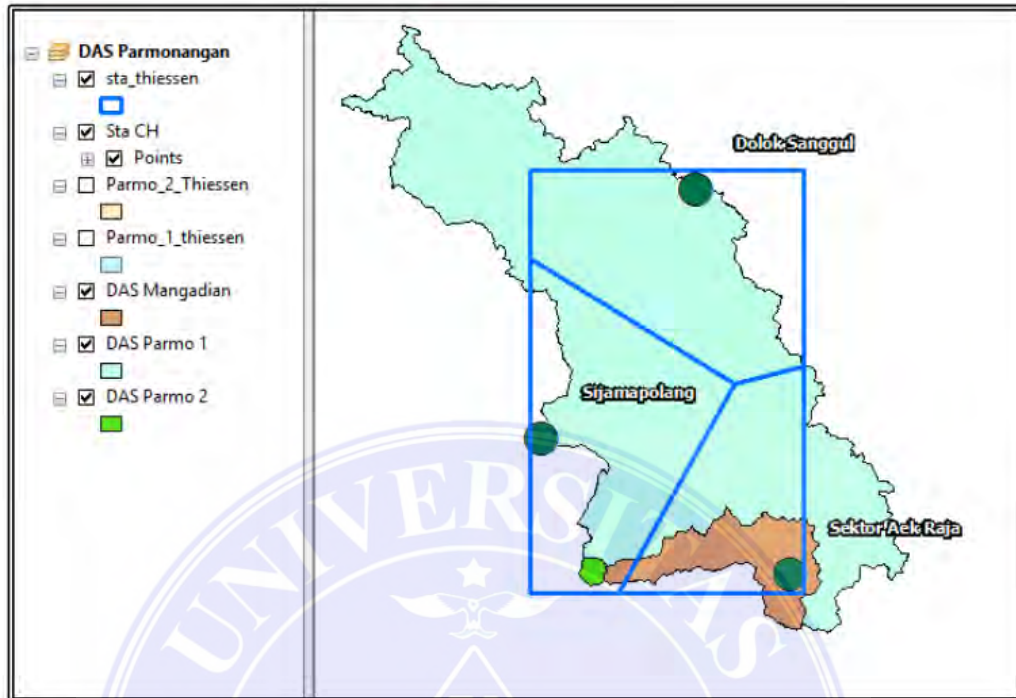
Nama : Martin Luther Hura  
NPM : 198110126  
Jurusan : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : Analisa Debit Banjir Pada Bendung PLTM Parmonangan-1 Sungai Sibundong

Telah selesai melaksanakan penelitian di PLTM Parmonangan -1 , Dusun Parratusan, Desa Manalu Dolak, Kecamatan Parmonangan, Kabupaten Tapanuli Utara. Sesuai dengan waktu yang disepakati sejak Tgl. 20 Oktober 2023 dan selesai pada Tgl. 5 Desember 2023.

Demikian surat keterangan ini saya buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Hormat Saya,  
PT. Seluma Clean Energy,  
  
Dinno Septana  
HR Manager

## Lampiran 2 Stasiun Curah Hujan



### Lampiran 3 Data Curah Hujan Maksimum (Milimeter) Tertinggi Dolok Sanggul

Tahun	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des		M a x / Tahun	
	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max
2013	34	31	38	16	28	12	34	23	43	3	41	12	65	1	41	26	37	5	75	28	50	11	59	22	75	28-Okt-13
2014	35	3	13	15	30	15	35	10	49	31	20	5	21	28	74	8	115	3	31	25	61	22	54	29	115	03-Sep-14
2015	51	28	23	19	43	11	101	12	61	25	13	15	10	17	20	17	56	28	37	19	29	25	55	16	101	12-Apr-15
2016	25	22	21	6	62	21	60	29	57	12	26	13	20	20	15	24	24	5	59	31	65	27	28	6	65	27-Nov-16
2017	26	5	29	11	35	14	35	13	16	12	42	29	18	4	32	12	54	10	26	31	57	27	31	31	57	27-Nov-17
2018	29	19	55	22	53	27	55	8	33	3	30	23	7	1	20	2	63	30	63	31	45	15	77	12	77	12-Des-18
2019	70	16	46	11	68	19	39	3	47	17	64	5	50	7	42	28	16	21	83	24	37	21	80	8	83	24-Okt-19
2020	31	17	18	3	131	21	49	26	25	23	49	4	50	12	60	17	60	23	48	5	74	4	39	15	131	21-Mar-20
2021	34	12	25	9	46	19	118	11	105	17	29	14	50	4	64	14	30	29	41	23	45	5	33	10	118	11-Apr-21
2022	36	14	27	11	48	21	110	10	115	15	31	15	47	7	67	13	27	30	39	28	48	10	35	12	115	15-Mei-22
Max/Bulan	70	16-Jan-19	55	22-Feb-18	131	21-Mar-20	118	11-Apr-21	115	15-Mei-22	64	05-Jun-19	65	01-Jul-13	74	8-Ags-14	115	03-Sep-14	83	24-Okt-19	74	04-Nov-20	80	8-Des-19	131	21-Mar-20

### Lampiran 4 Data Curah Hujan Maksimum (Milimeter) Tertinggi Sijamapolang

Tahun	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des		M a x / Tahun	
	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max
2013	28	29	22	21	24	23	29	28	22	3	29	8	8	1	21	16	14	9	22	20	21	12	29	30	29	30-Des-13
2014	7	11	7	22	x	x	22	29	24	30	10	2	10	13	5	28	5	27	6	28	26	29	28	21	28	21-Des-14
2015	18	27	20	3	21	6	24	30	27	7	25	12	18	31	16	6	8	6	18	10	X	X	22	9	27	7-Mei-15
2016	17	29	22	6	22	21	19	23	23	21	24	17	20	16	24	25	21	2	20	8	23	20	23	22	24	25-Ags-16
2017	23	26	23	28	19	5	20	19	20	20	14	8	18	29	21	29	21	18	21	28	21	6	25	1	25	1-Des-17
2018	21	25	22	28	23	17	28	21	22	4	7	8	154	1	32	23	20	21	34	28	188	30	63	2	188	30-Nov-18
2019	42	16	51	1	35	19	27	10	51	23	27	9	90	7	73	1	51	9	41	17	9	2	X	X	90	07-Jul-19
2020	80	29	36	28	83	28	32	3	20	2	30	20	34	20	45	23	R	R	X	X	31	21	43	17	83	28-Mar-20
2021	41	9	41	27	39	27	80	9	63	2	30	29	28	7	39	19	46	20	33	1	44	7	53	10	80	09-Apr-21
2022	55	12	45	18	40	25	73	20	78	5	26	27	50	15	51	12	48	17	37	10	67	15	60	12	75	5-Mei-22
Max/Bulan	80	29-Jan-20	51	01-Feb-19	83	28-Mar-20	80	09-Apr-21	78	5-Mei-22	30	29-Jun-21	154	01-Jul-18	73	1-Ags-19	51	09-Sep-19	41	17-Okt-19	188	30-Nov-18	63	2-Des-18	188	30-Nov-18

### Lampiran 5 Data Curah Hujan Maksimum (Milimeter) Tertinggi Aek Raja

Tahun	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des		M a x / Tahun	
	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max	M a x	Tgl Max
2013	54	11	47	3	46	28	20	25	25	10	19	9	53	10	41	11	x	x	63	29	58	4	46	17	63	29-Okt-12
2014	27	24	42	2	33	23	49	30	16	11	22	3	19	29	24	30	45	3	51	22	31	13	37	22	51	22-Okt-13
2015	37	22	X	X	29	5	39	4	61	22	x	x	x	x	x	x	14	18	17	28	x	x	27	10	61	22-Mei-14
2016	47	22	18	18	19	10	31	18	36	12	27	9	31	30	37	31	X	X	5	31	21	2	32	10	47	22-Jan-15
2017	23	5	45	10	45	23	40	24	35	13	27	17	45	20	45	31	22	4	30	27	42	17	51	5	51	5-Des-16
2018	60	3	52	28	44	9	48	19	41	2	31	30	X	X	45	30	30	25	23	31	32	7	20	21	60	03-Jan-17
2019	31	21	40	20	48	21	67	22	59	13	41	27	26	16	25	23	40	24	59	11	48	12	55	11	67	22-Apr-18
2020	52	8	52	9	55	2	36	15	52	15	25	3	28	7	21	29	52	30	64	3	46	21	28	28	64	3-Okt-19
2021	38	28	38	15	59	28	52	20	42	7	37	18	28	24	31	17	37	10	26	24	29	11	28	19	59	28-Mar-20
2022	35	13	11	7	55	14	25	18	33	19	28	29	28	4	34	15	28	24	38	31	38	5	34	10	55	14-Mar-21
Max/Bulan	45	7	25	17	47	10	65	20	29	22	33	4	34	10	41	13	20	29	51	4	54	18	45	15	65	20-Apr-22
	60	03-Jan-17	52	09-Feb-19	59	28-Mar-20	65	20-Apr-22	61	22-Mei-14	41	27-Jun-18	53	10-Jul-12	45	30-Ags-17	52	30-Sep-19	64	3-Okt-19	58	04-Nov-12	55	11-Des-18	67	22-Apr-18

## Lampiran 6 Dokumentasi





WATERWAY







## POWER HOUSE