

**ANALISA HUBUNGAN CURAH HUJAN DENGAN  
KARAKTERISTIK DAERAH ALIRAN SUNGAI DELI  
MEDAN**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

**Oleh:**

**SHEMA LESTARI  
148110124**



**PROGAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN**

**2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

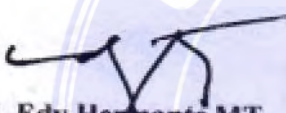
Judul Skripsi : Analisa Hubungan Curah Hujan Dengan Karakteristik Daerah  
Aliran Sungai Deli Medan

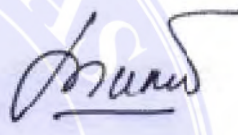
Nama : Shema Lestari

NPM : 148110124

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

  
Ir. H. Edy Hermanto, MT  
Pembimbing I

  
Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT  
Pembimbing II



  
Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng. M.Sc  
Dekan



  
Ir. Kamaluddin Lubis, MT  
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus :

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya 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 dalam penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya dalam skripsi ini.

Medan, ... Oktober 2017



**SHEMA LESTARI, A.Md**  
**NPM.148110124**

## ABSTRAK

Sungai senantiasa memiliki hubungan yang sangat erat dengan kehidupan kita sehari-hari. Saat ini kondisi sungai Deli mengalami penurunan fungsi seperti sering terjadi banjir di daerah Kampung Aur dan sejumlah pemukiman di pinggiran Sungai Deli. Oleh karena itu, perlu adanya penanggulangan masalah debit banjir pada kawasan tersebut, sehingga dapat diketahui hubungan curah hujannya dengan karakteristik aliran sungai Deli. Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besarnya debit aliran sungai Deli dan tujuan untuk mengetahui hubungan curah hujan dengan karakteristik aliran sungai Deli. Untuk mengetahui hubungan tersebut, digunakan penyebaran distribusi Log Person Tipe III dan penggambarannya menggunakan Hidrograf. Berdasarkan hasil yang diperoleh, didapat hubungan karakteristik fisik Hidrologi berbanding lurus terhadap frekuensi banjir. Artinya dengan curah hujan dari 10 tahun yang dihitung, menggambarkan pergerakan yang sama dengan frekuensi banjir yang akan terjadi dalam periode ulang tertentu. Seperti pada tahun 2005 curah hujan yang didapat dari hasil perhitungan statistik adalah 384.764 mm dengan frekuensi banjir sebesar 13.689 m<sup>3</sup>/s dan 2 tahun periode ulangnya. Nilai kerapatan sungai sebesar 0.016596 km/km<sup>2</sup> ini menandakan alur sungai melewati batuan dengan resistensi keras. Tingkat kelerengan untuk datar dari 0-8 % dengan luas 327.74 Km, sementara luas total sebesar 382.34 Km ( 85.72 % dari luas keseluruhan) . Ini menunjukkan kecepatan alirannya lambat , serta Kondisi lahan kritis di DAS Deli mempunyai luasan yang paling besar Maka perlu adanya evaluasi ulang dan pemeliharaan serta pengoperasian secara rutin dan validasi terhadap aliran Hidrologi

Kata Kunci : Curah Hujan, Debit Air, Log Person III, Hidrograf

## ABSTRACT

*Rivers always have a very close relationship with our daily lives. Currently the condition of the river Deli decreased function As often the floods in Kampung Aur blood and a number of settlements on the banks of the River Deli. Therefore, there needs to be good planning to overcome the problem of flood discharge in the area. Based on this, it is necessary to conduct research (case study) on "Analysis of Rainfall Relationship with River Flow Characteristics In Deli River Flow. The purpose of this research is to analyze the amount of river flow flow Deli with the aim to know the relationship of rainfall with the characteristics of the river flow. To solve the problem of rainfall relationship with river flow characteristics in Deli River Flow, In this case using the distribution of Log Person III distribution and its description using Hydrograph. The result is the physical characteristics of hydrology proportional to the frequency of flooding. This means that rainfall of 10 years calculated describes the same movement with the frequency of floods that will occur in a certain repeat period. As in 2005 the rainfall obtained from the calculation of statistics is 384,764 mm with a flood frequency of 13,689 m<sup>3</sup> / s and 2 years return period. River density value of 0.016596 km / km<sup>2</sup> indicates river flow through rocks with hard resistance. The level of slope to flat from 0-8% with an area of 327.74 Km, while the total area of 382.34 Km (85.72% of the total area). This shows the slow flow rate, as well as critical land conditions in the Deli watershed has the largest area So there needs to be a re-evaluation and maintenance as well as the operation of routine and validation of the flow of Hydrology*

*Keywords: Rainfall, Water Debit, Log Person III, Hydrograph*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan Judul “Analisis Hubungan Curah Hujan dengan Karakteristik Aliran Sungai Pada Daerah Aliran Sungai Deli ”. Dimana skripsi merupakan salah satu persyaratan yang harus dilengkapi dalam menyelesaikan pendidikan dan meraih gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik di Universitas Medan Area.

Dalam menyusun skripsi ini, saya telah berusaha semaksimal mungkin, namun saya menyadari akan keterbatasan baik dalam pengolahan data maupun dalam penyajiannya yang masih terdapat kekurangan. Untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Dan dalam menyusun skripsi ini saya telah banyak mendapat bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. A Ya'kub Matondang, MA. selaku Rektor Universitas Medan Area
2. Bapak Prof.Dr.Dadan Ramdan, M.Eng. M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT. selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT selaku Dosen pembimbing I yang telah memberikan masukan dan bimbingan dalam proses penyusunan skripsi ini

5. Ibu Ir. Nuril Mahdah Rangkuti, MT. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu untuk membina dan mengarahkan penulis dalam proses penyusunan skripsi ini
6. Bapak dan Ibu dosen serta administrasi Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area
7. Kedua Orang Tua dan seluruh keluarga saya yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materi
8. Rekan-rekan mahasiswa yang juga banyak membantu dalam penyusunan laporan ini.

Medan, Oktober 2017

**SHEMA LESTARI, A.Md**  
**NPM. 148110124**

## DAFTAR ISI

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>ABSTRAK</b> .....                                 | <b>i</b>       |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                | <b>ii</b>      |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                          | <b>iii</b>     |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                              | <b>v</b>       |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                            | <b>vii</b>     |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                           | <b>x</b>       |
| <b>DAFTAR GRAFIK</b> .....                           | <b>xi</b>      |
| <br>   |                |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                       | <b>1</b>       |
| <b>1.1 Latar Belakang</b> .....                      | <b>1</b>       |
| <b>1.2 Maksud dan Tujuan</b> .....                   | <b>3</b>       |
| <b>1.3 Rumusan Masalah</b> .....                     | <b>3</b>       |
| <b>1.4 Pengumpulan Data</b> .....                    | <b>4</b>       |
| <b>1.5 Bagan Alir Penelitian</b> .....               | <b>5</b>       |
| <br>   |                |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                 |                |
| <b>2.1 Hidrologi</b> .....                           | <b>6</b>       |
| <b>2.2 DAS (Daerah Aliran Sungai )</b> .....         | <b>8</b>       |
| <b>2.3 Pola Aliran Sungai</b> .....                  | <b>9</b>       |
| <b>2.4 Bentuk Daerah Aliran Sungai</b> .....         | <b>10</b>      |
| <b>2.5 Alur Sungai</b> .....                         | <b>13</b>      |
| <b>2.6 Marfometri Daerah Aliran Sungai</b> .....     | <b>15</b>      |
| <b>2.7 Hujan</b> .....                               | <b>19</b>      |
| <b>2.8 Analisis Curah Hujan</b> .....                | <b>20</b>      |
| <b>2.9 Analisis Frekuensi dan Probabilitas</b> ..... | <b>28</b>      |
| <br>   |                |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>                     |                |
| <b>3.1 Gambaran Umum Sungai Deli</b> .....           | <b>41</b>      |



|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>3.2 Lokasi Penelitian.....</b>     | <b>43</b> |
| <b>3.3 Bagan Alir Penelitian.....</b> | <b>44</b> |

#### **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.1 Analisa Karakteristik Daerah Aliran Sungai Deli.....</b> | <b>48</b> |
| <b>4.2 Analisa Curah Hujan Rencana.....</b>                     | <b>50</b> |
| <b>4.2.1 Ketersediaan Data Curah Hujan.....</b>                 | <b>50</b> |
| <b>4.2.2 Analisa Curah Hujan Wilayah / Daerah .....</b>         | <b>51</b> |
| <b>4.2.3 Analisa Frekuensi Curah Hujan.....</b>                 | <b>51</b> |
| <b>4.2.4 Pemilihan Jenis Sebaran.....</b>                       | <b>55</b> |
| <b>4.2.5 Perhitungan Curah Hujan Maksimum.....</b>              | <b>60</b> |
| <b>4.2.6 Pengujian Keselarasan Sebaran (Distribusi).....</b>    | <b>60</b> |
| <b>4.3 Analisa Debit Air.....</b>                               | <b>63</b> |
| <b>4.3.1 Ketersediaan Data Debit Air.....</b>                   | <b>63</b> |
| <b>4.3.2 Analisa Data Debit.....</b>                            | <b>63</b> |
| <b>4.3.3 Pemilihan Jenis Sebaran.....</b>                       | <b>66</b> |
| <b>4.3.4 Pengujian Keselarasan Sebaran (Distribusi).....</b>    | <b>67</b> |
| <b>4.3.5 Analisis Frekuensi Debit Banjir.....</b>               | <b>70</b> |

#### **BAGIAN V PENUTUP**

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>5.1 Kesimpulan.....</b> | <b>75</b> |
| <b>5.2 Saran.....</b>      | <b>77</b> |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b> | <b>78</b> |
|----------------------------|-----------|

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 4.1 Anak Sungai DAS Deli.....  | 48 |
| Tabel 4.2 Tingkat Kelerengan DAS Deli.....   | 49 |
| Tabel 4.3 Penggunaan Lahan DAS Deli .....  | 49 |
| Tabel 4.4 Sebaran Formasi Geologi Tanah DAS Deli.....  | 50 |
| Tabel 4.5 Sebaran Karakteristik Jenis Tanah DAS Deli .....                                     | 50 |
| Tabel 4.6 Perhitungan Statistik Curah Hujan Maksimum Tahunan StasiunSampali<br>.....           | 52 |
| Tabel 4.7 Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Curah Hujan .....                         | 53 |
| Tabel 4.8 Perhitungan Statistik (Logaritma) Curah Hujan Maksimum .....                         | 54 |
| Tabel 4.9 Perhitungan Parameter Statistik Logaritma Distribusi Curah Hujan....                 | 54 |
| Tabel 4.10 Hasil Pengukuran Dispersi.....  | 55 |
| Tabel 4.11 Tahun Periode Ulang .....   | 56 |
| Tabel 4.12 Nilai Variabel (k) Reduksi Gauss .....  | 56 |
| Tabel 4.13 Curah Hujan Rencana dengan Periode Ulang Tertentu Distribusi<br>Normal .....        | 56 |
| Tabel 4.14 Curah Hujan Rencana dengan Periode Ulang Tertentu Distribusi<br>Gumbel.....         | 57 |
| Tabel 4.15 Curah Hujan Rencana dengan Periode Ulang Tertentu Distribusi Log<br>Normal .....    | 58 |
| Tabel 4.16 Curah Hujan Rencana dengan Periode Ulang Tertentu Distribusi Log<br>Person III..... | 59 |
| Tabel 4.17 Curah Pemilihan Jenis Sebaran.....  | 59 |
| Tabel 4.18 Perhitungan Uji Chi Kuadrat .....   | 62 |
| Tabel 4.19 Debit Air Harian Maksimum Tahunan .....   | 63 |
| Tabel 4.20 Perhitungan Statistik Debit Air Maksimum Tahunan .....                              | 64 |
| Tabel 4.21 Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Debit Air.....                           | 64 |
| Tabel 4.22 Perhitungan Statistik (Logaritma) Debit Air Maksimum .....                          | 65 |
| Tabel 4.23 Perhitungan Parameter Statistik Logaritma Distribusi Debit Air                      |    |
| Tabel 4.24 Hasil Pengukuran Dispersi.....  | 66 |

|  |    |
|--|----|
| Tabel 4.25 Hasil Uji Distribusi Statistik Debit Air .....                                | 67 |
| Tabel 4.26 Perhitungan Uji Chi Kuadrat .....   | 69 |
| Tabel 4.27 Debit Banjir dengan Periode Ulang Tertentu Distribusi Log Person III<br>..... | 70 |
| Tabel 4.28 Hubungan Peluang Kejadian Banjir terhadap Periode Tertentu .....              | 72 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Sketsa Pola Aliran Sungai.....                                 | 10 |
| Gambar 2.2 Sketsa Pengaruh Bentuk DAS Terhadap Bentuk Hidrograf Alirannya | 12 |
| Gambar 2.3 Sketsa Profil Memanjang Alur Sungai.....                       | 13 |
| Gambar 2.4 Sketsa Pola Aliran Sungai.....                                 | 15 |
| Gambar 2.5 Sketsa Orde Sungai .....                                       | 17 |
| Gambar 2.6 Rata-rata Aljabar .....  | 21 |
| Gambar 2.7 Poligon Thiessen.....  | 22 |
| Gambar 2.8 Metode Isohyet.....  | 23 |
| Gambar 3.1 Peta DAS Deli .....  | 42 |
| Gambar 3.2 Lokasi Penelitian Sungai Deli.....                             | 43 |

## DAFTAR GRAFIK

|   |    |
|---|----|
| Grafik 4.1 Frekuensi Banjir DAS DELI .....                  | 71 |
| Grafik 4.2 Frekuensi Banjir Skala Normal DAS DELI .....     | 72 |
| Grafik 4.3 Hubungan Cura Hujan Dengan Debit Air .....       | 73 |
| Grafik 4.4 Hubungan Cura Hujan Dengan Frekuensi Banjir..... | 74 |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sungai senantiasa memiliki hubungan yang sangat erat dengan kehidupan kita sehari-hari. Beberapa diantaranya digunakan sebagai sumber air untuk kebutuhan irigasi, penyedia air minum, kebutuhan Industri dan lain sebagainya. Dengan kata lain semua aktivitas manusia di darat berlangsung di dalam suatu wilayah yang disebut Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu wilayah daratan yang dibatasi oleh pemisah topografis berupa punggung bukit yang menerima air hujan dan mengalirkannya ke hilir dan bermuara ke laut.

Fenomena curah hujan dengan intensitas tinggi yang terjadi pada suatu wilayah yang sedang memasuki masa musim penghujan merupakan suatu hal yang wajar terjadi, mengingat pada masa tersebut potensi untuk terjadinya hujan memang cukup besar. Seperti halnya di kota Medan, rencana pengembangan kota Medan yang terus berkembang tentu berdampak pada tata air wilayah kota.

Khusus untuk kejadian banjir, terjadinya kerusakan lingkungan dan perubahan fisik permukaan tanah juga menjadi faktor penting yang dapat menunjang terjadinya banjir. Hal ini sering terjadi di sungai Deli yang meluap akibat ketidakmampuan dari daya tampung dan daya simpan sekitar sungai Deli terhadap air hujan semakin berkurang.

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Medan Nomor 13 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Medan Tahun 2011-2031 sungai Deli merupakan sistem jaringan sumber daya air yaitu sistem pengendalian banjir

karena merupakan jaringan drainase primer di kota Medan. Selain itu Sungai Deli yang merupakan bagian dari wilayah Sungai Balawan – Ular – Padang, adalah sebuah sungai strategis nasional yang melintasi pusat kota Medan. Pembangunan pengendalian banjir sungai Deli telah dimulai sejak tahun 1992. Saat ini kondisi sungai Deli mengalami penurunan fungsi dan terjadi kerusakan – kerusakan pada tebing dan bangunan pengamanan sungai di beberapa bagian. Untuk mengetahui kondisi sungai Deli secara lebih detail diperlukan inventarisasi kondisi sungai pada saat ini dilanjutkan dengan pemeriksaan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) sungai Deli, seberapa besar perubahan tata guna lahan, kerusakan hutan dan hal-hal lain yang mempengaruhi kenaikan besaran debit banjir pada periode ulang tertentu.

Seperti yang sering terjadi banjir di daerah Kampung Aur dan sejumlah pemukiman di pinggiran Sungai Deli. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan yang baik untuk menanggulangi masalah debit banjir pada kawasan tersebut. Perencanaan tersebut dapat dilakukan dengan menganalisis debit banjir dengan menggunakan analisa Hidrologi berdasarkan data-data curah hujan.

Selain itu, beberapa jurnal membahas tentang masalah hubungan curah hujan dengan karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS). Beberapa diantaranya:

- a. Machairiyah dengan judul “Analisa Curah Hujan Untuk Pendugaan Debit Puncak Dengan Metode Rasional Pada DAS Percut Kabupaten Deli Serdang” tahun 2007. Dimana kesimpulannya DAS Percut menggunakan distribusi Log Person Type III dengan  $C = 0.305$  kondisi fisik baik serta waktu konsentrasi sebesar 7.24 jam.

- b. Arifin Azhari Harahap Tahun 2011 dengan Judul “Analisis Curah Hujan Untuk Membuat Kurva Intensity-Duration-Frequency (Idf) Di Kawasan Rawan Banjir Kota Medan (Studi Kasus)”, dimana kesimpulannya Intensitas curah hujan berhubungan dengan durasi dan frekuensi dapat diekspresikan dengan kurva Intensity-Duration-Frequency (IDF).

Berdasarkan hal tersebut Penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “Analisis Hubungan Curah Hujan dengan Karakteristik Aliran Sungai Pada Daerah Aliran Sungai Deli Medan ”.

## **1.2 Maksud dan Tujuan**

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besarnya debit aliran sungai Deli. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan curah hujan dengan karakteristik aliran sungai pada daerah Aliran Sungai Deli.

## **1.3 Rumusan Masalah**

Kondisi curah hujan dengan intensitas yang tinggi terjadi dapat mengakibatkan banjir sehingga permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah Bagaimanakah hubungan curah hujan dengan karakteristik aliran sungai pada daerah Aliran Sungai Deli.

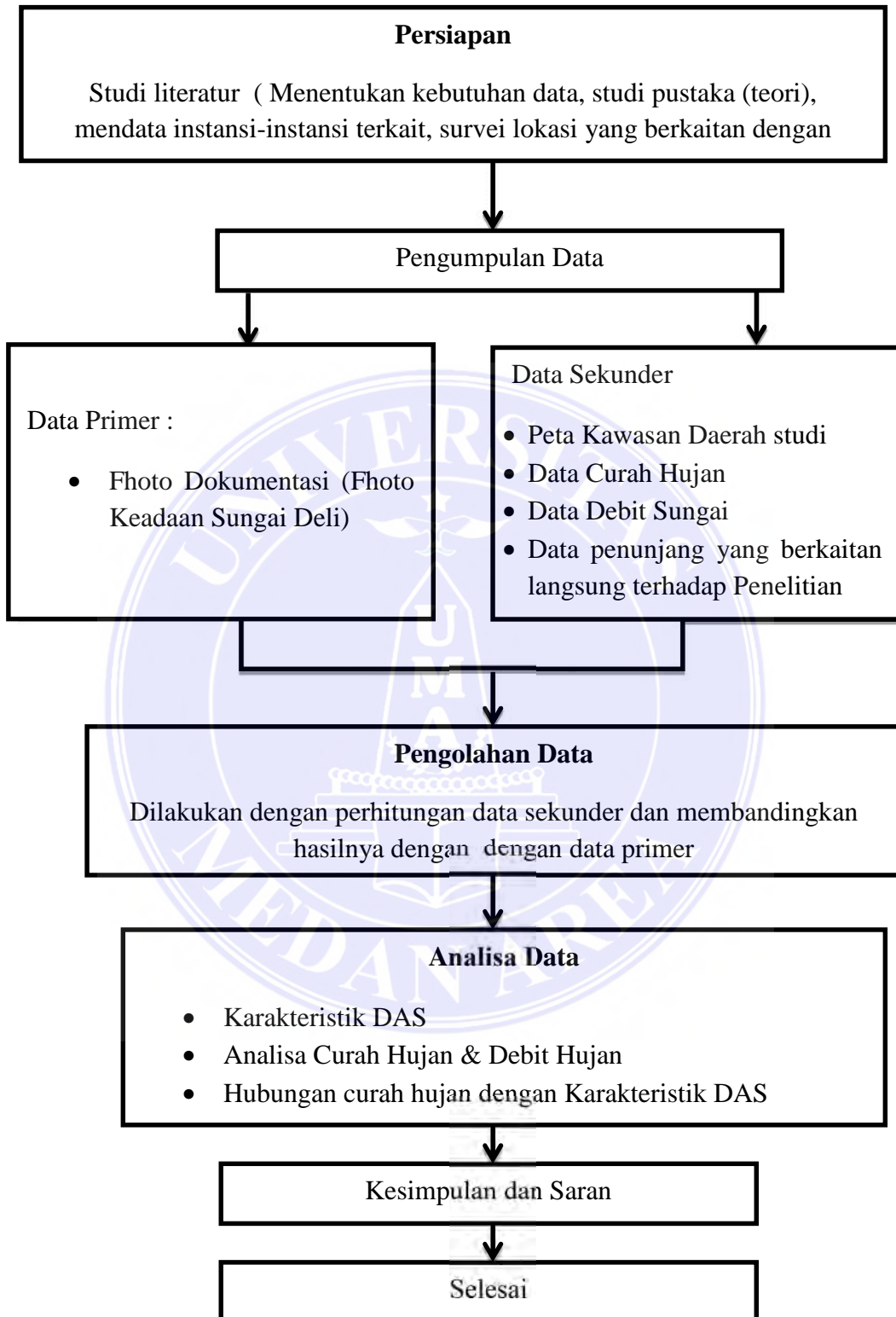


## 1.4 Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Data Primer yaitu pengumpulan data yang diperoleh dengan cara peninjauan langsung di lapangan . Peninjauan dilakukan dengan beberapa pengamatan , diantaranya survei lokasi , survei pengambilan data yang berupa foto dokumentasi
2. Data Sekunder yaitu data yang diperoleh dengan menghubungi instansi yang terkait yang berhubungan langsung pada penelitian, diantaranya peta kawasan daerah studi , data curah hujan dengan daerah pengaliran lokasi studi serta data literatur dan data penunjang yang berkaitan langsung terhadap pelaksanaan penelitian.

### 1.5 Bagan alir Penelitian



Gambar 1.1 Bagan Alir Penelitian

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang kejadian, perputaran dan penyebaran air di atmosfer bumi serta dibawah permukaan bumi (Soewarno,2014). Hidrologi teknik ialah hidrologi yang berkaitan dengan dari run off dan pergerakan dari tempat lain yang berguna untuk perencanaan dan eksploitasi pengendalian dan penggunaan air (Diktat Mata Kuliah Hidrologi Politeknik Negeri Medan, 2013). Selain itu, menurut E.M.Wilson tahun 1993 mengatakan pada dasarnya Hidrologi adalah suatu ilmu yang bersifat menafsirkan. Melakukan percobaan dibatasi oleh ukuran kejadian di alam, persyaratan berupa data yang diamati dan diukur mengenai semua segi pencurahan, pelimpasan, penelusuran, pengaliran sungai, penguapan dan seterusnya.

Air di bumi secara umum dapat dinyatakan sebagai suatu rangkaian kejadian yang biasanya disebut dengan siklus Hidrologi. Siklus ini dapat dilukiskan secara skematik seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. Siklus Hidrologi merupakan suatu sistem yang tertutup, dalam arti bahwa pergerakan air pada sistem tersebut selalu tetap berada di dalam sistemnya. Siklus Hidrologi terdiri dari enam sub sistem yaitu :

1. Air di atmosfer;
2. Aliran permukaan;
3. Aliran bawah permukaan;

4. Aliran air tanah;
5. Aliran sungai/saluran terbuka;
6. Air di lautan dan air genangan

Secara rincinya yaitu Air di lautan dan digenangan ( danau, waduk, rawa), oleh karena proses tersebut akan menguap ke dalam atmosfer (Evaporasi) dengan kata lain berubah menjadi awan. Uap air akan berubah menjadi hujan karena proses pendinginan (kondensasi). Sebagian air hujan yang jatuh di permukaan bumi akan menjadi aliran permukaan mengisi sungai danau, reservoir. Aliran permukaan sebagian akan meresap ke dalam tanah menjadi aliran bawah permukaan melalui proses infiltrasi dan perkolasi (sebagian lagi menyusup lebih dalam lagi ke dalam tanah) .

Selebihnya akan berkumpul di jaringan alur (sungai alam atau buatan) menjadi aliran sungai/sungai terbuka dan mengalir kembali kedalam lautan. Sebagian air hujan yang tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan sebagian lagi yang jatuh ke dalam laut dan danau akan menguap kembali ke dalam atmosfer. Sebagian dari air bawah permukaan kembali ke atmosfer melalui proses penguapan dan transpirasi oleh tanaman dan sebagian lagi menjadi aliran air tanah melalui proses perkolasi dan mengalir ke lautan.

Untuk tujuan operasional maka ruang lingkup hidrologi, antara lain meliputi :

1. Mengumpulkan dan memproses data Hidrologi hasil pengukuran di lapangan sebagai data dasar Hidrologi yang biasanya datanya disusun pada suatu buku publikasi (*year books*);
2. Menganalisa proses Hidrologi;
3. Memperkirakan kejadian Hidrologi, seperti banjir dan kekeringan;

4. Memperkirakan keseimbangan air;
5. Memperkirakan laju sedimentasi;
6. Memecahkan berbagai masalah pengelolaan sumber air.

## 2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Sungai adalah torehan di permukaan bumi yang merupakan penampung dan penyalur alamiah aliran air dan material yang dibawanya dari bagian hulu ke bagian hilir suatu daerah pengaliran ke tempat yang lebih rendah dan akhirnya bermuara ke laut (Soewarno: 2014). Ditinjau dari segi Hidrologi, sungai mempunyai fungsi utama menampung curah hujan dan mengalirkannya ke laut. Daerah dimana sungai memperoleh air merupakan daerah tangkapan hujan yang biasanya disebut Daerah Aliran Sungai (DAS). Dengan demikian DAS dapat dipandang sebagai daerah dimana semua air mengalir ke dalam suatu sungai yang dibatasi oleh batas tofografi, ditetapkan berdasar aliran air permukaan (Sri Harto Br.: 1993). Batas ini tidak ditetapkan berdasar air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkatkegiatan pemakaian. punggung bukit atau gunung, dimana semua curah hujan yang jatuh diatasnya akan mengalir di sungai utama dan akhirnya bermuara ke laut.

Pengertian lain mengenai DAS, menurut UU RI No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air BAB I pasal 1 yang dimaksud dengan Daerah Aliran Sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami, yang batas di daratan merupakan pemisah tofografi dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Soewarno : 2014).

### 2.3 Pola Aliran Sungai

Sungai di dalam semua DAS mengikuti suatu aturan yaitu bahwa aliran sungai dihubungkan oleh suatu jaringan satu arah dimana anak cabang dan anak sungai mengalir ke dalam sungai induk yang lebih besar dan membentuk suatu pola tertentu. Pola ini tergantung daripada kondisi topografi, geologi, iklim, vegetasi, yang terdapat didalam DAS yang bersangkutan. Secara keseluruhan kondisi tersebut akan menentukan karakteristik sungai di dalam polanya.

Beberapa pola aliran sungai yang terdapat di Indonesia ( Soewarno: 2014) yaitu:

1. Radial

Pola ini biasanya di jumpai di daerah lereng gunung berapi atau daerah topografi berbentuk kubah

2. Rectangular

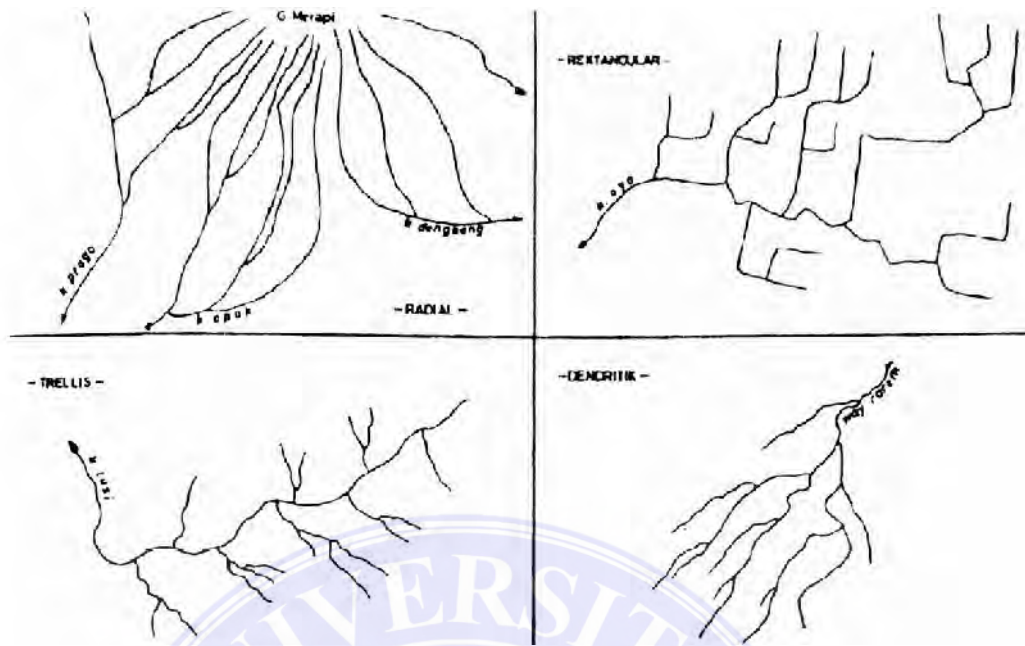
Terdapat di daerah batuan kapur

3. Trellis

Biasanya dijumpai pada daerah dengan lapisan sedimen di daerah pegunungan lipatan seperti daerah pegunungan lipatan di Sumatera Barat

4. Dendritik

Pola ini pada umumnya terdapat pada daerah dengan batuan sejenis dan penyebarannya luas. Misalnya ditutupi oleh endapan sedimen yang luas dan terletak pada suatu bidang horizontal di daerah rendah bagian Timur Sumatera dan Kalimantan.



Gambar 2.1 Sketsa Pola Aliran Sungai  
(sumber Soewarno, 2014)

## 2.4 Bentuk Daerah Aliran Sungai

Pola sungai menunjukkan bentuk suatu DAS. Bentuk DAS mempunyai arti penting dalam hubungannya dengan aliran sungai, yaitu berpengaruh terhadap kecepatan terpusatnya aliran. Setelah DAS ditentukan garis batasnya maka bentuk DAS nya dapat diketahui. Pada umumnya dapat dibedakan menjadi empat bentuk DAS secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut (Soewarno : 2014) :

### 1. Bentuk memanjang

Biasanya induk sungai akan memanjang dengan anak-anak sungai langsung masuk induk sungai . Kadang-kadang berbentuk seperti bulu burung, bentuk ini biasanya akan menyebabkan debit banjirnya relatif kecil karena perjalanan banjir dari anak sungai berbeda-beda waktunya.

## 2. Bentuk Radial

Bentuk ini terjadi karena arah alur sungai seolah-olah memusat pada satu titik sehingga menggambarkan adanya bentuk radial, kadang-kadang gambaran tersebut berbentuk kipas atau lingkaran. Seagai akibat dari bentuk tersebut maka waktu yang diperlukan aliran yang datang dari segala penjuru arah alur sungai memerlukan waktu yang hampir bersamaan. Apabila terjadi hujan yang sifatnya merata diseluruh DAS akan menyebabkan terjadi banjir besar.

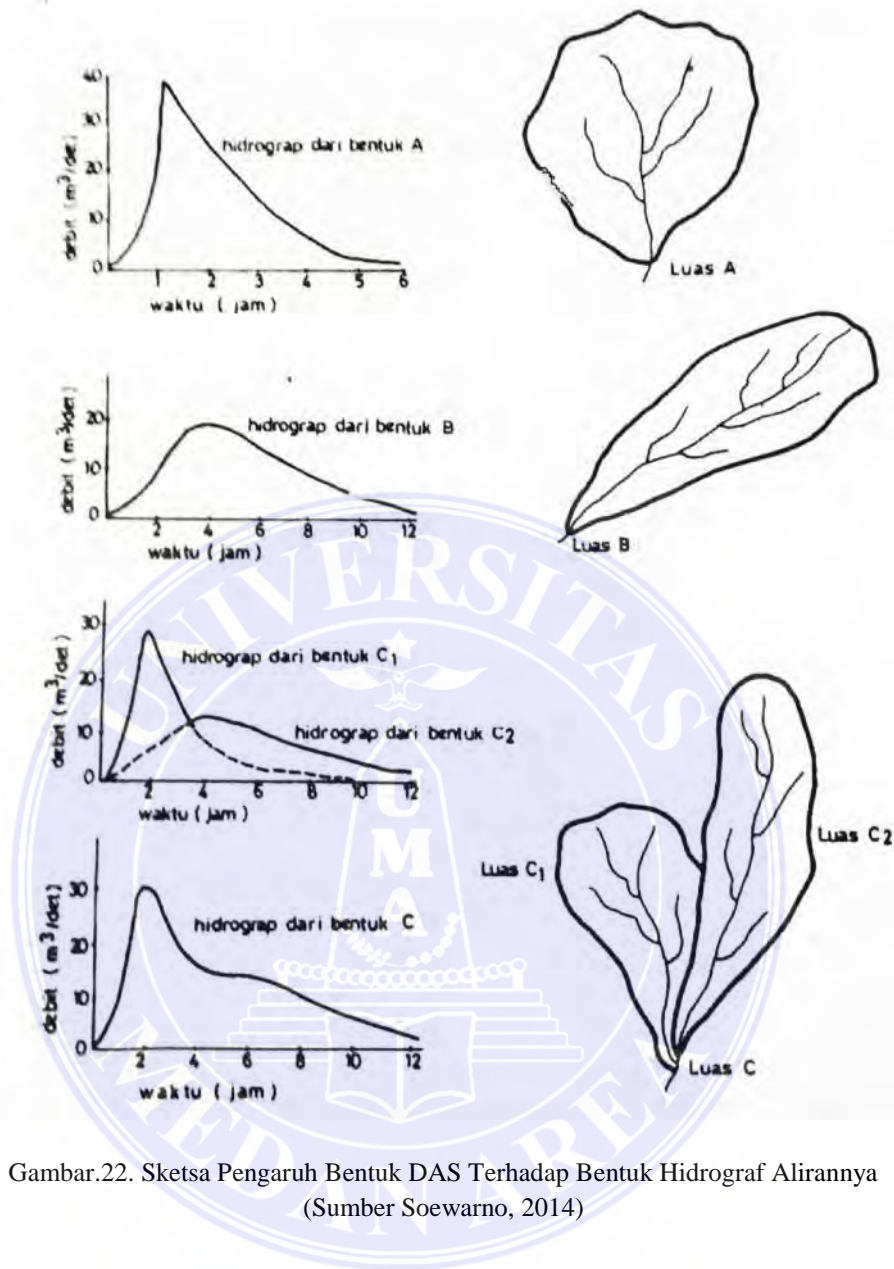
## 3. Bentuk Paralel

DAS ini dibentuk oleh dua jalur sub DAS yang bersatu di bagian hilirnya. Apabila terjadi banjir di daerah hilir biasanya setelah disebelah hilir titik pertemuan kedua alur sungai sub DAS tersebut.

## 4. Bentuk Komplek

Merupakan gabungan dari dua atau lebih bentuk DAS.





Gambar.22. Sketsa Pengaruh Bentuk DAS Terhadap Bentuk Hidrograf Alirannya (Sumber Soewarno, 2014)

Gambar 2.2 menunjukkan sketsa pengaruh bentuk DAS terhadap bentuk Hidrograf aliran sungainya. Pada waktu kejadian banjir DAS berbentuk radial akan dapat menghasilkan Hidrograf yang lebih tajam serta periode kejadiannya lebih pendek apabila dibanding dengan Hidrograf DAS yang berbentuk memanjang, dalam keadaan hujan yang sama.

## 2.5 Alur Sungai

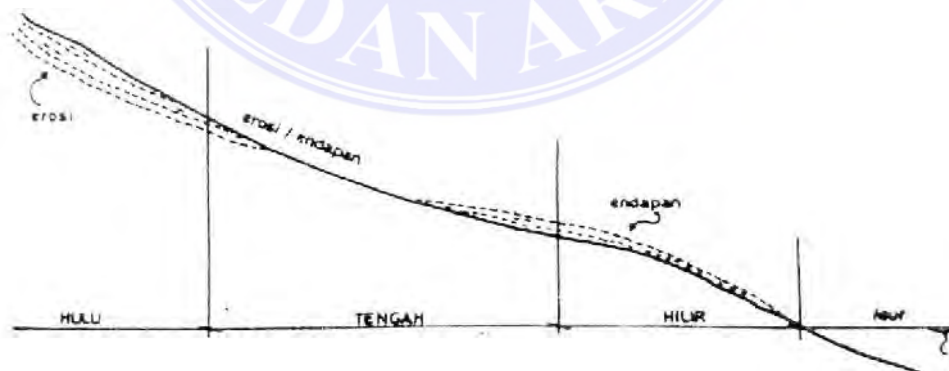
Secara sederhana alur sungai dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

1. Bagian hulu;
2. Bagian tengah;
3. Bagian hilir.

Bentuk umum penampang memanjang sungai dapat dilihat pada gambar 2.3 kondisi dari masing –masing bagian dapat diuraikan sebagai berikut;

### 1. Bagian Hulu

Bagian hulu merupakan daerah sumber erosi karena pada umumnya alur sungai melalui daerah pegunungan, perbukitan, atau lereng gunung api yang kadang-kadang mempunyai cukup ketinggian dari muka laut. Sebagai akibat keadaan itu maka bentuk kontur akan relatif lebih rapat yang menunjukkan miringnya permukaan bumi cukup besar. Bentuk penampang memanjangnya tidak beraturan karena ada yang curam dan ada yang data tergantung dari jenis batuan yang dilewati oleh alur sungainya.



Gambar 2.3 Sketsa Profil Memanjang Alur Sungai  
(sumber : Soewaro, 2014)

Alur sungai dibagian hulu ini biasanya mempunyai kecepatan aliran yang lebih besar daripada bagian hilir, sehingga pada saat banjir material

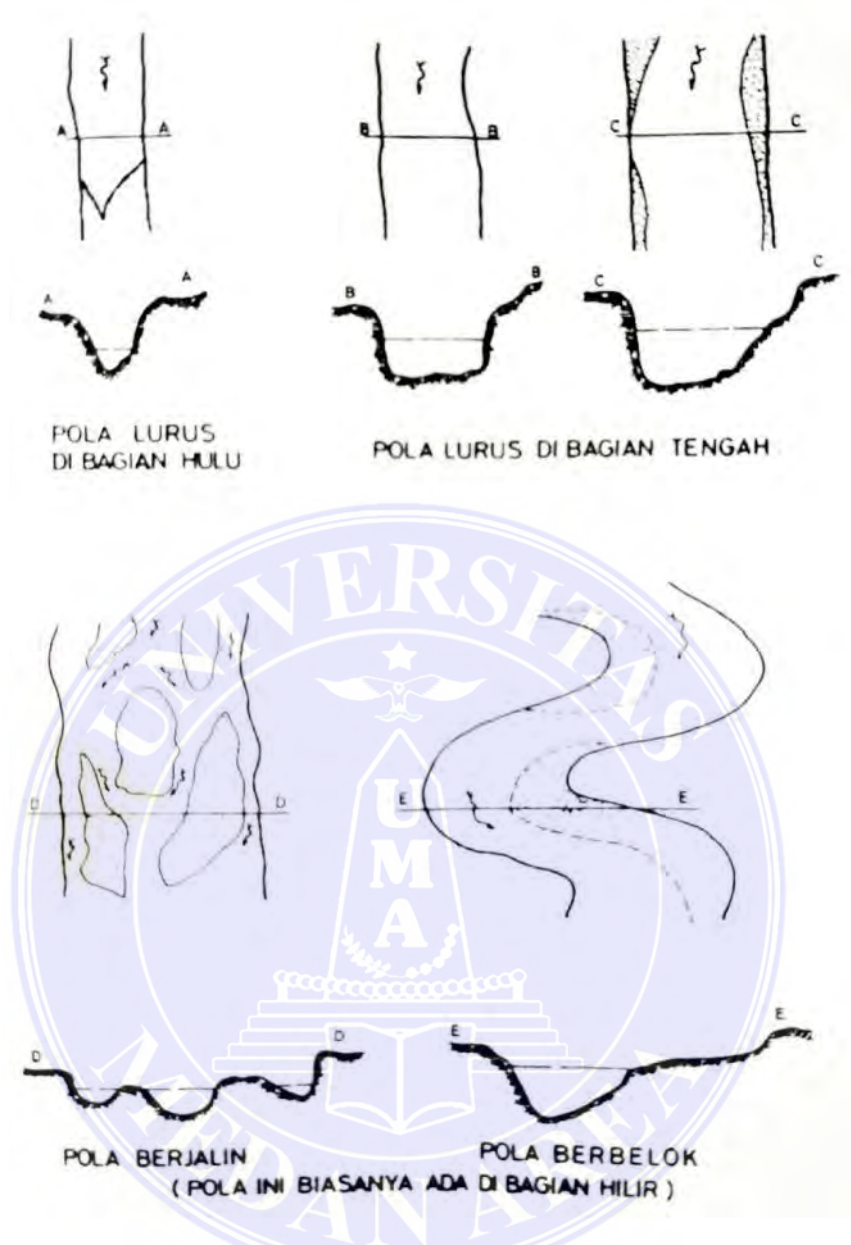
hasil erosi yang diangkut tidak saja partikel sedimen yang halus, akan tetapi juga pasir, kerikil bahkan batu. Keadaan demikian menyebabkan sulitnya melaksanakan pengukuran debit secara langsung pada saat banjir.

## **2. Bagian Tengah**

Merupakan daerah peralihan dari bagian hulu dan hilir. Kemiringan dasar sungai lebih landai sehingga kecepatan aliran relatif lebih kecil daripada bagian hulu.

## **3. Bagian Hilir**

Biasanya melalui daerah pedataran yang terbentuk dari endapan pasir halus sampai kasar, lumpur, endapan organik dan jenis endapan lainnya yang sangat labil. Alur Sungai berkelok-kelok yang disebut dengan meander. Bentuk alur demikian banyak dijumpai di daerah pedataran sebelah Timur pulau Sumatera. Alur sungai yang melalui daerah pedataran mempunyai kemiringan dasar sungai yang landai sehingga kecepatan alirannya lambat, keadaan ini memungkinkan menjadi lebih mudah terjadi proses pengendapan. Apabila bentuk aliran sungainya berbelok-belok dapat menyebabkan terjadinya erosi pada sisi luar palung sungai dan daerah endapan terjadi pada sisi dalam. Kedua proses tersebut akan menyebabkan perpindahan alur sungai sehingga alur lama akan menjadi danau kecil. Berikut penggambarannya seperti pada gambar 2.5.



Gambar.2.4 Skesta Pola Aliran Sungai  
(Sumber : Soewarno, 2014)

## 2.6 Marfometri Daerah Aliran Sungai

Marfometri DAS adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan keadaan jaringan alur sungai secara kuantitatif (Soewarno, 2014). Keadaan yang dimaksud antara lain :

1. Luas;
2. Panjang dan Lebar;
3. Kemiringan;
4. Orde dan Tingkat percabangan sungai;
5. Kerapatan Sungai.

### 1. Luas

Garis batas antara DAS ialah punggung permukaan bumi yang dapat memisahkan dan membagi air hujan ke masing-masing DAS. Garis batas tersebut ditentukan berdasarkan perubahan kontur dari peta topografi sedangkan luas DAS dapat diukur dengan alat planimeter.

### 2. Panjang dan Lebar

Panjang DAS adalah sama dengan jarak datar dari muara sungai ke arah hulu sepanjang sungai induk. Lebar DAS dihitung berdasarkan luas DAS dibagi panjangnya

### 3. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng antara dua lokasi ketinggian dapat dihitung dengan persamaan berikut :

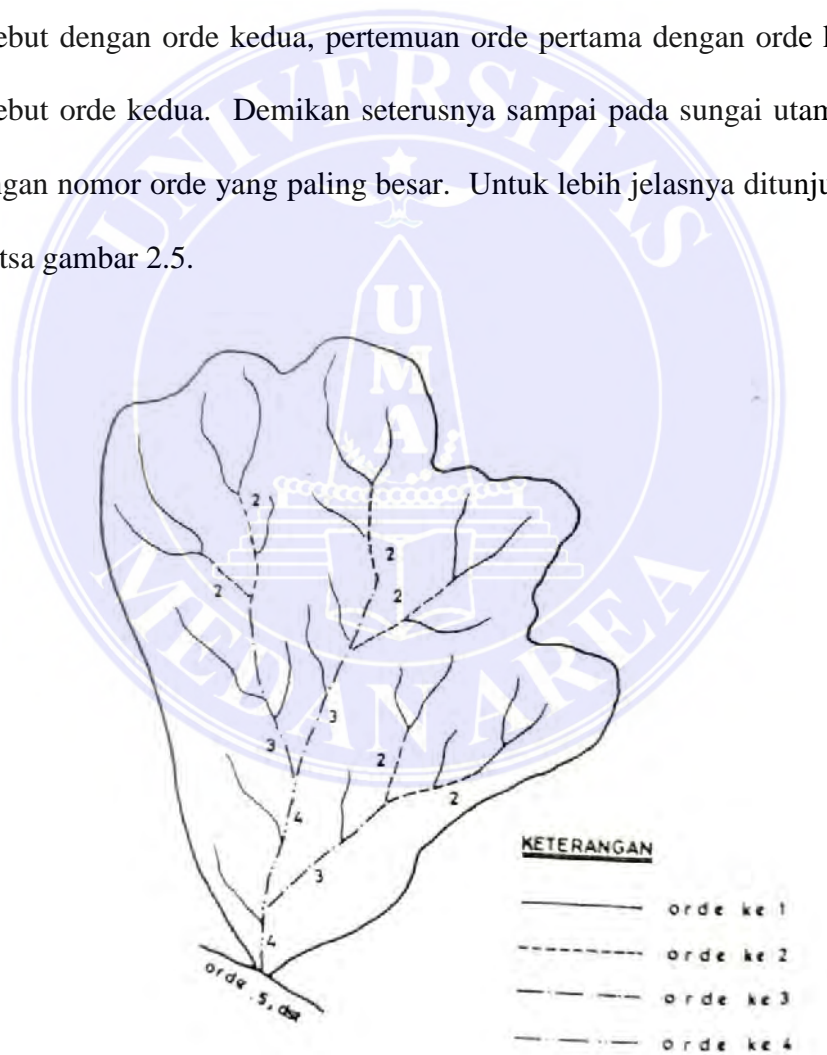
$$Id = i/w \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- Id = Kemiringan lereng (m/km)
- I = Interval kontur
- w = a/e
- a = luas bidang diantara dua kontur (km<sup>2</sup>)
- e = panjang rata-rata dua kontur (km)

#### 4. Orde dan Tingkat Percabangan Sungai

Alur sungai dalam suatu DAS dapat dibagi dalam beberapa orde sungai. Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai dalam suatu DAS. Dengan demikian makin banyak jumlah orde sungai akan semakin luas pula DAS nya dan akan semakin panjang pula alur sungainya. Alur sungai paling hulu yang tidak mempunyai cabang disebut dengan orde pertama, pertemuan antara dua orde pertama disebut dengan orde kedua, pertemuan orde pertama dengan orde kedua juga disebut orde kedua. Demikian seterusnya sampai pada sungai utama ditandai dengan nomor orde yang paling besar. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada sketsa gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sketsa Orde Sungai  
(sumber: Soewarno, 2014)

## 5. Kerapatan Sungai

Kerapatan sungai adalah suatu angka indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai di dalam suatu DAS. Indeks tersebut dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$Dd = L/A.....(2.2)$$

Keterangan :

Dd = Indeks kerapatan sungai ( $\text{km}/\text{km}^2$ )

L = Jumlah panjang sungai termasuk panjang anak-anak sungai (km)

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

Ada suatu batasan yang menyatakan besarnya indeks kerapatan sungai apabila nilai Dd (Soewarno, 2014) :

1. Kurang dari  $0,25 \text{ km}/\text{km}^2$  maka disebut rendah
2.  $0,25-10 \text{ km}/\text{km}^2$  disebut sedang;
3.  $10-25 \text{ km}/\text{km}^2$  disebut tinggi dan apabila
4. Lebih dari  $25 \text{ km}/\text{km}^2$  disebut sangat tinggi

Berdasarkan angka batasan tersebut dapat diperkirakan suatu gejala yang berhubungan dengan aliran sungai yang dimaksud antara lain (Soewarno, 2014) :

1. Jika nilai Dd rendah, alur sungai melewati batuan dengan resistensi keras maka angkutan sedimen yang terangkut aliran sungai lebih kecil jika dibandingkan pada alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak.

2. Jika nilai Dd sangat tinggi, alur sungainya melewati batuan yang kedap air.

Kedua keadaan ini akan menunjukkan bahwa air hujan yang menjadi aliran akan

lebih besar jika dibandingkan suatu daerah dengan Dd rendah melewati batuan yang permeabilitasnya besar.

## 2.7 Hujan

Air hujan adalah air yang berada di bumi langsung maupun tidak langsung berasal dari air hujan akibat proses daur Hidrologi (Sri.Harto Br.,1993). Dengan kata lain Hujan didefinisikan dengan uap air yang mengkondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses Hidrologi. Agar terjadi pembentukan hujan, maka ada dua syarat yang harus dipenuhi :

1. Tersedia udara lembab;
2. Tersedia sarana, keadaan yang mengangkat udara tersebut ke atas sehingga terjadi kondensasi.

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi, karena jumlah kedalaman hujan (*rainfall depth*) ini yang dialihragamkan menjadi aliran di sungai, baik melalui limpasan permukaan (*surface run off*), aliran antara (*interflow, sub face flow*) maupun sebagai aliran air tanah (*groundwater*).

Untuk mendapatkan perkiraan besar banjir yang terjadi di suatu penampang sungai tertentu, maka kedalaman hujan yang terjadi pun harus diketahui pula. Dalam hal ini perlu diperhatikan bahwa yang diperlukan besaran kedalaman hujan yang terjadi di DAS. Dalam kaitan ini ada dua faktor yang sangat menentukan ketelitian pengukuran hujan, yaitu jumlah dan pola penyebaran stasiun hujan. Setiap pola agihan hujan tertentu mengakibatkan sifat aliran sungai tertentu pula, yang berbeda untuk pola agihan hujan yang lain



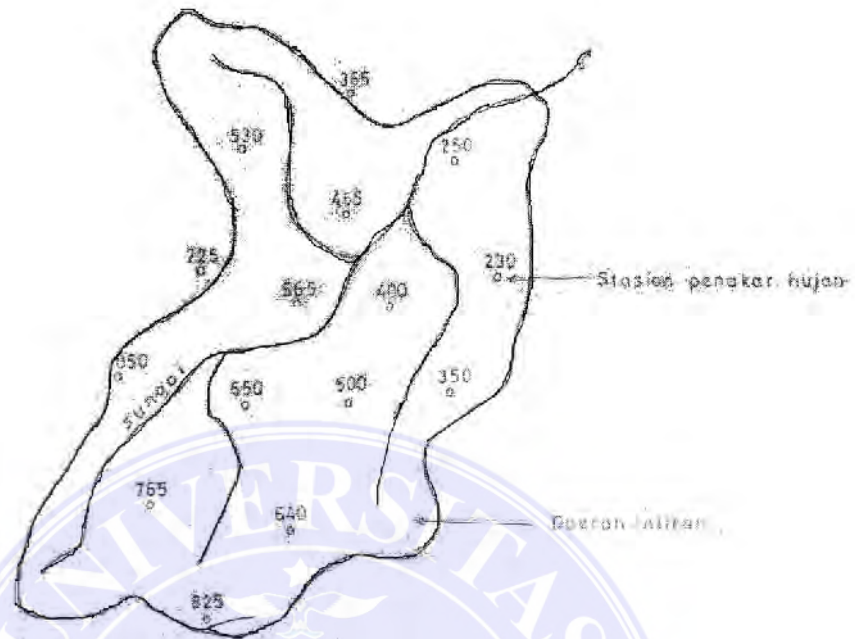
(Sri.Harto Br.,1993). Hujan dapat dipisahkan dalam dua grup, yaitu hujan aktual dan hujan rencana. Kejadian hujan aktual adalah rangkaian data pengukuran di stasiun hujan selama periode tertentu. Hujan rencana adalah hujan yang mempunyai karakteristik terpilih. Hujan rencana bukan kejadian hujan yang diukur secara aktual dan kenyataannya, hujan ini tidak pernah ada dan tidak akan pernah terjadi. Namun demikian, kebanyakan hujan rencana mempunyai karakteristik yang secara umum sama dengan karakteristik hujan yang terjadi masa lalu. Dengan demikian, menggambarkan karakteristik umum kejadian hujan yang diharapkan pada masa mendatang.

## 2.8 Analisis Curah Hujan

Analisa yang digunakan dalam dalam pembuatan rancangan atau rencana adalah distribusi curah hujan pada wilayah atau areal yang diamati. Yaitu dengan menentukan curah hujan areal. Ada tiga metode yang digunakan dalam menghitung hujan rata-rata daerah, yaitu :

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

### 1. Metode Rata-rata Aljabar



Gambar 2.6 Rata-rata Aljabar  
( Sumber :Sri Harto Br., 1993)

Merupakan metode atau cara yang paling sederhana. Metode ini menganggap setiap stasiun mempunyai bobot yang setara. Hal ini dapat digunakan jika hujan yang terjadi dalam DAS homogen dan variasi tahunnya tidak terlalu besar. Dengan kata lain harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan kawasan dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$P_r = 1/n (P_1+P_2+P_3+...+P_n).....(2.3)$$

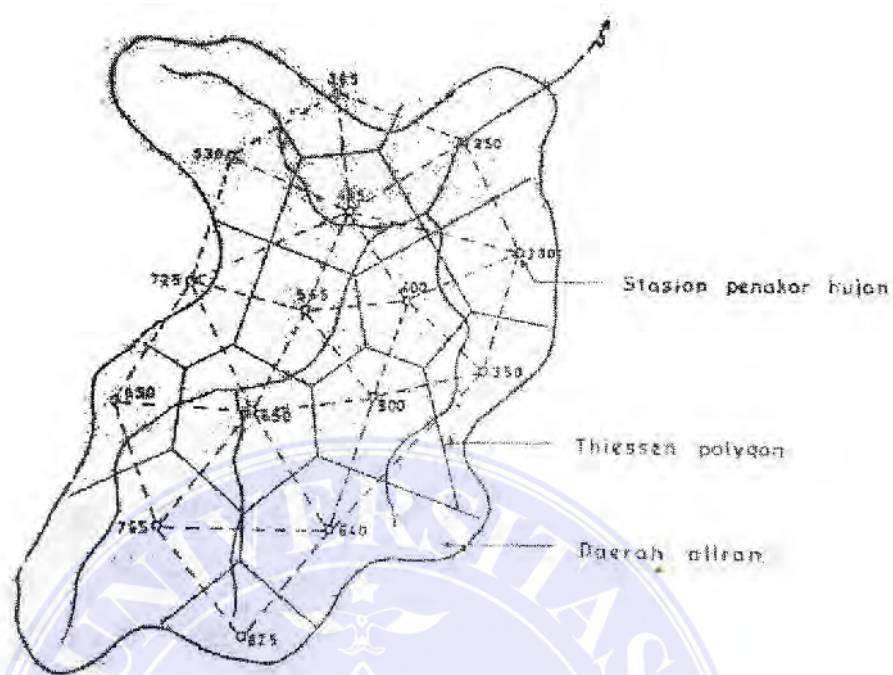
Dimana :

P = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

n = Jumlah pos penakar hujan

P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>+...+P<sub>n</sub> = Curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan (mm)

## 2. Metode Poligon Thiessen



Gambar 2.7 Poligon Thiessen  
( Sumber : Sri Harto Br., 1993)

Hitungan dengan Poligon Thiessen dilakukan seperti pada gambar 2.7. Cara ini memberikan nilai tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu . Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

1. Semua stasiun yang terdapat di dalam atau di luar DAS dihubungkan dengan garis, sehingga terbentuk jaringan segitiga-segitiga;
2. Tarik garis tegak lurus ditengah-tengah tiap garis penghubung sehingga membentuk poligon;
3. Luas daerah hujannya dianggap mewakili oleh salah satu stasiun yang bersangkutan adalah daerah yang dibatasi oleh garis-garis poligon tersebut (atau dengan batas DAS).

4. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.
5. Hujan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + P_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + A_n} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

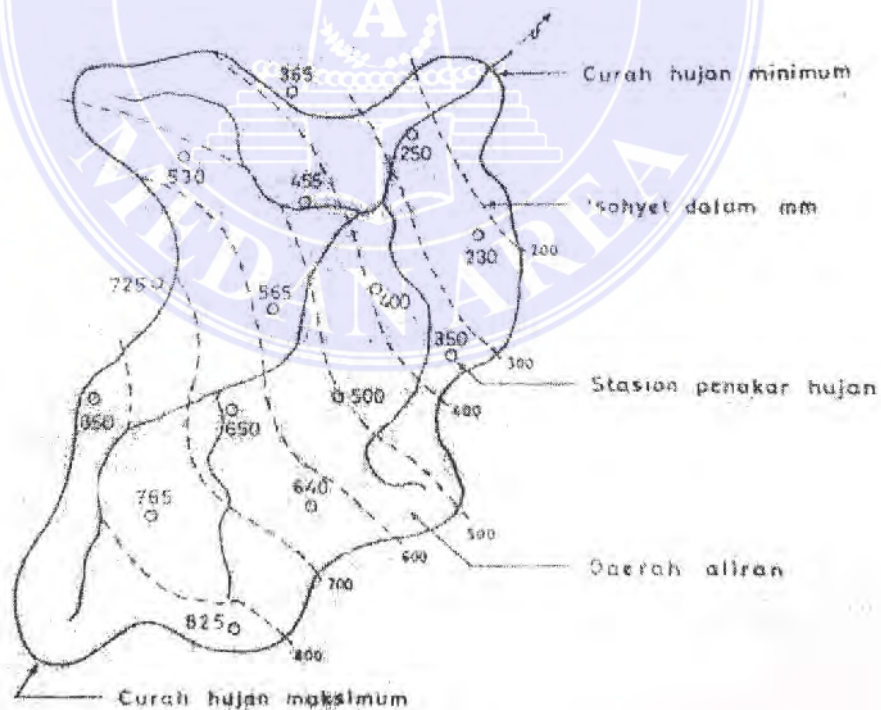
P = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

n = Jumlah pos penakar hujan

$P_1 + P_2 + \dots + P_n$  = Curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah pada poligon 1, 1, ..., n (km<sup>2</sup>)

### 3. Metode Isohyet



Gambar 2.8 Metode Isohyet  
( Sumber : Sri Harto Br., 1993)

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang terus menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar hujan mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Isohyet adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai kedalaman hujan sama pada saat bersamaan (Sri Harto Br., 1993).

Beberapa faktor hujan lain yang perlu diketahui, seperti :

1. Frekuensi hujan, hubungan antara kedalaman dengan kala ulan (*return period*).
2. Hubungan antara kedalaman hujan, luas DAS, dan lama hujan (*deft area duration*).
3. Hubungan antara intensitas hujan, lama hujan dan kala ulang.

Metode isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

1. Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta;
2. Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm;
3. Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.

Berikut adalah persamaan hujan rata-rata DAS dengan metode Isohyet :

$$\bar{P} = \frac{A_1 \left( \frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left( \frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_{x-1} \left( \frac{P_{x-1} + P_x}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{x-1}} \dots \dots (2.5)$$

Atau

$$\bar{P} = \frac{\sum \left[ A \left( \frac{P^1 + P^2}{2} \right) \right]}{\sum} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

$\bar{P}$  = Curah hujan rata-rata (mm)

$P_1, P_2, \dots, P_x$  = Curah hujan yang tercatat pada pos 1, 1, ..., n (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_x$  = Luas bagian yang dibatasi oleh garis isohyet (km<sup>2</sup>)

Metode isohyet cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km<sup>2</sup>.

Diatas sudah di jabarkan Ada tiga metode yang digunakan dalam menghitung hujan rata-rata daerah. Sementara untuk mencari , menambah atau perkiraan data curah hujan yang hilang dalam suatu stasiun adalah melauai persamaan sebagai berikut :

**Perkiraan data curah hujan yang hilang di pos X berdasarkan tiga pos hujan:**

$$R = \frac{1}{3} \left[ \frac{A}{A} R + \frac{A}{A} R + \frac{A}{A} R \right] \dots \dots \dots (2.7)$$

**Perkiraan data curah hujan yang hilang di pos berdasarkan N pos hujan :**

$$R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d_i \frac{A}{A_i} \dots \dots \dots (2.8)$$

Selain mengenai curah hujan, intensitas hujan juga harus diperhatikan. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang

terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi.

Intensitas hujan dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{d}{t} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan

d = Curah hujan (mm)

t = waktu konsentrasi

Secara empiris lengkung intensitas hujan dapat ditentukan dengan rumus-rumus sebagai berikut :

**1. Talbot (1881)**

$$I = \frac{a}{t + b} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana dengan metode *least square* (kuadrat terkecil) diperoleh :

$$a = \frac{(i \cdot t)(t^2) - (i^2 \cdot t)(i)}{n(i^2) - (i)(i)} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$b = \frac{(i \cdot t)(i) - n(i^2 \cdot t)}{n(i^2) - (i)(i)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

n = Banyaknya pasangan data i dan t

t = Lama curah hujan atau waktu konsentrasi hujan (jam)

a,b = Konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

**2. Sherman (1905)**

$$I = \frac{a}{t^b} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

$$l_c a = \frac{(l_c I)(l_c t)^2 - (l_c t.l_c I)(l_c t)}{N[(l_c t)^2] - (l_c t)(l_c t)} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$b = \frac{(l_c I)(l_c t) - N(l_c t.l_c I)}{N[(l_c t)^2] - (l_c t)(l_c t)} \dots\dots\dots (2.1)$$

**3. Ishiguro**

$$I = \frac{a}{b + t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana

$$a = \frac{[I. \bar{t}](I^2) - [I^2. \bar{t}](I)}{N[I^2] - (I)(I)} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$b = \frac{[I. \bar{t}](I) - [I^2. \bar{t}]}{N[I^2] - (I)(I)} \dots\dots\dots (2.1)$$

**4. Mononobe**

$$I = \frac{d}{2} \left( \frac{2}{t} \right)^u \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Waktu (durasi) curah hujan, menit untuk 1-3. Dan jam untuk 4

a.b = Konstanta

u = Tetapan (untuk Indonesia) diperkirakan  $n = \frac{2}{3}$

$d_{24}$  = Tinggi hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

n = Banyaknya pasangan dari data i dan

Rumus 1 sampai dengan 3 biasanya digunakan untuk waktu t yang pendek, sedangkan rumus 4 untuk t sembarang (misalnya curah hujan harian). Konstanta dalam rumus-rumus tersebut dapat dicari dengan cara



kuadrat terkecil (*last square*) atau prinsip metode *reduced-gradient*, yang diaplikasikan dalam program “*solver*” di bawah excel.

## 2.9 Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Analisis frekuensi didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran hujan atau debit di masa yang akan datang. Data yang diperlukan untuk menunjang aplikasi teori kemungkinan ini minimum 10 kejadian dengan harga tertinggi dalam tahunan. Dengan kata lain diperlukan panjang data minimum 10 tahun. Berdasarkan teori kemungkinan, koefisien *reduced mean* untuk data 10 tahun mencapai 0,50 atau 50 % penyimpangan dari harga rata-rata seluruh kejadian (Diktat Mata Kuliah Hidrologi, Darman F Saragih, 2013) Cara memperkirakan untuk mendapatkan frekuensi kejadian curah hujan dengan intensitas tertentu yang digunakan dalam perhitungan pengendalian banjir, rancangan drainase dan lain-lain adalah hanya dengan menggunakan data pengamatan yang lalu. Jika data sebuah pengamatan itu lebih dari 20 tahun, maka frekuensi atau perkiraan data hidrologi itu dapat diperoleh dengan cara perhitungan kemungkinan.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan dilampau. Sebaliknya, kala ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. Misalnya, hujan dengan kala ulang 10 tahunan, tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian hujan 10 tahunan. Ada kemungkinan selama kurun waktu 10 tahun terjadi hujan 10 tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak

terjadi sama sekali. Secara sistematis metode analisis frekuensi untuk perhitungan hujan rencana dapat dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

1. Parameter statistik
2. Pemilihan jenis metode untuk menentukan hujan rata-rata daerah
3. Pemilihan jenis sebaran (distribusi)
4. Penggambaran data curah hujan

Hidrolog membutuhkan informasi tentang peluang banjir dengan periode ulang tertentu yang akan terjadi untuk suatu jangka waktu tertentu. Peristiwa ini dikenal sebagai peluang kejadian (*probability of occurrence* atau *exceedence probabiity*). Misalnya,  $p$  adalah peluang kejadian pada tahun  $x$ . Ada beberapa rumus untuk menghitung probabilitas. Salah satunya adalah rumus Weibull (USGS, USA). Pada persamaan ini,  $n$  menunjukkan jumlah tahun dan  $m$  adalah ranking. Periode ulang ( $T_r$ ) adalah kebalikan dari probabilitas, maka priode ulang dapat diestimasi untuk setiap debit harian maksimum dengan rumus Weibull. Probabilitas 50 % sama dengan 2 tahun periode ulang. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Prob} = m/(n+1) \dots\dots\dots(2.20)$$

$$T_r = (1+n)/m \dots\dots\dots( 2.21 )$$

Dimana:

Prob = Probabilitas kejadian (%)

$T_r$  = Estimasi periode ulang

$m$  = Nilai Ranking

$n$  = Jumlah Tahun

### 2.9.1. Parameter Statistik

Parameter ialah sembarang nilai yang dapat menunjukkan ciri dari suatu susunan data. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari suatu variabel disebut parameter statistik seperti rata-rata, mode, Median, koefisien kemencengan (*skewness coefficient*). Pengukuran parameter statistik yang sering digunakan adalah dalam analisis data hidrologi yaitu pengukuran tendensi sentral (*measure of central tendency*) dan pengukuran dispersi (*measure of dispersion*) atau variasi. Adapun parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ), deviasi standar ( $S$ ), Koefisien Variasi ( $C_v$ ), Koefisien kemiringan ( $C_s$ ) dan koefisien Kurtosis ( $C_k$ ). Sementara untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut (Diktat Mata Kuliah Hidrologi, 2013) :

$$\bar{X} = \sum \frac{R_x}{n} \quad S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$C_s = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$C_k = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$\bar{X}$  = Tinggi hujan maksimum harian rata-rata selama n tahun (mm)

$\sum X$  = Jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun (mm)

$X_i$  = Besarnya curah hujan daerah (mm)

$n$  = Jumlah  $n$  tahun pencatatan data hujan

$S_d$  = Deviasi Standar

$C_v$  = Koefisien Variasi

$C_s$  = Koefisien Kemiringan (*Skewness*)

$C_k$  = Koefisien Kurtosis

Lima parameter diatas akan menunjukkan jenis metode yang akan digunakan dalam analisi frekuensi.

## 2.9.2. Pemilihan Jenis Metode Untuk Menentukan Hujan Rata-rata

### Daerah

Lepas dari kelemahan kelebihan ktiga metode yang tersebut di atas pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut :

#### 1. Jaring-jaring pos penakar hujan cukup

- Jumlah pos penakar hujan cukup Metode Isohyet, Thiessen atau rata rata dapat dipakai
- Jumlah pos penakar hujan terbatas Metode rata-rata aljabar atau Thiessen
- Pos penakar hujan tunggal Metode hujan titik

#### 2. Luas DAS

- DAS besar ( $>5000 \text{ km}^2$ ) Metode isohyet
- DAS sedang ( $500-5000 \text{ km}^2$ ) Metode Thiessen
- DAS kecil ( $<500 \text{ km}^2$ ) Metode rata-rata aljabar

#### 3. Topografi DAS

- Pegunungan Metode rata-rata aljabar

- o Dataran Metode Thiessen
- o Berbukit dan tidak beraturan Metode isohyet

### 2.9.3. Analisis Jenis Sebaran

Penentuan Jenis distribusi yang dapat digunakan untuk analisis frekuensi dapat dilakukan dengan tiga jenis sebaran (distribusi) yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu :

1. Distribusi Log Normal
2. Distribusi Log Person Tipe III, dan
3. Distribusi Gumbel

#### 1. Distribusi Log Normal

Metode distribusi log normal apabila digambarkan pada kertas logaritmik akan merupakan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (soewarno,2014)

$$\text{Log}X_T = L \bar{X} + K_T \cdot Sd_{\text{Log}x} \dots \dots \dots (2.26)$$

dimana:

$X_T$  = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang, T tahun (mm)

$\bar{X}$  = Curah hujan rata-rata (mm)

$Sd$  =Deviasi standar nilai variat

$K_T$  =Standar variabel untuk periode ulang T tahun yang besarnya diberikan seperti di tunjukkan pada lampiran...

#### 2. Distribusi Log Person-Tipe III

Distribusi Log Person-Tipe III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga

dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut(Soewarno,2014) :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd_{Log X} \dots \dots \dots (2.27)$$

dimana:

- $X_T$  = Nilai logaritma dari X atau LogX
- $\bar{X}$  = Curah hujan rata-rata (mm)
- $Sd_{Log X}$  = Deviasi standar nilai LogX
- $K_T$  = Karakteristik distribusi peluang Log Persin berdasarkan (Cs) T tahun-Tipe III ( lihat lampiran...)

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

- a. Mengubah data baru dengan mengubah besaran data  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  menjadi  $\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \log X_n$
- b. Menghitung nilai tengah aritmatik  $\log X$  Rata-rata dan standar deviasi, dari data baru tersebut.
- c. Menghitung koefisien kemencengan data baru tersebut dengan rumus yang telah dituliskan sebelumnya.
- d. Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Log X_T = Log \bar{X} + G \cdot Sd_{Log X} \dots \dots \dots (2.28)$$

dimana:

- $X_T$  = Curah hujan rencana periode T tahun (mm)
- $Log \bar{X}$  = Harga rata-rata logaritma
- $Sd_{Log X}$  = Deviasi standar nilai LogX
- $G$  = Harga yang diperoleh berdasarkan nilai Cs yang

didapat seperti ditunjukkan pada lampiran...

- e. Menghitung koefisien Kurtosis (Ck) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (l_i - l_{\bar{X}})}{(n-1)(n-2)(n-3)S^3 \bar{X}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

Ck = Koefisien Kurtosis

log $\bar{X}$  = Harga rata-rata logaritma

n = Jumlah data

Sd log $\bar{X}$  = Deviasi standar nilai Log X

- f. Menghitung koefisien variasi (Cv) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{S}{l_{\bar{X}}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

Cv = Koefisien Variasi

log $\bar{X}$  = Harga rata-rata logaritma

Sd log $\bar{X}$  = Deviasi standar

### 3. Distribusi Gumbel

Untuk menghitung curah hujan dengan metode distribusi Gumbel digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Soewarno,2014):

$$X_T = \frac{S}{S} (Y_T - Y) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (2.32)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan  $Y_T$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Untuk  $T \geq 20$ , maka  $Y = \ln T$

$$Y_T = \left[ 1 - \frac{T - 1}{T} \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$X_T$  = Nilai hujan rencana data ukur T tahun (mm)

$S_d$  = Deviasi standar

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hujan (mm)

$Y_T$  = Nilai reduksi variat (*reduced waiete*) dan variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun, seperti di tunjukkan pada lampiran....

$S_n$  = Deviasi standar dari reduksi variant (reduced standard variation) nilainya tergantung dari jumlah data (n) seperti di tunjukkan pada lampiran...

#### 2.9.4. Uji Keselarasan Distribusi

Untuk menjamin bahwa pendekatan empiris benar-benar bisa diwakili oleh kurva teoritis, perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi, yang biasa dikenal sebagai *testing of goodness of fit*. Ada dua jenis uji keselarasan yaitu, uji keselarasan *chi square* dan *smirnov kolmogrof*. Pada tes ini biasanya yang diamati adalah hasil tes yang diharapkan.



### 1. Uji Keselarasan Chi Kuadrat

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai Chi Kuadrat kritis ( $X^2_{cr}$ ). Uji keselarasan chi kuadrat menggunakan rumus sebagai berikut (Soewarno,2014)

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$X^2$  = Harga Chi Kuadrat terhitung

$O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

$E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

n = jumlah data

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai  $X^2$  hitung <  $X^2$  kritis. Nilai  $X^2$  kritis dapat dilihat pada lampiran.... Dari hasil pengamatan yang dapat dicari penyimpangannya dengan Chi Kuadrat kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5 %. Derajat kebebasan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Dk = K-(P+I) \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

Dk = Derajat kebebasan

P = Nilai untuk distribusi Metode Gumbel, P=1.

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut:

- a) Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- b) Apabila peluang lebih kecil dari 1 % maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- c) Apabila peluang lebih kecil dari 1% - 5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

## 2. Uji Keselarasan Smirnov-Kolmogorof

Uji keselarasan smirnov kolmogorof, sering juga disebut uji keselarasan non parametik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

Rumus yang dipakai adalah sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{P}{P_x} - \frac{P(x_i)}{c_r} \dots \dots \dots (2.3)$$

- a) Urutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya nilai masing-masing peluang dari hasil penggambaran grafis data ( persamaan distribusi).

$X_i$     ( $X_i$ )  
 $X$     ( $X$ )  
 $X$     ( $X$ )  
 $X$     ( $X$ )

- b) Berdasarkan tabel nilai kritis (*smirnov-kolmograf test*)  
tentukan harga  $D_0$  seperti ditunjukkan pada lampiran.....

## 2.10 Analisis Debit Banjir Rencana

### 2.10.1 Metode Rasional

Hujan dengan intensitas  $I$  yang turun merata pada daerah tangkapan sungai seluas  $A$  menghasilkan debit hujan sebesar :

$$Q = I.A.....(2.37)$$

Dengan mempertimbangkan adanya kehilangan pada daerah tangkapan  $t$  evaporasi, intersepsi, transpirasi, dan infiltrasi/perkolasi maka rumus debit limpasan sebesar (Soewarno,2014):

$$Q = 0,278.C.I.A.....(2.38)$$

Dimana :

$Q$  = Laju air permukaan debit/ debit limpasan puncak ( $m^3/ detik$ )

$I$  = Intensitas hujan ( $mm/jam$ )

$A$  = Luas DAS dalam hektar

$C$  = Koefisien limpasan yang besarnya merupakan perbandingan antara jumlah air hujan yang menjadi limpasan dengan jumlah hujan semula. Jadi  $C < 1$ .

### 2.10.2 Metode Empiris

Penggunaan metode empiris untuk menaksir debit puncak banjir adalah sama dengan rasional, yaitu berdasarkan parameter curah hujan. Metode yang dapat digunakan antara lain metode hidrograf satuan. Hidrograf satuan (Soewarno,2014) adalah hidrograf debit dari suatu pos duga air yang terbentuk oleh satu satuan volume aliran permukaan sebagai

hasil daripada intensitas curah hujan yang seragam terjadidalam satu satuan waktu tertentu dari suatu DAS. Penyusunan hidrograf satuan terdiri dari pekerjaan :

- a. Menganalisa data curah hujan, data hujan yang dipilih yang tunggal dengan intensitas besar dan merata di seluruh DAS. Untuk menentukan distribusi waktu hujannya, kehilangan air dan sisanya disusun dalam suatu homograf.
- b. Menyusun hidrograf satuan, dilaksanakan dengan memilih hidrograf banjir dari pos duga air otomatis yang disebabkan oleh curah hujan butir (1), memisahkan aliran dasar dan aliran langsungnya. Berdasarkan hidrograf aliran langsungnya dalam satuan (mm) dan kemudian menentukan lama waktu hujan efektifnya.

Hidrograf satuan untuk lama waktu hujan efektif hanya berlaku untuk hujan efektif yang lamanya sama dengan t. Toleransi 10 % bahkan kadang-kadang sampai 25 %. Setelah hidrograf satuan ditentukan Untuk lama waktu hujan efektif t, maka hidrograf debit untuk lama waktu hujan efektif berlainan dengan lama waktu t dapat dibuat.

Metode ini biasanya dilakukan dengan pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetik. Adapun persamaan adalah sebagai berikut (Soewarno,2014) :

$$Q = 2,7 \frac{C_p \cdot A}{t_p} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$t_p = C_t (L \times L_c)^{0,3} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$t_r = \frac{t_p}{5,5} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$T_b = 72 + 3t_p \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana :

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

$C_p$  = Koefisien ( antara 0,90- 1,40)

$T_p$  = Waktu kelembaban DAS (*time lag*) (jam)

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

$C_t$  = Koefisien ( antara 0,75- 3,00)

$L$  = Jarak terjauh dari pos duga air ke arah hulu sampai batas terjauhnya, diukur sepanjang alur sungai (km)

$L_c$  = Jarak terjauh dari pos duga air ke arah hulu sampai batas terjauhnya, diukur sepanjang alur sungai (km)

$t_r$  = Lama waktu hujan efektif (jam)

$t_b$  = Lama waktu banjir (*time base*) (jam)

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Gambaran Umum Sungai Deli

##### 1. Letak Geografis

DAS ( Daerah Aliran Sungai ) Deli merupakan Daerah Aliran Sungai di provinsi Sumatera Utara yang luasnya adalah 351,9 km<sup>2</sup> yang merupakan bagian dari Wilayah Sungai Belawan – Ular – Padang. Secara geografis sungai Deli berada 98<sup>0</sup> 35 ' - 98<sup>0</sup> 44 ' Bujur Timur dan 2<sup>0</sup> 27 ' - 2<sup>0</sup> 47 ' Lintang Utara berada di dalam wilayah Kabupaten Deli Serdang. Panjang sungai Deli 86 km dengan kemiringan dasar sungai rata-rata 0,00611. Sungai Deli mengalir dari lereng gunung Pintau ( 1400 MSL ) dan gunung Sibayak (1800 MSL) dan bermuara di laut Selat Malaka. Perubahan kemiringan daerah aliran sungai terbentuk mulai dari daerah Deli Tua, dimana dari Deli Tua ke hulu sebagai daerah perbukitan dan ke hilir sebagai daerah yang datar (Departemen PU Direk.Jend. SDA Balai Wilayah Sumut II, 2008).

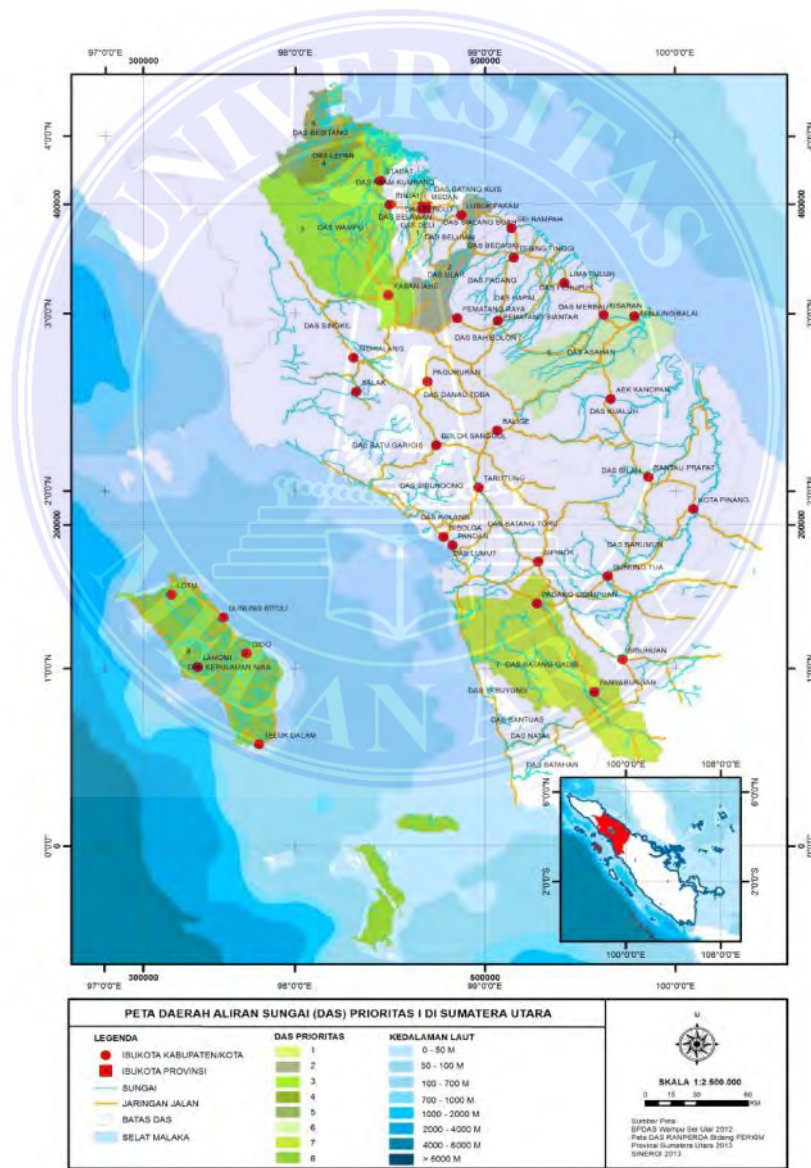
Daerah Aliran Sungai Deli terbagi menjadi beberapa sub daerah aliran sungai yaitu (Departemen PU Direk.Jend. SDA Balai Wilayah Sumut II, 2008). :

- Daerah Aliran Sungai Deli Hulu dengan luas 158,9 km<sup>2</sup>
- Daerah Aliran Sungai Babura dengan luas 99 km<sup>2</sup>
- Daerah Aliran Sungai Sikambing dengan luas 40 km<sup>2</sup>
- Daerah Aliran Sungai Deli Hilir dengan luas 54 km<sup>2</sup>

Adapun batas DAS Deli adalah (Departemen PU Direk.Jend. SDA Balai Wilayah Sumut II, 2008):

- Sebelah Utara : Daerah Aliran Sungai Belawan
- Sebelah Selatan : Daerah Aliran Sungai Wampu
- Sebelah Barat : Daerah Aliran Sungai Belawan
- Sebelah Timur : Daerah Aliran Sungai Batang Kuis

## 2. Topografis

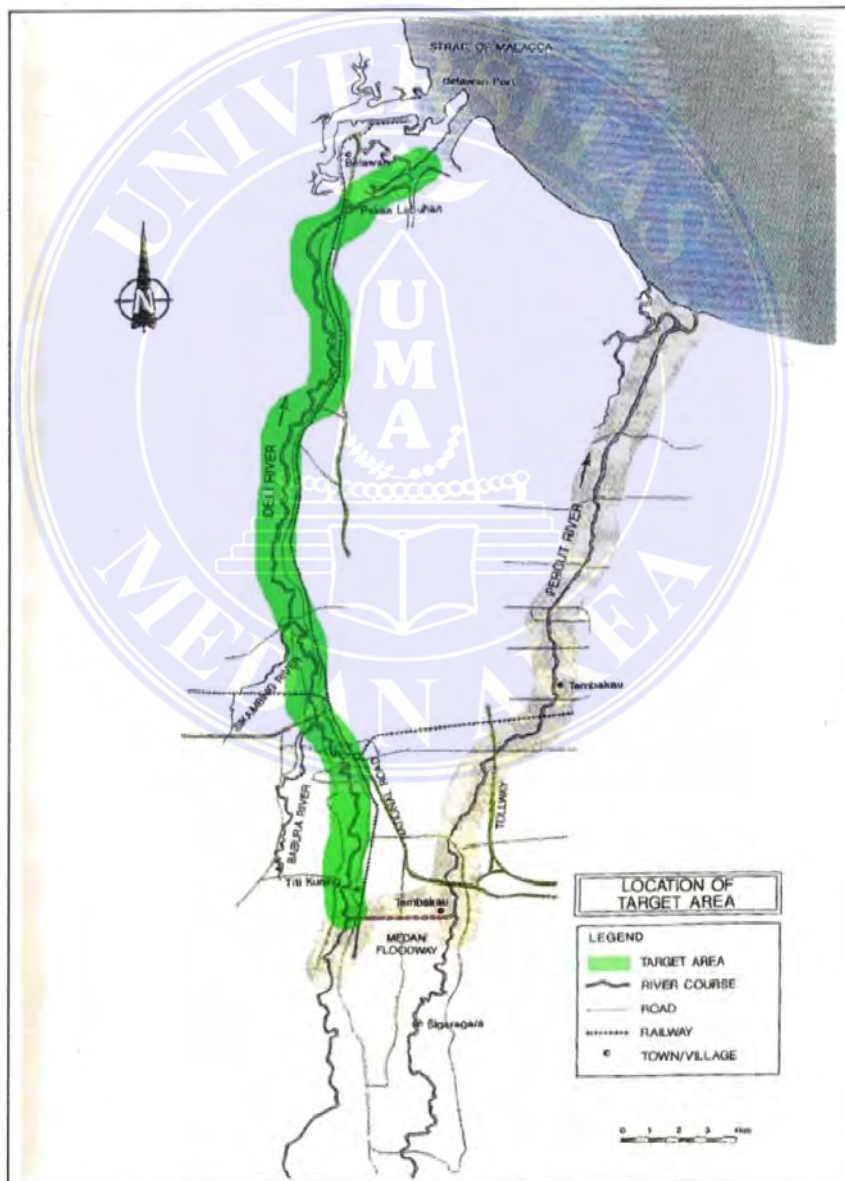


Gambar 3.1 Peta DAS Deli  
(Sumber <https://elsaridiza.files.wordpress.com>,2015)

### 3.2 Lokasi Penelitian

Wilayah Studi adalah bagian hilir dari Sungai Deli yaitu mulai dari daerah Titi Kuning di bagian hulu sampai daerah Pekan Labuan di bagian hilir Sungai Deli sepanjang 37,4 km.

. Lokasi pekerjaan dapat dilihat pada gambar 3.2 Lokasi Penelitian Sungai Deli.

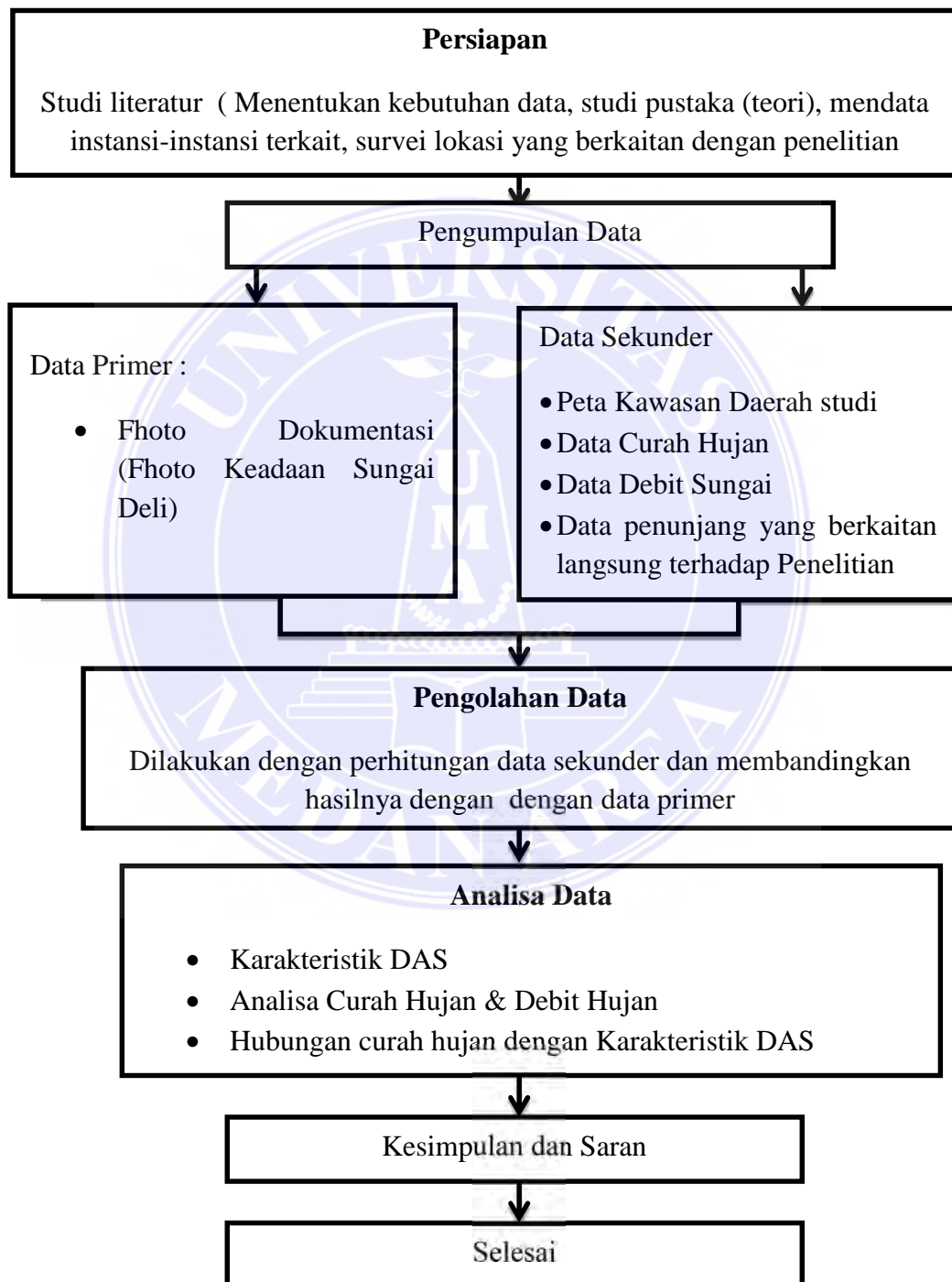


Gambar 3.2 Lokasi Penelitian Sungai Deli  
(Sumber : Departemen PU Direk.Jend. SDA Balai Wilayah Sumut II, 2008)



### 3.3 Bagan Alir Penelitian

Sesuai dengan maksud dan tujuan dari penelitian ini, maka rencana pelaksanaan penelitian akan mengikuti tahapan-tahapan seperti yang tertera pada bagan pada gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

### 3.3.1 Tahapan Persiapan

Dalam tahapan persiapan ini disusun hal-hal penting yang harus segera dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan. Tahapan ini meliputi kegiatan menentukan kebutuhan data, studi pustaka terhadap landasan teori yang berkaitan dengan penanganan permasalahan untuk menentukan garis besarnya, mendata instansi-instansi terkait yang dapat dijadikan narasumber data serta survei lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi wilayah studi. Sehingga dari tahapan persiapan ini dapat diketahui langkah-langkah penyelesaian pekerjaan secara berurutan dan teratur agar didapatkan hasil yang optimal.

### 3.3.2 Tahapan Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian terbagi atas dua jenis yaitu:

1. Data primer yaitu data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian meliputi gambaran umum lokasi penelitian. (kondisi topografi, kondisi hidrologi sungai)
2. Selanjutnya data sekunder yaitu data yang diperoleh melalui dokumentasi data yang ada pada instansi yang terkait yang berhubungan dengan lokasi penelitian meliputi studi lapangan tentang kondisi aliran sungai.

Adapun sumber data diperoleh dari :

1. Data iklim yang digunakan adalah data curah hujan bulanan dengan periode pencatatan tahunan, 10 tahun terakhir terhitung mulai tahun 2005 sampai 2015 Stasiun Sampali dan peta pengamatan curah hujan

di Daerah Aliran Sungai Deli tahun 2016. Diperoleh dari BMKG Stasiun Klimatologi Kelas 1 Sampali Medan.

2. Informasi mengenai gambaran umum wilayah Sungai Deli (baik luas, panjang, kemiringan dan lain sebagainya yang berhubungan dengan sungai Deli) diperoleh dari Laporan Akhir Pekerjaan Inventarisasi Review Design Tahun 2008 dan untuk Data debit harian dengan periode pencatatan tahunan diambil data 10 tahun terakhir hasil dari Publikasi Debit DAS Deli di Sumatera Utara. Kedua data tersebut diperoleh dari Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jend. Sumber Daya Air Balai Wilayah Sungai Sumatera II.
3. Pengambilan data curah hujan disesuaikan dengan ketersediaan data debit yang ada pada Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jend. Sumber Daya Air Balai Wilayah Sungai Sumatera II

### **3.3.3 Tahapan Pengolahan Data**

Tahapan pengolahan data ini terdiri dari beberapa langkah dengan beberapa masukan, yakni data primer dan data sekunder dipadu dan dianalisis secara seksama. Bila terjadi kekurangan data dalam menganalisa maka data terlebih dahulu harus dilengkapi. Selanjutnya, setelah semua data lengkap kemudian dianalisis sehingga didapat jalan keluar yang paling optimal dan efektif.

### **3.3.4 Teknik Analisa Data**

1. Analisa karakteristik DAS Deli didapat dari hasil data yang diberikan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jend. Sumber Daya Air Balai Wilayah Sungai Sumatera II.

2. Analisis Penentuan curah hujan untuk mendapatkan curah hujan rata harian maksimum dengan menggunakan metode Aljabar ( Arithmetic Mean Method)
3. Analisa frekuensi hujan pada analisis ini digunakan beberapa metode untuk memperkirakan curah hujan dengan periode ulang tertentu yaitu :
  - a. Distribusi Normal
  - b. Distribusi Pearson tipe III
  - c. Metode Gumbel
4. Untuk mengetahui Hubungan Curah Hujan dengan Karakteristik Aliran Sungai Pada Daerah Aliran Sungai Deli menggunakan Hidrograf yang membandingkan hasil dari besarnya debit sungai dengan curah hujan yang terjadi di Sungai Deli.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 4.5 Kesimpulan

1) Berdasarkan hasil analisa dan penelitian data yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan :

a. Berdasarkan hasil perhitungan statistik dan data yang didapat digambarkan :

a. Debit paling besar dalam 10 tahun terakhir terjadi pada tahun 2015 sebesar 24.43 m/detik dengan periode ulang 34 tahun, itu kemungkinan terjadi sebesar 2.94 % sementara debit yang paling kecil terjadi pada tahun 2009 sebesar 10.48 % m/detik dengan periode ulangnya sebesar 3.4 tahun kemungkinan terjadi 29.41 %.

b. Terdapat penggambaran hubungan curah hujan dengan debit sungai, bahwa karakteristik fisik Hidrologi ( debit sungai) berbanding lurus terhadap frekuensi banjir. Artinya, dengan curah hujan dari 10 tahun yang dihitung menggambarkan pergerakan yang sama dengan frekuensi banjir yang akan terjadi

2) Berdasarkan hasil perhitungan statistik dan data yang diperoleh dari Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Balai Wilayahha Sungai Sumatera II didapat hubungan karakteristik sungai yaitu :

- a. Nilai kerapatan sungai sebesar  $0.016596 \text{ km/km}^2$  ini menandakan alur sungai melewati batuan dengan resistensi keras maka angkutan sedimen yang terangkut aliran sungai lebih kecil jika dibandingkan pada alur sungai yang melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak. Sehingga pengendapan lumpur akan terus terjadi.
- b. Tingkat kelerengan untuk datar dari 0-8 % dengan luas 327.74 Km, sementara luas total sebesar 382.34 Km ( 85.72 % dari luas keseluruhan) . Ini menunjukkan kecepatan alirannya lambat, keadaan ini memungkinkan menjadi lebih mudah terjadi proses pengendapan, dengan bentuk aliran sungai berbelok-belok dapat menyebabkan terjadinya erosi pada sisi luar palung sungai dan daerah endapan terjadi pada sisi dalam. Kedua proses tersebut akan menyebabkan perpindahan alur sungai sehingga alur lama akan menjadi danau kecil.
- c. Kondisi lahan kritis di DAS Deli mempunyai luasan yang paling besar. Ini juga didukung dengan hasil dokumentasi lapangan ( Lampiran Gambar) yang banyaknya bangunan-bangunan besar yang telah berdiri, kurangnya jenis pohon yang dianjurkan untuk dapat menyimpan air serta beberapa titik rusaknya dinding penahan atau perlindungan dan masih kurangnya kesadaran akan tidak membuang sampah ke sungai Deli.

#### 4.6 Saran

- 1) Perlu adanya evaluasi ulang dan pemeliharaan serta pengoperasian secara rutin untuk pemeliharaan kawasan Daerah Aliran Sungai Deli Medan karena sungai Deli merupakan salah satu sungai primer yang sangat berpengaruh besar terhadap masyarakat Medan khususnya kompleks Aur yang menjadi awal titik tinjau rawan banjir.
- 2) Akibat adanya dinding-dinding penahan tanah, perlu adanya pengerukan sedimen yang dapat mengurangi debit air sehingga air dapat meluap keperumahan.
- 3) Perlu dilakukan validasi terhadap aliran Hidrologi yang terbentuk akibat variasi curah hujan yang terjadi pada setiap periode.
- 4) Perlu adanya kerja sama dan kesadaran masing-masing antara pihak Pemerintah dengan masyarakat akan pentingnya sungai Deli.

## DAFTAR PUSTAKA

- BR Sri Hartono, Ir, DIP, H,1983, *Mengenal Dasar Hidrologi Terapan*,  
Yogyakarta: BP. KMTS UGM
- Data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika,2016. *Data Curah Hujan  
Harian Maksimum 2005-2015*, Stasiun Sampali Kota Medan
- Departemen PU Direk.Jend. SDA Balai Wilayah Sumut II. 2008. *Laporan Akhir  
Pekerjaan Inventarisasi Dan Review Design Sunga Deli Tahun  
Anggaran 2008*. Medan Sumatera Utara.
- Evi Nadhifah. 2010. *Penentuan Kehilangan Air Dari Hujan Pada Sub-Das  
Ngrancah Hulu Kabupaten Kulonprogo Yogyakarta Menggunakan  
Metode Koefisien Aliran Sesaat*.*Jurnal Teknobiologi*, 1 (2) 2010: 100  
112. 2012
- Farida Dan Noordwijk. (2004). *Analisis Debit Sungai Akibat Alih Guna Lahan  
Dan Aplikasi Model Genriver Pada DAS Way Besai Sumberjaya*. *Jurnal  
Agrivita*, Vol. 26, No. 1.
- Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*.  
Jakarta: Bumi Aksara
- Indarto. 2016. *Hidrologi Metode Analisis dan Tool Untuk Interpretasi  
Hidrograf Aliran Sungai*. Jakarta: Bumi Aksara
- Soewarno. 2014. *Hidrometri dan Aplikasi Teknosabo Dalam Pengelolaan  
Sumber Daya Air* . Yogyakarta : Graha Ilmu
- Sunu Tikno. 2000. *Analisis Debit Di Daerah Aliran Sungai Batanghari Propinsi  
Jambi*. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol. 1, No. 1, 2000:  
101-108
- Suripin, Dr, Ir, M, Eng. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*,  
Yogyakarta: ANDI Offset
- Suyono Sosrodarsono, Ir,2004, *Hidrologi Untuk Pengairan*, Bandung: PT Pranya  
Paramita
- Wuri Handayani Dan Yonky Indrajaya. 2011. *Analisis Hubungan Curah Hujan  
Dan Debit Sub Sub Das Ngatabaru, Sulawesi Tengah*. *Jurnal Jenelitian  
Hutan Dan Konservasi Alam*, Vol. 8 No. 2 : 143-153.



Lampiran 1

**Tabel 4.6 Data Curah Hujan Harian Maksimum Dan Minimum**

| Tahun | Bulan Dalam Setahun |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Rh Rata-rata (mm) | Rh Max (mm) | Rh Min (mm) |
|-------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|-------------|-------------|
|       | J                   | F   | M   | A   | M   | J   | J   | A   | S   | O   | N   | D   |                   |             |             |
|       | A                   | E   | A   | P   | E   | U   | U   | G   | E   | T   | O   | E   |                   |             |             |
|       | N                   | B   | R   | R   | I   | N   | L   | U   | P   | B   | P   | S   |                   |             |             |
| 2006  | 120                 | 160 | 113 | 321 | 247 | 236 | 134 | 200 | 270 | 414 | 166 | 312 | 224.417           | 414         | 113         |
| 2007  | 212                 | 15  | 12  | 171 | 340 | 180 | 320 | 122 | 329 | 395 | 459 | 257 | 234.333           | 459         | 12          |
| 2008  | 47                  | 28  | 117 | 154 | 125 | 62  | 220 | 253 | 220 | 361 | 303 | 246 | 178.000           | 361         | 28          |
| 2009  | 205                 | 9   | 177 | 185 | 272 | 52  | 211 | 158 | 377 | 254 | 233 | 72  | 183.750           | 377         | 9           |
| 2010  | 131                 | 66  | 53  | 47  | 71  | 193 | 131 | 191 | 88  | 190 | 206 | 280 | 137.250           | 280         | 47          |
| 2011  | 218                 | 100 | 232 | 234 | 140 | 73  | 188 | 269 | 225 | 353 | 255 | 338 | 218.750           | 353         | 73          |
| 2012  | 113                 | 90  | 137 | 225 | 367 | 57  | 189 | 139 | 213 | 299 | 236 | 174 | 186.583           | 367         | 57          |
| 2013  | 92                  | 229 | 73  | 151 | 97  | 123 | 157 | 176 | 153 | 393 | 55  | 525 | 185.333           | 525         | 55          |
| 2014  | 53                  | 45  | 80  | 131 | 150 | 84  | 71  | 241 | 291 | 261 | 260 | 431 | 174.833           | 431         | 45          |
| 2015  | 85                  | 87  | 10  | 46  | 134 | 19  | 194 | 203 | 154 | 276 | 335 | 195 | 144.833           | 335         | 10          |

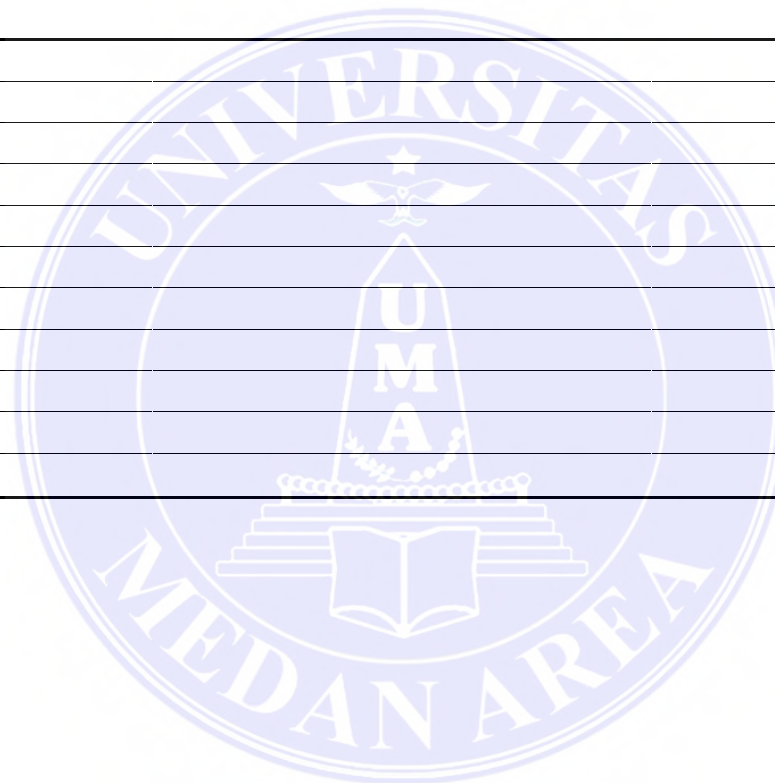
(Sumber : Stasiun Klimatologi Sampali Medan 2016)

Lampiran 2

**Tabel 4.2 Curah Hujan Rencana Dengan Metode Rata-rata Aljabar**

| Tahun | Rh Rencana<br>$P_r = 1/n$<br>( $P_1+P_2+P_3+...+P_n$ ) |
|-------|--|
| 2006  | 414  |
| 2007  | 459  |
| 2008  | 361  |
| 2009  | 377  |
| 2010  | 280  |
| 2011  | 353  |
| 2012  | 367  |
| 2013  | 525  |
| 2014  | 431  |
| 2015  | 335  |

(Sumber : Hasil Perhitungan )



Lampiran 3

Tabel 2.1 Reduced mean ( $Y_n$ ) untuk Metode Sebaran Gumbel

| N   | 0             | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10  | <b>0.4952</b> | 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 | 0,5300 | 0,5820 | 0,5882 | 0,5343 | 0,5353 |
| 30  | 0,5363        | 0,5371 | 0,5380 | 0,5388 | 0,5396 | 0,5400 | 0,5410 | 0,5418 | 0,5424 | 0,5430 |
| 40  | 0,5463        | 0,5442 | 0,5448 | 0,5453 | 0,5458 | 0,5468 | 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        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

(Sumber : Dr.Ir.Suripin M.Eng. 2004)

Lampiran 4

Tabel 2.2. Reduced Standard Deviation (Sn) untuk Metode Sebaran Gumbel

| N   | 0             | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10  | <b>0.9496</b> | 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 | 1.0315 | 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        | 1.1923 | 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 | 1.2026 | 1.2032 | 1.2038 | 1.2044 | 1.2046 | 1.2049 | 1.2055 | 1.2060 |
| 100 | 1.2065        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

(Sumber : Dr.Ir.Suripin M.Eng. 2004)

Lampiran 5

Tabel 2.3 Reduced Variate (YT) untuk Metode Sebaran Gumbel

| Periode Ulang (Tahun) | Reduce Variate |
|-----------------------|----------------|
| 2                     | 0.3665         |
| 5                     | 1.4999         |
| 10                    | 2.2502         |
| 20                    | 2.9606         |
| 25                    | 3.1985         |
| 50                    | 3.9019         |
| 100                   | 4.6001         |
| 200                   | 5.2960         |
| 500                   | 6.2140         |
| 1000                  | 6.9190         |
| 5000                  | 8.5390         |
| 10000                 | 9.9210         |

(Sumber : Dr.Ir.Suripin M.Eng. 2004)

Lampiran 6

Tabel 2.4 Nilai Standar Variabel KT Untuk Sebaran Log Normal

| <b>T ( Tahun )</b> | <b>KT</b> | <b>T ( Tahun )</b> | <b>KT</b> | <b>T ( Tahun )</b> | <b>KT</b> |
|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
| 1                  | -1.86     | 20                 | 1.89      | 90                 | 3.33      |
| 2                  | -0.22     | 25                 | 2.1       | 100                | 3.45      |
| 3                  | 0.17      | 30                 | 2.27      | 110                | 3.53      |
| 4                  | 0.44      | 35                 | 2.41      | 120                | 3.62      |
| 5                  | 0.64      | 40                 | 2.54      | 130                | 3.7       |
| 6                  | 0.81      | 45                 | 2.65      | 140                | 3.77      |
| 7                  | 0.95      | 50                 | 2.75      | 150                | 3.84      |
| 8                  | 1.06      | 55                 | 2.86      | 160                | 3.91      |
| 9                  | 1.17      | 60                 | 2.93      | 170                | 3.97      |
| 10                 | 1.26      | 65                 | 3.02      | 180                | 4.03      |
| 11                 | 1.35      | 70                 | 3.08      | 190                | 4.09      |
| 12                 | 1.43      | 75                 | 3.6       | 200                | 4.14      |
| 13                 | 1.5       | 80                 | 3.21      | 220                | 4.24      |
| 14                 | 1.57      | 85                 | 3.28      | 240                | 4.33      |
| 15                 | 1.63      | 90                 | 3.33      | 260                | 4.42      |

(Sumber : Dr.Ir.Suripin M.Eng. 2004)

Lampiran 7

Tabel 2.5 Nilai K Untuk Sebaran Log Person III

| Koefisien<br>Kemencengan<br>(Cs) | Periode Ulang Tahun |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                  | 2                   | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   | 200   | 1000  |
|                                  | Peluang (%)         |       |       |       |       |       |       |       |
|                                  | 50                  | 20    | 10    | 4     | 2     | 1     | 0.5   | 0.1   |
| 3,0                              | -0,396              | 0,420 | 1,180 | 2,278 | 3,152 | 4,051 | 4,970 | 7,250 |
| 2,5                              | -0,360              | 0,518 | 1,250 | 2,262 | 3,048 | 3,845 | 4,652 | 6,600 |
| 2,2                              | -0,330              | 0,574 | 1,284 | 2,240 | 2,970 | 3,705 | 4,444 | 6,200 |
| 2,0                              | -0,307              | 0,609 | 1,302 | 2,219 | 2,912 | 3,605 | 4,298 | 5,910 |
| 1,8                              | -0,282              | 0,643 | 1,318 | 2,193 | 2,848 | 3,499 | 4,147 | 5,660 |
| 1,6                              | -0,254              | 0,675 | 1,329 | 2,163 | 2,780 | 3,388 | 3,990 | 5,390 |
| 1,4                              | -0,225              | 0,705 | 1,337 | 2,128 | 2,706 | 3,271 | 3,828 | 5,110 |
| 1,2                              | -0,195              | 0,732 | 1,340 | 2,087 | 2,626 | 3,149 | 3,661 | 4,820 |
| 1,0                              | -0,164              | 0,758 | 1,340 | 2,043 | 2,542 | 3,022 | 3,489 | 4,540 |
| 0,9                              | -0,148              | 0,769 | 1,339 | 2,018 | 2,498 | 2,957 | 3,401 | 4,395 |
| 0,8                              | -0,132              | 0,780 | 1,336 | 2,998 | 2,453 | 2,891 | 3,312 | 4,250 |
| 0,7                              | -0,116              | 0,790 | 1,333 | 2,967 | 2,407 | 2,824 | 3,223 | 4,105 |
| 0,6                              | -0,099              | 0,800 | 1,328 | 2,939 | 2,359 | 2,755 | 3,132 | 3,960 |
| 0,5                              | -0,083              | 0,808 | 1,323 | 2,910 | 2,311 | 2,686 | 3,041 | 3,815 |
| 0,4                              | -0,066              | 0,816 | 1,317 | 2,880 | 2,261 | 2,615 | 2,949 | 3,670 |

Lampiran 8

|       |        |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,3   | -0,050 | 0,824 | 1,309 | 2,849 | 2,211 | 2,544 | 2,856 | 3,525 |
| 0,2   | -0,033 | 0,830 | 1,301 | 2,818 | 2,159 | 2,472 | 2,763 | 3,380 |
| 0,1   | -0,017 | 0,836 | 1,292 | 2,785 | 2,107 | 2,400 | 2,670 | 3,235 |
| 0,000 | 0,000  | 0,842 | 1,282 | 2,510 | 2,054 | 2,326 | 2,576 | 3,090 |
| -0,1  | 0,017  | 0,836 | 1,270 | 2,761 | 2,000 | 2,252 | 2,482 | 3,950 |
| -0,2  | 0,033  | 0,850 | 1,258 | 1,680 | 1,945 | 2,178 | 2,388 | 2,810 |
| -0,3  | 0,050  | 0,853 | 1,245 | 1,643 | 1,890 | 2,104 | 2,294 | 2,675 |
| -0,4  | 0,066  | 0,855 | 1,231 | 1,606 | 1,834 | 2,029 | 2,201 | 2,540 |
| -0,5  | 0,083  | 0,856 | 1,216 | 1,567 | 1,777 | 1,955 | 2,108 | 2,400 |
| -0,6  | 0,099  | 0,857 | 1,200 | 1,528 | 1,720 | 1,880 | 2,016 | 2,275 |
| -0,7  | 0,116  | 0,857 | 1,183 | 1,488 | 1,663 | 1,806 | 1,926 | 2,150 |
| -0,8  | 0,132  | 0,856 | 1,166 | 1,488 | 1,606 | 1,733 | 1,837 | 2,035 |
| -0,9  | 0,148  | 0,854 | 1,147 | 1,407 | 1,549 | 1,660 | 1,749 | 1,910 |
| -1,0  | 0,164  | 0,852 | 1,128 | 1,366 | 1,492 | 1,588 | 1,664 | 1,800 |
| -1,2  | 0,195  | 0,844 | 1,086 | 1,282 | 1,379 | 1,449 | 1,501 | 1,625 |
| -1,4  | 0,225  | 0,832 | 1,041 | 1,198 | 1,270 | 1,318 | 1,351 | 1,465 |
| -1,6  | 0,254  | 0,817 | 0,994 | 1,116 | 1,166 | 1,200 | 1,216 | 1,280 |
| -1,8  | 0,282  | 0,799 | 0,945 | 0,035 | 1,069 | 1,089 | 1,097 | 1,130 |
| -2,0  | 0,307  | 0,777 | 0,895 | 0,959 | 0,980 | 0,990 | 1,995 | 1,000 |



Lampiran 9

|      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -2,2 | 0,330 | 0,752 | 0,844 | 0,888 | 0,900 | 0,905 | 0,907 | 0,910 |
| -2,5 | 0,360 | 0,711 | 0,771 | 0,793 | 0,798 | 0,799 | 0,800 | 0,802 |
| -3,0 | 0,396 | 0,636 | 0,660 | 0,666 | 0,666 | 0,667 | 0,667 | 0,668 |

(Sumber : Dr.Ir.Suripin M.Eng. 2004)

Tabel 2.6 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Square

| dk | Derajat kepercayaan |        |        |         |        |        |        |        |  |
|----|---------------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--|
|    | 0,995               | 0,99   | 0,975  | 0,95    | 0,05   | 0,025  | 0,01   | 0,005  |  |
| 1  | 0,00003             | 0,0001 | 0,0009 | 0,00393 | 3,841  | 5,024  | 6,635  | 7,879  |  |
| 2  | 0,010               | 0,0201 | 0,0506 | 0,103   | 5,991  | 7,378  | 9,210  | 10,597 |  |
| 3  | 0,071               | 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 |  |

Lampiran 10

|    |       |       |       |       |        |        |        |        |
|----|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 7  | 0,989 | 1,239 | 1,690 | 2,167 | 14,067 | 16,013 | 18,475 | 20,278 |
| 8  | 1,344 | 1,646 | 2,180 | 2,733 | 15,507 | 17,535 | 20,090 | 21,955 |
| 9  | 1,735 | 2,088 | 2,700 | 3,325 | 16,919 | 19,023 | 21,666 | 23,589 |
| 10 | 2,156 | 2,558 | 3,247 | 3,940 | 18,307 | 20,483 | 23,209 | 25,188 |
| 11 | 2,603 | 3,053 | 3,816 | 4,575 | 19,675 | 21,920 | 24,725 | 26,757 |
| 12 | 3,074 | 3,571 | 4,404 | 5,226 | 21,026 | 23,337 | 26,217 | 28,300 |
| 13 | 3,565 | 4,107 | 5,009 | 5,892 | 22,362 | 24,736 | 27,688 | 29,819 |
| 14 | 4,075 | 4,660 | 5,629 | 6,571 | 23,685 | 26,119 | 29,141 | 31,319 |
| 15 | 4,601 | 5,229 | 6,262 | 7,261 | 24,996 | 27,488 | 30,578 | 32,801 |

Lampiran 11

| dk | Derajat kepercayaan |        |        |        |        |        |        |        |
|----|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|    | 0,995               | 0,99   | 0,975  | 0,95   | 0,05   | 0,025  | 0,01   | 0,005  |
| 16 | 5,142               | 5,812  | 6,908  | 7,962  | 26,296 | 28,845 | 32,000 | 34,267 |
| 17 | 5,697               | 6,408  | 7,564  | 8,672  | 27,587 | 30,191 | 33,409 | 35,718 |
| 18 | 6,265               | 7,015  | 8,231  | 9,390  | 28,869 | 31,526 | 34,805 | 37,156 |
| 19 | 6,844               | 7,633  | 8,907  | 10,117 | 30,144 | 32,852 | 36,191 | 38,582 |
| 20 | 7,434               | 8,260  | 9,591  | 10,851 | 31,41  | 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 | 41,683 | 44,181 |
| 24 | 9,886               | 10,856 | 12,401 | 13,848 | 36,415 | 39,364 | 42,980 | 45,558 |

## Lampiran 12

|    |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 25 | 10,520 | 11,524 | 13,120 | 14,611 | 37,652 | 40,646 | 44,314 | 46,928 |
| 26 | 11,160 | 12,198 | 13,844 | 15,379 | 38,885 | 41,923 | 45,642 | 48,290 |
| 27 | 11,808 | 12,879 | 14,573 | 16,151 | 40,113 | 43,194 | 46,963 | 49,645 |
| 28 | 12,461 | 13,565 | 15,308 | 16,928 | 41,337 | 44,461 | 48,278 | 50,993 |
| 29 | 13,121 | 14,256 | 16,047 | 17,708 | 42,557 | 45,722 | 49,588 | 52,336 |
| 30 | 13,787 | 14,953 | 16,791 | 18,493 | 43,773 | 46,979 | 50,892 | 53,672 |

(Sumber : Dr.Ir.Suripin M.Eng. 2004)

Lampiran 13 (FHOTO DOKUMENTASI)



Pembuangan Sampah sampai menyangkut di jembatan Juanda  
(Sumber : Data Lapangan)



Pohon yang harus ditanam yang dianjurkan oleh pihak relawan  
(Sumber : Data Lapangan)



Bangunan Perkuatan Tebing Sungai Deli dengan Turap Beton Kombinasi serta Bangunan Out Let Drainase  
(Sumber : Data Lapangan)



Berdirinya Bangunan yang tinggi dapat membuat air meluap  
(Sumber : Data Lapangan)



Pohon untuk menyerap air sudah tidak ada  
(Sumber : Data Lapangan)



Pohon untuk menyerap air sudah tidak ada  
(Sumber : Data Lapangan)



Bangunan rumah-rumah mewah baru dibangun setahun  
belakangan ini  
(Sumber : Data Lapangan)



Hanya beberapa meter saja ketinggian sungai sampai ke  
perumahan warga Sukaraja  
(Sumber : Data Lapangan)





Hanya beberapa meter saja ketinggian sungai sampai ke perumahan warga  
(Sumber : Data Lapangan)



Tumpukan sampah di jembatan  
(Sumber : Data Lapangan)



Terjadi penyempitan aliran ditambah lagi pembuangan sampah disekitar sungai  
(Sumber : Data Lapangan)



Jembatan Aloha dipenuhi dengan sampah  
(Sumber : Data Lapangan)



Perkuatan Tebing Tanggul Kiri Sungai Deli dengan Bangunan  
Bronjong Batu daerah sekitar Labuhan Deli  
(Sumber : Data Lapangan)



Longsor/Kerusakan dinding Blok Beton Perlindungan Tebing  
sekitar Jembatan Aloha  
(Sumber : Data Lapangan)



Terjadi proses pengendapan, dengan bentuk aliran sungai berbelok, menyebabkan terjadinya erosi pada sisi luar sungai dan daerah endapan terjadi pada sisi dalam. Kedua proses tersebut akan menyebabkan perpindahan alur sungai sehingga alur lama akan menjadi danau kecil. Ini terjadi di daerah Cerincing ( Sumber : Data Lapangan )

## UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 24/3/22

Access From (repository.uma.ac.id)24/3/22