

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Debit air irigasi Debit air irigasi adalah banyaknya air yang mengalir tiap satuan waktu yang dinyatakan dalam m<sup>3</sup> per detik atau liter per detik. Pemenuhan kebutuhan air irigasi, perlu dibuat probabilitas debit berupa debit andalan yang menunjukkan bahwa ketersediaan air irigasi dapat menyamai atau melebihi kebutuhan air irigasi tersebut.

Debit andalan (*Dependable flow*) adalah debit minimum sungai pada tingkat peluang tertentu yang dapat dipakai untuk keperluan penyediaan air. Perhitungan debit andalan dimaksudkan untuk mencari besarnya debit yang tersedia untuk kebutuhan air irigasi dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan dengan kata lain debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia untuk kebutuhan air irigasi dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan.

Apabila ditetapkan debit andalan untuk keperluan PLTA 80 % maka resiko kegagalannya adalah 20 %, ini terjadi pada debit pengambilan lebih kecil dari pada debit yang diperhitungkan. (Nugroho Hadisusanto, 2010). Debit andalan merupakan debit yang diandalkan untuk suatu probabilitas tertentu. Probabilitas untuk debit andalan ini berbeda-beda. Untuk keperluan irigasi biasa digunakan probabilitas 80%. Untuk keperluan air minum dan industri tentu saja dituntut probabilitas yang lebih tinggi, yaitu 90% sampai dengan 95% (Soemarto, 1987).

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<sup>3</sup>/dt). Sungai dari beberapa aliran sumber air yang ada di ketinggian, misalnya disebuah puncak/bukit 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.

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) Parmonangan II berlokasi di Desa Manalu Dolok, Kecamatan Parmonangan, Tapanuli Utara, Sumatera Utara yang telah dimulai pada Tahun 2019. Adanya PLTM Parmonangan II ini bertujuan untuk dapat memberikan manfaat yang sangat luar biasa kepada masyarakat khususnya masyarakat Sumatera Utara, terutama terhadap penggunaan energy ramah lingkungan untuk menekan penggunaan bahan bakar fosil. Untuk itu, karena adanya PLTM Parmonangan II yang sudah beroperasi maka berdasarkan manfaat dan tujuan utama diatas, maka saya mengangkat Judul tentang “**Analisa Debit Andalan pada PLTM Parmonangan II**” untuk mengidentifikasi dan mengetahui besar dan kecilnya nilai debit andalan pada lokasi PLTM Parmonangan II.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana luasan kondisi DAS (Daerah Aliran Sungai) ?
2. Bagaimana menentukan debit andalan ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini mempunyai arah yang jelas dan sesuai dengan tujuan penelitian, maka lokasi penelitian dibatasi pada lokasi studi yaitu PLTM Parmonangan II. Maksud dibatasinya area ini agar analisis yang dikerjakan dapat terkonsentrasi pada tempat dan daerah yang dimaksud dengan permasalahan yang ada dalam lingkup pembahasan. Pada penelitian ini ketentuan Debit Andalan yang digunakan adalah dengan derajat kepercayaan 80% ( $Q_{80}$ )

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menentukan dan menganalisis kondisi serta luasan DAS
2. Untuk menentukan nilai debit andalan pada PLTM Parmonangan II

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat bagi pemerintah setempat ialah sebagai pedoman/acuan dalam perencanaan PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro)

2. Manfaat untuk Peneliti sendiri ialah sebagai penelitian lanjutan dan pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam menentukan debit andalan minimum yang dapat digunakan sebagai bahan perbandingan untuk peneliti.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu adalah kajian penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang dapat di ambil dari berbagai sumber ilmiah seperti skripsi, tesis, dan maupun jurnal penelitian. Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi acuan peneliti dalam melakukan penelitian :

- a. Bintang Sucaka, Rintis Hadiani, dan Agus Hari Wahyudi (skripsi, 2013) Program studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, lokasi penelitian adalah DAS Tirtomoyo, Wonogiri. Dengan Judul penelitian yaitu “Analisis Keandalan Metode Mock Dengan Data Hujan 5, 10, 15 Harian Dan Data Hujan 1 Bulanan”. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa debit bulanan rata-rata sebesar 5,4083 m<sup>3</sup>/detik. Dimana debit rata-rata bulanan dengan data hujan 15 harian sebesar 5,3554m<sup>3</sup>/detik, data hujan 10 harian sebesar 5,6959 m<sup>3</sup>/detik dan dengan data hujan 5 harian sebesar 5,9126. Dengan hasil nilai debit diatas menunjukkan bahwa Metode Mock dengan data hujan 15 harian adalah nilai paling dekat dengan debit bulanan yang dibutuhkan.
- b. Sutrisno, dan Ferdhy Setiawan Putra, 2017. Program studi teknik sipil pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar, dan lokasi penelitian adalah di Waduk PLTA Bakaru. Dengan judul “Studi Penerapan Metode F.J Mock Dan Statistik Untuk Menghitung Debit Andalan PLTA Bakaru Kabupaten Pinrang”. Dalam hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa hasil analisis debit andalan dengan menggunakan metode F.J Mock ada beberapa bulan yang tidak mencapai dan tidak memenuhi kebutuhan air/debit PLTA Bakaru, sehingga terjadi ketidak seimbangan pada bulan tersebut antara kebutuhan PLTA Bakaru dengan Mamasa.
- c. Rizky Chairani, 2019. Program studi teknik lingkungan, Universitas Sumatra Utara, lokasi penelitian di DAS Babura dengan Judul penelitian adalah “ Analisis Ketersediaan Air Dengan Metode F.J.Mock Pada Daerah Aliran Sungai Babura”. Dari hasil penelitian yang dilakukan bahwa perhitungan curah hujan rata-rata kawasan menggunakan metode *Thiessen*, dan di dapatkan debit air DAS rata-rata bulanan dari tahun 2006-2016 pada DAS Babura yaitu 1,85 m<sup>3</sup>/detik. Dan dari hasil perhitungan

debit air yang dilakukan di dapat debit andalan berdasarkan Q80 yang digunakan untuk irigasi adalah untuk tahun 2006 dan tahun 2016 sebesar  $1,63 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan tahun.

- d. Abd. Rahman, dan Muhammad Ikbal H. TB, (skripsi 2021) Program Studi Teknik Sipil Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar, lokasi studi di DAS Jampue Kecamatan Mallusetasi Kabupaten Barru, dengan judul “Analisis Debit Andalan Pada DAS Jampue Untuk Kebutuhan Air Daerah Irigasi Lanrae Kabupaten Barru. Berdasarkan hasil analisa debit andalan yang sudah dilakukan dengan analisa ketersediaan air metode FJ Mock, maka besarnya debit andalan probabilitas 80% ( $Q_{80}$ ) yang diperoleh adalah sebesar  $295,47 \text{ m}^3/\text{detik}$  dalam setahun dengan rata-rata sebesar  $12,31 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

## 2.2 Debit Andalan

Debit andalan adalah debit minimal sungai yang sudah ditentukan dan yang dapat di pakai untuk memenuhi kebutuhan air, dan yang dipakai sebagai persediaan air sungai pada daerah studi. Debit andalan pada umumnya di perlukan untuk perencanaan dalam pengembangan air irigasi, air baku dan pembangkit tenaga listrik tenaga air (PLTA), yaitu untuk menentukan perhitungan persediaan air. Agar mendapatkan perhitungan debit andalan yang baik, maka untuk itu sangat diperlukan data penatatan debit dengan waktu jangka panjang, hal ini untuk mengurangi agar tidak terjadinya penyimpangan data perhitungan yang terlalu besar. Pada perhitungan debit andalan pada umumnya dilakukan dengan cara mengitung debit rata-rata bulanan, setengah bulanan atau debit rata-rata sepuluh harian yang sudah di tetapkan berdasarkan pola operasi bendungan. (Nugroho Hadisusanto 2010).

Perhitungan ketersediaan air atau debit andalan diperlukan untuk perhitungan neraca air sehingga dapat diketahui potensi atau kemampuan air pada sungai tersebut. Analisa debit andalan dapat dilakukan dengan pendekatan yang berbeda-beda tergantung dari data yang tersedia sebagai berikut :

1. Jika terdapat pencatatan debit yang panjang, maka debit andalan dapat dihitung berdasarkan data debit dengan menggunakan probabilitas keberhasilan 80%
2. Jika terdapat pencatatan debit namun hanya dalam periode pendek, maka debit andalan dapat dihitung berdasarkan data curah hujan, namun parameter yang digunakan dikalibrasi terhadap data debit yang ada.

3. Jika tidak terdapat pencatatan debit maka debit andalan dihitung berdasarkan data curah hujan dengan menggunakan metode ***F.J. Mock***

### **2.3 Metode *F.J. Mock***

Metode ini dikembangkan untuk menghitung debit bulanan rata-rata. Pada dasarnya metode ini adalah hujan yang jatuh pada catchment area sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi aliran permukaan (*direct run off*) dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Dalam penelitian ini debit andalan merupakan debit yang memiliki probabilitas 80%. Debit dengan probabilitas 80% adalah debit yang memiliki kemungkinan terlampaui sebesar 80% dari 100% kejadian. Jumlah data minimum yang diperlukan untuk analisis adalah lima tahun dan pada umumnya untuk memperoleh nilai yang baik data yang digunakan hendaknya berjumlah 10 tahun data (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

Pada tahun 1973, *Dr. F.J. Mock* telah memperkenalkan metode penghitungan aliran sungai dengan menggunakan data curah hujan, evapotranspirasi potensial, dan karakteristik hidrologi DAS untuk memprediksi besar debit sungai dengan interval waktu bulanan. Cara ini dikenal dengan nama model *Dr. Mock*.

**Prinsip dari metode *Dr. F. J. Mock* adalah sebagai berikut :**

- a. Memperhitungkan volume air yang masuk (hujan), keluar (infiltrasi, perkolasi dan evapotranspirasi) dan yang disimpan dalam tanah (*soil storage*).
- b. Dalam sistem mengacu pada *water balance*, volume air total yang berada di Bumi tetap, hanya sirkulasi dan distribusi yang bervariasi.

Ketentuan perhitungan yang dilakukan dalam metode *Mock* adalah sebagai berikut: (Hesti, 2011).

1. Data meteorologi, yaitu (data curah hujan bulanan, dan data hari hujan)
2. Data klimatologi/iklim, yaitu (data suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan penyinaran matahari)
3. Evapotranspirasi Aktual

$$E_a = E_{to} \times C \quad \text{Pers.(2.1)}$$

4. Keseimbangan air di permukaan tanah ( $\Delta S$ )
  - a. Air hujan yang mencapai permukaan tanah dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\Delta S = R - E_a \quad \text{Pers. (2.2)}$$

Dimana :

$\Delta S$  = Keseimbangan air di permukaan tanah

R = Hujan Bulanan

$E_a$  = Evapotranspirasi Aktual

Bila harga positif ( $R > E_a$ ) maka air akan masuk ke dalam tanah bila kapasitas kelembaban tanah belum terpenuhi. Sebaliknya, jika kondisi kelembaban tanah sudah tercapai maka akan terjadi limpasan permukaan (*surface run off*). Bila harga tanah  $\Delta S$  negative ( $R < E_a$ ), air hujan tidak dapat masuk ke dalam tanah (infiltrasi) tetapi air tanah akan keluar dan tanah akan kekurangan air (defisit).

- Kandungan air tanah (SS)

Jika  $R > E_a$ , maka  $SS = 0$

Jika  $R < E_a$ , maka  $SS = \Delta S - PF$

- Limpasan badai (PF = 5%)

Jika  $\Delta S > 0$ , maka  $PF = 0$

Jika  $\Delta S < 0$ , maka  $PF = R \times 0,05$

- b. Kapasitas kelembaban air tanah (SMC)

Jika  $SS = 0$  maka, kelembaban air tanah = 200

Jika  $SS \neq 0$  maka, kapasitas kelembaban air tanah = kandungan air tanah

- c. Kelebihan air (WS)

Water surplus di artikan sebagai air hujan (presipitasi) yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi tampungan tanah (*soil storage*). *Water surplus* ini berpengaruh langsung pada infiltrasi atau perkolasi dan total *run off* yang merupakan komponen debit.

Rumus *water surplus* adalah sebagai berikut: (Standar Perencanaan Irigasi KP 01:221)

$$W_s = R - E_a \quad \text{Pers. (2.3)}$$

Dimana:

WS = *Water surplus*

- R = Presipitasi atau curah hujan  
 Ea = Evapotranspirasi aktual

## 5. Limpasan Dan Penyimpanan Air Tanah

Koefisien C didefinisikan sebagai nilai antara laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan (Arsyad, 2006). Faktor utama yang mempengaruhi koefisien adalah laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Selain itu juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah, air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah, dan tingkat kejenuhan tanah (Suripin, 2004). Nilai koefisien limpasan berdasarkan SNI 03-2415-1991 dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Koefisien Aliran Permukaan (C)

Jenis Daerah	Koefisien (C)
<b>Daerah Perdagangan</b>	
Kota	0.70 - 0.95
Sekitar Kota	0.50 - 0.70
<b>Daerah Pemukiman</b>	
Satu Rumah	0.30 - 0.50
Banyak Rumah, terpisah	0.40 - 0.50
Banyak Rumah, rapat	0.60 - 0.75
Pemukiman, pinggiran kota	0.25 - 0.40
Apartemen	0.50 - 0.70
<b>Daerah Industri</b>	
Ringan	0.50 - 0.80
Padat	0.60 - 0.90
Lapangan, kuburan dan sejenisnya	0.10 - 0.25
Halaman, jalan kereta api dan sejenisnya	0.20 - 0.35
Lahan tidak terpelihara	0.10 - 0.30

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 1991.

### a. Infiltrasi

Infiltrasi ditaksir berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Daya infiltrasi ditentukan oleh permukaan lapisan atas dari tanah. Misalnya kerikil mempunyai daya infiltrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan



tanah liat yang kedap air. Untuk lahan yang terjal dimana air sangat cepat menipis diatas permukaan tanah sehingga air tidak dapat sempat berinfiltrasi yang menyebabkan daya infiltrasi lebih kecil.

Rumusan dari infiltrasi adalah sebagai berikut :

$$I = i \times Ws \quad \text{Pers.(2.4)}$$

Faktor infiltrasi  $i = 0,4$

b. Volume air tanah

$$G = 0,5 (1 + k) \times i \quad \text{Pers.(2.5)}$$

c. Penyimpanan volume air tanah

$$L = k \times 100 \quad \text{Pers.(2.6)}$$

d. Total Volume penyimpanan air tanah

$$Vn = G + L \quad \text{Pers. (2.7)}$$

e. Perubahan volume aliran dalam tanah

$$\Delta Vn = Vn - 100 \quad \text{Pers.(2.8)}$$

6. Limpasan Langsung

Limpasan langsung adalah limpasan permukaan adalah air yang mengalir di atas permukaan tanah baik sebagai aliran tipis di permukaan tanah atau sebagai aliran disaluran (Basak, 1999). Limpasan permukaan berasal dari *Water surplus* yang telah mengalami infiltrasi.

Jadi *direct runoff* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut : (Bappenas, 2006)

$$DRO = WS - I \quad \text{pers.15} \quad \text{Pers.(2.9)}$$

7. Aliran dasar sungai (*Base flow*)

*Base flow* adalah sebagian hujan yang terperkolasi ke dalam menembus lapisan tanah dan pada akhirnya akan mengisi saluran sungai. *Base flow* merupakan selisih antara

infiltrasi dengan perubahan *groundwater storage*, dalam bentuk persamaan: (Bappenas, 2006).

$$\mathbf{BF = I - \Delta V_n} \quad \text{Pers.(2.10)}$$

8. Total Limpasan (Ron)

$$\mathbf{Ron = BF + DRO} \quad \text{Pers.(2.11)}$$

9. Banyaknya air yang tersedia dari sumbernya

$$\mathbf{Q_n = Ron \times A} \quad \text{Pers.(2.12)}$$

Dimana :

$Q_n$  = Banyaknya air yang tersedia dari sumbernya

$A$  = Luas daerah tangkapan (*catchmen tarea*) km<sup>2</sup>

Neraca air metode *F.J. Mock* dirumuskan sebagai berikut :

$$\mathbf{Q = (Dro + Bf) A} \quad \text{Pers.(2.13)}$$

Dimana :

$Q$  = Debit andalan (m<sup>3</sup>/dtk)

$Dro$  = *Direct run off* (m<sup>3</sup>/dtk/km<sup>2</sup>)

$Bf$  = *Base flow* (m<sup>3</sup>/dtk/km<sup>2</sup>)

$A$  = *Catchment area* (km<sup>2</sup>)

**Metode *F.J Mock* dirumuskan sebagai berikut: (Bappenas, 2006).**

**a. Presipitasi (Curah Hujan)**

Presipitasi adalah curahan atau turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk berbeda, yaitu curah hujan di daerah tropis dan curah hujan serta salju di daerah beriklim sedang Curah hujan rata-rata bulanan dapat di hitung dengan menggunakan metode rata-rata *Aritmatik (Aljabar)*, metode *Isohyet*, dan metode *Thiessen*.

**b. Evapotranspirasi**

Evapotranspirasi adalah merupakan penguapan yang terjadi dari permukaan yang bertanaman (*vegetated surface*). Nilai evapotranspirasi ini merupakan penjumlahan dari evaporasi (*evaporation*) dan transpirasi (*transpiration*) secara bersama-sama. Evapotranspirasi (Eto) dapat diartikan sebagai kehilangan air dari lahan dan permukaan air pada Daerah Aliran Sungai. Dalam menentukan besarnya nilai evapotranspirasi dapat digunakan metode atau rumus empiris seperti : Metode Radiasi, Metode *Penman*, Metode *Blaney-Criddle*, Metode *Thornthwaite*, dan Metode Panci Evaporasi.

Besarnya evapotranspirasi potensial (ET0) yang terjadi dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi/iklim yaitu suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan penyinaran matahari. Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung besaran ET0 adalah Metode Modifikasi *Penman* (FAO) yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Sudjarwadi, 1979) .

Penentuan harga evapotranspirasi aktual ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini :

$$Eto = C.[W.Rn+(1-W).f(u).(ea-ed)] \quad \text{Pers.(2.14)}$$

Dimana :

- Eto = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- C = Faktor penyesuaian (perubahan siang dan malam)
- W = Faktor penimbang berdasarkan suhu udara
- Rn = Radiasi netto (mm/hari)
- (1-W) = Faktor temperatur dan ketinggian
- f(u) = Faktor kecepatan angin
- ea = Tekanan uap udara (mbar)
- ed = Tekanan uap jenuh (mbar)

untuk penentuan harga evapotranspirasi ada beberapa tabel ketentuan yang dapat digunakan, yaitu tabel 2.2. hubungan suhu dengan nilai ea,w dan f(t), tabel 2.3. besaran nilai Ra, dan tabel 2.4, adalah angka koreksi Penman. Untuk nilai pada masing-masing tabel tersebut dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2.2. Hubungan suhu dengan nilai  $e_a$ ,  $w$  dan  $f(t)$

Suhu (°C)	$e_a$ (mbar)	$w$	$f(t)$
24.0	29.85	0.735	15.40
24.2	30.21	0.737	15.45
24.4	30.57	0.739	15.50
24.6	30.94	0.741	15.55
24.8	31.31	0.743	15.60
25.0	31.69	0.745	15.65
25.2	32.06	0.747	15.70
25.4	32.45	0.749	15.75
25.6	32.83	0.751	15.80
25.8	33.22	0.753	15.85
26.0	33.62	0.755	15.90
26.2	34.02	0.757	15.94
26.4	34.42	0.759	15.98
26.6	34.83	0.761	16.02
26.8	35.25	0.763	16.04
27.0	35.66	0.765	16.10
27.2	36.09	0.767	16.14
27.4	36.50	0.769	16.18
27.6	36.94	0.771	16.22
27.8	37.37	0.773	16.26
28.0	37.81	0.775	16.30
28.2	38.25	0.777	16.34
28.4	38.70	0.779	16.38

28.6	39.14	0.781	16.42
28.8	39.61	0.783	16.46

Sumber FAO 1997

Tabel 2.3. Besaran Nilai Ra

Bulan	Lintang Utara	Lintang Selatan							
	5	4	2	0	2	4	6	8	10
Januari	13.00	14.03	14.07	15.00	15.03	15.05	15.08	16.01	16.01
Februari	14.00	15.00	15.03	15.05	15.07	15.08	16.00	16.01	16.00
Maret	15.00	15.05	15.06	15.07	15.07	15.06	15.06	15.05	15.03
April	15.01	15.05	15.03	15.03	15.01	14.09	14.07	14.04	14.00
Mei	15.03	14.09	14.06	14.04	14.01	13.08	13.04	13.01	12.06
Juni	15.00	14.04	14.02	13.09	13.05	13.02	12.08	12.04	12.06
Juli	15.01	14.06	14.03	14.01	13.07	13.04	13.01	12.07	11.08
Agustus	15.03	15.01	14.09	14.08	14.05	14.03	14.00	13.07	12.02
September	15.01	15.03	15.03	15.03	15.02	15.01	15.00	14.09	13.03
Oktober	15.07	15.01	15.03	15.04	15.05	15.06	15.07	15.08	14.06
November	14.08	14.05	14.08	15.01	15.03	15.05	15.08	16.00	15.06
Desember	14.06	14.01	14.04	14.08	15.01	15.04	15.07	16.00	16.00

Sumber : FAO 199

Tabel.2.4. Angka Koreksi Penman

Angka	jan	feb	mar	april	mei	jun	juli	ags	sept	okt	nov	des
c	1.1	1.1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1,1	1,1	1,1	1,1

Sumber : Direktorat Irigasi, Pedoman dan Kriteria Perencanaan Teknik Irigasi, Volume IV, 1980, Jakarta

Berdasarkan tabel dari ketentuan diatas, maka Tahapan – tahapan dalam perhitungan Evapotranspirasi dengan menggunakan **Metode Penman** adalah sebagai berikut.

### 1. Mengitung radiasi yang datang

$$R_s = (0,25 + 0,5 \cdot n/N) R_a \quad \text{Pers.(2.15)}$$

Dimana :

(n/N) = lamanya penyinaran matahari (%)

R<sub>a</sub> = Radiasi ekstra terretial (mm/hari)

### 2. Menghitung tekanan uap nyata

$$e_d = e_a \cdot R_h \quad \text{Pers.(2.16)}$$

Dimana :

e<sub>d</sub> = tekanan uap nyata

e<sub>a</sub> = tekanan uap jenuh (mbar)

R<sub>h</sub> = kelembaban udara (%)

**3. Menghitung radiasi netto gelombang pendek**

$$R_{ns} = R_s \cdot (1 - 0,2) \quad \text{Pers.(2.17)}$$

**4. Menghitung fungsi tekanan uap nyata**

$$f(ed) = 0,33 - 0,044 \cdot (ed)^{0,5} \quad \text{Pers.(2.18)}$$

Dimana :

$f(ed)$  = fungsi tekanan uap nyata

**5. Menghitung fungsi rasio lama penyinaran matahari**

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9 \cdot (n/N) \quad \text{Pers.(2.19)}$$

Dimana :

$f(n/N)$  = fungsi lamanya penyinaran matahari

$(n/N)$  = lamanya penyinaran matahari

**6. Menghitung fungsi kecepatan angin**

$$f(u) = 0,27 \cdot (1 + u/100) \quad \text{Pers.(2.20)}$$

Dimana :

$f(u)$  = fungsi kecepatan angin

$u$  = kecepatan angin

**7. Menghitung  $R_{nl}$**

$$R_{nl} = f(t) \cdot f(ed) \cdot F(n/N) \quad \text{Pers.(2.21)}$$

Dimana :

$f(ed)$  = fungsi tekanan uap nyata

$f(n/N)$  = fungsi lamanya penyinaran matahari

$f(t)$  = fungsi suhu

**8. Mengitung  $(ea-ed)$**

$$(ea-ed) = \text{nilai } ea \text{ dikurang dengan nilai } ed \quad \text{Pers.(2.22)}$$

Dimana :

$ed$  = tekanan uap nyata

$ea$  = tekanan uap jenuh

**9. Menghitung Radiasi netto**

$$R_n = R_{ns} - R_{n1} \quad \text{Pers.(2.23)}$$

Dimana :

$R_{ns}$  =Radiasi gelombang pendek

#### 10. Menghitung nilai Evapotranspirasi

$$E_{to} = c (W \times R_n + (1-W) (e_a - e_d) \times f(u)) \quad \text{Pers.(2.24)}$$

#### 2.4 Data Curah Hujan

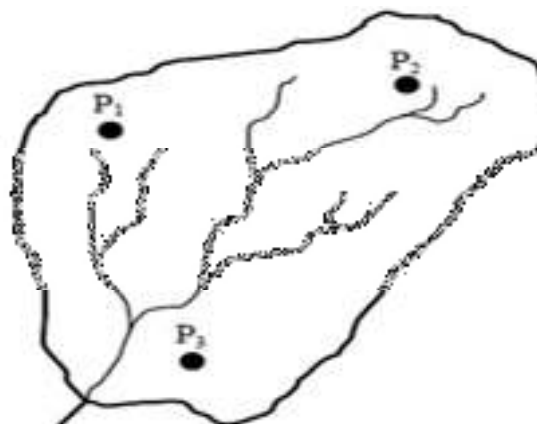
Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah dasar selama periode tertentu yang di ukur dengan satuan tinggi milimeter diatas permukaan horizontal. Curah hujan dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Jumlah curah hujan merupakan volume air yang terkumpul di permukaan bidang datar dalam suatu periode tertentu (harian, mingguan, bulanan dan tahunan)

#### 2.5 Curah Hujan Rata-Rata

Perhitungan curah hujan rata-rata dapat digunakan dengan tiga metode yaitu, Metode Rata-rata Aritmatik (Aljabar), Metode *Polygon Thiessen* dan Metode Isohyet.

#### Metode Rata-Rata Aritmatik (Aljabar)

Perhitungan curah hujan rata-rata dengan metode Aritmatik biasanya digunakan pada daerah datar dan penyebaran hujannya dianggap merata. Dalam metode ini menggunakan perhitungan curah hujan wilayah dengan cara menjumlahkan curah hujan dari semua titik pengukuran kemudian membaginya dengan jumlah titik pengukuran yang ada pada wilayah tersebut, sehingga dapat ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Metode rata-rata Aritmatik (Aljabar)  
Sumber: Ir. CD Soemarto (1987)

Ketentuan dari metode ini adalah :

- Metode ini dipakai apabila daerah tersebut berada pada daerah yang datar dengan jumlah stasiun hujan relatif banyak
- Jumlah stasiun hujan harus relatif banyak
- Penempatan alat ukur tersebar merata

Rumus yang digunakan dalam metode Aritmatik adalah :

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \quad \text{Pers.(2.4)}$$

Dimana :

R = curah hujan rata-rata (mm)

n = jumlah stasiun pengamatan

$R_1, R_2, R_3, R_n$  = curah hujan stasiun di setiap titik pengamatan (mm)

### Metode *Polygon Thiessen*

Dalam metode ini, curah hujan rata-rata didapatkan dengan membuat polygon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Cara ini dipandang lebih baik daripada metode rata-rata Aritmatik (Aljabar), yaitu dengan memasukan faktor luas areal yang diwakili oleh setiap stasiun hujan. Jumlah perkalian antara tiap-tiap luas polygon dengan besar curah hujan di stasiun dalam polygon tersebut dibagi dengan luas daerah seluruh DAS akan menghasilkan nilai curah hujan rata-rata DAS. Pada gambar 2.2. menunjukkan contoh posisi stasiun 1, stasiun 2, dan stasiun 3 dari skema Polygon Thiessen dalam daerah aliran sungai.





Gambar 2.2. *Poligon Thiessen* pada Daerah Aliran Sungai  
 Sumber: Ir. CD Soemarto (1987)

Ketentuan dari metode ini adalah :

- Jumlah stasiun pengamatan minimal 3 buah stasiun
- Stasiun hujan tidak tersebar merata
- Topografi daerah tidak di perhitungkan

Rumus yang digunakan adalah :

$$P = \frac{P_1.A_1 + P_2.A_2 + \dots + P_n.P_n}{A_1 + A_2 + A_n} \quad \text{Pers.(2.25)}$$

Dimana :

P = curah hujan area (mm)

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>n</sub> = curah hujan pada stasiun 1,2, n (mm)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>n</sub> = luas area pada stasiun 1,2,n (km<sup>2</sup>)

### Metode Isohyet

Metode Isohyet ini menggunakan pembagian dengan garis yang menghubungkan titik-titik kedalaman hujan yang sama. Tinggi curah hujan rata-rata didapatkan dengan menjumlahkan perkalian antara curah hujan rata-rata diantara garis isohyet dengan luas daerah yang dibatasi oleh garis batas Daerah Aliran Sungai (DAS) dan dua garis isohyet, kemudian dibagi dengan luas seluruh DAS. Metode ini pada umumnya digunakan untuk daerah pegunungan. Pada gambar 2.3. menunjukkan contoh dari metode Isohyet



Gambar 2.3. Contoh metode *Isohyet*

Sumber: *Triatmodjo, (2008)*

Ketentuan dari metode ini adalah :

- Dapat digunakan pada daerah datar/pegunungan
- Jumlah stasiun pengamatan harus banyak
- Yang bermanfaat untuk hujan yang sangat singkat

Rumus yang digunakan adalah :

$$R = \frac{\frac{R_1+R_2}{2} \times A_1 + \frac{R_2+R_3}{2} \times A_2 + \dots + \frac{R_{n-1}+R_n}{2} \times A_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \quad \text{Pers.(2.26)}$$

Dimana :

R = curah hujan rata-rata (mm)

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ..., R<sub>n</sub> = curah hujan stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>n</sub> = luas masing-masing antara garis-garis isohyet (km<sup>2</sup>)

Dari ketiga metode diatas, dalam praktek pemakaian hitungan hujan rata-rata DAS tersebut, banyak digunakan dengan cara kedua yaitu metode *Polygon Thiessen* karena dipandang lebih praktis dengan hasil yang cukup baik.

## 2.6 Kalibrasi parameter

Dalam melakukan perhitungan ketersediaan air sungai, terlebih dahulu dilakukan proses kalibrasi untuk masukan yang menentukan parameter sebagai data masukan yang optimal. Parameter-parameter yang dikalibrasi pada *metode Mock* yaitu kelembaban tanah maksimum (SMC), koefisien infiltrasi (if), koefisien resesi (k), *Initial Soil Moisture* (ISM) dan *Initial Ground Water Storage* (IGWS) (Kironoto A, 1994). Kalibrasi (*calibration*) terhadap satu model adalah proses pemilihan kombinasi parameter. Dengan kata lain, proses optimalisasi ini parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi DAS yang teramati dan tersimulasi. Koherensi ini (ketepatan antara yang terukur dan

terhitung) dapat diamati secara kualitatif, misalnya dengan membandingkan hidrograf debit terukur dan terhitung. Umumnya koherensi ini dinilai secara kuantitatif (Indarto, 2006).

Metode kalibrasi dibedakan menjadi tiga, yaitu: (Indarto, 2006).

**a. Coba-coba (Trial and Error)**

Dalam hal ini, nilai parameter dicocokkan secara manual dengan cara coba-coba. Metode ini adalah metode paling banyak digunakan dan direkomendasikan, khususnya untuk model yang kompleks. Dimana sebuah grafik yang bagus sudah dianggap mewakili hasil simulasi.

**b. Otomatis**

Dalam hal ini, sebuah algoritma dipakai untuk menentukan nilai fungsi objektif dan digunakan untuk mencari kombinasi dan permutasi parameter sebanyak mungkin untuk menentukan tingkat keakuratan yang optimum.

**c. Kombinasi**

Dalam hal ini, kalibrasi secara otomatis dilakukan untuk menentukan parameter, dan kemudian digunakan trial and error untuk menentukan detail kombinasi yang optimal.

Metode kalibrasi yang paling banyak digunakan dalam pemodelan hujan-aliran adalah trial and error, hal ini disebabkan karena proses penggunaannya cukup sederhana dan cepat serta membutuhkan pengalaman. Pengalaman tersebut biasanya didapat dari 5 sampai 15 kali percobaan.

Persamaan yang digunakan dengan menggunakan metode coba-coba (*trial and error*) yaitu sebagai berikut: (Indarto, 2006).

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2}{n} \quad \text{Pers.(2.27)}$$

Dimana:

MSE = Mean Squared Error

$Y_i$  = nilai yang diamati

$Y'_i$  = nilai yang diprediksi

$n$  = jumlah titik data.

## 2.7 Metode dengan Statistik

Perhitungan debit andalan dengan menggunakan metode statistik dilakukan apabila tersedia data pencatatan debit seri jangka panjang, hal ini untuk menghindari angka penyimpangan perhitungan yang besar, dianjurkan lebih baik apabila digunakan data pencatatan debit minimal 10 tahun, kemudian setelah data disusun pada tabel pencatatan debit minimal 10 tahun. Setelah data disusun pada tabel pencatatan debit, maka selanjutnya ditetapkan presentase debit andalan yang diharapkan seperti halnya pada metode rangking (Nugroho Hadisusanto, 2010).

langkah-langkah perhitungan metode statistik dapat dilakukan sebagai berikut :

- a) Ditabelkan data debit rata-rata bulanan, setengah bulanan atau sepuluh harian.
- b) Dihitung nilai  $\bar{X}$  rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad \text{Pers.(2.28)}$$

Dimana :

$\bar{X}$  = nilai rata-rata variat

$X$  = nilai variat

$n$  = jumlah data

- c) Menghitung nilai standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} \quad \text{Pers.(2.29)}$$

Dimana :

$S$  = standar deviasi

$\bar{X}$  = nilai rata-rata variat

$X$  = nilai variat

$n$  = jumlah data

- d) Menghitung nilai koefisien variasi

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad \text{Pers.(2.30)}$$

Dimana :

$Cv$  = koefisien variasi

$S$  = standar deviasi

$\bar{X}$  = nilai rata-rata variat

- e) Debit andalan yang sudah ditentukan untuk keperluan PLTM dapat dihitung dengan rumus  $Q_{90}$ .

$$Q_{90} = \bar{X} + k.s$$

Pers.(2.31)

Dimana :

$Q_{90}$  = debit andalan untuk PLTM

S = standar deviasi

$\bar{X}$  : nilai rata-rata variat

Berikut ini adalah tabel nilai debit andalan untuk berbagai macam kegiatan

Tabel 2.5. Nilai Debit Andalan

Keandalan	Kegiatan
Penyediaan Air Minum	99%
Penyediaan Air Industri	95%-98%
Penyediaan Air Irigasi	80%
Daerah Beriklim Setengah Lembab	70%-85%
Daerah Beriklim Kering	80%-95%
Pembangkit Listrik Tenaga Air	85%-90%

Sumber: Soemarto, 1995.

Data debit yang akan digunakan dalam perhitungan debit andalan harus diuji secara statistik; Data debit bulanan atau 2 mingguan atau 10 harian digunakan untuk perhitungan debit andalan pada perencanaan PLTA. Data debit bulanan digunakan untuk perhitungan debit andalan pada perencanaan PLTA dan air baku untuk kasus tanpa waduk. Data debit harian digunakan untuk perhitungan debit andalan pada perhitungan suplai air untuk domestik atau sedimentasi perhitungan debit andalan dengan analisis lengkung kekerapan digunakan untuk perencanaan berbagai pemanfaatan air dimana probabilitas yang digunakan disesuaikan dengan persyaratan dalam perencanaan tersebut (Bappenes, 2006)

## 2.8 Data - Data Yang Diperlukan

Data-data yang diperlukan dalam analisa debit andalan adalah:

### 1. Curah Hujan Bulanan Rata-Rata

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah dasar selama periode tertentu yang di ukur dengan satuan tinggi millimeter diatas permukaan horizontal. Pengukuran curah hujan dapat dilakukan dengan bantuan alat bernama

ombrometer. Penakar hujan tersebut adalah alat pengukur jumlah curah hujan yang turun dalam skala per satuan luas. Prinsip dan cara kerja alat ini adalah mengukur tinggi jumlah air yang tertampung atau tergenang. Dan data-data curah hujan bisa juga di ambil dari BMKG yang sudah tersedia. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan bulanan 10 tahun terakhir.

## 2. Pengolahan Data Iklim

Cuaca dan iklim merupakan dua kondisi yang hampir sama tetapi berbeda pengertian khususnya terhadap kurun waktu. Cuaca merupakan bentuk awal yang dihubungkan dengan penafsiran dan pengertian akan kondisi fisik udara sesaat pada suatu lokasi dan suatu waktu. Sedangkan iklim merupakan kondisi lanjutan dan kumpulan dari kondisi cuaca yang kemudian disusun dan dihitung dalam bentuk rata-rata kondisi cuaca dalam kurun waktu tertentu (Winarso, 2013).

Iklim dapat didefinisikan sebagai berikut :

- a. Sintesis kejadian cuaca selama kurun waktu yang panjang yang secara statistic cukup dapat dipakai untuk menunjukkan nilai statistic yang berbeda dengan keadaan pada setiap saatnya (*World Climate Cofference, 1979*)
- b. Konsep abstrak yang menyatakan kebiasaan cuaca dan unsur-unsur atmosfer disuatu daerah selama kurun waktu yang panjang (Glenn T. Trewartha, 1980).
- c. Peluang statistic sebagai keadaan atmosfer, antara lain suhu, tekanan, angin kelembaban, yang terjadi disuatu daerah dalam kurun waktu yang panjang (Gibbs, 1987).

Dalam pengertian lain *Trewartha and Horn (1995)* mengatakan bahwa iklim merupakan suatu konsep yang abstrak, dimana iklim merupakan komposit dari keadaan cuaca hari ke hari dan elemen-elemen atmosfer di dalam suatau kawasan tertentu dalam jangka waktu yang panjang. Jadi dapat disimpulkan bahwa iklim adalah keadaan cuaca rata-rata dalam waktu satu tahun yang penyelidikannya dilakukan dalam waktu yang lama ( $\pm$  minimal 30 tahun) dan meliputi wilayah yang luas.

Iklim dapat terbentuk karena adanya rotasi dan revolusi bumi sehingga terjadi pergeseran semu harian matahari dan tahunan; dan, Perbedaan lintang geografi dan lingkungan fisis, dan perbedaan ini lah yang menimbulkan timbulnya

penyerapan panas matahari oleh bumi sehingga besar pengaruhnya terhadap kehidupan di bumi.

**Data iklim meliputi :**

- **Data suhu udara**

Suhu udara merupakan keadaan panas udara yang disebabkan oleh panas matahari. Faktor yang mempengaruhi banyak/sedikitnya panas matahari yang diterima oleh bumi adalah keadaan awan, keadaan bidang permukaan, sudut sinar datang, dan lama penyinaran matahari.

- **Data kelembaban udara**

Kelembaban udara adalah konsentrasi kandungan dari uap air yang ada di udara. Uap air yang terdapat dalam atmosfer bisa berubah wujud menjadi cair/padat dan pada akhirnya akan jatuh ke bumi yang dikenal sebagai hujan.

- **Data Kecepatan Angin**

Kecepatan angin merupakan satuan yang mengukur kecepatan aliran udara dari tekanan tinggi ke tekanan rendah dan diukur dengan menggunakan anemometer.

- **Data lamanya penyinaran matahari**

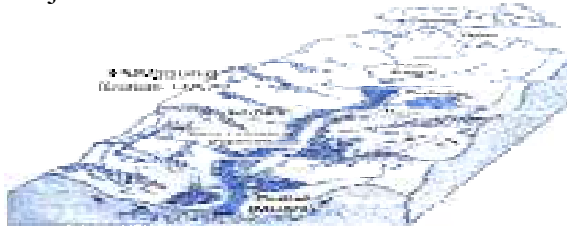
Lama penyinaran matahari atau durasi penyinaran matahari adalah lamanya matahari bersinar cerah pada permukaan bumi yang di hitung mulai dari matahari terbit hingga terbenam

## **2.9 Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah 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. 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 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 2.4, menunjukkan contoh dari bentuk DAS.



Gambar 2.4. Contoh Bentuk DAS

Sumber : Sri Harto, 1993

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

- a. 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
- b. 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
- c. 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 2.5, menunjukkan bentuk corak pada pola aliran DAS.



Gambar 2.5. Bentuk Corak Pada Pola Aliran DAS

Sumber : Ensiklopedi Jurnal Bumi

### **BAB III**

## **METODE PENELITIAN**





- b. Data Curah hari hujan
- c. Data iklim. Data iklim meliputi data suhu udara, data kelembaban udara, data kecepatan angin dan data lama penyinaran matahari.
- d. Data luas daerah aliran sungai (DAS), data ini bisa didapatkan dengan menggunakan *software Arcgis* dan *Global Mapper*

2) Data Sekunder, adapun data sekunder yang digunakan adalah data dari perusahaan terkait, dan data dari BMKG.

### 3.3 Metode Analisa Data

#### 3.3.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam analisa ini adalah data curah hujan bulanan 10 tahun terakhir (2011-2021), yang dapat dilihat pada tabel 3.1, tabel 3.2, dan tabel 3.3.

Data Curah Hujan Bulanan : mm  
 Lokasi/Stasiun : Dolok Sanggul (Humbang Hasundutan)  
 Koordinat : 2.269646° LU , 98.777892° BT  
 Ketinggian Alat : 120 cm

Tabel 3.1. Data Curah Hujan Bulanan Dolok Sanggul (mm/bulan)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2011	201	183	294	284	154	138	109	224	177	270	340	312
2012	98	180	228	219	186	121	216	190	239	210	305	280
2013	236	302	121	181	184	193	106	74	178	260	281	60
2014	94	87	173	396	280	94	103	101	342	230	239	274
2015	321	88	319	319	559	58	31	131	204	119	200	242
2016	84	122	109	417	297	63	47	53	87	152	296	217
2017	180	85	185	270	67	118	38	125	189	87	391	326
2018	110	203	250	324	181	87	238	125	189	87	391	326
2019	194	221	291	285	259	212	169	145	50	288	205	242
2020	175	43	200	310	106	126	169	164	267	127	309	296
2021	175	43	200	310	106	126	169	164	267	127	309	296
Rata2	169,8	141,6	215,5	301,4	216,3	121,5	126,8	136	199	177,9	296,9	261

Sumber data : BMKG Sampali Deli Serdang

Data Curah Hujan Bulanan : mm  
 Lokasi/Stasiun : Sijamapolang (Humbang Hasundutan)  
 Koordinat : 2.157678° LU , 98.706708° BT  
 Ketinggian Alat : 120 cm

Tabel 3.2. Data Curah Hujan Bulanan Sijamapolang (mm/bulan)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2011	177	114	172	175	70	33	67	71	49	295	414	362
2012	122	258	226	245	178	120	65	322	211	18	234	216
2013	334	369	337	352	147	202	41	208	68	330	218	375
2014	36	32	145	307	199	37	21	47	64	71	436	143
2015	309	174	288	383	487	383	140	90	100	192	244	132
2016	155	80	266	229	276	156	169	70	134	66	324	240
2017	289	162	121	132	98	83	107	144	169	146	152	367
2018	202	117	128	378	299	39	240	144	169	146	152	367
2019	289	312	225	267	319	138	529	340	363	606	227	455
2020	352	174	353	389	445	174	335	254	455	318	501	224
2021	352	174	353	389	445	174	335	254	455	318	501	224
Rata2	237,9	178,7	237,6	295,1	269,4	139,9	186,3	176,7	203,4	227,8	309,4	282,3

Sumber data : BMKG Sampali Deli Serdang

Data Curah Hujan Bulanan : mm  
 Lokasi/Stasiun : Sektor Aek Raja (Tapanuli Utara)  
 Koordinat : 2.106701° LU ,98.875528° BT  
 Ketinggian Alat : 120 cm

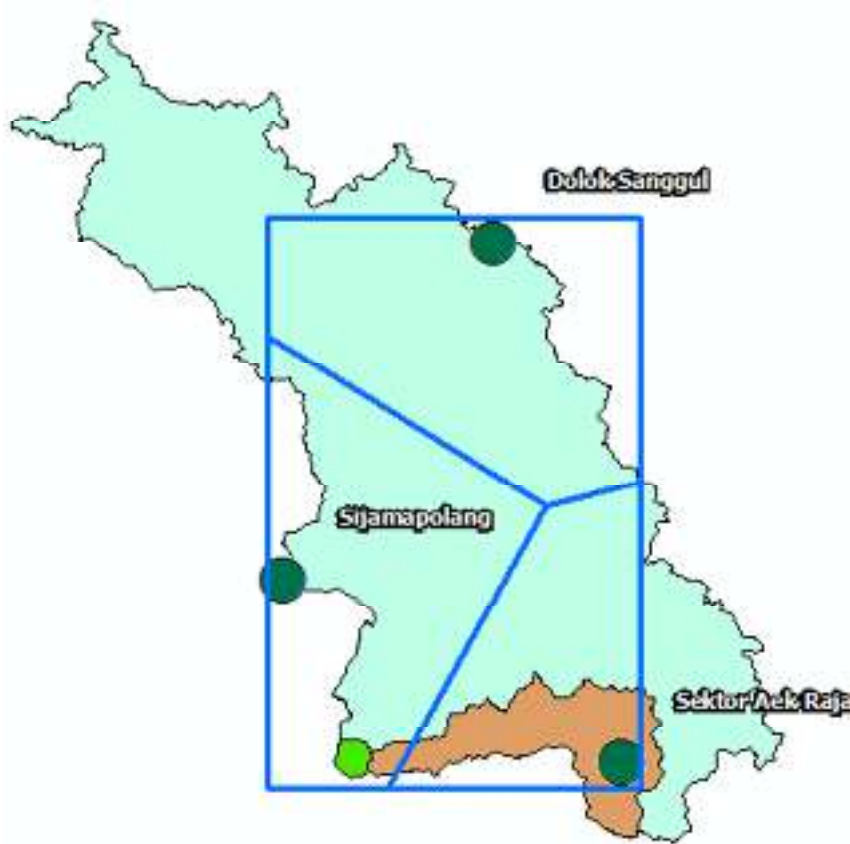
Tabel 3.3. Data Curah Hujan Bulanan Sektor Aek Raja (mm/bulan)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2011	225	149	287	338	138	94	104	212	176	276	381	327
2012	92	247	194	238	193	63	232	156	229	211	369	330
2013	206	172	171	224	156	104	22	163	144	300	302	237
2014	181	38	133	250	221	86	73	177	204	209	285	260
2015	230	110	218	221	164	93	47	97	209	112	216	245
2016	80	51	231	163	209	99	123	156	208	273	382	265
2017	364	228	318	367	226	123	0	85	219	27	463	175
2018	176	238	376	509	466	222	86	73	302	506	312	342
2019	0	197	240	130	94	61	86	58	87	253	166	287
2020	184	166	221	438	204	212	189	74	173	94	214	175
2021	222	32	320	87	201	136	101	265	172	217	233	199
Rata2	178,2	148	246,3	269,6	206,6	117,6	96,64	137,8	193	225,3	302,1	258,4

Sumber data : BMKG Sampali Deli Serdang

### 3.3.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Analisa daerah aliran sungai adalah penentuan daerah yang merupakan area yang menangkap air hujan dan mengalirkannya ke sungai yang ditinjau. Daerah Aliran Sungai dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. DAS (Daerah Aliran Sungai)

Sumber data : Perusahaan PT. Clean Energy

### 3.3.3 Data Klimatologi

Untuk menghitung besarnya evapotranspirasi, dibutuhkan data-data klimatologi, yaitu : temperatur udara, kelembaban udara, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin. Evapotranspirasi potensial (ET<sub>0</sub>) dihitung dengan Metode *Modifikasi Penman*. Data-data klimatologi dapat dilihat pada tabel 3.4, tabel 3.5, tabel 3.6 dan tabel 3.7

Data Suhu Udara Bulanan : Derajat Celcius (°C)  
Lokasi/Stasiun : Kec. Sijamapolang (Humbahas)

Koordinat : 2.157678° LU , 98.706708° BT  
 Ketinggian Alat : 120 cm

Tabel 3.4. Data Suhu Udara Bulanan Sijamapolang

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
2011	23	23,7	23,2	23,2	24,2	23,9	23,9	23,4	22,9	23,2	22,7	23,6
2012	23,9	23	23,8	23,1	24,2	23,7	23,5	22,9	23	22,7	23,2	22,7
2013	24,3	23,2	24,6	23,6	23,8	23,9	23,5	23,6	22,8	23,3	23,1	22,9
2014	23	23,9	24,4	23,6	24	24,2	23,9	23,3	22,9	23,8	22,9	23,6
2015	23,4	23,9	23,8	24,1	24,2	24,3	24,1	23,7	23,2	23,4	23,9	23,2
2016	24,6	24	24,8	25,1	24,4	24,2	23,2	23,3	23,3	23,8	23,1	22,9
2017	21,6	22,1	22,4	22,4	23,1	22,8	22,4	22,2	22,2	22,4	21,7	21,9
2018	21,8	22,4	22,4	22,5	22,7	22,8	22,1	22,1	21,7	21,8	21,9	22,1
2019	22,3	22,7	22,8	23,1	23,1	23	22,6	22,3	22,6	21,9	22,2	22,3
2020	22,8	23,1	23	22,9	23,2	22,7	22,2	22,6	22	22	21,8	21,7
2021	22	22,7	22,2	22,2	22,8	22,2	22	22	22,1	22,2	21,8	22
Rata2	22,97	23,15	23,4	23,25	23,61	23,43	23,04	22,85	22,61	22,77	22,57	22,63

Sumber data : BMKG Sampali Deli Serdang

Data Kelembaban Udara Bulanan : %

Lokasi/Stasiun : Kec. Sijamapolang (Humbahas)  
 Koordinat : 2.157678° LU , 98.706708° BT  
 Ketinggian Alat : 120 cm

Tabel 3.5. Data Kelembaban Udara Bulanan Sijamapolang

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2011	92	89	90	92	86	88	90	92	88	92	95	91
2012	86	90	89	91	90	88	89	92	89	91	95	93
2013	88	91	88	91	87	90	88	91	88	93	93	93
2014	88	82	87	91	91	87	86	89	92	91	92	93
2015	94	86	91	94	94	86	91	95	92	91	94	92
2016	92	88	93	91	91	88	90	88	88	90	93	93
2017	92	90	90	93	89	87	85	89	91	87	94	93
2018	89	87	88	90	91	85	89	85	92	93	94	91
2019	90	87	87	89	89	89	88	88	87	92	91	92
2020	87	84	88	91	89	88	90	86	90	89	94	92
2021	89	84	89	91	91	88	87	90	88	87	91	90
Rata2	89,73	87,09	89,09	91,27	89,82	87,64	88,45	89,55	89,55	90,55	93,27	92,09

Sumber data : BMKG Sampali Deli Serdang

Data Kecepatan Angin Bulanan : km/jam  
 Lokasi/Stasiun : Kec. Sijamapolang (Humbahas)  
 Koordinat : 2.157678° LU , 98.706708° BT  
 Ketinggian Alat : 100 cm

Tabel 3.6. Data Kecepatan Angin Bulanan Sijamapolang

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2011	6,26	7,29	7,77	7,54	7,37	8,48	7,7	6,4	7,08	7,26	7,51	7,04
2012	7,51	7,15	6,36	7,15	7,98	7,95	8,05	6,58	7,23	5,93	6,65	6,5
2013	7,44	7,11	6,72	6,51	6,72	8,31	7,55	8,3	8,62	6,58	6,54	6,47
2014	6,33	7,69	7,33	7,15	7,33	8,95	8,38	6,72	8,05	6,8	6,4	7,33
2015	6,22	5,97	6,82	6,36	6,58	6,72	7,44	7,94	7,76	5,86	5,82	5,72
2016	6,9	6,8	5,79	6,11	6,47	8,27	8,26	9,49	8,27	8,67	8,3	8,67
2017	5,4	4,2	3,5	4,1	5,2	4,1	5,3	4,6	4,4	4,8	4,8	4,4
2018	3,7	3,7	3,6	4	3,5	4,4	5,8	6,6	4,1	3,7	4,2	3,8
2019	4	3,8	3,7	3,6	3,8	4,4	3,5	4,5	4,1	3,7	3,9	3,9
2020	4	4,7	3,7	3,7	5,4	4	4,1	4,4	4,4	6,2	3,9	3,6
2021	3,6	3,8	4,3	4,2	4	4,3	4,9	4,3	4,5	4,7	4,8	4,4
Rata2	5,58	5,65	5,42	5,49	5,85	6,35	6,45	6,35	6,23	5,84	5,71	5,62

Sumber data : BMKG Sampali Deli Serdang

Data Lama Penyinaran Matahari Bulanan : Menit  
 Lokasi/Stasiun : Kec. Sijamapolang (Humbahas)  
 Koordinat : 2.157678° LU , 98.706708° BT  
 Ketinggian Alat : 120 cm

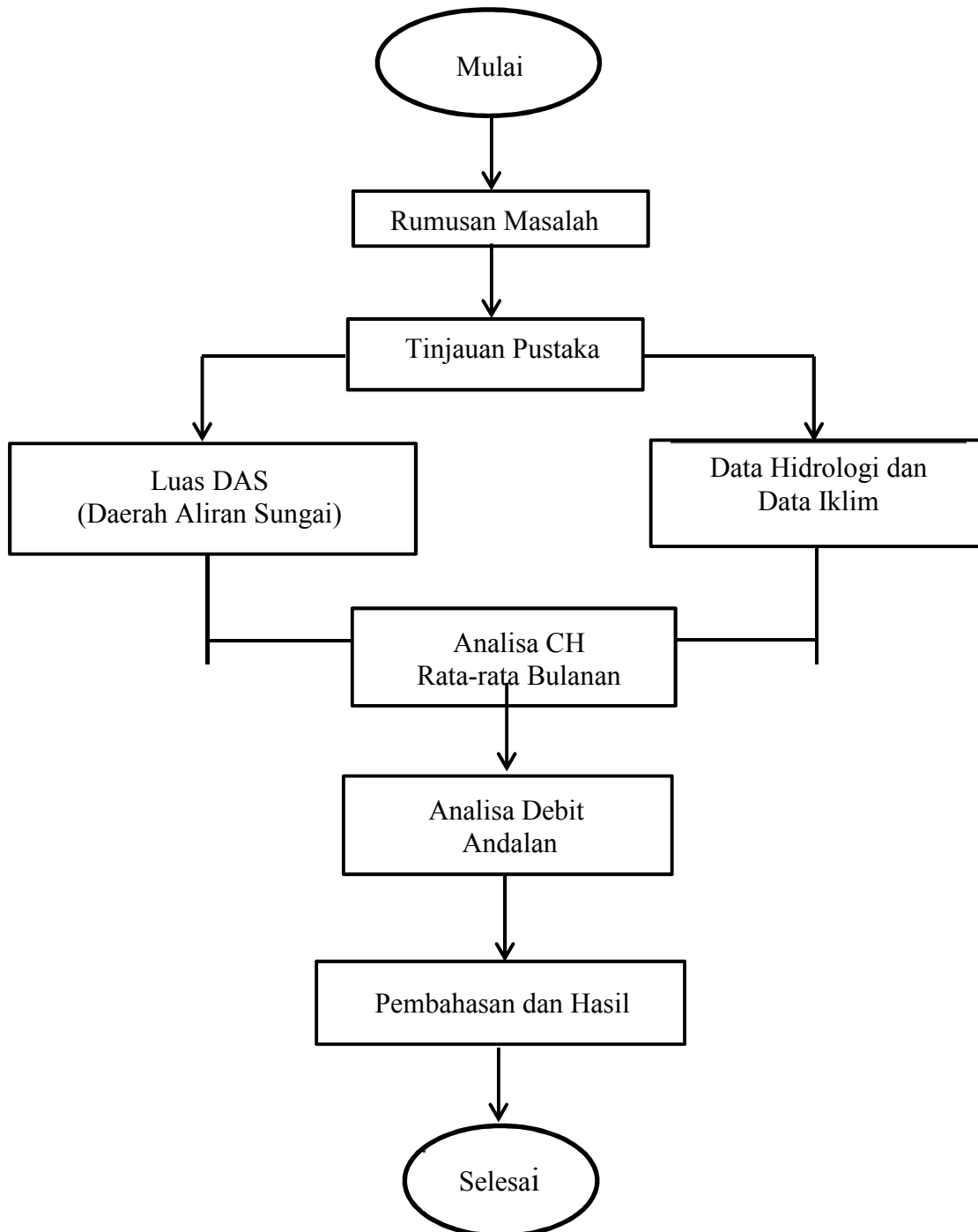
Tabel 3.7. Data Lama Penyinaran Matahari Bulanan Sijamapolang

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2011	267	230	255	262	284	287	279	269	243	262	289	265
2012	243	260	243	260	275	287	284	270	267	291	284	287
2013	270	260	243	289	286	292	287	262	272	275	275	270
2014	238	245	269	284	286	289	282	274	245	258	272	292
2015	236	253	252	281	269	275	279	265	252	262	284	274
2016	253	243	269	262	279	277	274	269	282	274	270	252
2017	40	49	51	42	45	57	57	47	46	53	26	34
2018	45	56	54	46	45	56	46	59	42	35	32	40
2019	50	58	58	51	51	47	53	51	57	42	43	39
2020	53	59	56	44	46	51	42	57	45	47	29	36
2021	43	64	48	46	43	50	49	45	49	54	36	42
Rata2	158	161,6	163,5	169,7	173,6	178,9	175,6	169,8	163,6	168,5	167,3	166,5

Sumber data : BMKG Sampali Deli Serdang

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Dalam analisa debit andalan pada PLTM Parmonangan II, adapun diagram alir penelitiannya sesuai dengan langkah-langkah yang digunakan untuk mendapatkan nilai debit andalan. Untuk diagram alir penelitiannya dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian