

**ANALISIS HIDROGRAF SATUAN TERUKUR (HST)  
DAS WAY BESAI**

**( Skripsi )**

**Oleh**

**NOVI NANDA AZNITA**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF HYDROGRAPH MEASURABLE UNIT (HST) WAY BESAI WATERSHEDS

BY

NOVI NANDA AZNITA

Hydrology is the science that deals with the earth's water such as its events, its circulation and spread, its physical and chemical properties and also its reaction to the environment, including its relation to life (living things). One of Hydrology used in the calculation of flood design discharge is Hydrograph Unit. The hydrograph unit is a direct runoff hydrograph generated by effective rainfall that occurs evenly across the watershed with fixed intensity within a set time unit.

One of the watersheds that require hydrograph unit to solve the problem is Way Besai River which is one of the rivers used as a water supplier for Way Besai Hydroelectric Power Plant (PLTA). Therefore, the availability of water in the Way Besai River is important but the problem solving should be completed gradually, the resolution of the problem is supported by the availability of data and a quantifiable approach (quantitative).

The location of this research is conducted in Way Besai watersheds, Sumber Jaya, West Lampung District. The data needed in this research is primary data and secondary data.

From the analysis results of Measured Unit of Hydrograph (HST) at Way Petai watersheds, for a period of 10 minutes, the average peak discharge ( $Q_p$ ) is 14,5579  $m^3 / s$ , for a period of 30 minutes, the average peak discharge ( $Q_p$ ) is 15,1948  $m^3 / sr$ , and 14.4765  $m^3 / s$  is the average peak discharge ( $Q_p$ ) for a period of 60 minutes.

As for the result of flood hydrograph analysis, it is obtained that the flood design for 2-year frequent time is 45,9204  $m^3 / s$ , for 5-year frequent time is 103,9502  $m^3 / s$ , for 10-year frequent time is 167,5567  $m^3 / s$ , 25-year frequent time is 276 , 4261  $m^3 /$

s, 50-year frequent time is 377,4437 m<sup>3</sup> / s, for 100-year frequent time is 496,2512 m<sup>3</sup> / s, and 635,8673 m<sup>3</sup> / s for the 200-year frequent time.

*Keywords: Watersheds, Measured Unit Hydrograph, Way Petai, Flood Hydrograph Analysis*

## ABSTRAK

### ANALISIS HIDROGRAF SATUAN TERUKUR (HST) DAS WAY BESAI

OLEH

NOVI NANDA AZNITA

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air yang ada di bumi, yaitu kejadian, sirkulasi dan penyebaran, sifat-sifat fisik dan kimiawi serta reaksinya terhadap lingkungan, termasuk hubungannya dengan kehidupan (mahluk hidup). Salah satu Ilmu Hidrologi yang digunakan pada perhitungan debit banjir rancangan adalah Hidrograf Satuan. Hidrograf satuan merupakan hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu yang ditetapkan.

Salah Satu DAS (Daerah Aliran Sungai) yang memerlukan hidrograf satuan untuk pemecahan masalahnya adalah Sungai Way Besai yang merupakan salah satu sungai yang digunakan sebagai penyuplai air untuk PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) Way Besai. Oleh karena itu ketersediaan air di sungai Way Besai penting namun penyelesaian masalah tersebut harus diselesaikan secara bertahap, penyelesaian masalah tersebut didukung oleh ketersediaan data dan pendekatan yang terukur (kuantitatif).

Lokasi penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Besai, Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

Dari hasil analisis Hidrograf Satuan Terukur (HST) pada DAS Way Petai, untuk periode waktu 10 menit debit puncak rata-rata ( $Q_p$ )  $14,5579 \text{ m}^3/\text{det}$ , untuk periode waktu 30 menit debit puncak rata-rata ( $Q_p$ )  $15,1948 \text{ m}^3/\text{det}$ , dan  $14,4765 \text{ m}^3/\text{det}$  debit puncak rata-rata ( $Q_p$ ) untuk periode waktu 60 menit.

Sedangkan untuk hasil analisis hidrograf banjir, didapat banjir rancangan untuk kala ulang 2 tahun adalah 45,9204 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 5 tahun 103,9502 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 10 tahun 167,5567 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 25 tahun 276,4261 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 50 tahun 377,4437 m<sup>3</sup>/det, kala ulang 100 tahun 496,2512 m<sup>3</sup>/det, dan 635,8673 m<sup>3</sup>/det untuk kala ulang 200 tahun.

*Kata kunci: DAS, Hidrograf Satuan Terukur, Way Petai, Analisis Hidrograf Banjir*

**ANALISIS HIDROGRAF SATUAN TERUKUR (HST)**

**DAS WAY BESAI**

Oleh

**NOVI NANDA AZNITA**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

Judul Skripsi : **ANALISIS HIDROGRAF SATUAN  
TERUKUR (HST) DAS WAY BESAI**

Nama Mahasiswa : **Novi Nanda Agnita**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1115011074**

Program Studi : **S1 Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik**



**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**



**Dwi Jokowiarno, S.T., M.Eng.**  
NIP. 196903211995121001



**Dr. Dyah Indriana.K., S.T, MSc**  
NIP. 196912191995122001

**2. Ketua Jurusan Teknik Sipil**



**Gatot Eko Susilo, S.T., M. Sc., Ph.D**  
NIP. 197001291995121001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

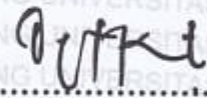
**Ketua**

**: Dwi Jokowinarno, S.T., M.Eng.**



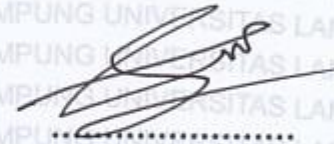
**Sekretaris**

**: Dr. Dyah Indriana.K., S.T, MSc**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Subuh Tuglono, S.T., M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**

**Prof. Dr. Suharno, M.sc.**

**NIP. 196207171987031002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Mei 2018**



## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila terdapat pernyataan tidak sesuai, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung,



NOVI Nanda Aznita

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung pada tanggal 29 November 1993.

Merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Dierni dan Ibu Azizah.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari Taman Kanak-kanak Departemen Agama (Depag) Kotabumi pada tahun 1998, pada tahun 1999 memasuki sekolah dasar di SD Negeri 06 Kotabumi. Kemudian pada tahun 2005 melanjutkan jenjang pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 10 Kotabumi, dan SMA Negeri 3 Kotabumi, pada tahun 2008 dan lulus pada tahun 2011.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Undangan pada tahun 2011. Selama menjadi mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung, penulis mengikuti berbagai organisasi, diantaranya MATALAM FT Universitas Lampung, dan HIMATEKS Universitas Lampung.

*Karya ini kupersembahkan untuk kedua orang tuaku dan adik-adikku tersayang*

*Maaf membuat kalian lama menunggu*

## MOTTO

*“Belajarliah Dari Masa Lalu, Hiduplah Untuk Hari Ini,  
dan Berharaplah Untuk Masa Depan. Yang Paling  
Penting, Jangan Berhenti Bertanya”*

*(Albert Einstein)*

*“Pilihan-Pilihan Kitalah yang Menunjukkan Siapa Diri  
Kita Sebenarnya.”*

*(JK Rowling)*

## SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS HIDROGRAF SATUAN TERUKUR (HST) DAS WAY BESAI”.

Dalam penyusunan skripsi ini tentu tidak terlepas dari bantuan, dorongan dan saran-saran dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M. Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Dwi Jokowinarno, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing I, atas pemberian judul serta kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Dyah Indriana.K., S.T., MSc, selaku dosen pembimbing II, yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan saran-saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Subuh Tugiono, S.T., M.T., selaku dosen penguji atas kesempatannya untuk menguji sekaligus membimbing penulis dalam seminar skripsi

6. Ibu Dr. Rahayu Sulistiyorini, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Akademis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telah diberikan selama perkuliahan.
8. Ayah dan Ibu atas dukungan, semangat serta doa yang tidak henti-hentinya mereka panjatkan untuk kesuksesanku.
9. Adik-adikku, M. Andriansyah, Nadia Apriliza, dan M. Aldi Nugraha yang selalu mengingatkan untuk segera lulus.
10. Sahabat-sahabat yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat, Ghea Al-aini Hermanto, Reni Yunita Sari, Rosye Dwi Yunita, Adrina Dea Pramudita, dan Ryenauri Valeriansi Putri.
11. Keluarga Besar MATALAM, Teman-teman Teknik Sipil 2011, dan Teman-teman KKN Hargo Mulyo, yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
12. Adik-adik yang multitasking selalu membantu dikala susah dan menghibur dikala lara, Aini, Mutya, Dinda, Eki, Elok, Feby, Indah, Nadia, Octa, Restika dan Ulfah. Terima kasih untuk kebersamaannya.

Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satupersatu yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan mereka dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Mei 2018  
Penulis

Novi Nanda Aznita

## **DAFTAR ISI**

### **KATA PENGANTAR**

### **DAFTAR ISI**

### **DAFTAR TABEL**

### **DAFTAR GAMBAR**

### **I. PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5

### **II. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Sungai .....	6
2.2 Siklus Hidrologi .....	7
2.3 Siklus Limpasan .....	10
2.4 Transformasi Aliran .....	14
2.5 Hidrograf .....	16
2.6 Hidrograf Satuan .....	17
2.7 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata .....	20
2.8 Kajian Studi Terdahulu .....	23

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Lokasi Penelitian .....	26
3.2 Pengumpulan Data .....	27
3.3 Alat-alat Yang Digunakan .....	27
3.4 Metode Penelitian .....	30
3.5 Bagan Alir Penelitian .....	34

#### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Data yang Tersedia.....	35
4.2 Pembuatan Liku Kalibrasi .....	42
4.3 Pemilihan Hidrograf Banjir .....	44
4.4 Pembuatan Hidrograf Satuan Terukur .....	46
4.5 Perataan HST .....	57
4.6 Analisis Hidrograf Satuan Terukur .....	60
4.7 Analisis Hidrograf Banjir .....	62

#### **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	71
5.2 Saran .....	73

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Periode Pengukuran Curah Hujan Das Way Besai.....	35
Tabel 2.	Contoh Data Curah Hujan Rata-Rata 10 Menitan .....	36
Tabel 3.	Contoh Data Kecepatan Aliran Sungai Way Petai .....	37
Tabel 4.	Periode Pengukuran AWLR DAS Way Besai.....	38
Tabel 5.	Contoh Data Pengukuran Tinggi Muka Air Otomatis.....	39
Tabel 6.	Hubungan antara tinggi muka air, kecepatan aliran, dan penampang melintang sungai untuk DAS Way Petai dalam membuat liku kalibrasi ..	42
Tabel 7.	Data Liku Kalibrasi DAS Way Petai.....	43
Tabel 8.	Kejadian-kejadian banjir yang terpilih pada DAS Way Petai .....	46
Tabel 9.	Contoh Perhitungan Hidrograf Limpasan Langsung untuk DAS Air Anak pada tanggal 28 Agustus 2016 .....	48
Tabel 10.	Contoh Hidrograf Satuan Terukur (HST) untuk DAS Way Petai pada tanggal 28 Agustus 2016 .....	50
Tabel 11.	Hidrograf Satuan Untuk Periode Waktu 60 Menitan untuk DAS Way Petai .....	52
Tabel 12.	Hidrograf Satuan Untuk Periode Waktu 60 Menitan untuk DAS Way Petai .....	52
Tabel 13.	Hidrograf Satuan Untuk Periode Waktu 60 Menitan untuk DAS Way Petai .....	52
Tabel 14.	Hujan Rencana Kala Ulang 2,5,10,25,50,100, dan 200 Tahun .....	63
Tabel 15.	Hujan efektif DAS Way Petai .....	63
Tabel 16.	Hidrograf Banjir DAS Way Petai pada Kala Ulang 2 Tahun .....	64
Tabel 17.	Hidrograf Banjir DAS Way Petai pada Kala Ulang 5 Tahun .....	64
Tabel 18.	Hidrograf Banjir DAS Way Petai pada Kala Ulang 10 Tahun .....	65
Tabel 19.	Hidrograf Banjir DAS Way Petai pada Kala Ulang 25 Tahun .....	66
Tabel 20.	Hidrograf Banjir DAS Way Petai pada Kala Ulang 50 Tahun .....	66

Tabel 21. Hidrograf Banjir DAS Way Petai pada Kala Ulang 100 Tahun .....	67
Tabel 22. Hidrograf Banjir DAS Way Petai pada Kala Ulang 200 Tahun .....	68
Tabel 23. Hidrograf Banjir Puncak DAS Way Petai .....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Siklus Hidrologi .....	8
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian .....	26
Gambar 3. Alat Penakar Hujan otomatis tipe <i>tipping bucket</i> .....	28
Gambar 4. Alat pengukur tinggi muka air otomatis atau AWLR .....	28
Gambar 5. Pipa PVC.....	29
Gambar 6. <i>Current meter</i> .....	29
Gambar 7. <i>Peil scale</i> .....	29
Gambar 8. GPS ( <i>Global Positioning System</i> ) .....	30
Gambar 9. Meteran.....	30
Gambar 10. Bagan Alir Penelitian HST Hulu Anak Sungai Way Besai .....	34
Gambar 11. Penampang Melintang Sungai DAS Sungai Way Petai .....	38
Gambar 12. <i>Stage Hydrograph</i> Pada DAS Way Petai pada bulan Agustus 2016 .....	40
Gambar 13. <i>Stage Hydrograph</i> Pada DAS Way Petai pada bulan September 2016 .	41
Gambar 14. Liku Kalibrasi DAS Way Petai .....	44
Gambar 15. Hidrograf banjir.....	45
Gambar 16. HST DAS Way Petai tanggal 28 Agustus 2016.....	51
Gambar 17.HST DAS Way Petai untuk periode waktu 10 menitan pada (a). Bulan Agustus 2016, (b). Bulan September 2016, (c). Bulan Agustus-September 2016.....	54
Gambar 18.HST DAS Way Petai untuk periode waktu 30 menitan pada (a). Bulan Agustus 2016, (b). Bulan September 2016, (c). Bulan Agustus-September 2016.....	55
Gambar 19.HST DAS Way Petai untuk periode waktu 60 menitan pada (a). Bulan Agustus 2016, (b). Bulan September 2016, (c). Bulan Agustus-September 2016.....	57
Gambar 20. HST rata-rata untuk periode waktu 10 menitan pada DAS Way Petai ..	59

Gambar 21. HST rata-rata untuk periode waktu 30 menitan pada DAS Way Petai ..	59
Gambar 22. HST rata-rata untuk periode waktu 60 menitan pada DAS Way Petai ..	60
Gambar 23. Hidrograf Banjir Kala Ulang DAS Way Petai .....	69

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Hidrologi adalah cabang ilmu yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh Bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Sedangkan pengertian hidrologi menurut definisinya, *Singh (1992)* mengatakan bahwa pengertian hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik menurut waktu dan ruang tentang kuantitas dan kualitas air di bumi termasuk proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan dan manajemen. Menurut definisi *Marta dan Adidarma (1983)* dalam pengertian hidrologi yang mengatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya pergerakan dan distribusi air di bumi baik di atas maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat kimia dan fisika air dengan reaksi terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan. Sedangkan menurut *Ray K. Linsley* dalam *Yandi Hermawan (1986)* pengertian hidrologi adalah ilmu yang membicarakan tentang air yang ada di bumi yaitu mengenai kejadian, perputaran dan pembagiannya, sifat fisika dan kimia serta reaksinya terhadap lingkungan termasuk hubungan dengan kehidupan.

Ruang lingkup hidrologi mencakup bagian-bagian dari bidang yang berhubungan langsung dengan perencanaan, perancangan, dan pemanfaatan air. Dalam perencanaan dan perancangan bangunan-bangunan hidraulik, debit banjir rancangan memiliki arti penting. Salah satu Ilmu Hidrologi yang digunakan pada perhitungan debit banjir rancangan adalah Hidrograf Satuan.

Beberapa cara menghitung hidrograf satuan telah banyak dikembangkan baik itu menggunakan data hujan dan data banjir di sungai tersebut maupun menggunakan hidrograf satuan sintetis seperti Snyder, Nakayasu, Gama I dan yang lainnya.

Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu. Ada dua andaian pokok di dalam hidrograf satuan yaitu hujan yang merata dan intensitas hujan tetap (Sri Harto, 2000).

Pengertian Daerah Aliran Sungai disingkat DAS ialah suatu kawasan yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pengunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut, akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. Luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah itu pada peta topografi. Luas DAS berpengaruh terhadap debit sungai. Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai.

Salah Satu DAS (Daerah Aliran Sungai) yang memerlukan hidrograf satuan untuk pemecahan masalahnya adalah Sungai Way Besai yang berada di Kabupaten Lampung Barat. Sungai Way Besai merupakan salah satu sungai yang digunakan sebagai penyuplai air untuk PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) Way Besai. Oleh karena itu ketersediaan air di sungai Way Besai penting namun penyelesaian masalah tersebut harus diselesaikan secara bertahap, penyelesaian masalah tersebut didukung oleh ketersediaan data dan pendekatan yang terukur (kuantitatif). Data yang diperlukan yaitu berupa data hujan, data aliran dan data DAS. Data hidrologi yang didapat dari daerah yang diteliti akan membantu memahami kondisi DAS setempat serta respon DAS terhadap hujan. Sehingga dapat diketahui seberapa besar banjir yang akan terjadi. Metode yang digunakan untuk melihat respon DAS terhadap bahaya banjir pada musim penghujan adalah Hidrograf Satuan Terukur (HST). Dalam pembuatan HST diperlukan data primer DAS seperti data curah hujan, data aliran dan data tentang DAS.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana Hidrograf Satuan Terukur DAS Way Besai tepatnya di lokasi Way Petai?
2. Bagaimana debit puncak, waktu menuju puncak, dan waktu dasarnya?
3. Bagaimana perkiraan debit banjir DAS Way Besai tepatnya di lokasi Way Petai?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Pengukuran debit dilakukan dengan cara pengukuran tinggi muka air, pengukuran kecepatan aliran, dan pengukuran penampang melintang sungai. Pengukuran ini dilakukan pada sungai Way Besai tepatnya di lokasi Way Petai.
2. Pengukuran tinggi hujan dilakukan dengan alat penakar hujan milik PLTA yang diletakkan di DAS Way Besai sejumlah 5 alat ukur hujan.
3. Pengukuran tinggi muka air menggunakan alat pencatat tinggi muka air otomatis yang otomatis yaitu AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) yang diletakkan pada DAS Way Besai tepatnya di lokasi way petai sejumlah 1 alat ukur AWLR.
4. Analisis Hidrograf Satuan Terukur DAS Way Besai dengan membuat Hidrograf Satuan Terukur sungai Way Besai tepatnya di lokasi Way Petai.
5. Menghitung waktu puncak, debit puncak dan waktu dasar dari Hidrograf Satuan DAS Way besai.
6. Memperkirakan debit banjir dari data hujan yang ada.

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis Hidrograf Satuan Terukur DAS Way Besai tepatnya di lokasi Way Petai.
2. Mendapatkan nilai debit puncak, waktu puncak, dan waktu dasar.
3. Menganalisa Hidrograf banjir DAS Way Besai tepatnya di lokasi Way Petai.



### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi mengenai HST (Hidrograf Satuan Terukur) untuk melihat respon sungai Way Besai tepatnya di lokasi Way Petai.
2. Dapat mengetahui nilai debit puncak, waktu puncak dan waktu dasarnya.
3. Dapat mengetahui nilai debit banjir yang dielaborasi lebih lanjut untuk mendapatkan gambaran mengenai debit puncak banjir yang sampai di Bendungan Way Besai.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Sungai**

Sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Arus air pada bagian hulu sungai (umumnya terletak di daerah pegunungan) biasanya lebih deras dibandingkan dengan arus sungai pada bagian hilir. Aliran sungai seringkali berliku-liku karena terjadinya proses pengikisan dan pengendapan di sepanjang sungai. Sungai merupakan jalan air yang alami mengalir menuju samudera, danau atau laut, atau ke sungai yang lain. Sungai juga salah satu bagian dari siklus hidrologi.

Menurut Triatmodjo (2008), sungai dikelompokkan dalam tiga tipe yaitu:

#### **1. Sungai Perennial**

Sungai perennial adalah sungai yang mempunyai aliran sepanjang tahun. Selama musim kering dimana tidak terjadi hujan, aliran sungai perennial adalah aliran dasar yang berasal dari aliran air tanah. Sungai tipe ini terjadi pada DAS yang sangat baik, misalnya masih berhutan lebat. Sungai-sungai di Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Irian termasuk sungai tipe ini.

## 2. Sungai Ephemeral

Sungai ephemeral adalah sungai yang mempunyai debit hanya apabila terjadi hujan yang melebihi laju infiltrasi. Permukaan air tanah selalu berada di bawah dasar sungai, sehingga sungai ini tidak menerima aliran air tanah, yang berarti tidak mempunyai aliran dasar. Sungai-sungai di Nusa Tenggara termasuk dalam kelompok sungai ephemeral.

## 3. Sungai Intermitten

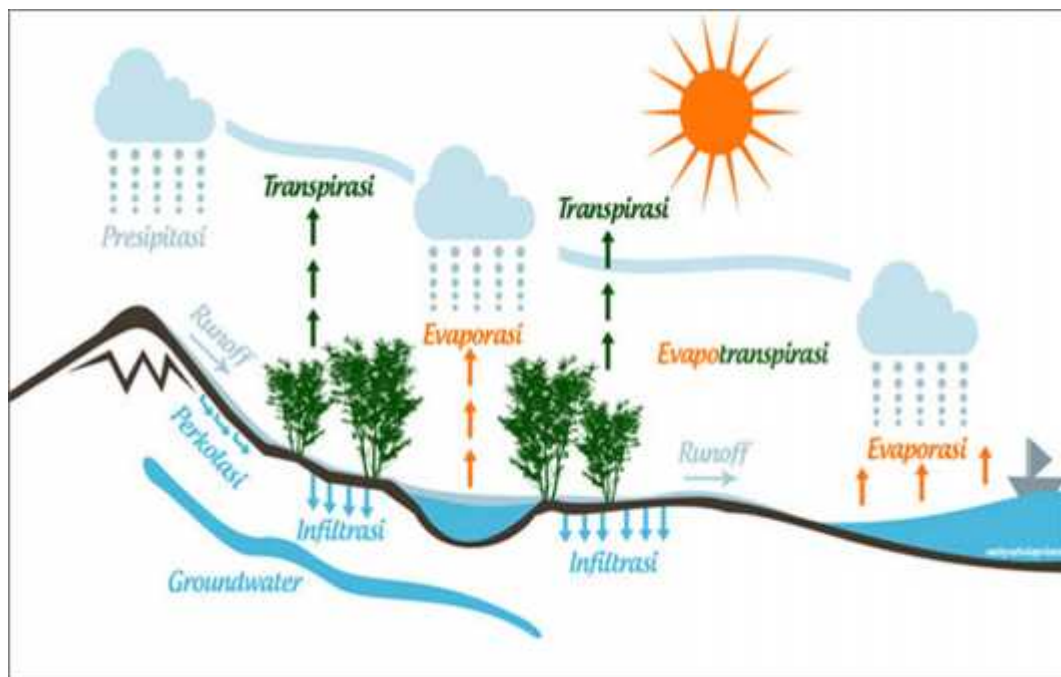
Sungai intermitten adalah sungai yang mempunyai karakteristik campuran antara kedua tipe di atas. Pada suatu periode tertentu mempunyai sifat sebagai sungai perennial, sedangkan pada periode yang lain bersifat sebagai sungai ephemeral. Elevasi muka air tanah berubah dengan musim. Pada saat musim penghujan muka air tanah naik sampai di atas dasar sungai sehingga pada saat tidak ada hujan masih terdapat aliran yang berasal dari aliran dasar. Pada musim kemarau muka air tanah turun sampai di bawah dasar sungai sehingga di sungai tidak ada aliran.

Sungai memiliki manfaat untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan sangat potensial untuk dijadikan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

## 2.2 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi menurut Triatmodjo (2008). Siklus hidrologi menurut Sosrodarsono (2006) adalah air yang menguap ke

udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sedangkan siklus hidrologi menurut Soemarto (1987) adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Dalam siklus hidrologi ini terdapat beberapa proses yang saling terkait, yaitu antara proses hujan (*precipitation*), penguapan (*evaporation*), transpirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran limpasan (*runoff*), dan aliran bawah tanah. Secara sederhana siklus hidrologi dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Siklus Hidrologi

Penjelasan siklus hidrologi yang terdapat pada gambar di atas dapat dimulai dari mana saja, akan tetapi untuk lebih mudahnya diawali dari penguapan. Penguapan merupakan proses alami berubahnya molekul cairan menjadi molekul gas/uap. Penguapan dapat terjadi dari semua permukaan yang lembab, baik dari permukaan tanah, permukaan tanaman maupun dari permukaan air. Penguapan yang berasal dari benda-benda mati seperti tanah, danau, dan sungai disebut evaporasi (*evaporation*), sedangkan penguapan yang berasal dari hasil pernafasan benda hidup seperti tumbuhan, hewan, dan manusia disebut transpirasi (*transpiration*), dan jika penguapan itu berasal dari benda-benda mati dan tanaman maka disebut evapotranspirasi. Akibat penguapan ini terkumpul massa uap air, yang dalam kondisi atmosfer tertentu dapat membentuk awan.

Awan dalam keadaan ini yang kalau masih mempunyai butir-butir air yang berdiameter lebih kecil dari 1 mm, masih akan melayang-layang di udara karena berat butir-butir tersebut masih lebih kecil daripada gaya tekan ke atas udara. Akibat berbagai sebab klimatologis, awan tersebut akan menjadi awan yang potensial menimbulkan hujan, yang biasanya terjadi bila butir-butir berdiameter lebih besar dari 1 mm. Bila terjadi "hujan" masih besar kemungkinan air teruap kembali sebelum sampai di permukaan bumi, karena keadaan atmosfer tertentu. "Hujan" baru disebut sebagai hujan apabila telah sampai di permukaan bumi dan dapat diukur.

Air hujan yang jatuh di permukaan terbagi menjadi dua bagian, pertama sebagai aliran limpasan (*overland flow*) dan kedua bagian

air yang terinfiltrasi. Jumlah yang mengalir sebagai aliran limpasan dan yang terinfiltrasi tergantung dari banyak faktor. Makin besar bagian air hujan yang mengalir sebagai aliran limpasan maka bagian air yang terinfiltrasi akan menjadi semakin kecil, demikian juga sebaliknya.

Aliran limpasan selanjutnya mengisi tampungan-cekungan (*depression storage*). Apabila tampungan ini telah terpenuhi, air akan menjadi limpasan permukaan (*surface runoff*) yang selanjutnya ke sungai atau laut. Air yang terinfiltrasi, bila keadaan formasi geologi memungkinkan, sebagian besar dapat mengalir lateral di lapisan tidak kenyang air (*unsaturated zone*) sebagai aliran antara (*subsurface flow/interflow*). Sebagian yang lain akan mengalir vertikal (*perkolasi/percolation*) yang akan mencapai lapisan kenyang air (*saturated zone/aquifer*). Air dalam akifer ini akan mengalir sebagai aliran air tanah (*groundwater flow/baseflow*), sungai atau tampungan dalam (*deep storage*). Sebagian besar air yang ada di permukaan bumi akan menguap kembali ke atmosfer.

### **2.3 Siklus Limpasan**

Siklus limpasan (*runoff cycle*) sebenarnya hanya merupakan penjelasan lebih rinci sebagian siklus hidrologi, khususnya yang terkait dengan aliran air di permukaan lahan yang juga memberikan gambaran sederhana tentang neraca air. Penjelasan ini diberikan oleh Hoyt (Meinzer, 1942, dalam Harto, 2000) dalam 5 fase akan tetapi untuk praktisnya akan diringkas dalam 4 fase, yaitu

fase akhir musim kemarau, fase permulaan musim hujan, fase pertengahan musim hujan dan fase awal musim kemarau.

Sebelum menjelaskan siklus limpasan perlu dikenalkan 2 buah pengertian dibawah ini, yaitu ;

- a. Kapasitas lapangan (*field capacity*) yang mempunyai arti jumlah maksimum air yang dapat ditahan oleh massa tanah terhadap gaya berat.
- b. *Soil Moisture Deficiency* (SMD) yaitu perbedaan jumlah kandungan air dalam massa tanah suatu saat dengan kapasitas lapangannya.

Siklus limpasan menurut Hoyt (Harto, 2000) dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Fase I (Akhir musim kemarau)

Selama musim kemarau, diandaikan sama sekali tidak terjadi hujan. Hal ini berarti tidak ada masukan kedalam DAS. Proses hidrologi yang terjadi seluruhnya merupakan keluaran dari DAS yaitu aliran antara, aliran dasar, dan penguapan. Penguapan terjadi pada semua permukaan yang lembab. Dengan demikian penguapan terjadi hampir di seluruh permukaan DAS. Khususnya di permukaan lahan, apabila satu lapisan telah 'kering', maka penguapan terus terjadi dengan penguapan lapisan bawahnya. Dengan demikian maka lapisan tanah di atas akifer menjadi kering, atau nilai SMD semakin besar. Dalam fase ini, limpasan sama sekali tidak ada, sehingga aliran sungai sepenuhnya bersumber dari pengatusan (*drain*) dari akifer, khususnya sebagai aliran dasar (*baseflow*). Dengan demikian, karena tidak ada hujan, berarti tidak ada infiltrasi dan perkolasi, maka tidak ada penambahan air ke dalam akifer. Akibatnya muka air (tampungan air)

dalam akifer menyusut terus, yang menyebabkan penurunan debit aliran dasar. Keadaan ini nampak pada sumur-sumur dangkal (*unconfined aquifer*), yang menunjukkan penurunan muka air. Debit aliran dasar sangat ditentukan oleh potensi akifer dan besarnya masuknya melalui infiltrasi.

## 2. Fase II (Awal musim hujan)

Dalam fase ini diandaikan keadaannya pada awal musim hujan, dan diandaikan hujan masih relatif sedikit. Dengan andaian ini beberapa keadaan dalam sistem dapat terjadi. Hujan yang terjadi sebagian ditahan oleh tanaman (pohon-pohonan) dan bangunan sebagai air yang terintersepsi (*interception*). Dengan demikian dapat terjadi jumlah air hujan masih belum terlalu besar untuk mengimbangi kehilangan air intersepsi. Di sisi lain, air hujan yang jatuh di permukaan lahan, sebagian besar terinfiltrasi, karena lahan dalam keadaan sangat kering. Dengan demikian diperkirakan bagian air hujan yang mengalir sebagai aliran permukaan dan limpasan masih kecil, yang sangat besar kemungkinannya inipun masih akan tertahan dalam tampungan-tampungan cekungan (*depression storage*) yang selanjutnya akan diuapkan kembali atau sebagian terinfiltrasi. Oleh sebab itu sumbangan limpasn-limpasan permukaan (*surface runoff*) masih sangat kecil (belum ada), sehingga belum nampak pada perubahan cepat muka air di sungai. Selain itu, air yang terinfiltrasi pun juga tidak banyak, yang mungkin baru cukup untuk 'membasahi' lapisan atas tanah. Dengan pengertian lain, air yang terinfiltrasi masih digunakan oleh tanah untuk mengurangi SMD-nya, sehingga belum banyak air yang diteruskan ke bawah (perkolasi). Dengan



demikian maka potensi akifer belum berubah, maka aliran yang dapat dihasilkan sebagai aliran dasar juga belum berubah.

### 3. Fase III (Pertengahan musim hujan)

Dalam periode ini diandaikan hujan sudah cukup banyak, sehingga kehilangan air akibat intersepsi sudah tidak ada lagi (karena sudah terimbangi oleh '*stemflow*' dst). Dengan demikian pula tampungan cekungan (*depression storage*) telah terpenuhi, sehingga air hujan yang jatuh diatas lahan, dan mengalir sebagai '*overland flow*', kemudian mengisi tampungan cekungan diteruskan menjadi limpasan (*run off*) yang selanjutnya ke sungai. Dengan demikian maka akan terjadi perubahan muka air secara jelas, yaitu dengan naiknya permukaan sungai akibat hujan. Kenaikan yang relatif cepat ini disebabkan karena pengaruh limpasan permukaan. Bagian air hujan yang terinfiltrasi, karena diandaikan lapisan-lapisan tanah telah mencapai kapasitas lapangan, maka masukan air ke dalam tanah akan diteruskan baik sebagai aliran antara (*interflow*) nmaupun komponen aliran vertikal (*percolation*) yang kan menambah tampungan air tanah (*ground water storage/aquifer*). Akibat penambahan potensi air tanah ini maka muka air tanah akan naik (terutama yang namapk di akifer bebas), dan aliran air tanah juga akan bertambah sehingga terjadi penambahan debit aliran sungai. Keadaan semacam ini berlanjut sampai akhir musim hujan.

#### 4. Fase IV (Awal musim kemarau)

Periode ini mengandaikan keadaan di awal musim kemarau, sehingga hujan sudah tidak ada lagi. Dalam keadaan ini maka kembali ke dalam sistem DAS tidak ada lagi masukan (hujan). Yang ada adalah keluaran, baik sebagai penguapan maupun keluaran air pengatusan dari akifer.

### 2.4 Transformasi Aliran

Proses transformasi hujan menjadi aliran merupakan fenomena yang sangat kompleks (Harto, 1991). Menurut Soemarto (1987), dalam proses pengalihragaman hujan menjadi aliran ada beberapa karakteristik hujan yang perlu diperhatikan yaitu intensitas hujan, durasi, kedalaman hujan, frekuensi dan luas daerah pengaruh hujan. Karakteristik hujan tersebut mempunyai dampak terhadap respon sistem DAS. Respon hidrologi suatu DAS, terkait dengan waktu konsentrasi dari tempat terjauh hingga ke outlet DAS, dapat dikategorikan sebagai DAS sangat cepat hingga DAS sangat lambat. Interaksi antara karakteristik hujan dalam skala waktu seperti tersebut di atas terhadap karakteristik DAS menentukan respon aliran pada DAS tersebut.

Pengalihragaman hujan menjadi aliran terjadi di dalam skala ruang dan waktu. Pergerakan air dalam dimensi ruang disebabkan oleh gravitasi, topografi, dan keberadaan jaringan sungai. Air yang masuk ke dalam tanah bergerak melalui bawah tanah dari bidang lereng (*hillslope*) yang disebabkan oleh gravitasi. Pergerakan air ini pada awalnya memiliki arah vertikal dan dipengaruhi oleh lapisan-lapisan tanahnya, menyebabkan air mengalir

menuju bawah bidang lereng. Tindakan penyaringan (*filtering action*) pada bidang lereng ini membagi pergerakan air melalui atas dan bawah bidang lereng dengan berbagai alur aliran (*pathway*), seperti limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran antara (*subsurface flow*) dan aliran air tanah dengan berbagai skala waktu.

Daerah Aliran Sungai (*catchment, basin, watershed*) merupakan daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasar aliran permukaan. Batas ini tidak ditetapkan berdasar air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian. Air hujan yang jatuh ke bumi, tidak semua bagian mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah.

Air hujan yang tiba di permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*). Bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi lekuk-lekuk atau cekungan-cekungan permukaan tanah (*depression storage* atau *pocket storage*), kemudian mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Air limpasan permukaan akan mengalir secara cepat ke saluran atau sungai, sehingga meningkatkan debit aliran. Sebagian air yang menyusup ke dalam tanah akan mengalir secara mendatar sebagai aliran antara (*interflow*). Bagian lain dari air yang terinfiltrasi

dapat diteruskan sebagai air perkolasi yang mencapai akuifer (*aquifer, ground water storage*).

## 2.5 Hidrograf

Hidrograf adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran dan waktu. Parameter tersebut bisa berupa kedalaman aliran (elevasi) atau debit aliran menurut Triatmodjo (2008). Hidrograf ditafsirkan secara umum sebagai variabilitas salah satu unsur aliran sebagai fungsi waktu di satu titik kontrol tertentu atau penyajian grafis antara salah satu unsur aliran dengan waktu (Harto, 2000). Sedangkan menurut Sosrodarsono (1976) hidrograf merupakan diagram yang menggambarkan variasi debit atau permukaan air menurut waktu. Kurva itu memberikan gambaran mengenai berbagai kondisi yang ada di daerah itu secara bersama-sama. Jadi kalau karakteristik daerah aliran itu berubah, maka bentuk hidrograf pun berubah.

Beberapa macam hidrograf yaitu :

1. Hidrograf muka air (*stage hydrograph*), yaitu hubungan antara perubahan tinggi muka air dengan waktu. Hidrograf ini merupakan hasil rekaman AWLR (*Automatic Water Level Recorder*).
2. Hidrograf debit (*discharge hydrograph*), yaitu hubungan antara debit dengan waktu. Dalam pengertian sehari-hari, bila tidak disebutkan lain, hidrograf debit ini sering disebut sebagai hidrograf. Hidrograf ini dapat diperoleh dari hidrograf muka air dan liku kalibrasi.
3. Hidrograf sedimen (*sediment hydrograph*), yaitu hubungan antara kandungan sedimen dengan waktu

## 2.6 Hidrograf Satuan

Sherman (1932, dalam Triatmodjo 2008) mengenalkan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan (*unit hydrograph*) didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (*direct runoff hydrograph*), tanpa aliran dasar yang tercatat di ujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu. Tanggapan ini diandaikan tetap untuk masukan dengan besaran dan penyebaran tertentu.

Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Metode ini relatif sederhana, mudah penerapannya, tidak memerlukan data yang kompleks dan memberikan hasil rancangan yang cukup teliti. Data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan terukur di DAS yang ditinjau adalah data hujan otomatis dan pencatatan debit dititik kontrol menurut Triatmodjo (2008).

Oleh sebab itu, untuk memperoleh hidrograf yang dapat dianggap sebagai hidrograf khas dan mewakili DAS tersebut diperlukan perata-rataan hidrograf satuan yang diperoleh dari beberapa kasus banjir. Tidak pernah terdapat petunjuk tentang berapa jumlah kasus yang diperlukan untuk memperoleh hidrograf satuan ini. Harto (1989) menunjukkan bahwa makin sedikit jumlah kasus banjir yang digunakan, makin besar nilai debit puncak yang diperoleh dibandingkan dengan jumlah kasus banjir yang banyak.

Hidrograf satuan mempunyai dua andaian pokok, yaitu :

1. Hidrograf satuan ini ditimbulkan oleh hujan yang terjadi merata di seluruh DAS (*spatially evenly distributed*)
2. Hidrograf satuan ini ditimbulkan oleh hujan yang terjadi merata selama waktu yang ditetapkan (*constant intensity*)

Selain itu, konsep hidrograf satuan juga didasarkan pada tiga buah landasan pemikiran (*postulates*)

1. Ordinat hidrograf satuan sebanding dengan volume hujan yang menimbulkannya (*linear system*)
2. Tanggapan DAS tidak tergantung dari waktu terjadinya masukan (*line invariant*)
3. Waktu dari puncak hidrograf satuan sampai akhir hidrograf limpasan langsung selalu tetap. Melihat pengandaian yang melandasi konsep ini jelas bahwa hidrograf satuan merupakan sistem yang *linear time invariant*. Dalam praktek keadaan seperti yang ditetapkan dalam anggapan tadi umumnya tidak pernah dijumpai. Konsep hidrograf satuan ini dipandang lebih merupakan penyederhanaan proses hidrologi yang sebenarnya.

Untuk memperoleh hidrograf satuan dari suatu kasus banjir, maka diperlukan data sebagai berikut ;

1. Rekaman AWLR
2. Pengukuran debit yang cukup
3. Data hujan biasa (*manual*), dan

#### 4. Data hujan otomatis

Selanjutnya, perlu dipilih kasus yang menguntungkan dalam analisis, yaitu dipilih hidrograf yang terpisah (*isolated*) dan mempunyai satu puncak (*single peak*), serta hujan yang cukup serta agihan jam-jamannya. Syarat diatas sebenarnya bukan merupakan keharusan, kecuali untuk mempermudah hitungan yang dilakukan.

Memperhatikan uraian sebelumnya hidrograf satuan yang dihitung untuk setiap kasus banjir, belum merupakan hidrograf satuan yang dianggap mewakili DAS yang bersangkutan. Untuk itu, diperlukan hidrograf satuan yang diturunkan dari banyak kasus banjir, kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh hidrograf satuan yang dianggap mewakili DAS yang bersangkutan. Perataan hendaknya tidak hanya dilakukan dengan merata-ratakan ordinat masing-masing hidrograf satuan. Apabila perataan dilakukan dengan cara ini, akan diperoleh hidrograf satuan dengan debit puncak yang lebih kecil dari nilai rata-rata debit puncak masing-masing hidrograf satuan. Perataan dilakukan dengan merata-ratakan baik debit puncak maupun waktu capai puncaknya. Selanjutnya sisi resesinya dilakukan dengan menarik liku resesi rata-rata dengan memperhatikan agar volume hidrograf satuan sama dengan satuan volume yang ditetapkan.

Hidrograf satuan untuk suatu DAS yang diturunkan dengan perataan sejumlah hidrograf satuan yang berbeda, memberikan hidrograf satuan yang berbeda pula.

## 2.7 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

Di dalam suatu DAS biasanya terdapat satu atau beberapa stasiun curah hujan, untuk mencatat curah hujan yang jatuh. Suatu DAS yang ideal akan mempunyai beberapa stasiun pencatat curah hujan untuk mengantisipasi keragaman curah hujan yang jatuh. Dalam perhitungan debit di DAS, curah hujan yang jatuh dalam suatu DAS biasanya rata-rata dengan tujuan mempermudah proses perhitungan. Ada 3 metode yang biasanya dipakai dalam perhitungan hujan rata-rata di daerah aliran sungai, yaitu : metode Aritmatik, metode Polygon Thiessen, metode Isohyet.

### 1. Metode Aritmatik (Aljabar)

Metode Aritmatik adalah metode yang paling sederhana dari ketiga metode di atas. Metode Aritmatik dilakukan dengan menjumlahkan seluruh data hujan harian di masing-masing stasiun dan membaginya dengan jumlah stasiun.

Rumus umum metode Aritmatik adalah :

$$\bar{P} = \frac{P_1 + \dots + P_n}{n}$$

Keterangan:

$\bar{P}$  = hujan rata-rata DAS pada suatu hari (mm)

$P_1 \dots P_n$  = hujan pada stasiun 1,2,3,...,n

$n$  = jumlah stasiun



## 2. Metode Polygon Thiessen

Dalam menghitung curah hujan harian dengan metode Polygon Thiessen, stasiun-stasiun hujan yang ada di dalam DAS dihubungkan satu sama lain sehingga membentuk polygon. Dari polygon-polygon tersebut akan membentuk daerah-daerah hujan yang diwakili oleh satu stasiun.

Prosedur perhitungan curah hujan rata-rata DAS dengan metode polygon Thiessen adalah sebagai berikut :

- a. Hubungkan setiap stasiun hujan dengan garis lurus sehingga membentuk polygon segitiga
- b. Tarik garis tegak lurus dan di tengah-tengah polygon-polygon segitiga
- c. Hitung luas masing-masing daerah hujan
- d. Hitung hujan rata-rata DAS dengan rumus

Rumus umum metode thiessen adalah :

$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + \dots + A_n P_n}{A_1 + \dots + A_n}$$

Keterangan:

$\bar{P}$  = hujan rata-rata DAS pada suatu hari (mm)

$P_1 \dots P_n$  = hujan pada stasiun 1,2,3,...,n

$A_1 \dots A_n$  = luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,3,...,n

## 3. Metode Isohyet

Dalam perhitungan hujan rata-rata DAS dengan metode Isohyet, DAS dibagi menjadi daerah-daerah hujan yang dibatasi oleh garis kontur yang

menggambarkan variasi curah hujan di DAS. Prosedur perhitungan curah hujan rata-rata DAS dengan metode Isohyet, adalah sebagai berikut :

- a. Buatlah garis kontur hujan dengan merujuk pada curah hujan di masing-masing stasiun
- b. Hitung luas masing-masing daerah hujan
- c. Hitung hujan rata-rata DAS dengan rumus:

$$\bar{P} = \frac{A_1((I_1+I_2):2) + \dots + A_n((I_n+I_{n+1}):2)}{A_1 + \dots + A_n}$$

Keterangan:

$\bar{P}$  = hujan rata-rata DAS pada suatu hari (mm)

$I_1 \dots I_n$  = garis isohiet ke 1,2,3,...,n

$A_1 \dots A_n$  = luas daerah yang dibatasi garis isohiet ke 1 dan 2, 2 dan 3, 3...n,  
n+1

Metode Isohyet dapat dilakukan lebih akurat daripada metode Aritmatik dan metode Polygon Thiessen, sebab curah hujan rata-rata DAS dihitung berdasarkan pembagian daerah hujan yang sangat teliti. Walaupun demikian, metode Isohyet adalah metode yang tersulit.

Metode ini masih bergantung dari subjektivitas si pembuat kontur. Oleh karena itu yang dilakukan seseorang cenderung akan berbeda dengan perhitungan orang lain, walaupun pada DAS yang sama.

## 2.8 Kajian Studi Terdahulu

1. Kajian studi terdahulu tentang analisis debit banjir rancangan dengan menggunakan hidrograf satuan terukur

Pada tahun 2013, Gustave menggunakan hidrograf satuan terukur pada daerah aliran sungai Progo bagian hulu. Hidrograf satuan digunakan dalam perhitungan debit banjir rancangan pada suatu DAS apabila tidak terdapat alat pengukur debit pada DAS tersebut. Pada penelitian ini digunakan cara collin dikarenakan cara polinomial tidak selalu bisa diselesaikan dan kesempatan untuk terjadinya kesalahan cukup besar. Setelah hidrograf satuan terukur diperoleh maka perhitungan dilanjutkan dengan menghitung debit banjir rancangan pada DAS Progo bagian hulu dimana hasilnya dibandingkan dengan debit eksisting DAS Progo Hulu. Dari hasil perhitungan diperoleh hidrograf satuan terukur rata-rata dari 4 kejadian banjir yang kemudian digunakan untuk menghitung debit banjir rancangan dimana untuk kala ulang 20 dan 50 tahun diperoleh hasil debit  $1232,22 \text{ m}^3/\text{det}$  dan  $1570,39 \text{ m}^3/\text{det}$  dan apabila dibandingkan dengan debit eksisting dimana diperoleh debit untuk kala ulang 20 tahun adalah  $992,05 \text{ m}^3/\text{det}$  dan kala ulang 50 tahun adalah  $1242,45$  maka terdapat selisih sebesar  $240,17 \text{ m}^3/\text{det}$  untuk kala ulang 20 tahun dan  $327,92$  untuk kala ulang 50 tahun.

2. Kajian studi terdahulu tentang analisis hidrograf satuan terukur

Pada tahun 2016, Mega menggunakan metode Analisis Hidrograf Satuan Terukur (HST) untuk mengetahui kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS)

Way Besai di Dusun Talang Bandung Pekon Sindang Pagar Kel. Tugu Sari Kec. Sumber Jaya Kabupaten Lampung Barat yaitu DAS Talang Bandung dan DAS Air Anak, yang bertujuan untuk menganalisis nilai debit puncak, waktu puncak, waktu dasar dan menganalisis hidrograf banjir.

Dalam penelitian ini data diperlukan adalah data curah hujan otomatis, data tinggi muka air otomatis, data kecepatan aliran, dan data penampang melintang sungai, dari data tersebut dibuat liku kalibrasi (rating curve) untuk mengalihragamkan hidrograf tinggi muka air menjadi hidrograf aliran. Selanjutnya Pemisahan komponen aliran dasar dan limpasan langsung menggunakan pendekatan garis lurus, lalu menghitung curah hujan efektif untuk mendapatkan ordinat hidrograf satuan. Akhirnya menghasilkan kala ulang hidrograf banjir dari data ordinat hidrograf satuan rata-rata yang dipadukan dengan kala ulang hujan.

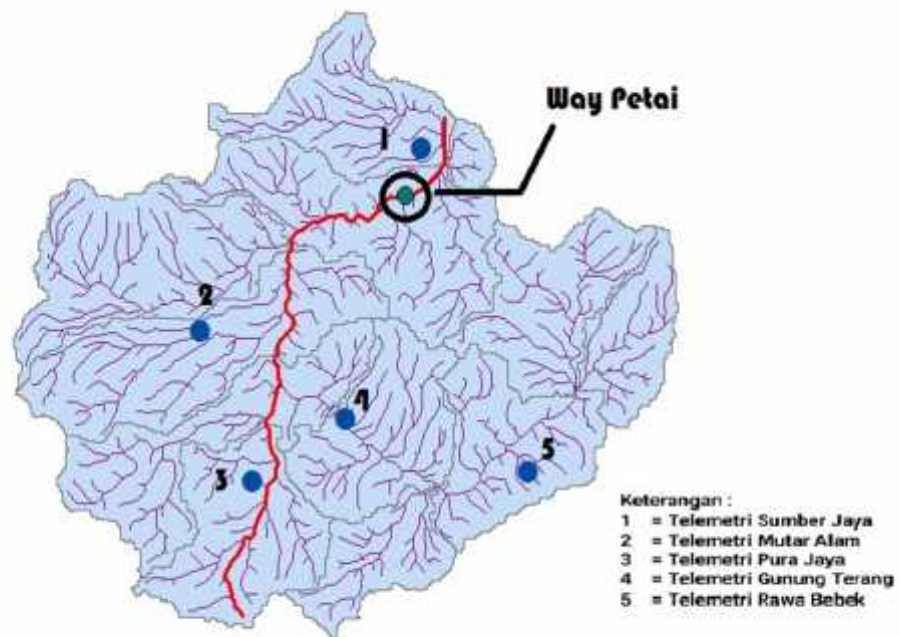
Karakteristik Hidrograf Satuan Terukur (HST) DAS Talang Bandung dan DAS Air Anak pada periode waktu 10 menitan, 20 menitan, 30 menitan dan 60 menitan. Untuk periode waktu 60 menitan HST DAS Air Anak dan DAS Talang Bandung yaitu mempunyai debit puncak rata-rata ( $Q_p$ ) sebesar  $0,340 \text{ m}^3/\text{det}$  dan  $0,394 \text{ m}^3/\text{det}$ , waktu menuju puncak ( $T_p$ ) sama yaitu pada 60 menit kedua (120 menit), dan waktu dasarnya ( $T_b$ ) selama 560 dan 660 menit. Untuk waktu dasar terpanjang adalah 960 dan 1020 menit, dan waktu terpendek adalah 180 dan 300 menit. Sedangkan debit puncak terbesar adalah  $0,769 \text{ m}^3/\text{det}$  dan  $0,706 \text{ m}^3/\text{det}$ . Untuk DAS Air Anak debit banjir puncaknya meliputi untuk kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun adalah

sebesar 10,039 m<sup>3</sup>/d, 13,119 m<sup>3</sup>/d, 14,894 m<sup>3</sup>/d, dan 16,832 m<sup>3</sup>/d. Sedangkan untuk DAS Talang Bandung debit banjir puncaknya adalah sebesar 11,945 m<sup>3</sup>/d untuk kala ulang 2 tahun, 15,607 m<sup>3</sup>/d untuk kala ulang 5 tahun, untuk kala ulang 10 tahun 17,716 m<sup>3</sup>/d dan 20,179 m<sup>3</sup>/d untuk kala ulang 25 tahun.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di DAS Way Besai yang berada di Pekon Way Petai Kecamatan Sumber Jaya, Lampung Barat. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

### 3.2 Pengumpulan data

Pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian adalah data primer dan data sekunder:

- a. Data primer yang diperlukan untuk penelitian ini antara lain:
  1. Data curah hujan otomatis yang terdapat pada DAS Way Besai.
  2. Data ketinggian muka air yang tercatat secara manual maupun yang terekam pada AWLR (*Automatic Water Level Recorder*).
  3. Data penampang melintang sungai (*cross section*).
  4. Data kecepatan aliran sungai.
  
- b. Data Sekunder yang diperlukan untuk penelitian ini antara lain:
  1. Data tinggi muka air otomatis DAS Way Besai sejumlah 3 alat ukur AWLR (*Automatic Water Level Recorder*).
  2. Data curah hujan otomatis DAS Way Besai sejumlah 7 alat ukur hujan.
  3. Data debit per-10 menit pada outlet Bendungan Way Besai.
  4. Data luasan DAS yang berasal dari Sistem Informasi Geografis.
  5. Data kemiringan lereng.
  6. Data tata guna lahan

### 3.3 Alat-alat Yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan selama penelitian ini, antara lain :

1. Alat penakar hujan otomatis type *tipping bucket*.
2. Alat pengukur tinggi muka air otomatis atau AWLR (*Automatic Water Level Recorder*).

3. *Peil Schaale* (meteran katu), digunakan untuk mengukur tinggi muka air secara manual.
4. *Current meter*, digunakan untuk mengukur kecepatan aliran sungai.
5. Meteran, tali yang ditandai per 50 cm, dan *peilschaal* yang digunakan untuk mengukur penampang sungai.
6. Pipa PVC solid, digunakan untuk melindungi alat *water level probe* yang ditanamkan di sungai sehingga tinggi muka air sungai dapat terukur dengan *time step* yang kecil.

Peralatan yang digunakan selama penelitian ini dilakukan dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. Alat Penakar Hujan otomatis tipe *tipping bucket*



Gambar 4. Alat pengukur tinggi muka air otomatis atau AWLR





Gambar 5. Pipa PVC



Gambar 6. *Current meter*



Gambar 7. *Peil scale*



Gambar 8. GPS (*Global Positioning System*)



Gambar 9. Meteran

### **3.4 Langkah Pengerjaan**

Langkah pengerjaan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **1. Pengumpulan Data**

Tahap pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data yang dibutuhkan yaitu data primer maupun data sekunder.

## 2. Pembuatan liku kalibrasi (*rating curve*)

Selanjutnya adalah pembuatan liku kalibrasi yang diperoleh dengan sejumlah pengukuran, yaitu mencari hubungan antara tinggi muka air dengan debit. Setelah mencari hubungan antara tinggi muka air dengan debit lalu diplotkan pada program komputer, dan membuat hubungan grafis antara kedua item tersebut dengan cara sederhana yaitu menghubungkan titik-titik pengukuran dengan garis lengkung menggunakan program komputer dan mencari persamaan hubungan antara tinggi muka air dengan debit.

## 3. Menghitung Hidrograf Limpasan Langsung

Pengalihragaman hidrograf tinggi muka air (*stage hydrograph*) menjadi hidrograf aliran (*discharge hydrograph*) menggunakan liku kalibrasi, hidrograf tinggi muka air yang didapatkan dari alat pengukur otomatis diubah menjadi hidrograf aliran dengan mengalikan persamaan yang didapatkan pada pembuatan liku kalibrasi dengan data tinggi muka air. Selanjutnya dilakukan pemisahan komponen aliran dasar dengan pendekatan cara garis lurus (*straight line method*), sehingga didapatkan hidrograf limpasan langsung (HLL). Pemisahan aliran dasar menggunakan cara garis lurus dilakukan dengan penarikan garis aliran dasar dimulai dari saat hidrograf naik dan berpotongan pada akhir resesi. Awal sisi naik ditandai dengan adanya hidrograf dari konstan menjadi naik, sebaliknya akhir sisi resesi ditandai dengan berubahnya hidrograf aliran dari ordinat menurun menjadi konstan. Untuk memperoleh

Hidrograf Limpasan Langsung (HLL) maka dilakukan pengurangan hidrograf total dengan aliran dasar (*base flow*).

4. Menghitung curah hujan efektif

Curah hujan efektif atau sering dinyatakan dengan indeks phi ( $\phi$ ). Hujan efektif pada analisis ini diartikan sebagai hujan yang dapat menyebabkan terjadinya limpasan langsung yaitu hujan total setelah dikurangi dengan kehilangan-kehilangan, dalam hal ini yang dapat dihitung adalah infiltrasi dan dinyatakan dengan indeks phi. Besarnya indeks phi diperoleh dengan membagi selisih hujan total dan hujan yang menyebabkan limpasan langsung dengan lama hujan. Hujan yang menyebabkan limpasan langsung diperoleh dengan cara membagi jumlah total debit limpasan langsung dengan luas DAS.

5. Menghitung dan membuat ordinat hidrograf satuan

Tahapan berikutnya diandaikan hidrograf satuan yang terjadi mempunyai ordinat berturut-turut  $U_1$ ,  $U_2$ , dan seterusnya. Setelah itu hidrograf satuan tersebut dikalikan dengan hujan efektif ( $R$ ) yang bersangkutan, maka diperoleh hidrograf limpasan langsung. Dengan cara membandingkan ordinat hidrograf limpasan langsung yang terukur, maka diperoleh ordinat-ordinat satuan  $U_1$ ,  $U_2$ , dan seterusnya, dibawah ini adalah penjelasan yang lebih sederhana dari penjelasan diatas.

$$\begin{array}{rcccccccccc}
 R_1 & : & R_1U_1 & R_1U_2 & R_1U_3 & R_1U_4 & R_1U_5 & R_1U_6 & R_1U_7 & \dots \\
 R_2 & : & & R_2U_1 & R_2U_2 & R_2U_3 & R_2U_4 & R_2U_5 & R_2U_6 & R_2U_7 & \dots \\
 R_3 & : & & & R_3U_1 & R_3U_2 & R_3U_3 & R_3U_4 & R_3U_5 & R_3U_6 & R_3U_7 & \dots \\
 \dots & : & & & & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \hline
 & & A & B & C & D & E & F & G & H & I & \dots
 \end{array}$$

Selanjutnya bandingkan dengan hidrograf limpasan langsung terukur

$$A : R_1U_1 = U_1 \qquad U_1 = \dots$$

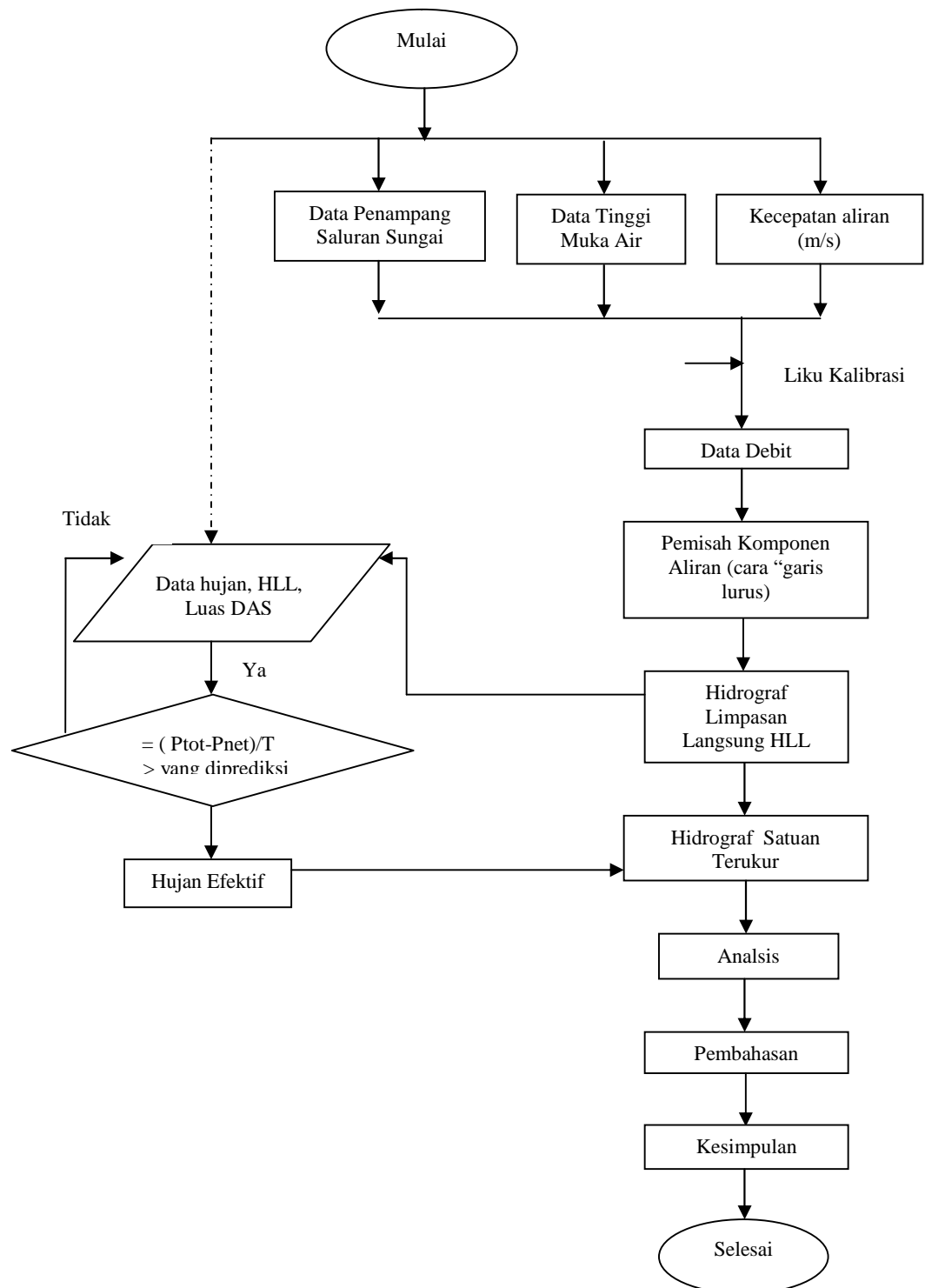
$$B : R_1U_2 + R_2U_1 = U_2 \qquad U_2 = \dots$$

$$C : R_1U_3 + R_2U_2 + R_3U_1 = U_3 \qquad U_3 = \dots$$

#### 6. Membuat Hidrograf Satuan Terukur (HST) dan debit banjir

Membuat hidrograf satuan terukur rata-rata dari hidrograf yang ada, sehingga didapatkan Hidrograf Satuan Terukur (HST). Setelah itu, dengan HST tadi akan didapatkan debit banjir.

### 3.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 10. Bagan Alir Penelitian HST Hulu Anak Sungai Way Besai

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik HST sub DAS Way Besai tepatnya DAS Way Petai Kecamatan Sumber Jaya, Lampung Barat, yaitu :
  - a. Pada periode waktu 10 menitan HST DAS Way Petai mempunyai debit puncak rata-rata ( $Q_p$ ) sebesar  $14,5579 \text{ m}^3/\text{det}$ , waktu menuju puncak ( $T_p$ ) pada 10 menit kedua puluh satu (210 menit), dan waktu dasarnya ( $T_b$ ) selama 1520 menit. Untuk waktu dasar terpanjang adalah 1520 menit dan waktu terpendek adalah 680 menit. Sedangkan debit puncak terbesar adalah  $21,6545 \text{ m}^3/\text{det}$ .
  - b. Pada periode waktu 30 menitan HST DAS Way Petai mempunyai debit puncak rata-rata ( $Q_p$ ) sebesar  $15,1948 \text{ m}^3/\text{det}$ , waktu menuju puncak ( $T_p$ ) pada 30 menit ketujuh (210 menit), dan waktu dasarnya ( $T_b$ ) selama 1500 menit. Untuk waktu dasar terpanjang adalah 1500 menit dan waktu terpendek adalah 660 menit. Sedangkan debit puncak terbesar adalah  $20,0554 \text{ m}^3/\text{det}$ .
  - c. Pada periode waktu 60 menitan HST DAS Way Petai yaitu mempunyai debit puncak rata-rata ( $Q_p$ ) sebesar  $14,4765 \text{ m}^3/\text{det}$ , waktu

menuju puncak ( $T_p$ ) pada 60 menit keempat (240 menit), dan waktu dasarnya ( $T_b$ ) selama 1440 menit. Untuk waktu dasar terpanjang adalah 1440 menit dan waktu terpendek adalah 600 menit. Sedangkan debit puncak terbesar adalah  $18,4004 \text{ m}^3/\text{det}$ .

2. Waktu menuju puncak untuk DAS Way Petai, seperti dipaparkan sebelumnya untuk periode waktu 10 menitan mempunyai rata-rata waktu menuju puncak yang sama yaitu pada waktu 210 menit, begitupula periode 30 menitan yaitu pada waktu 210 menit, sedangkan pada periode 60 menitan waktu menuju puncaknya untuk DAS Way Petai pada 240 menit. Hal ini dikarenakan luas DAS Way Petai memiliki luas  $325 \text{ km}^2$  sehingga waktu limpasan langsung menuju sungai relatif sama.
3. Pada DAS Way Petai hidrograf banjir kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun dan 200 tahun mempunyai debit puncak banjir yang relatif besar, hal ini disebabkan oleh luas DAS yang besar, dan penampang sungai yang besar pula.



## 5.2 SARAN

Berdasarkan pengalaman dan pertimbangan setelah melakukan penelitian ini, disarankan adanya perhatian pada hal-hal berikut :

1. Perlu adanya penambahan data curah hujan, sehingga dapat diprediksi curah hujan rata-rata yang lebih akurat, sehingga tidak adanya kendala untuk perhitungan Analisis Hidrograf Banjir.
2. Perlu adanya penambahan data kejadian banjir untuk DAS Way Petai, sehingga hidrograf satuan rata-rata dapat lebih mewakili karakteristik DAS yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Harto Br, S. 1991. Penetapan Jumlah Kasus Banjir Pada Analisis Hidrograf Satuan. Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Harto Br, S. 2000. Hidrologi (Teori, Masalah dan Penyelesaiannya). Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Soemarto, CD. 1987. Hidrologi Teknik. Usaha Nasional, Surabaya.
- Sosrodarsono, S, 1976. Hidrologi untuk Pengairan, *Association for International Technical Promotion*, Jakarta.
- Sosrodarsono, S. 2006. Hidrologi Untuk Pengairan. P.T. Paradnya Paramita. Jakarta.
- Triatmodjo, Bambang.2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset: Yogyakarta.
- Astryana, Mega. 2016. Analisis Hidrograf Satuan Terukur (HST) Sub DAS Way Besai (*Skripsi*). Universitas Lampung. Lampung.
- Pariartha, Gustave Suryantara. 2013. Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Menggunakan Hidrograf Satuan Terukur Daerah Aliran Sungai Progo Bagian Hulu (Jurnal Ilmiah Teknik Sipil). Universitas Udayana. Bali