# ANALISIS HIDROLOGI UNTUK PENENTUAN DEBIT BANJIR RANCANGAN DI BENDUNGAN WAY BESAI

(Skripsi)

# Oleh

# **MUTYA NIVITHA**



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG 2018

#### **ABSTRACT**

# HYDROLOGIC ANALYSIS FOR DETERMINATION THE DESIGN FLOOD AT WAY BESAI DAM

#### BY

#### **MUTYA NIVITHA**

Energy is an important thing to human viability. Resource which is often used for energy source is water as hydro power plant. One of hydro power plant in Lampung province is Way Besai Hydro Power Plant. Considering the importance of this hydro power plant for people, extreme things on the hydro power plant like flood, certainly not desirable. Hydrologic analysis required for get result that was flood design as action anticipation.

This study was conducted in Way Besai watershed, Sumber Jaya, West of Lampung. The data required of this study were primary data such as water level and secondary data such as rainfall data from five stations, flow Way Besai data from 1986 to 2000, and daily rainfall data from two station.

From frequency analysis, obtained design flood for the largest single data group return period of 2 years is return period 5 years 131,00 m³/s, return period 10 years 178,42 m³/s, return period 25 years 253,71 m³/s, return period 50 years 322,66 m³/s, return period 100 years 403,45 m³/s, and 499,81 m³/s for return period 200 years. The results of design flood for the two largest data group is 80,83 m³/s for return period 2 years,129,43 m³/s for return period 5 years, return period 10 years is 165,72 m³/s, return period 25 years 215,83 m³/s, return period 50 years 256,11 m³/s, return period 100 years 298,76 m³/s, and 344,22 m³/s for return period 200 years. For the three largest data group, the design flood for return period 2 years is 71,61 m³/s, return period 5 years 114,97 m³/s, return period 10 years 152,11 m³/s, return period 25 years 210,33 m³/s, return period 50 years 262,33 m³/s, return period 100 years 323,14 m³/s, and 394,39 for return period 200 years. The four largest data group, the flood design is 73,59 m³/s for return period 2 years, return period 5 years is 113,78 m³/s, return period 10 years 142,98 m³/s, return period 25 years 182,38 m³/s, return period 50 years 213,47 m³/s, return period 100 years 246,05 m³/s, and return period 200 years

280,12 m³/s. For the five largest group data, the flood design is 80,19 m³/s for return period 2 years, 129,08 m³/s for return period 5 years, 171,01 m³/s for return period 10 years, 237,02 m³/s for return period 25 years, 296,83 m³/s for return period 50 years, 367,11 m³/s for return period 100 years, and 449,56 m³/s for return period 200 years. From HEC-HMS, the flood design for return period 2 years sebesar 71,2 m³/s, return period 5 years 90,6 m³/s, return period 10 years 105,7 m³/s, return period 25 years 128,6 m³/s, return period 50 years 156,6 m³/s, return period 100 years 190,8 m³/s and 233,7 m³/s for return period 200 years. Based on calibration result used RMSE, obtained RMSE value is 3,12.

#### ABSTRAK

#### ANALISIS HIDROLOGI UNTUK PENENTUAN DEBIT BANJIR RANCANGAN DI BENDUNGAN WAY BESAI

#### OLEH

#### **MUTYA NIVITHA**

Energi merupakan hal yang sangat dibutuhkan untuk keberlangsungan hidup manusia. Sumber daya yang biasa digunakan sebagai sumber energi salah satunya adalah air dengan cara membendung sungai untuk pembangkit listrik. Salah satu PLTA yang terdapat di provisni lampung adalah PLTA Way Besai. Mengingat pentingnya pembangkit listrik ini bagi masyarakat, maka hal-hal ekstrim pada bangunan pembangkit listrik seperti banjir yang dapat mengganggu kinerjanya tentu saja tidak diinginkan. Untuk itu dibutuhkan analisis hidrologi dengan hasil akhir berupa debit banjir rancangan agar dapat dilakukan tindakan antisipasi.

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. Data primer berupa data tinggi muka air, dan data sekunder berupa data curah hujan jam-jaman dari lima stasiun, data debit Way Besai dari tahun1986 sampai 2000, data curah hujan harian dari dua stasiun.

Dari hasil analisis frekuensi, didapat banjir rancangan untuk kelompok data 1 terbesar kala ulang 2 tahun adalah 76,74 m³/s, kala ulang 5 tahun 131,00 m³/s, kala ulang 10 tahun 178,42 m³/s, kala ulang 25 tahun 253,71 m³/s, kala ulang 50 tahun 322,66 m³/s, kala ulang 100 tahun 403,45 m³/s, dan 499,81 m³/s untuk kala ulang 200 tahun. Hasil debit banjir rancangan untuk kelompok data 2 terbesar adalah 80,83 m³/s untuk kala ulang 2 tahun,129,43 m³/s untuk kala ulang 5 tahun, kala ulang 10 tahun adalah 165,72 m³/s, kala ulang 25 tahun 215,83 m³/s, kala ulang 50 tahun 256,11 m³/s, kala ulang 100 tahun 298,76 m³/s, dan 344,22 m³/s untuk kala ulang 200 tahun. Untuk data kelompok 3 terbesar, didapat hasil debit banjir rancangan untuk kala ulang 2 tahun yaitu 71,61 m³/s, kala ulang 5 tahun 114,97 m³/s, kala ulang 10 tahun 152,11

m³/s, kala ulang 25 tahun 210,33 m³/s, kala ulang 50 tahun 262,33 m³/s, kala ulang 100 tahun 323,14 m³/s, dan 394,39 untuk kala ulang 200 tahun. Pada kelompok data 4 terbesar, didapatkan hasil debit banjir rancangan sebesar 73,59 m³/s untuk kala ulang 2 tahun, kala ulang 5 tahun adalah 113,78 m³/s, kala ulang 10 tahun 142,98 m³/s, kala ulang 25 tahun 182,38 m³/s, kala ulang 50 tahun 213,47 m³/s, kala ulang 100 tahun 246,05 m³/s, dan kala ulang 200 tahun 280,12 m³/s. Sedangkan pada kelompok data 5 terbesar, dihasilkan debit banjir rancangan sebesar 80,19 m³/s untuk kala ulang 2 tahun, 129,08 m³/s untuk kala ulang 5 tahun, 171,01 m³/s untuk kala ulang 10 tahun, 237,02 m³/s untuk kala ulang 25 tahun, 296,83 m³/s untuk kala ulang 50 tahun, 367,11 m³/s untuk kala ulang 100 tahun, dan 449,56 m³/s untuk kala ulang 200 tahun. Dari hasil pemodelan HEC-HMS, didapat debit banjir rancangan untuk kala ulang 2 tahun sebesar 71,2 m³/s, kala ulang 5 tahun 90,6 m³/s, kala ulang 10 tahun 105,7 m³/s, kala ulang 25 tahun 128,6 m³/s, kala ulang 50 tahun 156,6 m³/s, kala ulang 100 tahun 190,8 m³/s dan 233,7 m³/s untuk kala ulang 200 tahun. Berdasarkan hasil analisa kalibrasi dengan metode RMSE, didapatkan nilai RMSE sebesar 3,12.

Kata kunci: DAS, Debit Banjir Rancangan, Way Besai, HEC-HMS

# ANALISIS HIDROLOGI UNTUK PENENTUAN DEBIT BANJIR RANCANGAN DI BENDUNGAN WAY BESAI

#### Oleh

# **MUTYA NIVITHA**

# 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

AMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG ING UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNG UNIV: ANALISIS HIDROLOGI UNTUK UNG UNIVERSITAS LAMPUNG PENENTUAN DEBIT BANJIR RANCANGAN G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVE DI BENDUNGAN WAY BESAI MPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG INIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG

: Mutya Nivitha

NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG

NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG

NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG

Nomor Pokok Mahasiswa: 1215011079 G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG

Program Studi Pung UNIV: S1 Teknik Sipil UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG

: Teknik

1. Komisi Pembimbing

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

NIP. 196903211995121001

LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG

AMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG AMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG

NIP. 196912191995122001 IVERSITAS LAMPUNG

9 UNIVERSITAS LAMPUNG 2. Ketua Jurusan Teknik Sipil G UNIVERSITAS LAMPUNG UI

G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSIT GUNIVERSITAS LAMP Gatot Eko Susilo, S.T. G UNIVERSITAS LAMPUNG U NIP. 197001291995121001

G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG

NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG NG UNIVERSITAS LAMPUNG NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG NG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS DAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNI IG UNIVERSITAS LAMPUNG UNI IG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERMENGESAHKAN IVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG IG UNIVERSITAS LAMPUNG UNI AS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG G UN Ketua S LAMPUNG UN: Dwi Jokowinarno, S.T., M.Eng. G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSI IG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVER IG UNIVERSITAS LAMPUNG UNI MPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG U Sekretaris Dr. Dyah Indriana.K., S.T., MSc IG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVE IG UNIVERSITAS LAMPUNG U IG UNI Penguji LAMPUN Bukan Pembimbing : Dr. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc NG UNIVERSITAS LAMPUNG AMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG \*Dekan Fakultas Teknik NIP. 196207171987031002 AS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIV G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG
G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG G UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG UNIVERSITAS LAMPUNG Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Januari 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.

Mutya Nivitha

### **RIWAYAT HIDUP**



Penulis dilahirkan di Jambi pada tanggal 22 Desember 1994. Merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Mursi dan Ibu Jusmaini.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari Taman Kanak-kanak

Pembina Batanghari pada tahun 1999, pada tahun 2000 memasuki sekolah dasar di SD Negeri 80 Batanghari. Kemudian pada tahun 2006 melanjutkan jenjang pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 21 Batanghari, dan SMA Negeri 1 Batanghari pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2012.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Undangan pada tahun 2012. Selama menjadi mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung, penulis mengikuti berbagai organisai, diantaranya FOSSI FT Universitas Lampung, HIMATEKS Universitas Lampung dan *Earth Hour* Lampung.

Karya ini kupersembahkan untuk kedua orang tuaku yang dengan sabar menanti

Maaf membuat kalian lama menunggu

#### **MOTTO**

Setiap pencarian dimulai dengan keberuntungan bagi si pemula dan diakhiri dengan ujian bagi si pemenang.
Seperti pepatah bahwa saati-saat paling gelap dimalam hari adalah saat-saat menjelang fajar

(Paulo Coelho)

Ketahuilah, sumber kekuatan terbaik adalah yang sering disebut dengan tekad, kehendak. Maka kehendak yang besar bahkan lebih kuat dibandingkan kekuatan itu sendiri

(Av - Bumí)

#### **SANWACANA**

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "ANALISIS HIDROLOGI UNTUK PENENTUAN DEBIT BANJIR RANCANGAN DI BENDUNGAN 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:

- 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.

- Bapak Dr. EndroPrasetyo W, S.T., M.Sc, selaku dosen penguji atas kesempatannya untuk menguji sekaligus membimbing penulis dalam seminar skripsi
- 6. Bapak Ir. M.Jafri, M.T., selaku dosen Pembimbing Akademis.
- 7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telahdiberikan selama perkuliahan.
- 8. Ayah dan Ibu atas dukungan, semangat serta doa yang tidak henti-hentinya mereka panjatkan untuk kesuksesanku.
- Adik-adikku, Mutaqin Nirrohim dan Muhaimin Nirwandi yang selalu mengingatkan untuk segera lulus.
- 10. Sahabat-sahabat yang selalu memberikan dukungan dan semangat, Fitriya Rahmawati, Hasna Nurafifa, Rahmi Diah Adhitya, Setiana, Wardatul Aini Putri dan Zaina Khoerunnisa.
- 11. Keluarga Pinus yang Insyaallah selalu mengingatkan dalam kebaikan, Anggita Larassary, Nadia Yolanda, Nessia Kurnia, Nia Nurmala, Riandini Pratiwi dan Siti Suroyalmilah.
- 12. Bocil-bocil yang membantu dikala susah dan menghibur dikala lara, Dinda, Eki, Elok, Feby, Indah, Kak Novi (bukan bocil), Nadia, Octa, Restika dan Ulfah. Terima kasih untuk kebersamaan yang walaupun singkat tapi begitu intens.

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, Januari 2018 Penulis

MutyaNivitha

# **DAFTAR ISI**

# **DAFTAR TABEL**

# **DAFTAR GAMBAR**

I.	PENDAHULUAN	
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Batasan Masalah	2
1.4	Tujuan Penelitian	3
1.5	Manfaat Penelitian	3
II.	TINJAUAN PUSTAKA	
2.1.	. Hidrologi	∠
2.2.	. Analisis Hidrologi	∠
2.3.	. Analisis Frekuensi	
2.4.	. FDC (Flow Duration Curve)	13
2.5.	. HEC – HMS	14
2.6.	. Kajian Studi Terdahulu	35
III.	. METODE PENELITIAN	
3.1.	. Lokasi Penelitian	37
3.2.	. Data Yang Digunakan	38
3.3.	. Alat yang Digunakan	38
3.4.	. Langkah Pengerjaan	40
3.5.	. Flow Chart	42

IV. H	ASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Analisa Data Spasial	43
4.2	Hujan Rancangan	46
4.3.	Debit Banjir Rancangan	53
4.4	Perhitungan Parameter-parameter Sebagai Input HEC-HMS	66
<b>V. KE</b> 5.1	SIMPULAN DAN SARAN  Kesimpulan	
5.2	Saran	
DAFI	CAR PUSTAKA	
LAM	PIRAN	

# DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Metode Simulasi pada HEC - HMS	14
Tabel 2.2.	Cara Pengukuran Hujan	16
Tabel 2.3.	Nilai CN untuk Beberapa Tataguna Lahan	24
Tabel 4.1.	Luas Tutupan Lahan pada DAS Way Besai	16
Tabel 4.2.	Perhitungan Curah Hujan Rerata Maksimum Stasiun R233	17
Tabel 4.3.	Perhitungan Curah Hujan Rerata Maksimum Stasiun R233	18
Tabel 4.4.	Curah Hujan Rerata Harian Maksimum Tahunan DAS Way Besai	18
Tabel 4.5.	Distribusi Frekuensi Curah Hujan Metode Log Pearson III	<b>1</b> 9
Tabel 4.6.	Analisa Jenis Sebaran	51
Tabel 4.7.	Distribusi Log Perason III untuk Hujan Rancangan	51
Tabel 4.8.	Perhitungan Nilai k Untuk Tiap Kala Ulang	52
Tabel 4.9	Perhitungan Curah Hujan Rancangan Kala Ulang Tertentu	52
Tabel 4.10.	Pengelompokkan Data Debit	54
Tabel 4.11.	Distribusi Frekuensi Debit Metode Log Pearson III 1 Terbesar	58
Tabel 4.12.	Distribusi Frekuensi Debit Metode Log Pearson III Dua Terbesar	58
Tabel 4.13.	Distribusi Frekuensi Debit Metode Log Pearson III Tiga Terbesar	59
Tabel 4.14.	Distribusi Frekuensi Debit Metode Log Pearson III Empat Terbesar	51
Tabel 4.15.	Distribusi Frekuensi Debit Metode Log Pearson III Lima Terbesar	52

Tabel 4.16. Distribusi <i>Log Pearson</i> III untuk Kelompok Data Debit 1 Terbesar	.64
Tabel 4.17. Perhitungan Nilai k untuk Kelompok Data Debit 1 Terbesar	.65
Tabel 4.18. Debit Banjir Rencana Kala Ulang Tertentu Tiap Kelompok Data Debit	.66
Tabel 4.19. Koordinat Telemetri Pengukur Curah Hujan Das Way Besai	66
Tabel 4.20 Koefisien Poligon <i>Thiessen</i> tiap SubDas pada Das Way Besai	.68
Tabel 4.21. Nilai CN dan Luasan Tata Guna Lahan SubDAS 5	.69
Tabel 4.22. Nilai CN Seluruh SubDAS	.69
Tabel 4.23. Hasil Perhitungan <i>Time Lag</i> untuk Tiap SubDAS	.67
Tabel 4.24 Hasil Perhitungan Kalibrasi dengan Metode RMSE	77

# **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1	Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Poligon Thiessen	18
Gambar 2.2.	Pengukuran Hujan Metode Isohiet	20
Gambar 3.1.	Daerah Aliran Sungai Way Besai	34
Gambar 3.2.	(a) Alat pengukur tinggi muka air otomatis (AWLR), (b) Pipa PVC, (c)	
	Current Meter, (d) Alat penakar hujan otomatis tipe Tipping Bucket	36
Gambar 4.1.	DAS Way Besai	44
Gambar 4.2.	Tutupan Lahan DAS Way Besai	45
Gambar 4.3.	Pengaruh Stasiun Hujan pada tiap SubDAS pada DAS Way Besai	67
Gambar 4.4.	Hasil Pemodelan DAS dengan HEC-HMS	71
Gambar 4.5.	Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun dengan Waktu Kontrol 7 September -	
	27 September 2016 Tp = 23 September 2016, 09:08 Qp = 71,2 m3/s	73
Gambar 4.6.	Debit Banjir Kala Ulang 5 Tahun Waktu Kontrol 25 Januari – 25	
	Februari 2017 Tp = 22 Februari 2017, 08:30 Qp = 90,6 m3/s	73
Gambar 4.7	Debit Banjir Kala Ulang 10 Tahun Waktu Kontrol 25 Januari – 24	
	Februari 2017 Tp = 22 Februari 2017, 07:57 Qp = 105,7 m3/s	74
Gambar 4.8	Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun Waktu Kontrol 18 September-25	
	September 2016 Tp = 23 September 2016, 10:14 Qp = 128,6 m3/s	74
Gambar 4.9	Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun Waktu Kontrol 25 September-1	
	Oktober 2017 Tp = 29 September 2016, 08:30 Op = 156,6 m3/s	75

Gambar 4.10 Debit Banjir Kala Ulang 100 Tahun Waktu Kontrol 17 Februari-24
Februari 2017 Tp = 22 Februari 2017, 09:02 Qp = 190,8 m3/s
Gambar 4.11 Debit Banjir Kala Ulang 200 Tahun Waktu Kontrol 28 Agustus-3
September 2016 Tp = 30 Agustus 2016, 09:34 Qp = 233,7 m3/s

#### I. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan suatu hal yang sangat dibutuhkan untuk keberlangsungan hidup manusia. Sumber daya energi yang paling sering dimanfaatkan oleh manusia adalah sumber daya energi fosil. Kebutuhan manusia akan energi terus meningkat sedangkan ketersediaan sumber daya energi fosil terus menurun karena sumber daya energi fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Karena itu manusia membutuhkan sumber daya energi alternatif. Salah satu sumber daya energi alternatif tersebut adalah air.

Sungai adalah sumber air yang biasa dimanfaatkan sebagai sumber energi. Di Indonesia sudah banyak sungai yang diberdayakan untuk diambil energinya, sehingga banyak dibangun bendung-bendung untuk pembangkit listrik. Salah satu pembangkit listrik yang ada di Indonesia terdapat di Provinsi Lampung Kabupaten Lampung Barat, yaitu PLTA Way Besai. PLTA Way Besai ini memiliki kapasitas 90 MegaWatt dengan 45 MegaWatt ditiap-tiap pembangkitnya.

Mengingat pentingnya pembangkit listrik ini bagi masyarakat, maka hal-hal ekstrim pada bangunan pembangkit listrik tentu saja tidak diinginkan, seperti terjadinya banjir yang dapat mengganggu kinerja pembangkit listrik.

Hal ini menyebabkan dibutuhkannya analisis hidrologi dengan hasil akhir yang diharapkan berupa perkiraan debit banjir rancangan, agar dapat dilakukan tindakan antisipasi dalam menghadapi hal tersebut.

#### 1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana memperkirakan debit banjir rancangan di Bendungan Way
   Besai dengan analisis frekuensi?
- 2. Bagaimana memperkirakan debit banjir rancangan di Bendungan Way Besai dengan *software* HEC-HMS?

#### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- Pengambilan data debit dilakukan dengan cara pengukuran tinggi muka air, pengukuran kecepatan, pengukuran penampang melintang sungai dan data dari Bendungan Way Besai.
- 2. Data tinggi hujan didapat dari *Automatic Rainfall Record* (ARR) yang diletakkan di dua tempat dan alat penakar hujan tipe *tipping bucket* sebanyak satu buah.

- 3. Pengukuran tinggi elevasi muka air didapat dari alat pencatat tinggi muka air otomatis *AWLR* (*Automatic Water Level Recorder*) dan dari telemetri.
- 4. Menghitung waktu puncak, debit puncak dan waktu dasar dari data yang diperoleh.
- Menghitung debit banjir rancangan menggunakan analisis frekuensi dan HEC-HMS.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- Menganalisis debit banjir rancangan di Bendungan Way Besai menggunakan analisis frekuensi.
- Menganalisis debit banjir rancangan di Bendungan Way Besai menggunakan software HEC-HMS.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

- 1. Mengetahui waktu puncak, debit puncak dan waktu dasar.
- Mengetahui debit banjir rancangan untuk tindakan antisipasi pada bendungan Way Besai.

#### II. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Hidrologi

Hidrologi pada dasarnya adalah suatu ilmu yang bersifat menafsirkan. Melakukan percobaan dibatasi oleh ukuran kejadian di alam, yang diteliti secara sederhana dengan akibat yang bersifat khusus. Persyaratan mendasarnya berupa data yang diamati dan diukur mengenai semua segi pencurahan, pelimpasan, penelusuran, pengaliran sungai, penguapan, dan seterusnya. (EM.Wilson, 1969).

#### 2.2. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi. Fenomena hidrologi seperti besarnya curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air, selalu berubah menurut waktu. Untuk suatu tujuan tertentu data-data hidrologi dapat dikumpulkan, dihitung, disajikan, dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu (Yuliana, 2008).

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yaitu data yang terjadi selama satu tahun yang terukur selama beberapa tahun (Triadmodjo,2008).

#### 2.3. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang tertentu. Analisis frekuensi dapat dilakukan untuk seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan/debit, dan didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran hujan/debit di masa yang akan datang (diandaikan bahwa sifat statistik tidak berubah/sama).

Amin (2010) mengatakan bahwa tahapan analisis frekuensi hujan dapat dijabarkan sebagai berikut :

- Menyiapkan data hujan yang sudah dipilih berdasarkan metode pemilihan data terbaik menurut ketersediaan data.
- 2. Data diurutkan dari kecil ke besar (atau sebaliknya).
- 3. Hitung besaran statistik data yang bersangkutan ( $\overline{X}$ , s, Cv, Cs, Ck)

Dalam analisis frekuensi distribusi probabilitas teoritik yang cocok untuk data yang ada ditentukan berdasarkan perameter-parameter statistika seperti nilai rerata, standar deviasi, koefisien asimetri, koefisien variasi dan koefisien kurtosis. Adapun rumus-rumus parameter statistika tersebut antara lain sebagai berikut ini.

### a. Nilai rerata $(\overline{X})$

Nilai rerata merupakan nilai yang dianggap cukup representative dalam suatu distribusi. Nilai rata-rata tersebut dianggap sebagai nilai sentral dan dapat dipergunakan untuk pengukuran sebuah distribusi.

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \tag{1}$$

#### b. Simpangan baku (standard deviation) (S)

Umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar (*standard deviation*). Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai deviasi standar (S) akan besar pula, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka (S) akan kecil.

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

#### c. Koefisien asimetri (*skewness*) (Cs)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukan derajat ketidaksimetrisan (*asymmetry*) dari suatu bentuk distribusi. Apabila suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum maka kurva tersebut tidak akan berbentuk simetri, keadaan itu disebut menceng kekanan atau kekiri.

Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri.

Kurva distribusi yang bentuknya simetri maka nilai CS = 0.00, kurva distribusi yang bentuknya menceng ke kanan maka CS lebih besar nol, sedangkan yang bentuknya menceng ke kiri maka CS kurang dari nol.

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

#### d. Koefisien variasi (Cv)

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

$$C_{\nu} = \frac{S}{\overline{X}} \dots (4)$$

#### e. Koefisien kurtosis (Ck)

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n \left(X_i - \overline{X}\right)^4 \dots (5)$$

dengan:

 $X_i = varian yang berupa hujan atau data debit$ 

 $\bar{X}$  = rerata data hujan atau debit

n = jumlah data yang dianalisis

S = simpangan baku

 $C_s$  = koefisien asimetri

 $C_v$  = koefisien variasi

 $C_k$  = koefisien kurtosis

#### 4. Pemilihan jenis sebaran (distribusi).

Setelah parameter statistik diketahui, maka distribusi yang cocok untuk digunakan dalam analisis frekuensi dapat ditentukan. Distribusi probabilitas yang sering dipakai dalam analisis hidrologi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson III. Sifat-sifat khas dari setiap macam distribusi frekuensi sebagai berikut (Jayadi, 2000):

#### a. Distribusi Normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya.

Ciri khas distribusi Normal adalah:

1. Skewness (Cs) 0,00

2. Kurtosis (Ck) = 3.00

3. Probabilitas  $X \le (\bar{X} - S)$  = 15,87%

4. Probabilitas  $X \le \bar{X}$  = 50,00%

5. Probabilitas  $X \le (\bar{X} + S)$  = 84,4%

#### b. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai varian X menjadi nilai

logaritmik varian X. Secara matematis distribusi log normal ditulis sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{\left(\log X\right)(S)(\sqrt{2f})} \cdot \exp\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{\log X - \overline{X}}{S}\right)^{2}\right\} \dots (6)$$

Dimana,

P(X) = peluang log normal

X = nilai varian pengamat

 $\bar{X}$  = rata-rata dari logaritmik varian X

S = deviasi standar dari logaritmik nilai varian x

Apabila nilai P(X) digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus.

Sifat statistik distribusi Log Normal adalah :

1. 
$$C_s \cong 3.C_v$$

2. 
$$C_s > 0$$

Persamaan garis teoritik probabilitas:

$$X_T = \overline{X} + K_T.S.$$
 (7) dengan:

 $X_T$  = debit banjir maksimum dengan kala ulang T tahun

 $K_T$  = faktor frekuensi

S = simpangan baku

#### c. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir.

Ciri khas statistik distribusi Gumbel adalah:

- 1.  $C_s \cong 1,396$
- 2.  $C_k = 5,4002$

Persamaan garis teoritik probabilitasnya adalah:

$$X_T = \overline{X} + S / \uparrow_n (Y - Y_n)...(8)$$

dengan:

Y = reduced variate

 $Y_n = mean \text{ dari } reduced \text{ } variate$ 

 $\sigma_n = \text{simpangan baku } reduced variate$ 

n = banyaknya data

#### d. Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi Log Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik.

Sifat statistik distribusi ini adalah:

- 1. Jika tidak menunjukan sifat-sifat seperti pada ketiga distribusi di atas.
- 2. Garis teoritik probabilitasnya berupa garis lengkung.

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson type III adalah (Soemarto, 1987):

- 1. harga rata-rata  $(\overline{X})$ ,
- 2. standar deviasi (S),
- 3. koefisien kepencengan  $(C_s)$ .
- 4. Data digambarkan pada kertas probabilitas.
- 5. Ploting persamaan garis teoritis berdasarkan Persamaan (6) untuk distribusi Log normal, dan Persamaan (7) untuk distribusi Gumbel.
- 6. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

Terdapat beberapa cara untuk menguji jenis probabilitas dengan kesesuaian data yang ada antara lain :

#### a. Uji Chi-Kuadrat

Pada dasarnya uji ini merupakan pengecekan terhadap penyimpangan rerata dari data yang dianalisis berdasarkan distribusi terpilih. Penyimpangan tersebut diukur dari perbedaan antara nilai probabilitas setiap varian t menurut hitungan dengan pendekatan empiris. Rumus yang digunakan sebagai berikut (Jayadi, 2000):

$$t^{2} = \sum_{i=1}^{k} \left[ \frac{(Ef - Of)^{2}}{Ef} \right]_{i}$$
 (9)

12

Dengan:

 $X^2$  = harga Chi-Kuadrat

Ef = estimasi frekuensi untuk kelas i

Of = observed frekuensi pada kelas i

K = banyaknya kelas

Syarat dari uji Chi-Kuadrat ádalah harga t² harus lebih kecil dari pada t² cr (Chi-Kuadrat kritik) yang besarnya tergantung pada derajat kebebasan (DK) dan derajat nyata ( ). Pada analisis frekuensi sering diambil derajat nyata 5%. Derajat kebebasan dihitung dengan persamaan :

$$DK = K - (P+1)$$
....(10)

dengan:

DK: derajat kebebasan,

K: banyaknya kelas,

P: jumlah parameter.

#### b. Uji Smirnov Kolmogorov

Pengujian dilakukan dengan mencari nilai selisih probabilitas tiap varian t menurut distribusi teoritik yaitu i. Harga i maksimum harus lebih kecil dari kritik yang besarnya ditetapkan berdasarkan banyaknya data dan derajat nyata ( ) (Jayadi, 2000).

#### 2.4. FDC (Flow Duration Curve)

Flow Duration Curve (FDC) menunjukkan persentase waktu yang pasti terjadi terhadap nilai debit mingguan, bulanan, atau tahunan yang menyamai atau melebihi jumlah yang tersedia pada pencatatan tahunan. Pemilihan waktu interval tergantung pada tujuan penelitian. Sebenarnya Flow duration curve adalah kurva frekuensi debit sungai dan lamanya periode pencatatan, keakuratan merupakan indikasi dari pencatatan jangka panjang. Kurva yang datar menunjukkan sungai yang sedikit banjir dengan kontribusi air tanah yang besar, sedangkan kurva curam menunjukkan seringnya banjir dan musim kemarau dengan kontribusi air tanah yang kecil. (Raghunath, H.M, 2006).

Menurut Fidiarta Andika (2008), teknik membuat kurva FDC dapat dijelaskan secara urut sebagai berikut :

- a. Urutkan n data rata-rata debit selama periode waktu tertentu mulai dari nilai tertinggi hingga terendah.
- b. Tetapkan m nomor rangking yang unik, dimulai dari angka 1 untuk debit terbesar hingga angka m untuk data n.
- c. Probabilitas dari debit air untuk setiap persentasi waktu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P = 100 \times \frac{m}{(n+1)}$$
....(11)

#### Dimana:

P = Probabilitas dari debit air

m =Posisi rangking dari data debit

n = Total data

#### 2.5. **HEC – HMS**

Software HEC-HMS (Hydrologic Modelling System) ini dirancang untuk menghitung proses hujan—aliran suatu sistem DAS. Software ini dikembangkan oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) dari US Army Corps of Engineering. HEC-HMS ini merupakan pengembangan program HEC-1. Dalam HEC-HMS terdapat fasilitas kalibrasi, kemampuan simulasi model distribusi, model kontinyu dan kemampuan membaca data GIS (Jayadi, Rahemad dkk. 2015).

Tabel. 2.1. Metode Simulasi pada HEC - HMS

No	Model	Metode
1	Precipitation	User hyetograph
	Trecipitation	<ul> <li>User gage weighting</li> </ul>
		• Inverse-distance gage weights
		<ul> <li>Gridded precipitation</li> </ul>
		• Frequency storm
		Standard project storm
2	Volume runoff	• Initial and constant-rate
	voiume ranojj	• SCS curve number
		<ul> <li>Gridded SCS curve number</li> </ul>
		• Green and Ampt
		Deficit and constant rate
		Soil moisture accounting
		Gridded SMA

3	Direct runoff	<ul> <li>User-specified unit hydrograph (UH)</li> <li>Clark's UH</li> <li>Snyder's UH</li> <li>SCS UH</li> <li>Modclark</li> <li>Kinematic wave</li> </ul>
4	Baseflow	<ul><li>Constant monthly</li><li>Exponential recession</li><li>Linear reservoir</li></ul>
5	Routing	<ul> <li>Kinematic wave</li> <li>Lag</li> <li>Modified Puls</li> <li>Muskingum</li> <li>Muskingum-Cunge Standard Section</li> <li>Muskingum-Cunge 8- point section</li> </ul>

#### 2.5.1. Menghitung Hujan Rerata Menggunakan HEC-HMS

Respon sebuah DAS dipengaruhi oleh hujan dan penguapan yang terjadi pada DAS. Hujan dapat diamati berdasarkan kejadian curah hujan dimasa lalu, bisa berdasarkan kemungkinan frekuensi kejadian curah hujan, atau bisa dengan kejadian hujan yang mewakili batas atas dari hujan yang mungkin terjadi di lokasi. Data kejadian hujan sangat berguna untuk kalibrasi dan verifikasi parameter-parameter dari model, untuk peramalan *real-time*, dan untuk mengevaluasi performa dari usulan desain dan peraturan-peraturan.

Pengukuran hujan dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Cara pengukuran hujan dijelaskan pada Tabel

Tabel. 2.2. Cara Pengukuran Hujan

Pilihan		Kategori			
1.	Manual	Pengukuran ini dibaca oleh orang yang mengamati.			
		Seringnya pengukuran seperti ini dibaca perhari,			
		jadi informasi detail tentang distribusi sementara			
		curah hujan jangka pendek tidak tersedia.			
2.	Stasiun	Pengukuran tipe ini mengamati dan mencatat hujan			
	hidrometeorologi	secara otomatis. Contohnya adalah menggunakan			
	observasi	logger. Dengan pengukuran ini, distribusi			
	otomatis	sementara bisa diketahui. Pada HEC-HMS <i>User's</i>			
		Manual, pengukuran yang mana distribusi			
		sementara diketahui disebut sebagai recording			
		gage.			
3.	Stasiun	Pengukuran tipe ini mengamati dan mengirimkan			
	hidrometeorologi	curah hujan secara otomatis, tapi tidak			
	obeservasi	menyimpannya secara lokal. Contohnya adalah alat			
	telemeteri	pengukur hujan otomatis tipe tipping bucket.			
4.	Stasiun	Tipe pengukuran ini mengamati, merekam dan			
	hidrometeorologi	mengirim secara otomatis.			
	obeservasi				
	telemeteri				
	otomatis				

Menurut Bambang Triatmodjo (2008) stasiun penakar hujan memberikan kedalaman hujan di titik dimana stasiun berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila terdapat beberapa stasiun pengukuran, hujan yang terjadi belum tentu sama setiap stasiun. Dalam analisis hidrologi diperlukan hujan rerata pada suatu daerah, yang dapat dilakukan dengan tiga metode, yaitu metode rerata aritmatik (Aljabar), metode polygon thiessen dan metode isohiet.

### 1. Metode Rerata Aritmatik (Aljabar)

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerat pada suatu daerah. Metode rerata aljabar memberikan hasil yang baik apabila:

- a. Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS
- b. Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

Hujan rerata pada seluruh DAS dijabarkan dalam bentuk berikut:

$$\bar{p} = \frac{P1 + P2 + P3 + \dots + Pn}{n}...$$
(12)

Dimana:

 $\bar{p}$ : Hujan rerata kawasan

P1, P2, P3, ... Pn: Hujan stasiun 1,2,3, ...n

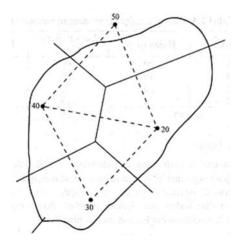
*n* : Jumlah stasiun

### 2. Metode Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiunyang ada disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan yang ditinjau tidak merata. Hitungan hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Pembentukan polygon *thiessen* adalah sebagai berikut:

a. Stasiun-stasiun hujan digambarkan pada peta DAS yang ditinjau, termasuk stasiun hujan di luar DAS yang berdekatan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1.

- b. Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus (garis terputus) sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
- c. Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga seperti ditunjukkan dengan garis penuh pada Gambar 2.1.
- d. Garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon.
   Untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari poligon.
- e. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- f. Jumlah dari hitungan pada butir e untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut, yang dalam bentuk matematik mempunyai bentuk berikut ini.



Gambar 2.1 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Poligon

Thiessen

Perhitungan polygon Thiessen adalah sebagai berikut :

Dengan:

$$P = \frac{A1P1 + A2P2 + A3P3 + \dots + AnPn}{A1 + A2 + A3 + An} \dots (13)$$

Dimana:

P = Hujan rerata kawasan

P1,P2...Pn = Hujan pada stasiun 1,2,3,..n

A1,A2,...An = Luas daerah stasiun 1,2,3...n

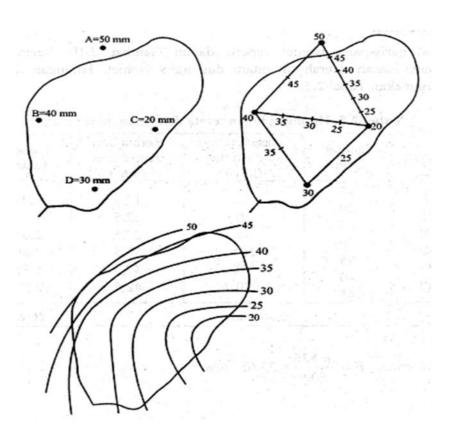
Metode Poligon Thiessen ini banyak digunakan untuk menghitung rerata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan, seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi Poligon Thiessen yang baru.

#### 3. Metode Isohiet

Isohiet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode Isohiet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah diantara dua garis Isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut. Pembuatan garis Isohiet dilakukan dengan prosedur berikut ini (Gambar 2.2):

- a. Lokasi stasiun hujan dan kedalaman hujan digambarkan pada peta daerah yang ditinjau.
- b. Dari nilai kedalaman hujan di stasiun yang berdampingan dibuat interpolasi dengan pertambahan nilai yang ditetapkan.

- c. Dibuat kurva yang menghubungkan titik-titik interpolasi yang mempunyai kedalaman hujan yang sama. Ketelitian tergantung pada pembuatan garis Isohiet dan intervalnya.
- d. Diukur luas daerah antara dua isohiet yang berurutan dan kemudian dikalikan dengan nilai rerata dari nilai kedua garis isohiet.
- e. Jumlah dari hitungan pada butir d untuk seluruh garis Isohiet dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan kedalaman hujan rerata daerah tersebut.



Gambar 2.2. Pengukuran Hujan Metode Isohiet

Secara matematis hujan rerata tersebut dapat ditulis:

$$P = \frac{A^{\frac{I1+I2}{2} + A^{\frac{I2+I3}{2} + \dots + A^{\frac{In+I(n+1)}{2}}}{A1+A2+\dots + An}}$$
(14)

Dengan:

P = hujan rerata kawasan

I1, I2,..., In = garis isohiet ke 1,2,3,...n, n+1

A1, A2,...,A3 = luas daerah yang dibatasi oleh garis isohietke 1 dan 2, 2 dan 3,..., n dan n+1

### 2.5.2. Metode Perhitungan Volume Limpasan dengan HEC-HMS

Lapisan kedap air adalah bagian dari DAS yang memberikan kontribusi berupa limpasan langsung tanpa memperhitungakn infiltrasi, evaporasi ataupun jenis kehilangan volume lainnya. Sedangkan jatuhnya air hujan pada lapisan yang kedap air juga merupakan limpasan (Affandy, 2011).

Didalam pemodelan HEC-HMS ini, terdapat beberapa metode perhitungan limpasan (*runoff*) yang dapat kita gunakan, yaitu (HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:38):

- 1. The initial and constant-rate loss model,
- 2. The deficit and constant-rate loss model,
- 3. The SCS curve number (CN) loss model (composite or gridded), dan
- 4. The Green and Ampt loss model.

#### a. The initial and constant-rate loss model

Konsep yang mendasari model *The initial and constant-rate loss* adalah bahwa tingkat potensi maksimum kehilangan curah hujan, fc, adalah konstan. Sehingga, jika  $p_t$  adalah curah hujan selama waktu interval t ke t+t,  $pe_t$ , selama interval ditunjukkan pada :

$$pet = \begin{pmatrix} pt - fc & if \ pt > fc \\ 0 & lainnya \end{pmatrix} ....(15)$$

Kehilangan awal,  $I_a$  ditambahkan ke model untuk mewakili penangkapan dan penurunan *storage*. Hingga akumulasi curah hujan pada daerah resapan melebihi kehilangan volume awal, maka tidak ada limpasan yang terjadi. Sehingga kelebihannya ditunjukkan pada :

$$pet \begin{cases} 0 & if \sum pi < la \\ pt - fc & if \sum pi > la \ and \ pt > fc \\ 0 & if \sum pi > la \ and \ pt < fc \end{cases} .....(16)$$

Model *The initial and constant rate* sebenarnya, memasukkan satu parameter (nilai konstan) dan satu kondisi awal (kehilangan awal). Masing-masing mewakili sifat fisik dari tanah pada DAS dan tata guna lahan serta kondisi terdahulu.

## b. Deficit and constant loss model

Program ini juga memasukkan variasi quasi-kontinyu pada model *the* initial and constant rate, ini diketahui sebagai model deficit and constant

loss. Model ini berbeda dari model sebelumnya yang mana jika model sebelumnya dapat "memulihkan" setelah jangka waktu tidak ada hujan.

Untuk menggunakan model ini, kehilangan awal dan nilai konstan ditambah nilai pemuliahn harus spesifik. Penurunan kelembaban diperiksa terus menerus, dihitung sebagai volume abstarksi awal dikurang volume hujan ditambah volume pemulihan selama periode tidak hujan. Nilai pemulihan bisa diperkirakan sebagai penjumlahan dari nilai evaporasi dan nilai perkolasi, atau beberapa fraksi.

### c. Limpasan SCS Curve Number (CN)

Metode perhitungan dari *Soil Conservation Service* (SCS) *curve number* (CN) dianggap bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban. Model perhitungannya adalah sebagai berikut (HEC-HMS *Technical Reference Manual*, 2015:40):

$$Pe = \frac{(P-Ia)^2}{P-Ia+S} \tag{17}$$

dengan:

Pe = Hujan kumulatif pada waktu t

P = Kedalaman hujan kumulatif pada waktu t

Ia = Kehilangan awal (initial loss)

## S = Kemampuan penyimpanan maksimum

Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwakili oleh nilai CN (curve number) adalah sebagai berikut :

$$S = \begin{cases} \frac{1000 - 10CN}{CN} & (English unit) \\ \frac{25400 - 254CN}{CN} & (SI) \end{cases}$$
 (18)

Nilai dari CN (curve number) bervariasi dari 100 (untuk perumukaan yang digenangi air) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan nilai infiltrasi tinggi). Nilai CN diambil berdasarkan Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Nilai CN untuk Beberapa Tataguna Lahan

Jenis Tataguna Tanah		Tipe Tanah			
		В	C	D	
Tanah yang diolah dan ditanami					
1. Dengan konservasi	72	81	88	91	
2. Tanpa konservasi	62	71	78	81	
Padang Rumput					
1. Kondisi jelek	68	79	86	89	
2. Kondisi baik	39	61	74	80	
Padang rumput: kondisi baik		58	71	78	
Hutan 1. Tanaman jarang, penutupan jelek	45	66	77	83	
2. Penutupan baik	25	55	70	77	
Tempat terbuka, halaman rumput,					
lapangan					
golf, kuburan, dsb					
1. Kondisi baik: rumput menutup 75%	39	61	74	80	
atau lebih luasan					
2. kondisi sedang: rumput menutup	49	69	79	84	
50%-75% luasan					
Daerah perniagaan dan bisnis (85% kedap air)		92	94	95	

Daerah industri (72% kedap air)			88	91	93
Pemukiman					
	% kedap				
Luas	air				
1/8 acre atau kurang	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Tempat parkir, atap, jalan mobil (dihalaman)			98	98	98
Jalan					
1. perkerasan dengan drainase			98	98	98
2. kerikil		76	85	89	91
3. tanah		72	82	87	89

## d. Green and ampt loss model

Model *the green and ampt loss* dalam program ini termasuk model konseptual dari infiltrasi hujan pada DAS. Ringkasnya, model ini menghitung kehilangan hujan pada daerah resapan dalam interval waktu sebagai berikut :

$$ft = K \left[ \frac{1 + (\emptyset - \theta t)Sf}{Ft} \right].$$
 (19)

Dengan:

 $f_t$  = kehilangan selama periode t

K = konduktivitas hidraulik jenuh

 $(\emptyset - t)$  = penurunan volume kelembaban

Sf = Wetting front suction

Ft = kumulatif kehilangan pada waktu t

### 2.5.3. Pemodelan Limpasan Langsung

Program ini juga mensimulasi proses limpasan langsung dari kelebihan hujan pada DAS. Proses ini mengacu pada "transformasi" curah hujan berlebih menjadi titik limpasan. Program ini memberikan dua pilihan metode transformasi:

• Model empirik (juga mengacu sebagai sistem model teoritik)

Model empirik ini merupakan unit hidrograf tradisional.

### Model konseptual

Model konseptual yang ada diprogram ini adalah model kinematik gelombang (*kinematic-wave*) aliran darat.

Dalam pemodelan menggunakan HEC-HMS, ada beberapa pilihan metode yang dapat digunakn untuk menghitung hidrograf satuan, yaitu:

- 1. Hidrograf satuan sintetis Snyder
- 2. Hidrograf satuan SCS (Soil Conservation Service)
- 3. Hidrograf satuan Clark
- 4. Hidrograf satuan Clark modifikasi
- 5. Hidrograf satuan Kinematic Wave

#### a. Hidrograf satuan *Snyder*

Pada Hidrograf satuan ini, Snyder menghubungkan parameterparameter unit hidrograf dengan karakteristik DAS.

Rumus-rumus yang digunakan pada hidrograf satuan Snyder:

$$t_p = 5.5t_r...(20)$$

Dengan:

 $t_p = waktu$  dari titik berat durasi hujan efektif ke puncak hidrograf satuan

t<sub>r</sub> = durasi hujan efektif

$$t_{pR} = t_p - \frac{t_r - t_R}{4}....(21)$$

Dengan:

 $t_{pR}=$  waktu dari titik berat durasi hujan  $t_{r}$  ke puncak hidrograf satuan  $t_{R}=$  durasi standar dari hujan efektif

$$\frac{U_p}{A} = C \frac{C_P}{t_P}....(22)$$

 $U_p$  = standar puncak

A = luas DAS

 $C_p$  = koefisien puncak

C = konstanta konversi (2,75 untuk SI)

#### b. Hidrograf satuan SCS

Model SCS Unit Hidrograf adalah suatu Unit Hidrograf yang berdimensi, yang dicapai puncak tunggal Unit Hidrograf. SCS menyatakan bahwa puncak Unit Hidrograf dan waktu puncak Unit Hidrograf terkait oleh:

$$U_P = C \frac{A}{T_P}....(23)$$

Dimana:

A = daerah aliran air

C = konversi konstanta (2.08 in di SI)

Waktu puncak (juga yang dikenal sebagai waktu kenaikan) terkait kepada jangka waktu unit dari kelebihan hujan, seperti :

$$T_p = \frac{\Delta_t}{2} + t_{lag}....(24)$$

Dimana:

<sub>t</sub> = jangka waktu kelebihan hujan

 $T_{lag}=$  perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari Unit Hidrograf. Perlu dicatat bahwa untuk  $_{t,}$  yang kurang dari 29% dar  $t_{lag}$  harus digunakan (USACE,1998).

Ketika waktu keterlambatan tersebut ditetapkan, HEC-HMS memecahkan persamaan untuk menemukan waktu dari puncak Unit Hidrograf dan untuk menemukan puncak Unit Hidrograf.

#### c. Hidrograf satuan Clark

Penyimpanan air jangka pendek sepanjang DAS memainkan peran penting dalam perubahan hujan menjadi limpasan. Model reservoir merupakan perwakilan yang umum dari efek penyimpanan ini. Model ini dimulai dengan persamaan kontinuitas berikut:

$$\frac{dS}{dt} = I_t - O_t....(25)$$

Dimana:

 $\frac{dS}{dt}$  = tingkat waktu perubahan air pada penyimpanan (*storage*) pada waktu t

 $I_t$  = rata-rata aliran masuk ke dalam penyimpanan pada waktu t

O<sub>t</sub> = aliran keluar dari penyimpanan pada waktu t

Dengan model reservoir, penyimpanan pada waktu t terkait aliran keluar adalah :

$$S_t = RO_t....(26)$$

Dimana:

R = konstanta parameter linear reservoir

Menggabungkan dan memecahkan persamaan menggunakan perbedaan terbatas sederhana, perkiraan hasilnya adalah

$$O_t = C_A It + C_B O_{t-1}...$$
 (27)

Dimana  $C_A$ ,  $C_B$  adalah koefisien rute. Koefisien dihitung dari :

$$C_A = \frac{\Delta t}{R + 0.5\Delta t}....(28)$$

$$C_b = 1 - C_A....$$
 (29)

mata-rata aliran keluar selama periode t adalah :

$$\mathbb{I}_{t} = \frac{o_{t-1} + o_{t}}{2}...(30)$$

### d. Hidrgoraf satuan Clark modifikasi

Sama seperti hidrograf satuan Clark, perhitungan limpasan dengan Clark modifikasi secara eksplisit menjelaskan perpindahan dan penyimpanan. Penyimpanan dicatat dengan model reservoir yang sama yang tergabung dalam model Clark. Perpindahan dicatat dengan model *grid-based-travel-time*. Perpindahan waktu untuk *outlet* dihitung sebagai:

$$t_{cell} = t_c \frac{d_{cell}}{d_{max}}....(31)$$

#### Dimana:

t<sub>cell</sub> = waktu perjalanan untuk sebuah sel

t<sub>c</sub> = waktu konsentrasi DAS

d<sub>cell</sub> = jarak perjalanan dari sebuah sel ke *outlet* 

 $d_{max}$  = jarak perjalanan untuk sel yang paling jauh dari *outlet* 

### e. Hidrograf satuan kinematic wave

Model *kinematic-wave* mewakili perilaku aliran permukaan pada bidang permukaan. Model ini juga biasa digunakan untuk mensimulasikan perilaku aliran di saluran DAS.

### 2.5.4. Pemodelan *Baseflow*

HEC-HMS menyediakan tiga macam model ddalam penentuan baseflow yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Ketiga model tersebut adalah (HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:75):

- 1. Model konstan bulanan
- 2. Model penurunan eksponensial (exponential recession model)
- 3. Model volume tampungan linear (*linear-reservoir volume accounting model*)
- a. Model konstan bulanan merupakan model *baseflow* yang paling sederhana yang terdapat dalam program. Model ini merupakan *baseflow* sebagai sebuah aliran konstan, hal ini dapat bervariasi setiap bulan. Aliran ditambahkan ke perhitungan limpasan langsung dari curah hujan untuk setiap *time step* simulasi.
- b. Program ini memasukkan model penurunan exponensial untuk mewakili baseflow dari DAS. Hubungan antara  $Q_t$ , baseflow pada waktu t, untuk nilai awal sebagai :

$$Q_t = Q_0 k^t \qquad (32)$$

Dimana  $Q_0$  adalah *baseflow* awal pada waktu nol dan k adalah konstanta eksponensial peluruhan.

c. Model volume tampungan linear digunakan dengan model perhitungan kelembaban tanah.

### 2.5.5. Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Penelusuran Banjir (Flood Routing)

Pada HEC-HMS terdapat beberapa metode penulusan hujan, diantaranya:

- 1. Muskingum
- 2. Modified Puls
- 3. *Lag*
- 4. Kinematic Wave
- 5. Muskingum Cunge
- a. *Muskingum* digunakan sebagai penelususran untuk satu pangsa sungai (*River Reach*) tertentu, atau sebuah reservoir. Pada model ini, diperlukan informasi tentang hubungan antara tinggi muka air dan tampungan, atau hubungan antara debit dan tampungan.

Persamaan dasar dari Muskingum adalah sebagai berikut:

$$S_t = KX (I_t - O_t) + KO = K(XI_t + (1 - X)O_t)....(33)$$

Dimana:

 $S_t$  = Tampungan

K = Koefisien Tampunga

X = Faktor Pemberat, antara 0 - 0.5

 $I_t = Masukan (Inflow)$ 

 $O_t$  .= Keluaran (*Outflow*)

Persamaan dasar dapat diubah menjadi:

$$\frac{I_{t-1} + I_t}{2} - \frac{O_{t-1} + O_t}{2} = \frac{S_t - S_{t-1}}{\Delta t}.$$
 (34)

Apabila persamaan 33 dan 34 disubstitusikan, maka akan menghasilkan:

$$O_{t} = \left(\frac{\Delta t - 2KX}{2K(1 - X) + \Delta t}\right) I_{t} + \left(\frac{\Delta t + 2KX}{2K(1 - X) + \Delta t}\right) I_{t-1} + \left(\frac{2K(1 - X) - \Delta t}{2K(1 - X) + \Delta t}\right) O_{t-1}$$

Hubungan antara S dan (KX(I-O)+KO) adalah linear unutk nilai X tertentu. X diperoleh dengan cara coba-coba sampai hubungan keduanya sangat mendekati garis lurus. Nilai X berkisa antara 0-0.5 dimana nilai X=0 merupakan *routing* untuk *reservoir* dan X=0.5 merupakan translasi murni. Cara coba-coba sangat krusial karena keudanya berubah dengna besaran debit. Cara *Muskingum-Cunge* menghilangkan cara coba-coba dengan mengaitkan nilai X dengan sifat aliran dan sifat saluran.

b. Model penelusuran *Modified Puls* juga dikenal sebagai penelusuran tampungan (*Reservoir*) atau penelusuran kolam datar. Pada penelusuran saluran, tampungan merupakan fungsi masukan dan keluaran, sedangkan pada penelusuran tampungan, tampungan hanya tergantung dari keluaran.

Pada model ini, karakter tampungan yang perlu diketahui yaitu hubungan antara elevasi muka air, luas genangan dan volume reservoir. Model ini juga memerlukan data aliran masuk dan aliran keluar, sehingga dapat dihitung perubahan tampungan, yang berarti total tampungan dapat dihitung. Dengan diketahuinya total tampungan, maka elevais muka air dapat diketahui yang selanjutnya debit yang keluar dari ambang *spillway* dapat dihitung.

Persamaan 34 diubah menjadi:

$$\left(\frac{S_t}{\Delta t} + \frac{O_t}{2}\right) = \left(\frac{I_{t-1} + I_t}{2}\right) + \left(\frac{S_{t-1}}{\Delta t} - \frac{O_{t-1}}{2}\right)$$
....(36)

Dimana:

S = Tampungan pada pangsa sungai

 $I_{t-1}$  = Aliran masuk pada waktu t-1

 $I_t$  = Aliran masuk pada waktu t

 $O_{t-1}$  = Aliran keluar pada waktu t-1

O<sub>t</sub> = Aliran keluar pada waktu t

- c. Metode Gelombang Kinematik (*Kinematic Wave*) merupakan salah satu pendekatan secara hidrolis. Penelusuran banjir secara hidrolis bersandar pada 3asumsi, yakni:
  - 1) Kerapatan airnya secara konstan
  - 2) Panjang sungai yang dipengaruhi oleh gelombang banjirnya lebih besar beberapakali dibandingkan kedalaman alirannya
  - 3) Alirannya secara hakiki berdimensi satu.

d. Model Lag merupakan model yang paling sederhana. Model ini biasa digunakan pada saluran drainase perkotaan. Model lag adalah kasus khusus model lainnya. karena hasilnya bisa diduplikasi jika parameter model lain dipilih dengan hati-hati. Contohnya, jika X=0.50 dan K=t pada model Muskingum, hidrograf aliran keluar akan sama dengan hidrograf aliran masuk.

### 2.6. Kajian Studi Terdahulu

2.5.1. Kajian studi terdahulu mengenai penggunaan HEC-HMS dalam menetukan debit banjir

Pada tahun 2011, Affandy telah menggunakan software HEC-HMS dalam pemodelan hujan-debit pada DAS Sampean Baru. Pada DAS Sampean Baru terdapat 33 stasiun hujan manual dan 3 stasiun ARR (Automatic Rainfall Recorder). Pada penelitian ini, Affandy menggunakan metode Poligon Thiessen untuk menghitung hujan rerata. Setelah data terkumpul, dilakukan pemodelan menggunakan HEC-HMS. Hasil dari pemodelan tersebut berupa grafik debit banjir maksimum pada DAS Sampean Baru. Untuk mengetahui kalibrasi model terhadap hasil pengamatan di lapangan, digunakan metode RMSE (Root Mean Square Errors) dan metode Nash.

2.5.2. Kajian studi terdahulu mengenai perhitungan debit banjir menggunakan analisis frekuensi

Pada penelitian Robot (2014), Robot membandingkan antara penggunaan metode HSS GAMA 1 dengan analisis frekuensi dalam menghitung debit banjir sungai Ranoyapo. Untuk mendapatkan hujan rerata, digunakan metode Poligon Thiessen. Kemudian menghitung debit banjir rencana menggunakan HSS GAMA 1. Untuk menghitung menggunakan HSS GAMA 1, perlu diketahui parameter-parameter DAS yang merupakan hasil analisis dari peta topografi. Selanjutnya dilakukan perhitungan debit banjir rencana menggunakan analisis frekuensi.

Dari penelitian tersebut, didapat bahwa perolehan nilai debit banjir rencana yang lebih mendekati adalah debit banjir rencana dari analisis frekuensi dibandingkan dengan HSS GAMA 1.

### III. METODE PENELITIAN

### 3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di DAS Way Besai yang terletak di Kabupaten Lampung Barat. DAS Way Besai memiliki luas sebesar 41.072,8 ha. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Daerah Aliran Sungai Way Besai

6 = Titik Kontrol

## 3.2. Data Yang Digunakan

Pada penilitian ini dibutuhkan data:

#### Data Primer

Data primer yang digunakan berupa:

- a. Data tinggi muka air, kecepatan aliran sungai, dan penampang melintang sungai (cross section) yang nantinya digunakan untuk mendapatkan data debit sungai
- b. Data curah hujan otomatis yang diletakkan di hulu DAS Way Besai

### Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini berupa:

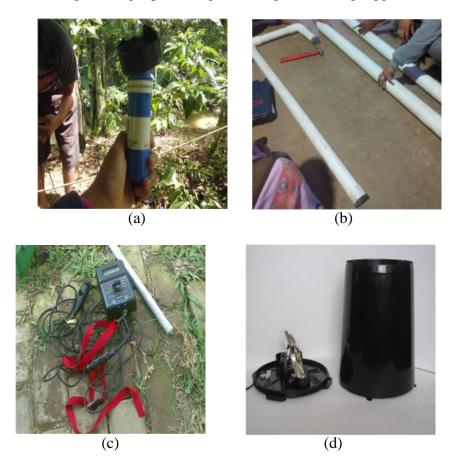
- a. Data curah hujan yang alat pengukurnya diletakkan di lima tempat.
   Data ini juga didapat dari Bendungan Way Besai.
- b. Data debit Way Besai
- c. Data SRTM
- d. Data RTRW (Rancangan Tata Ruang Wilayah) Provinsi Lampung

### 3.3. Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitia, yaitu:

1. Alat pengukur hujan otomatis tipe *tipping bucket* 

- 2. Alat pengukur tinggi muka air atau AWLR (Automatic Water Level Recorder)
- 3. *Peil scale* (meteran kayu), digunakan untuk mengukur tinggi muka air secara manual
- 4. Current meter, digunakan untuk mengukur kecepatan aliran
- 5. Pipa PVC, digunakan sebagai penopang *AWLR* agar dapat berdiri di sungai sekaligus sebagai pelindung *AWLR* agar tidak terganggu arus sungai



Gambar 3.2. (a) Alat pengukur tinggi muka air otomatis (AWLR), (b) Pipa PVC, (c) *Current Meter*, (d) Alat penakar hujan otomatis tipe *Tipping Bucket*.

### 3.4. Langkah Pengerjaan

Langkah pengerjaan dilakukan dengan membagi kegiatan ke dalam tahapantahapan berikut :

### 1. Pengumpulan data

Tahapan yang pertama adalah mengumpulkan data-data yang dibutuhkan baik data primer maupun data sekunder.

### 2. Menghitung Debit Terukur

Tahapan berikutnya adalah menghitung debit terukur dari data primer yang didapat. Untuk mendapatkan data primer, dilakukan pengukur di lapangan dengan cara memasang patok di kedua tepi sungai, kemudian mengikatkan tali ke kedua patok, sehingga bisa diukur lebar sungai tersebut. Setelah didapat lebar sungai, tali diberi tanda per 50 cm. Setiap 50 cm diukur kedalaman dan kecepatan alirannya. Disetiap titik kecepatan alirannya diukur menjadi tiga bagian, bagian dasar sungai, setengah kedalaman sungai danpermukaan sungai. Setelah didapat data-data tersebut, maka bisa dihitung debit sungai dengan rumus:

$$Q = A \times v$$
 ......(31)

Dimana:

 $Q = Debit (m^3/s)$ 

A = Luas penampang aliran (m<sup>2</sup>)

v = Kecepatan aliran (m/s)

### 3. Perhitungan FDC

Kumpulan data debit harian selama 25 tahun digunakan untuk membuat FDC. Kemudian data tersebut dikelompokkan berdasarkan besaran debit pada probabilitas kejadian bulanan komulatif selama 25 tahun. Selanjutnya diplotkan ke dalam grafik perbandingan antara debit terhadap probabilitas kejadian yang kemudian yang nantinya disebut dengan grafik durasi aliran atau FDC (*Flow Duration Curve*).

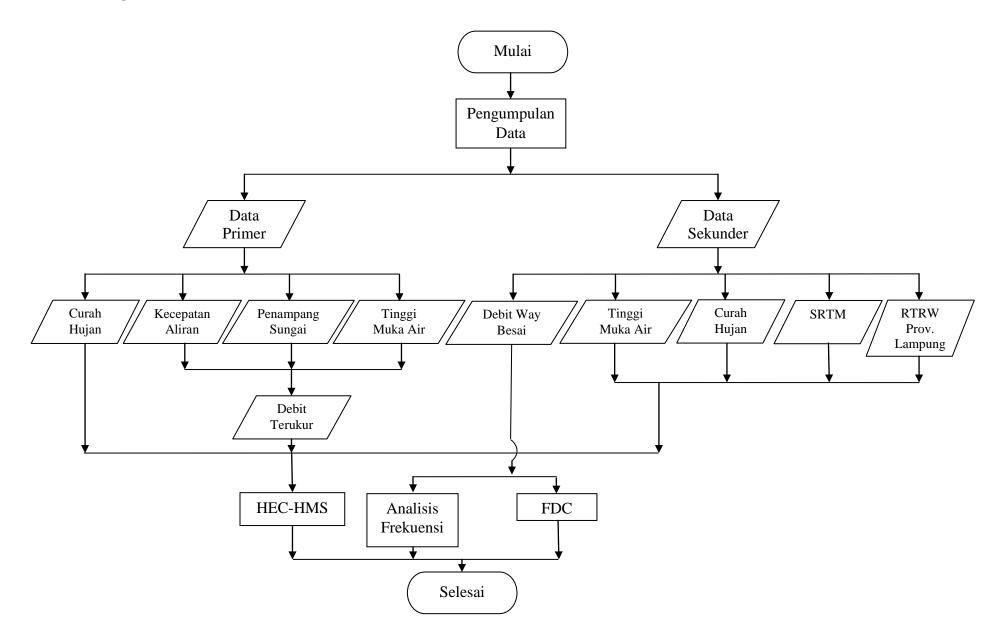
### 4. Melakukan analisis frekuensi

Selanjutnya adalah melakukan analisis frekuensi untuk mengetahui debit banjir rancangan

### 5. Pemodelan menggunakan HEC – HMS

Langkah berikutnya adalah dengan memodelkan DAS Way Besai ke dalam HEC – HMS. Pemodelan ini bertujuan untuk mengetahui hidrograf banjir dari bendungan Way Besai

# 3.5 Bagan Alir Penelitian



### V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1. DAS Way Besai memiliki luas sebesar 410,73 km<sup>2</sup>.
- Tutupan lahan DAS Way Besai terdiri dari empat tutupan, yaitu kawasan pemukiman, pertanian, perkebunan dan kehutanan. Tutupan lahan yang dominan di Lampung Barat adalah perkebunan kopi.
- 3. Hujan rancangan yang didapat untuk kala ulang dua tahun adalah 59,18 mm, 92,5 mm untuk kala ulang lima tahun, 120, 96 mm untuk kala ulang sepuluh tahun, 166,02 mm untuk kala ulang dua puluh lima tahun, kala ulang lima puluh tahun sebesar 206,82 mm, kala ulang Seratus tahun sebesar 254,78 mm, dan 311, 14 mm untuk kala ulang dua ratus tahun.
- 4. Debit banjir rencana didapat dari perhitungan analisis frekuensi data debit yang diukur di Way Petai dari tahun 1986-2000. Hasil dari debit banjir rancangan untuk kelompok data 1 terbesar kala ulang dua tahun adalah 76,74 m³/s, kala ulang lima tahun 131,00 m³/s, kala ulang sepuluh tahun 178,42 m³/s, kala ulang dua puluh lima tahun 253,71 m³/s, kala ulang lima puluh tahun 322,66 m³/s, kala ulang seratus tahun 403,45 m³/s, dan 499,81

m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang dua ratus tahun. Hasil debit banjir rancangan untuk kelompok data dua terbesar adalah 80,83 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang dua tahun,129,43 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang lima tahun, kala ulang sepuluh tahun adalah 165,72 m<sup>3</sup>/s, kala ulang dua puluh lima tahun 215,83 m<sup>3</sup>/s, kala ulang lima puluh tahun 256,11 m<sup>3</sup>/s, kala ulang seratus tahun 298,76 m<sup>3</sup>/s, dan 344,22 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang dua ratus tahun. Untuk data kelompok 3 terbesar, didapat hasil debit banjir rancangan untuk kala ulang dua tahun yaitu 71,61 m<sup>3</sup>/s, kala ulang lima tahun 114,97 m<sup>3</sup>/s, kala ulang sepuluh tahun 152,11 m<sup>3</sup>/s, kala ulang dua puluh lima tahun 210,33 m<sup>3</sup>/s, kala ulang lima puluh tahun 262,33 m<sup>3</sup>/s, kala ulang seratus tahun 323,14 m<sup>3</sup>/s, dan 394,39 untuk kala ulang dua ratus tahun. Pada kelompok data 4 terbesar, didapatkan hasil debit banjir rancangan sebesar 73,59 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang dua tahun, kala ulang lima tahun adalah 113,78 m<sup>3</sup>/s, kala ulang sepuluh tahun 142,98 m<sup>3</sup>/s, kala ulang dua puluh lima tahun 182,38 m<sup>3</sup>/s, kala ulang lima puluh tahun 213,47 m<sup>3</sup>/s, kala ulang seratus tahun 246,05 m<sup>3</sup>/s, dan kala ulang dua ratus tahun 280,12 m<sup>3</sup>/s. Sedangkan pada kelompok data lima terbesar, dihasilkan debit banjir rancangan sebesar 80,19 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang dua tahun, 129,08 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang lima tahun, 171,01 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang sepuluh tahun, 237,02 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang dua puluh lima tahun, 296,83 m³/s untuk kala ulang lima puluh tahun, 367.11 m³/s untuk kala ulang seratus tahun, dan 449,56 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang dua ratus tahun.

- 5. Dari hasil pemodelan HEC-HMS, didapat debit banjir rancangan untuk kala ulang dua tahun sebesar 71,2 m³/s, kala ulang lima tahun 90,6 m³/s, kala ulang sepuluh tahun 105,7 m³/s, kala ulang dua puluh lima tahun 128,6 m³/s, kala ulang lima puluh tahun 156,6 m³/s, kala ulang seratus tahun 190,8 m³/s dan 233,7 m³/s untuk kala ulang dua ratus tahun.
- Dari hasil kalibrasi dengan metode RMSE, didapat nilai kalibrasi sebesar
   3,12.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disarankan hahal sebagai berikut:

- Perlu diadakan analisis lebih lanjut mengenai tipe tanah tiap SubDAS Way
   Besai agar hasilnya mendekati dengan kondisi lapangan.
- 2. Perlu dibentuk tutupan lahan DAS yang sesuai dengan kondisi yang ada.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Affandy, Nur Azizah. 2011. Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model Hec-Hms Di Das Sampean Baru (*Skripsi*). ITS: Surabaya.
- Amin, M. B. (2010, Juni 6). M. Baitullah Al Amin Blog. Retrieved Oktober 30, 2016, from http://baitullah.unsri.ac.id/2010/06/analisis-frekuensi/.
- Andika, Fidiarta. 2008. Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) Lubuk Gadang di Sumatera Barat dengan Pendekatan System Dynamics (*Tesis*). UI: Jakarta.

Darojat, Arba. 2013. Analisis Sedimentasi Untuk Studi Kelayakan Plta Pada Way Semaka Dan Way Semung (*Skripsi*). Universitas Lampung: Bandar Lampung.

Jayadi, R. 2000. Hidrologi I Pengenalan Hidrologi Teknik Sipil. UGM: Yogyakarta.

Jayadi, R. dkk. 2015. Petunjuk Cara Pemakaian Paket Model HEC - HMS. UGM: Yogyakarta.

Raghunath, H. 2006. *Hydrology (Principles, Anylisis, Design)*. New Age: Manipal.

Robot, Jeffier Andrew. 2014. Analisis Debit Banjir Sungai Ranoyapo Menggunakan Metode HSS GAMA 1 dan HSS Limantara .(*Skripsi*). Universitas Sam Ratulangi: Manado.

Soemarto, C. 1987. Hidrologi Teknik. Usaha Nasional: Surabaya.

Triatmodjo, Bambang. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset: Yogyakarta.

USACE. 2015. Hydrologic Modelling System HEC HMS Application Guide

USACE. 2000. Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical Reference

USACE. 2016. Hydrologic Modelling System HEC HMS User Manual

Wilson, E. 1993. Hidrologi Teknik. ITB: Bandung.

Yuliana, Silvya. 2008. Kajian Ulang Hidrologi.. UI: Jakarta.