

Analisis Hidrologi Untuk Penentuan Debit Banjir Rancangan di Bendungan Way Besai

Mutya Nivitha¹⁾

Dwi Joko Winarno²⁾

Dyah Indriana Kusumastuti³⁾

Abstract

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 are 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. 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.

Keywords: watershed, design flood, Way Besai, HEC-HMS

Abstrak

Sumber daya yang biasa digunakan sebagai sumber energi salah satunya adalah air. Salah satu PLTA yang terdapat di provinsi lampung adalah PLTA Way Besai. Mengingat pentingnya pembangkit listrik ini bagi masyarakat, maka hal-hal ekstrim pada bangunan pembangkit listrik seperti banjir tentu saja tidak diinginkan. Untuk itu dibutuhkan analisis hidrologi dengan hasil akhir berupa debit banjir rancangan.

Lokasi penelitian ini dilakukan pada DAS Way Besai, Kabupaten Lampung Barat. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data curah hujan jam-jaman dari lima stasiun, data debit Way Besai dari tahun 1986 sampai 2000, dan 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. Dari hasil 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

¹⁾ Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: mutya.mn22@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel: d.jokowinarno@gmail.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel: kusumast@gmail.com

1. 1. PENDAHULUAN

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.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 :

1. 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 (X , s , C_v , C_s , C_k).
4. Pemilihan jenis sebaran (distribusi).

2.2 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, dkk, 2015).

Tabel 1. Metode Simulasi pada HEC-HMS.

No	Model	Metode
1	<i>Precipitation</i>	· <i>User hyetograph</i> · <i>User gage weighting</i> · <i>Inverse-distance gage weights</i> · <i>Gridded precipitation</i> · <i>Frequency storm</i> · <i>Standard project storm</i>
2	<i>Volume runoff</i>	· <i>Initial and constant-rate</i> · <i>SCS curve number</i> · <i>Gridded SCS curve number</i> · <i>Green and Ampt</i> · <i>Deficit and constant rate</i> · <i>Soil moisture accounting</i> · <i>Gridded SMA</i>
3	<i>Direct runoff</i>	· <i>User-specified unit hydrograph (UH)</i> · <i>Clark's UH</i> · <i>Snyder's UH</i> · <i>SCS UH</i> · <i>Modclark</i> · <i>Kinematic wave</i>
4	<i>Baseflow</i>	· <i>Constant monthly</i> · <i>Exponential recession</i> · <i>Linear reservoir</i>
5	<i>Routing</i>	· <i>Kinematic wave</i> · <i>Lag</i> · <i>Modified Puls</i> · <i>Muskingum</i> · <i>Muskingum-Cunge Standard Section</i> · <i>Muskingum-Cunge 8- point section</i>

Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS 2000*

2.2.1 Metode Perhitungan Volume Limpasan dengan HEC-HMS.

Lapisan kedap air adalah bagian dari DAS yang memberikan kontribusi berupa limpasan langsung tanpa memperhitungkan 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 (Scharffenberg, 2016):

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.*

Karena keterbatasan ketersediaan data lapangan yang dibutuhkan didalam penggunaan metode-metode perhitungan tersebut diatas, maka pada penelitian ini dipilih metode SCS curve number (CN) yang dianggap paling mudah di aplikasikan dalam perhitungan.

A. 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 (Scharffenberg, 2016):

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad (1)$$

dengan :

Pe = Hujan kumulatif pada waktu t

P = Kedalaman hujan kumulatif pada waktu t

Ia = Kehilangan awal (*initial loss*)

S = Kemampuan penyimpanan maksimum

2.2.2 Metode Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis.

Dalam pemodelan menggunakan HEC-HMS ini, disediakan beberapa pilihan metode yang dapat digunakan untuk perhitungan hidrograf satuan. Metode-metode yang ada antara lain adalah (Feldman, 2000) :

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 SCS.

Hidrograf satuan SCS adalah suatu hidrograf satuan yang berdimensi. Dalam SCS, puncak dari hidrograf satuan dinyatakan dalam:

$$U_p = C \frac{A}{T_p} \quad (2)$$

Dimana A = daerah aliran air; dan C = konversi tetap (208 di SI dan 484 di dalam sistem kaki). Waktu puncak (juga yang dikenal sebagai waktu kenaikan) dinyatakan dalam:

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \quad (3)$$

Dimana t = jangka waktu kelebihan hujan dan t_{lag} = perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari hidrograf satuan. Perlu dicatat bahwa untuk t, yang kurang dari 29% dari t_{lag} harus digunakan.

2.2.3 Pemodelan *Baseflow*.

HEC-HMS menyediakan tiga macam metode didalam penentuan baseflow yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Ketiga metode tersebut adalah (Feldman, 2000) :

1. Metode konstan bulanan
2. Metode penurunan eksponensial (*exponential recession model*)
3. Metode volume tampungan linear (*linear-reservoir volume accounting model*)

Dalam penelitian ini, pemodelan *baseflow* tidak diperhitungkan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di DAS Way Besai kecamatan Sumber Jaya, kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung.

Dalam penelitian ini, dibutuhkan data yang mendukung, baik data primer maupun data sekunder. Dari data yang didapat, pertama yang dilakukan adalah melakukan analisis frekuensi untuk mendapatkan debit banjir rancangan terukur. Selanjutnya melakukan pemodelan dengan HEC-HMS untuk mendapatkan debit banjir rancangan kala ulang tertentu yang diharapkan sesuai dengan yang ada di lapangan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Debit Banjir Rancangan.

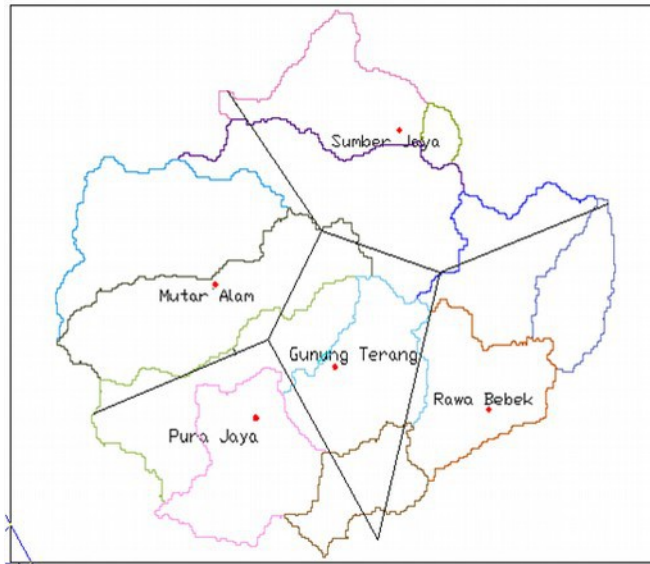
Untuk perhitungan debit banjir rancangan, digunakan data debit selama 15 tahun yang diukur di Way Petai. Debit banjir rancangan terukur dihitung dengan menggunakan analisis frekuensi. Hasil dari perhitungan di tampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Debit Banjir Rancangan Kala Ulang Tertentu Tiap Kelompok Data Debit

Kala Ulang (Tahun)	Q_T (m ³ /detik)				
	1 Terbesar	2 Terbesar	3 Terbesar	4 Terbesar	5 Terbesar
2	76,74	80,83	71,61	73,59	80,19
5	131,00	129,43	114,97	113,78	129,08
10	178,42	165,72	152,11	142,98	171,01
25	253,71	215,83	210,33	182,38	237,02
50	322,66	256,11	262,33	213,47	296,83
100	403,45	298,76	323,14	246,05	367,11
200	499,81	344,22	394,39	280,12	449,56

4.2 Pemodelan dengan HEC-HMS.

4.2.1 Poligon Thiessen



Gambar 1. Luas Pengaruh Stasiun Hujan pada DAS Way Besai

Tabel 3. Koefisien Poligon *Thiessen* Tiap SubDas pada DAS Way Besai.

Subdas	Luas (km ²)	Bobot Terhadap				
		Gunung Terang	Sumber Jaya	Purajaya	Mutar Alam	Rawa bebek
Subdas 1	38,0704	0	0	1	0	0
Subdas 2	19,4017	0,40	0	0,38	0	0,22
Subdas 3	41,1468	0,27	0	0,58	0,15	0
Subdas 4	53,4827	0,14	0,02	0	0,84	0
Subdas 5	48,5726	0	0	0	1	0
Subdas 6	35,2403	0,88	0	0,07	0	0,05
Subdas 7	34,4049	0,02	0	0	0	0,98
Subdas 8	19,4529	0	0,01	0	0	0,99
Subdas 9	32,8278	0,02	0,35	0	0	0,63
Subdas 10	51,9584	0,09	0,75	0	0,16	0
Subdas 11	36,1695	0	0,97	0	0,03	0
Jumlah	410,728					

4.2.2 Curve Number

Tabel 4. Nilai CN Seluruh SubDAS.

No.	Sub DAS	CN
1	Subdas 1	76,164
2	Subdas 2	80,910
3	Subdas 3	74,809
4	Subdas 4	80,370
5	Subdas 5	82,378
6	Subdas 6	85,198
7	Subdas 7	81,561
8	Subdas 8	78,756
9	Subdas 9	76,673
10	Subdas 10	86,065
11	Subdas 11	75,789

4.2.3 Time Lag

Time Lag dihitung menggunakan metode SCS (*Soil Conservation Service*) dengan persamaan:

$$TL = L^{0,8} \left(\frac{2540 - 22,86CN}{14104 CN^{0,7} S^{0,5}} \right) \quad (4)$$

$$S = \frac{H}{0,9 L} \quad (5)$$

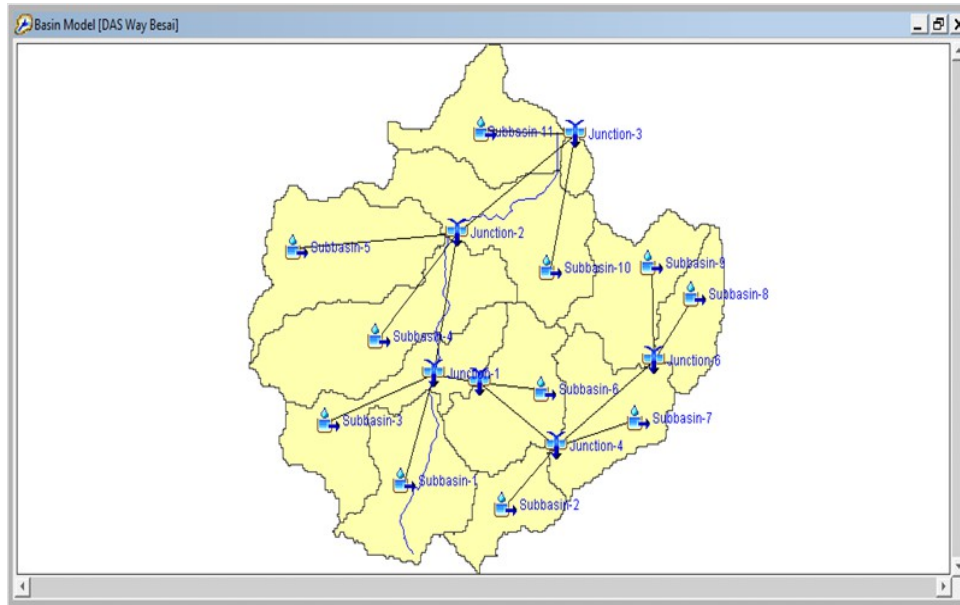
Dimana:

TL = *Time Lag* (jam)
 L = Panjang sungai (Km)
 CN = *Curve number*
 S = Kemiringan sungai
 H = Beda tinggi (m)

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Time Lag* untuk Tiap SubDAS.

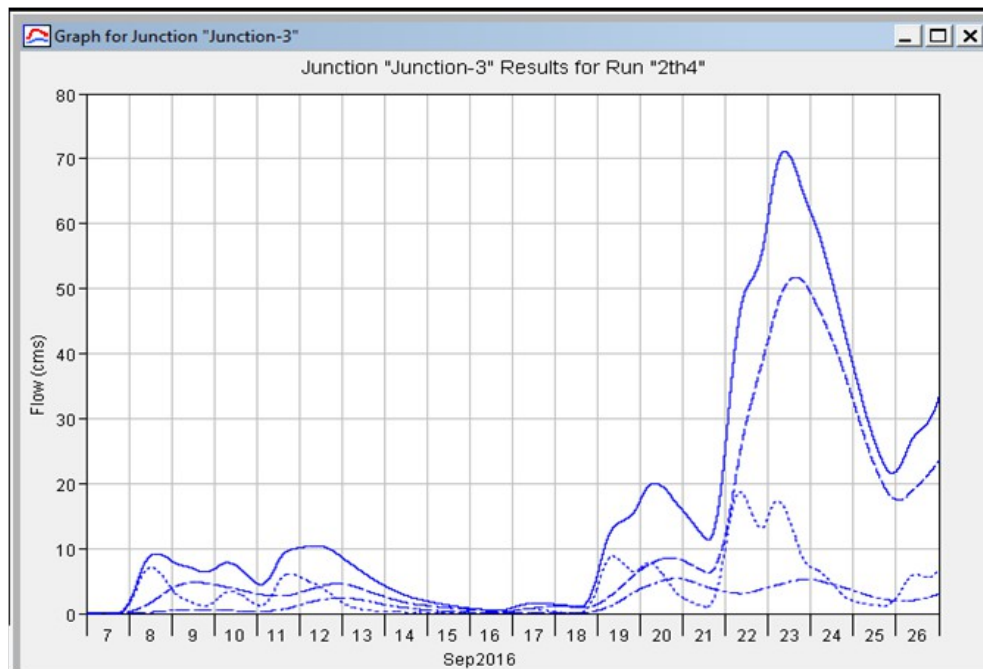
SubDAS	L (km)	H (m)	S	TL (Jam)
Sub Das 1	26,84	175	7,2449	43,9943
Sub Das 2	33,92	150	4,9132	39,3936
Sub Das 3	23,46	300	14,2091	56,7501
Sub Das 4	19,96	175	9,7438	36,7650
Sub Das 5	25,18	250	11,0324	44,8065
Sub Das 6	24,32	75	3,4270	22,4247
Sub Das 7	30,64	75	2,7200	26,5835
Sub Das 8	43,25	100	2,5689	36,3706
Sub Das 9	43,22	125	3,2132	42,4690
Sub Das 10	5,02	125	27,6814	17,5522
Sub Das 11	8,98	275	34,0091	40,0032

4.2.4 Pemodelan dengan HEC-HMS.

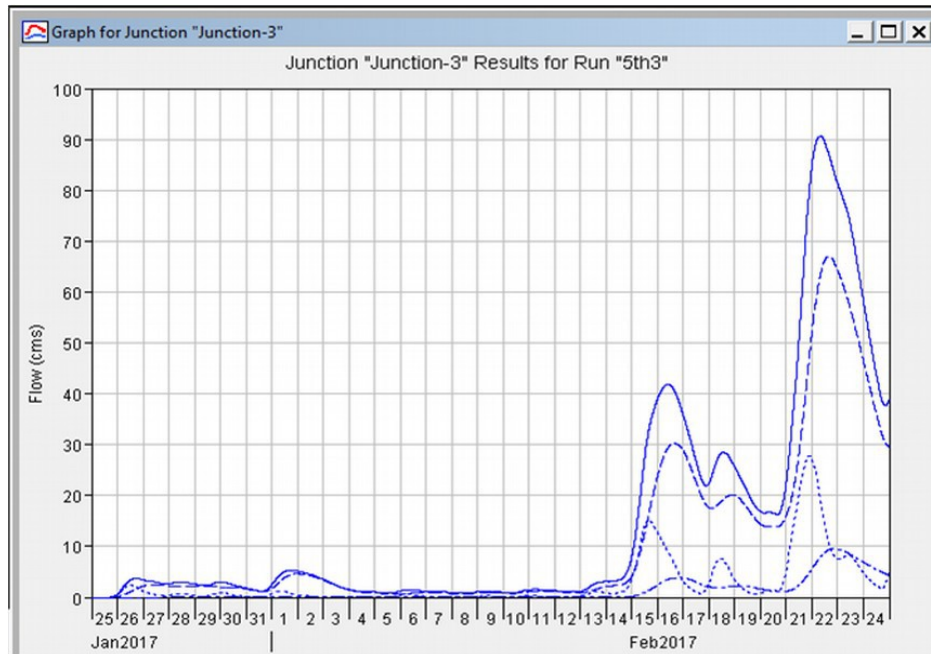


Gambar 2. Hasil Pemodelan DAS dengan HEC-HMS.

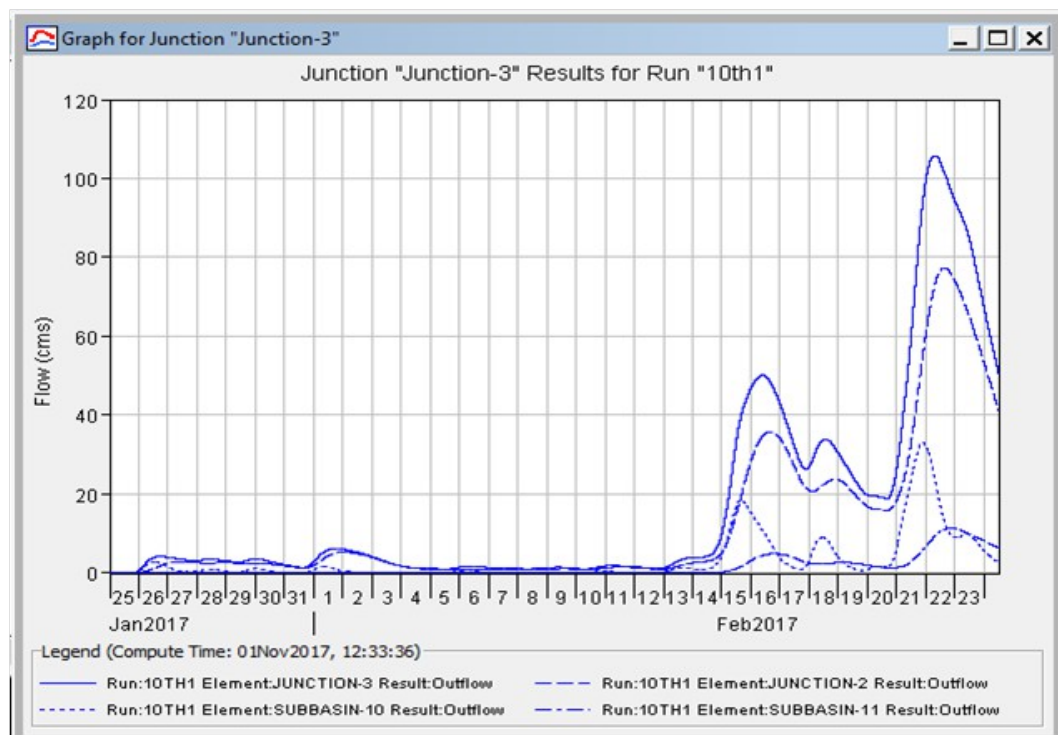
Setelah diinputkan parameter yang diperlukan, dilakukan *running* melalui *toolbar Compute* dan perintah *Create Simulation Run*. Debit banjir rancangan yang dihasilkan dari pemodelan HEC-HMS ditampilkan dalam gambar di bawah.



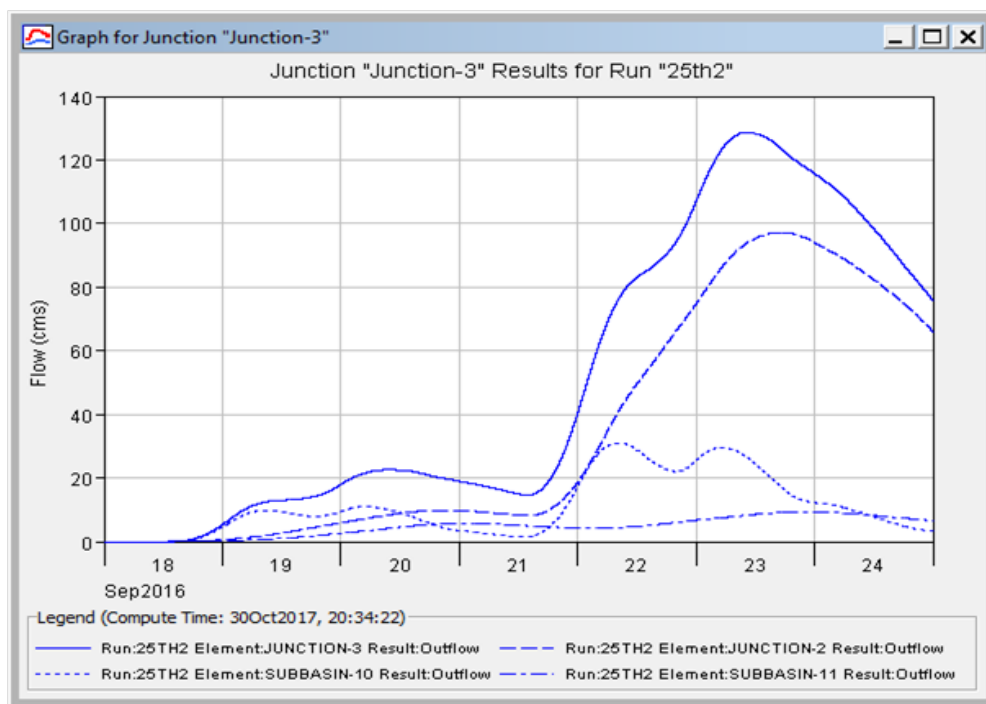
Gambar 3. Debit Banjir Kala Ulang 2 Tahun dengan Waktu Kontrol 7 September - 27 September 2016 $T_p = 23$ September 2016, 09:08 $Q_p = 71,2$ m³/s.



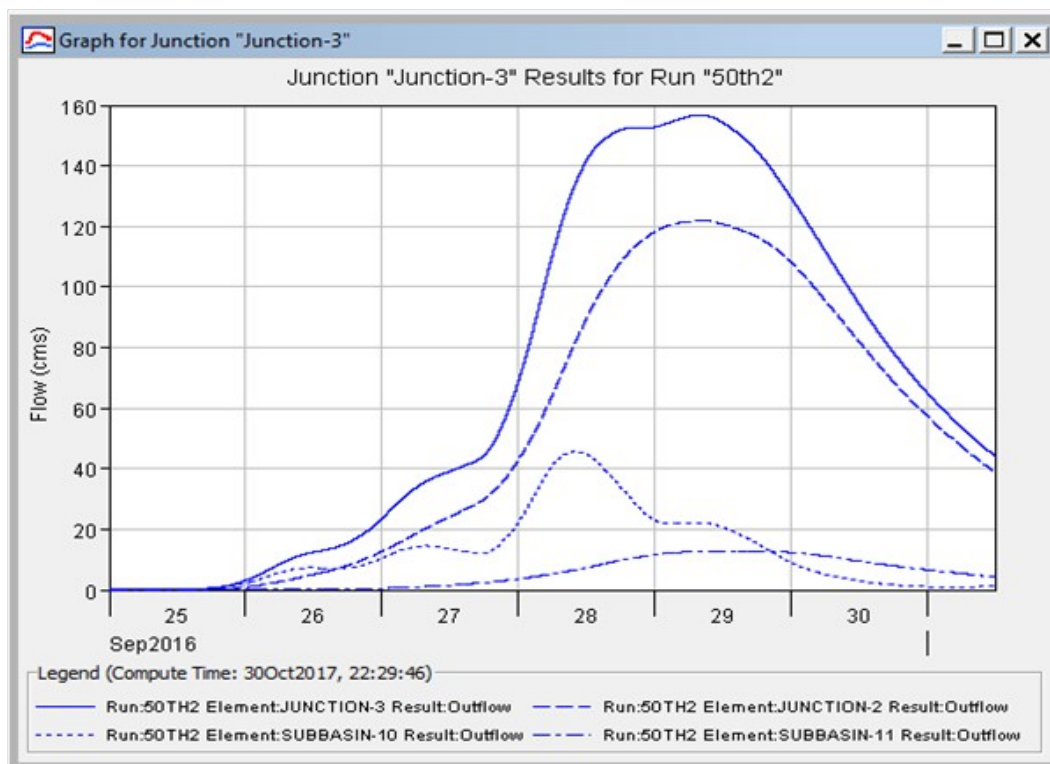
Gambar 4. Debit Banjir Kala Ulang 5 Tahun Waktu Kontrol 25 Januari – 25 Februari 2017 $T_p = 22$ Februari 2017, 08:30 $Q_p = 90,6$ m³/s .



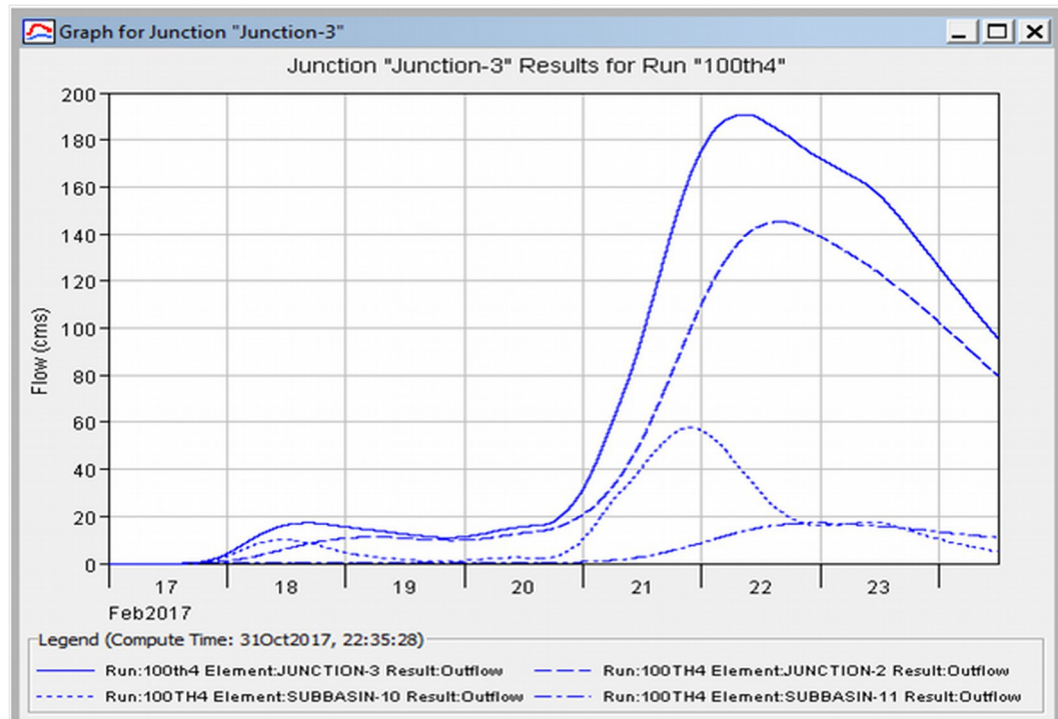
Gambar 5. Debit Banjir Kala Ulang 10 Tahun Waktu Kontrol 25 Januari – 24 Februari 2017 $T_p = 22$ Februari 2017, 07:57 $Q_p = 105,7$ m³/s



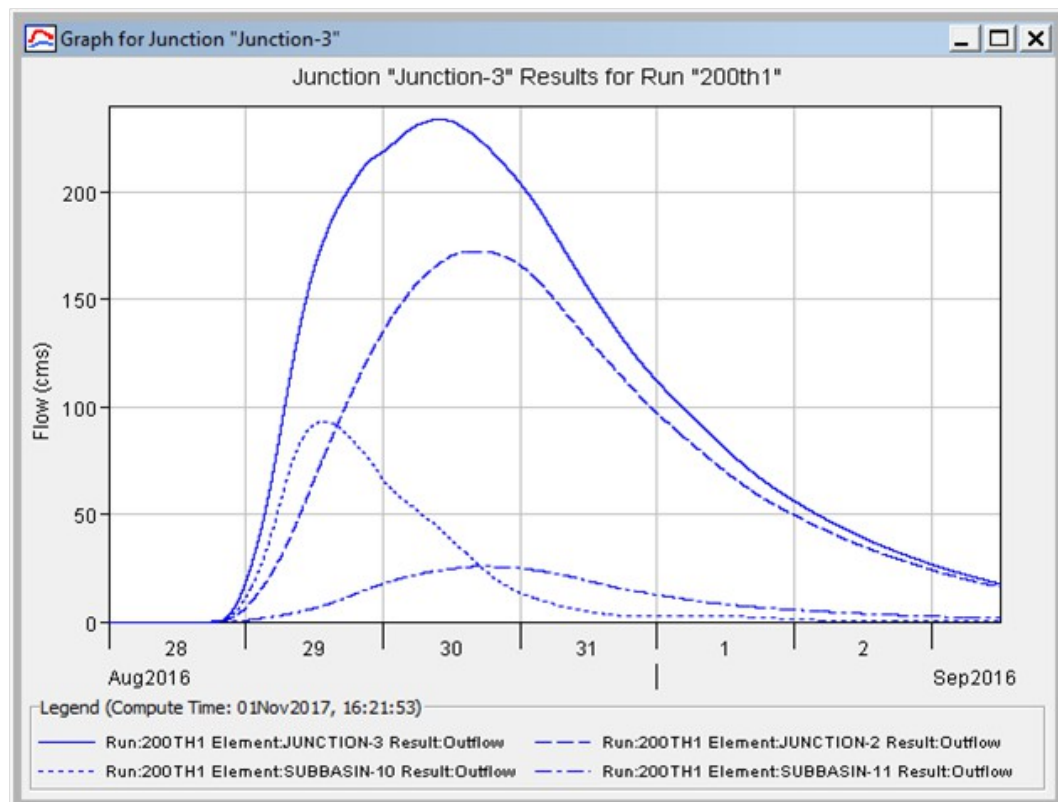
Gambar 6. Debit Banjir Kala Ulang 25 Tahun Waktu Kontrol 18 September-25 September 2016 $T_p = 23$ September 2016, 10:14 $Q_p = 128,6$ m³/s.



Gambar 7. Debit Banjir Kala Ulang 50 Tahun Waktu Kontrol 25 September-1 Oktober 2017 $T_p = 29$ September 2016, 08:30 $Q_p = 156,6$ m³/s.



Gambar 8. Debit Banjir Kala Ulang 100 Tahun Waktu Kontrol 17 Februari-24 Februari 2017 $T_p = 22$ Februari 2017, 09:02 $Q_p = 190,8$ m³/s.



Gambar 9. Debit Banjir Kala Ulang 200 Tahun Waktu Kontrol 28 Agustus-3 September 2016 $T_p = 30$ Agustus 2016, 09:34 $Q_p = 233,7$ m³/s.

4.2.5 Kalibrasi

Selanjutnya debit banjir rancangan yang dihasilkan dari pemodelan HEC-HMS dikalibrasi terhadap debit pengukuran di lapangan. Metode kalibrasi yang digunakan adalah *Root Mean Square Error* (RMSE), dengan persamaan:

$$Z = \left(\frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N (q_o(i) - q_s(i))^2 \left(\frac{q_o(i) + q_o(\text{mean})}{2 q_o(\text{mean})} \right) \right) \right)^{1/2} \quad (6)$$

Dimana:

Z = Nilai RMSE

N = Jumlah data

q_o = Debit pengukuran di lapangan

q_s = Debit hasil pemodelan

Hasil perhitungan kalibrasi di tampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kalibrasi dengan Metode RMSE.

No.	Tanggal	Tinggi muka air (m)	Qo (m ³ /s)	Qs (m ³ /s)	$\sum_{i=1}^N (q_o(i) - q_s(i))^2 \left(\frac{q_o(i) + q_o(\text{mean})}{2 q_o(\text{mean})} \right)$
1	30 Ags 16	0,8646	28,474	25,2	11,1541
2	31 Ags 16	0,5853	16,6893	20,9	14,4826
3	01 Sep 16	0,5347	14,7458	13	2,37718
4	02 Sep 16	0,5018	13,5177	7,2	30,2003
5	09 Sep 16	1,2116	45,1972	45,6	0,22039
6	10 Sep 16	1,0959	39,3936	33,6	41,8866
	Rearata		26,3363		
	Jumlah				58,4345
	RMSE				3,12075

Nilai RMSE yang didapat adalah 3,12 dan syarat dari RMSE ini adalah mendekati 1.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. 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.
2. 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.
3. 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 m³/s untuk kala ulang dua ratus tahun. Hasil debit banjir rancangan untuk kelompok data dua terbesar adalah 80,83 m³/s untuk kala ulang dua tahun, 129,43 m³/s untuk kala ulang lima tahun, kala ulang sepuluh tahun adalah 165,72 m³/s, kala ulang dua puluh lima tahun 215,83 m³/s, kala ulang lima puluh tahun 256,11 m³/s, kala ulang seratus tahun 298,76 m³/s, dan 344,22 m³/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 m³/s, kala ulang lima tahun 114,97 m³/s, kala ulang sepuluh tahun 152,11 m³/s, kala ulang dua puluh lima tahun 210,33 m³/s, kala ulang lima puluh tahun 262,33 m³/s, kala ulang seratus tahun 323,14 m³/s, dan 394,39 untuk kala ulang dua ratus tahun. Pada kelompok data 4 terbesar, didapatkan hasil debit banjir rancangan sebesar 73,59 m³/s untuk kala ulang dua tahun, kala ulang lima tahun adalah 113,78 m³/s, kala ulang sepuluh tahun 142,98 m³/s, kala ulang dua puluh lima tahun 182,38 m³/s, kala ulang lima puluh tahun 213,47 m³/s, kala ulang seratus tahun 246,05 m³/s, dan kala ulang dua ratus tahun 280,12 m³/s. Sedangkan pada kelompok data lima terbesar, dihasilkan debit banjir rancangan sebesar 80,19 m³/s untuk kala ulang dua tahun, 129,08 m³/s untuk kala ulang lima tahun, 171,01 m³/s untuk kala ulang sepuluh tahun, 237,02 m³/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 m³/s untuk kala ulang dua ratus tahun.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disarankan ha-hal sebagai berikut:

1. 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, M. Baitullah Al Amin Blog. Retrieved Oktober 30, 2016, from <http://baitullah.unsri.ac.id/2010/06/analisis-frekuensi/>.
- Jayadi, R. dkk, 2015, *Petunjuk Cara Pemakaian Paket Model HEC - HMS*. UGM, Yogyakarta.
- Feldman, Arlen D., 2000, *Hydrologic Modeling System HEC HMS Technical Reference*, U.S. Army Corps of Engineers, 609 Second St. Davis, CA 95616-4687.
- Scharffenberg, W., 2016, *Hydrologic Modeling System HEC HMS User's Manual*, U.S. Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center (CEIWR-HEC), 609 Second St. Davis, CA 95616-4687.
-