

KALIBRASI PARAMETER HIDROLOGI DAERAH ALIRAN SUNGAI BENTUK RADIAL DENGAN APLIKASI HEC-HMS

CALIBRATION OF RIVER FLOW HYDROLOGIC PARAMETERS RADIAL FORMS WITH HEC-HMS APP

Nanang Saiful Rizal¹, Hilfi Harisan Ahmad², Khairul Iqbal³, Noor Salim⁴

^{1,2,4}Program Studi S-1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata 49 Jember

³Program Studi S-1 Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala Aceh

*e-mail: nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

ABSTRACT

One of the hydrological responses in a watershed is influenced by the shape of the watershed (DAS). Lempake's watershed with an area of 194.50 km² has a radial shape. So it is necessary to develop a model to determine the factors that influence the watershed with Radial Shapes using HEC HMS. The modeling that has been obtained at once can be used to calculate the inflow that enters the Lempake Dam, especially when there is significant rainfall. This study aims to obtain the value or magnitude of the parameters in the watershed with a radial shape, then the parameters obtained can be used to estimate the design flood discharge in a watershed with a radial shape. The research stage is to calculate the planned flood discharge from rain data from 2010 to 2019 with HEC HMS and then calibrate it with the flood discharge from field observations. from 2010 to 2019. Based on the results of the analysis, it was obtained that the planned flood discharge entering the Lempake dam was m³/s and from the modeling results, the parameters of the radial type watershed were obtained, namely the CN value of 95 and the Initial Abstraction (Ia) value of 0.11. This result has a correlation coefficient of 75%. with a relative error rate of 30%.

Keywords: Modeling, HEC-HMS, Lempake Watershed, Radial, Design Flood

ABSTRAK

Respon hidrologi pada sebuah DAS salahsatunya dipengaruhi oleh bentuk daerah aliran sungai (DAS). DAS Lempake dengan luas 194,50 km² memiliki bentuk radial. Maka perlu pengembangan sebuah pemodelan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pada DAS dengan bentuk radial menggunakan HEC HMS. Pemodelan yang telah diperoleh sekaligus dapat digunakan untuk menghitung inflow yang masuk ke dalam Bendungan Lempake terutama saat terjadi curah hujan yang signifikan. Penelitian ini bertujuan memperoleh nilai atau besaran parameter pada DAS dengan bentuk radial yang selanjutnya besaran parameter yang diperoleh dapat digunakan untuk memperkirakan debit banjir rancangan pada DAS dengan bentuk radial. Tahapan penelitiannya adalah melakukan perhitungan debit banjir rencana dari data hujan tahun 2010 sampai dengan tahun 2019 dengan HEC HMS kemudian dikalibrasikan dengan debit banjir hasil pengamatan lapangan tahun 2010 sampai tahun 2019. Berdasarkan hasil analisa diperoleh hasil bahwa debit banjir rencana yang masuk ke Bendungan Lempake adalah 446,7 m³/det dan dari hasil pemodelan didapatkan besaran parameter DAS tipe radial yaitu nilai CN sebesar 95 serta nilai *Initial Abstraction* (Ia) sebesar 0,11. Hasil ini memiliki koefisien korelasi sebesar 75% dengan tingkat kesalahan relatif sebesar 30%.

Kata kunci: Pemodelan, HEC-HMS, DAS Lempake, Radial, Banjir Rancangan

1. PENDAHULUAN

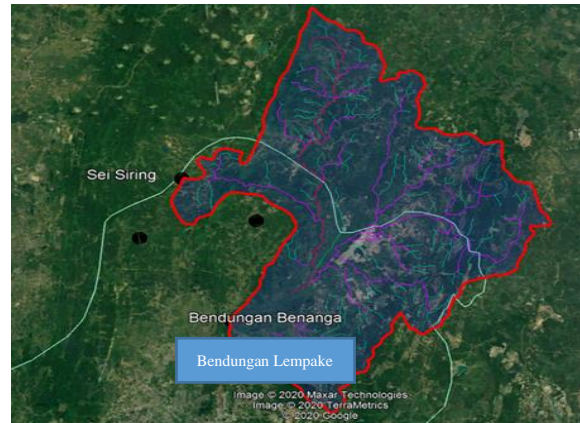
Debit aliran permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tinggi hujan dan tata guna lahan serta luas daerah aliran sungai (DAS). Secara spesifik bukan hanya luas DAS, tapi kemiringan dan bentuk DAS juga sangat mempengaruhi besaran aliran permukaan. Faktor

bentuk DAS-nya berbeda (misalnya lonjong dan radial) mempunyai debit puncak yang akan berbeda akibat perjalanan aliran lewat anak sungai yang berbeda waktu (Imliyani dan Junaidi, 2014). DAS Lempake merupakan DAS dengan bentuk radial. DAS dengan bentuk radial memiliki karakteristik menyerupai bentuk kipas

atau bentuk lingkaran, anak sungai terkonsentrasi ke satu titik dengan radial dan debit maksimum terjadi pada titik-titik pertemuan antar anak sungai [1] dan [3]. DAS Lempake saat ini telah mengalami degradasi seiring bertambahnya waktu. Awalnya banyak lahan yang berfungsi sebagai resapan, akibat berbagai kepentingan dan kebutuhan ruang telah dikonversi menjadi pemukiman dan aktivitas ekonomi serta industri akhirnya menurunkan atau bahkan merusak fungsi awalnya sebagai kawasan resapan air [4].

Kondisi DAS Lempake saat ini menjadi penting, karena pada bagian hilirnya saat ini telah dibangun Bendungan Lempake. Maka jika DAS tidak dikelola secara baik pasti berdampak dalam melakukan pengelolaan Bendungan Lempake termasuk akan mengancam keamanan dari Bendungan Lempake. Permasalahan umum secara hidrologi pada DAS Lempake diantaranya semakin luas pembukaan hutan baik penambahan pemukiman, pertambangan batubara, dan pembangunan bandara udara serta penimbunan daerah rawa termasuk retensi banjir [6]. Banjir di DAS Lempake secara teori merupakan bagian dari proses hidrologi di bagian hulu DAS. Kajian ilmiah terhadap berbagai hubungan dari berbagai parameter alamiah seperti tinggi dan durasi hujan, elevasi muka air, debit banjir maksimum, daya resapan air, erosi dan sedimentasi, pasang surut muka air laut serta sistim drainasenya juga kapasitas DAS dibutuhkan dalam estimasi debit banjir yang akan terjadi di DAS Lempake.

Terdapat keterkaitan serta hubungan yang erat antara trend distribusi curah hujan secara temporal maupun spasial yang berpengaruh terhadap respon tangkapan air hujan, morfologi atau bentuk tangkapan dan respon *run off* atau limpasan permukaan [2]. Dengan menggunakan parameter hidrologi yang memiliki kemiripan, maka prediksi perilaku aliran di DAS Lempake dapat dibuat dengan berbagai software atau aplikasi pemodelan hidrologi sebuah DAS.



Gambar 1. Batas-batas DAS Lempake

HEC-HMS merupakan salahsatu aplikasi yang dapat dimanfaatkan dalam memodelkan *run off* akibat hujan yang terjadi pada sebuah DAS [11]. Pemodelan yang diperoleh bisa digunakan untuk prediksi debit banjir pada DAS yang sulit untuk dipantau. Kelebihannya adalah pada data hujan harian serta debit banjir sudah bisa dimanfaatkan sebagai masukan dalam pemodelan hidrologi. Pemodelan dengan HEC-HMS bisa dimanfaatkan untuk melakukan alihragam (*simulate*) curah hujan menjadi limpasan (*run off*) termasuk untuk estimasi ketersediaan air serta hidrograf banjir [12].

Dalam aplikasi HEC-HMS ada beberapa parameter yang sangat tergantung pada karakteristik sebuah DAS diantaranya nilai *Initial Abstraction* (Ia) dan *Curve Number* (CN). Ini dapat membantu dalam pemodelan sistim hidrologi pada DAS dengan jumlah variasi data hidrologi yang kecil seperti pada DAS Lempake. Adapun pada DAS Lempake, simulasi dilakukan dengan aplikasi HEC-HMS yang bertujuan mengetahui proses hujan-limpasan sehingga diperoleh beberapa alternatif dalam penentuan tampungan banjir dan infow waduk. Hasil pemodelan bisa pula digunakan sebagai acuan penentuan nilai CN dan Ia pada DAS dengan bentuk radial termasuk kegiatan penetapan sistim tata ruang dan rekomendasi ijin pemanfaatan lahan yang berbasis pada upaya konservasi sebuah DAS bentuk radial yang mengumpul pada satu sungai. Selanjutnya hasil pemodelan dengan Aplikasi HEC-HMS di DAS Lempake dapat digunakan untuk menghitung debit banjir pada outlet Bendungan Lempake termasuk dalam menghitung inflow pada Bendungan Lempake termasuk penentuan simulasi OP Bendungan.

2. METODE PENELITIAN

Adapun metode penelitian dalam pemodelan

hidrologi DAS radial diantaranya :

a. Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilaksanakan untuk memperoleh hasil-hasil kajian terdahulu yang berkorelasi dan menunjang dalam penelitian baik dalam bentuk artikel yang terkait dengan topik penelitian yang sama, report hasil penelitian, buku teks juga tutorial HEC-HMS serta masukan di forum ilmiah termasuk laporan hasil-hasil perencanaan oleh pihak konsultan dan kontraktor pelaksana pembangunan yang ada di DAS Lempake.

b. Pengumpulan Data

Adapun data-data yang diinput dalam penelitian ini dari instansi Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) III Kalimantan yang meliputi : 1) Data curah hujan 1 harian mulai tahun 2010 sampai dengan 2019 dan data tinggi muka air (AWLR), untuk input data dalam aplikasi HEC-HMS dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) III Kalimantan. Data curah hujan 1 harian yang digunakan Stasiun Hujan Sei Siring selama tahun 2010 sampai tahun 2019. 2) Data pengukuran debit lapangan mulai dari tahun 2010 sampai tahun 2019. 3) Elevasi model digital (DEM) milik Badan Informasi & Geospasial, peta *land use* berdasarkan hasil foto udara pada tahun 2015 dari data Dinas PU & Tata Ruang (PUPR) Propinsi Kaltim serta peta pertanahan milik Balitbang Sumberdaya Lahan Pertanian 2016, yang dimanfaatkan untuk analisis dan pemodelan hidrologi. Untuk identifikasi konfigurasi pemanfaatan lahan basah pada DAS Lempake menggunakan Peta Dataran Rendah (Bekas Rawa) 1944, Landsat selama 5 sejak tahun 1991 milik USGS dan NASA citra mozaik dengan SPOT No.6 dan 7 pada tahun 2016 & 2017 milik BIG dan LAPAN.

c. Tahap Pengolahan Data

DEM diolah menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) yakni ArcGIS 10.4 dengan tambahan fitur HEC-GeoHMS agar mendapatkan sebuah Basin Model. *Run off* menggunakan aplikasi HEC-HMS. Data dibuat lebih dahulu batas DAS Lempake yang didapatkan melalui DEM dengan fitur pada HEC-GeoHMS di ArcGIS.

d. Tahap Analisis

Dalam analisis selanjutnya dilakukan perhitungan debit banjir secara teoritis menggunakan aplikasi HEC HMS kemudian di kalibrasikan dengan debit banjir hasil pengamatan selama 10 tahun dengan mengacu pada nilai koefisien korelasi dan nilai

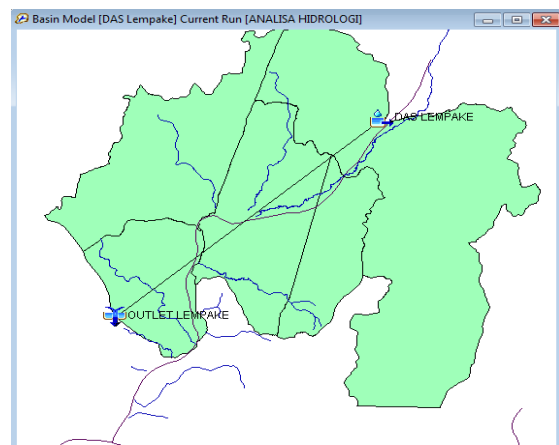
kesalahan relatif yang terjadi. Jika nilai signifikan maka akan diberikan rekomendasi terhadap nilai parameter tersebut.

3. ANALISA dan PEMBAHASAN

a. Perhitungan Debit Puncak Hidrograf dengan Aplikasi HEC HMS secara umum menggunakan parameter yang hampir sama dengan metode nakayasu, Snyder dan GAMA [1] dan [3]. Adapun rincian parameter yang dihitung adalah :

Luas DAS (A)	=	194.5	km ²
Panjang sungai (L)	=	25.9	Km
Nilai CN	=	70	
Lag Time	=	405	Min
Recession constant	=	1	
S	=	(1000-10CN)/CN	
	=	4.286	
Initial Abstraction	=	0.2 x s	
	=	0.857	
Kerapatan Jaringan (D)	=	L/A	
	=	0.133	
Base Flow (Qb)	=	0,4714 A ^{0,64} . D ^{0,943}	
	=	2.054	m ³ /dtk

b. Pembuatan model pengaliran dengan aplikasi HEC-HMS



Gambar 2. Basin dan pemberian elemen Subbasin

c. Loss Rate Method

Loss Rate Method yakni teknik perhitungan kehilangan air melalui proses infiltrasi. SCS *Curve Number* tersusun dalam parameter yang telah diinput, diantaranya *loss of innitial* (nilai infiltrasi awal) dan SCS *Number of curve* serta *imperviousness* (kekedapan air). Adapun infiltrasi permulaan serta SCS *Number of curve* disajikan dalam

gambar 3.

Gambar 3. Input Sub-basin Loss Rate Method

c. **Sub-basin Transform (Transformasi hidrograf satuan limpasan)**

Memasukkan nilai *Lag Time* dalam menghitung debit maksimum dan waktu puncak hidrograf banjir. Maka dengan otomatis pada SCS akan membuat ordinat pada puncak hidrograf banjir termasuk juga fungsi waktu.

Gambar 4. Nilai Sub-basin Transform

d. Sub-basin Baseflow method

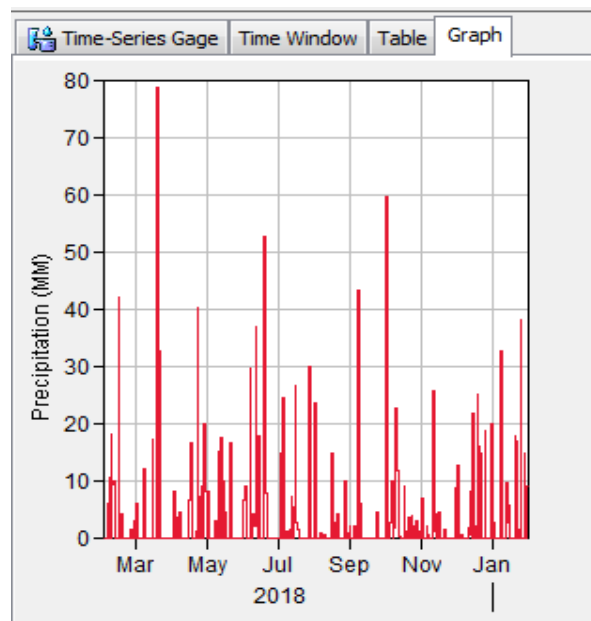
Baseflow merupakan besaran aliran bagian dasar, model dibuat pada penentuan aliran dasar yang terjadi saat run off sehingga bisa diperoleh besaran tinggi puncak hidrograf banjir. Pemodelan dilakukan menggunakan metode *recession* (resesi), aliran bagian dasar dianggap ada dan terdapat puncak hidrograf dalam sebuah satuan waktu serta mempunyai korelasi terhadap curah hujan. Parameter yang diaplikasikan pada model resesi diantaranya : *initial flow*, *treshold flow* dan *recession ratio*. *Initial flow* adalah nilai aliran bagian dasar awal dapat dianalisis berdasarkan data observasi lapangan, *ratio of recession constant* yaitu nilai rasio pada aliran yang terjadi saat ini dan kemarin dengan stabil antara nilai 0 - 1. *Treshold flow* merupakan nilai ambang pemisah antara limpasan langsung dengan aliran bagian dasar. Dalam menghitung nilai ini dapat digunakan metode *exponential* yang diasumsikan menggunakan nilai besaran rasio pada puncak menuju ke puncak lainnya (*peak to peak*) [10].

Gambar 5. Nilai Sub-basin Baseflow method (Proses aliran dasar)

e. *Time Series Data* (Pengisian Data Presipitasi)

Desain hidrograf harus berdasarkan perekaman peristiwa hujan yang real. Masukkan pada presipitasi cukup efektif saat kondisi banjir, dalam menit-an atau jam-jaman atau dalam harian. Perlu juga diperhatikan trend curah hujan dari kawasan yaitu hujan merata daerah menggunakan *polygon thiessen* perlu memperhatikan efek pengaruh dari beberapa stasiun curah hujan yang ada di kawasan sekitarnya.

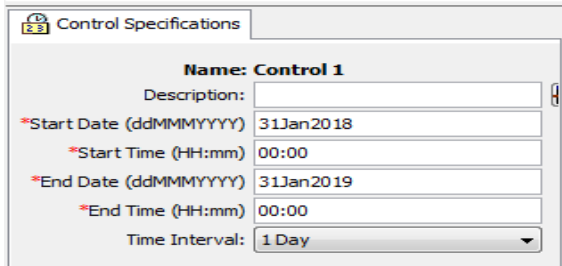
Gambar 6. Pembuatan waktu pengisian data curah hujan



Gambar 7. Nilai Time Series Data Hujan

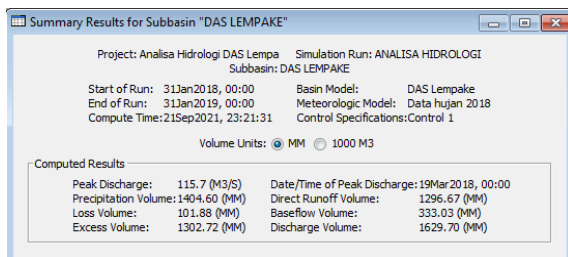
Control Specifications terdiri dari input waktu waktu mulai dan berakhir penyelesaian (*running*) pada program dan interval waktu yang ditetapkan (15 menit-an, 1 jam atau 1 harian).

Prosedur yang digunakan sama dengan *basin model* dan *meteorologic model*.

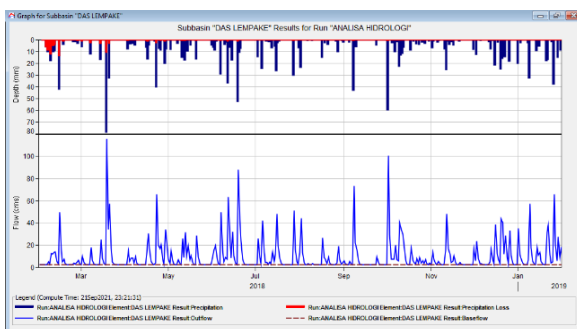


Gambar 8. Nilai *Control Specifications* (Waktu proses *running*)

Apabila semua variabel masukan yang diatas berhasil diinputkan, selanjutnya mengeksekusi pada pemodelan agar *running* maka *basin model & meteorologic model* dijadikan satu, kemudian disajikan dalam sebuah grafik dan nilai output pada gambar 9. Output di bawah ini merupakan hasil perhitungan debit banjir rancangan dengan periode ulang selama 1 tahun.



Gambar 9. Hasil simulasi terhadap waktu dan debit puncak di DAS Lempake



Gambar 10. Respon hidrologi DAS Lempake

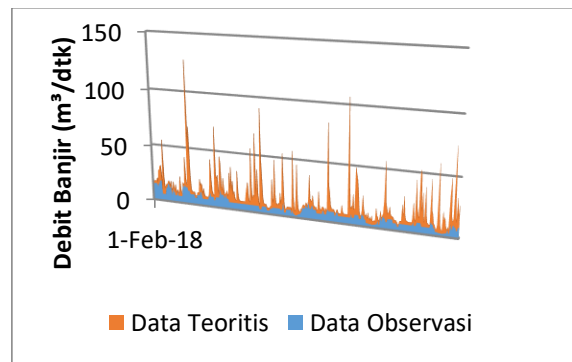
Berdasarkan simulasi dengan aplikasi HEC-HMS untuk bulan Februari 2018 sampai bulan Januari tahun 2019 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10, telah diperoleh debit puncak dari simulasi model adalah $115.7 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan total *volume outflow* adalah 1629.7 mm .

f. Kalibrasi Parameter

Pada tahap awal pengujian, dilakukan kalibrasi model dari data hujan serta data debit terukur di bulan Februari tahun 2018 sampai

bulan Januari 2019. Kalibrasi yang dilaksanakan mengacu parameter yang dijumpai dalam *basin model*, diantaranya besaran *initial abtraction* dan *time lag* serta *curve number*. Data kalibrasi dapat divalidasi untuk kinerja pemodelan dengan melihat deviasi nilai debit observasi dan output debit teoritis. Pada kondisi daerah aliran sungai dengan *debris flow* perlu diperhatikan karakteristik pengalirannya. Pada kondisi ini *base flow* yang masuk kedalam intake juga mengandung sedimen sehingga jika dibutuhkan pengambilan perlu membuat intake saringan bawah [8] dan [9].

Berdasarkan hasil analisa metode HEC-HMS didapatkan debit puncak hasil simulasi model sebesar $115.7 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan total *volume outflow* sebesar 1629.7 mm dengan waktu debit puncak terjadi pada tanggal 19 Maret 2018. Pada debit lapangan hasil pencatatan di lapangan didapatkan debit puncak sebesar $18 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan total *volume outflow* sebesar 1149.79 mm dengan waktu debit puncak terjadi pada tanggal 10 Februari 2018.



Gambar 11. Perbandingan antara debit observasi dan debit teoritis HEC HMS

Dengan melakukan simulasi secara simultan, pada berbagai variasi nilai CN diperoleh nilai koefisien R (korelasi) serta tingkat kesalahan relatif (%) yang bervariasi, hasilnya disajikan dalam bentuk tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan nilai Koefisien Korelasi dan Kesalahan Relatif

No	Uraian			Koef. Korelasi	Kesalahan Relatif (%)
	CN	Ia	Tlag (min)		
1	70.00	0.86	405	0.327	1.4392
2	75.00	0.67	405	0.391	1.4513
3	80.00	0.50	405	0.460	1.4607
4	85.00	0.35	405	0.532	1.4703
5	90.00	0.22	405	0.611	1.4780

6	95.00	0.11	405	0.701	1.4830
---	-------	------	-----	-------	--------

Setelah dilakukan perbandingan dari beberapa percobaan yang disajikan dalam bentuk tabel diperoleh kesimpulan pada percobaan ke-6 yang mempunyai koefisien R (korelasi) yang paling tinggi dengan nilai 0,701 dan mempunyai persentase kesalahan relatif yaitu 1,483%. Dari hasil tersebut akan dilakukan pemodelan HEC-HMS untuk mencari nilai debit banjir rencana tertinggi menggunakan data dari percobaan ke-6. Perbedaan data yang dimasukkan untuk pemodelan HEC-HMS setelah kalibrasi adalah terletak pada data hujan kala waktu yang digunakan dalam waktu 10 tahun dimulai tahun 2010 sampai 2019, nilai CN yang diperoleh dari kalibrasi yaitu sebesar 95 dan nilai *Initial Abstraction* (Ia) sebesar 0,11. Hasil ini sangat berbeda jika dibandingkan dengan pemodelan pada DAS dengan bentuk oval [10].

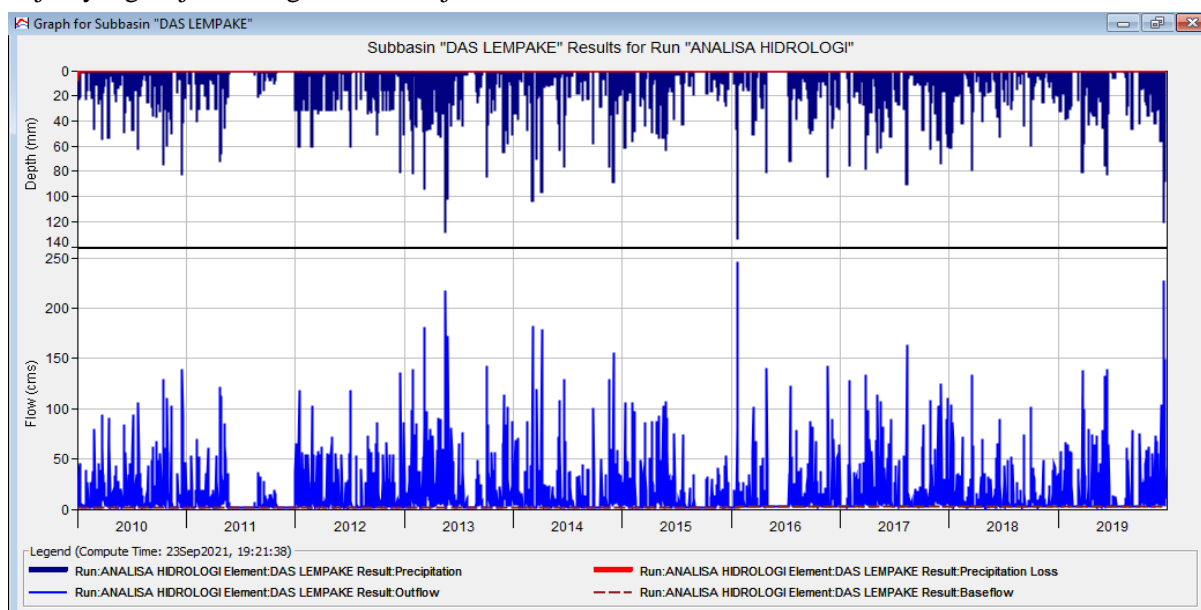
g. Pehitungan debit banjir DAS Lempake

Selanjutnya dilakukan perhitungan debit banjir pada DAS Lempake berdasarkan nilai parameter hasil kalibrasi (nilai CN yang didapat sebesar 95 dan nilai *Initial Abstraction* (Ia) sebesar 0,11) untuk kejadian hujan yaitu durasi 10 tahun dimulai tahun 2010 sampai 2019. Selanjutnya dilakukan input nilai CN dan Ia akhirnya dapat diperoleh grafik yang menunjukkan respon debit banjir berdasarkan hujan yang terjadi sebagaimana disajikan dalam

gambar 13. Maka berdasarkan input data hujan yang dilakukan mulai tahun 2010 sampai dengan 2019 yang dimasukkan dalam program HEC HMS, akhirnya didapatkan debit puncak hasil simulasi model setelah kalibrasi untuk setiap tahunnya.

Gambar 12. Input Nilai CN dan Ia sesuai dengan hasil kalibrasi

Adapun nilai maksimum debit banjir yang terjadi sebesar 446,7 m³/dt dan total *volume outflow* sebesar 23259,95 mm (debit puncak 21 Januari 2016). Kemudian hasil ini dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan tampungan banjir Bendungan Lempake termasuk penentuan elevasi dan panjang pelampang tambahan. Hasil ini juga dapat dipakai sebagai acuan untuk menghitung inflow waduk termasuk dalam penentuan simulasi OP Bendungan Lempake serta penetapan rencana tindak darurat (RTD) Bendungan Lempake.



Gambar 13. Hubungan tinggi hujan dan respon debit banjir untuk kejadian tahun 2010 s/d 2019 dengan menggunakan parameter terkalibrasi pada aplikasi HEC-HMS

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan hidrologi pada DAS Lempake dengan menggunakan data kejadian hujan dan data pengamatan debit observasi diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Pada DAS Tipe Radial, Nilai CN yang didapat dari kalibrasi yaitu sebesar 95 dan nilai *Initial Abstraction* (I_a) sebesar 0,11.
2. Adapun besaran debit banjir yang terjadi sebesar $446,7 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan total *volume outflow* sebesar 23259,95 mm dalam waktu debit puncak yang terjadi tanggal 21 Januari 2016.

DAFTAR PUSTAKA

1. Asdak, Chay. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
2. Garambois PA, Larnier K, Roux H, Labat D, Dartus D. 2014. Analysis of Flash Flood-Triggering Rainfall for a Process-Oriented Hydrological Model. *Atmos Res* 137:14–24.
3. Harto, Sri. 1993. Analisis Hidrologi. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
4. Ismail, 2009. Keseimbangan Air Sub-DAS Karangmumus di Kota Samarinda. *MAKARA, SAINS, VOL. 13, NO. 2, NOVEMBER 2009*: 151-156.
5. Imliyani dan Junaidi, 2014. Studi Karakteristik Sub Daerah Aliran Sungai (Sub Das) Sengarit pada Daerah Aliran Sungai (Das) Kapuas Kabupaten Sanggau. Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura.
6. Mislana, Sudaryanto, Selly O, Ayub, Dwi Sukma Hadiati. 2018. Penyusunan Aksi Restorasi Sub-DAS Karangmumus dalam Perspektif Ketahanan Air. Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX 2018.
7. Rizal, Nanang, 2014, Aplikasi Perencanaan Irigasi Dan Bangunan Air, Jember : LPPM Universitas Muhammadiyah Jember.
8. Rizal, Nanang., Bisri, M., Juwono, Pitojo., Dermawan, Very., Effect of The Coefficient of Discharge at The Bottom Intake Weir with a Screen of a Circular Perforated Plate. *Journal of Water and Land Development*, No.19, pp. 13- 22.
9. Rizal, Nanang., Mufarida, Nelli., Kosjoko., Effect of Diagonal Formation of Plate Perforations on The Tyrol Weir Discharge Coefficient Value. *International Journal of GEOMATE*, Vol.21, Issue 87, pp. 28-35.
10. Salim, Noor., Rizal, Nanang., Study of Water Balance for Irrigation in Coastal Areas Jember District. *International Journal of Engineering Research and Technology*. ISSN 0974-3154, Volume 13, Number 12 (2020), pp. 4992-4999.
11. USACE, 1998. HEC-1 Flood Hydrograph Package user's Manual. Hydrologic Engineering Center. Davis, California.
12. USACE. 2010. Hydrologic Modeling System HEC-HMS. Users Manual Version 3.5. Davis, California.