

KALIBRASI PARAMETER TERHADAP DEBIT BANJIR DI SUB DAS SIAK BAGIAN HULU

Wibowo Suarno Putra¹⁾, Yohanna Lilis Handayani²⁾, Manyuk Fauzi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : wibowosuarno@student.unri.ac.id

Abstract

Upper Siak watershed is increase discharge caused by the land use change. Therefore, this study is aimed to calibrate the parameters of the flood discharge in the upper siak watershed. Various hydrological modeling to calculate the flood discharge have been developed, one of them that is used in this study is the HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modelling System). Calibration parameters intended that the flood discharge output HEC-HMS approaching the flood discharge observation. Calibration data input is in the form of daily rainfall data, hourly discharge, and land use maps of 2012. Based on the calibration results showed that the flood discharge has a duration of 3 hours have simulated peak flow value of 70,99 m³/s while the observed peak flow amounted to 71,06 m³/s with a percent difference of 0,1% and the flood discharge duration of 6 hours have simulated peak flow value of 70,60 m³/s while the observed peak flow amounted to 71,06 m³/s with a percent difference of 0,6%.

Keywords: land use change, calibration, flood discharge, HEC-HMS

A. PENDAHULUAN

Nainggolan (2015) dalam penelitian tentang *Analisis Dampak Perubahan Tata Guna Lahan DAS Siak Bagian Hulu terhadap Debit Banjir*, melakukan analisis tanpa melakukan kalibrasi dengan menggunakan data curah hujan harian dan debit harian. Sedangkan pada penelitian ini data yang digunakan adalah curah hujan harian dan debit jam-jaman. Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan hasil yang diperoleh dengan kalibrasi dan tanpa kalibrasi.

HEC-HMS adalah model matematika numeris yang dikemas dalam paket program komputer, yang terdiri dari sejumlah metode untuk mensimulasikan *watershed*, saluran dan perilaku bangunan air (*water control structure*).

Model ini dikembangkan dengan tujuan untuk memprediksi keluaran dari suatu sistem DAS. Struktur pembangun model HEC-HMS terdiri dari enam komponen, antara lain model hujan, model volume limpasan, model limpasan langsung, model aliran dasar, model penelusuran aliran dan model *water-control measure* yang meliputi *diversions* dan *storage facilities*. Masing-masing komponen model

tersebut didukung oleh beberapa metode perhitungan yang dapat dipilih dan ditentukan oleh *user* berdasarkan ketersediaan data simulasi pada suatu DAS.

Penyusunan *basin model* merupakan salah satu tahap penting dalam analisis sistem hidrologi menggunakan HEC-HMS. Dalam *basin model*, perlu disusun konfigurasi yang menggambarkan representasi fisik dari suatu DAS berdasarkan elemen-elemen hidrologi.

Untuk menentukan metode yang akan digunakan dalam pemodelan disesuaikan pada kecocokan penerapan metode pada daerah yang bersangkutan dan ketersediaan data pada daerah tersebut. Penentuan *precipitation loss* dan *precipitation excess* pada penelitian ini digunakan metode *Soil Conservation Service (SCS) Curve Number* yang telah dihitung pada penelitian Nainggolan, 2015.

Model limpasan langsung HEC-HMS mengikuti prinsip hidrograf satuan dengan asumsi sebagai berikut : hujan terjadi merata diseluruh DAS (*evenly distributed*) dan intensitas tetap pada setiap interval waktu (*constant intensity*), hujan terjadi kapanpun tidak berpengaruh pada proses transformasi

hujan menjadi debit atau hidrograf (*time invariant*).

Pada penelitian ini digunakan metode *SCS unit hydrograph* yang telah dihitung pada penelitian sebelumnya. *Model unit hidrograf SCS* merupakan model hidrograf berpuncak tunggal (*single-peaked*) dan hidrograf tanpa satuan (*dimensionless*).

Hidrograf SCS dapat digunakan dengan mudah, parameter utama yang dibutuhkan adalah waktu *lag* yaitu tenggang waktu (*time lag*) antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf. Parameter ini didasarkan pada data dari beberapa daerah tangkapan air.

Dua komponen utama penyusun hidrograf aliran di saluran (sungai) adalah limpasan langsung dan aliran dasar (*base flow*). Aliran dasar merupakan aliran yang berasal dari air tanah dan selalu tersedia setiap saat. Pada penelitian ini digunakan model resesi eksponensial (*exponential recession model*) yang telah dihitung pada penelitian sebelumnya. Parameter yang digunakan dalam model resesi ini adalah *Initial Flow*, *Recession Ratio*, dan *Threshold Flow*. *Initial Flow* merupakan nilai aliran dasar awal yang dapat dihitung atau dari data observasi.

Parameter yang diperlukan adalah *travel time* dan faktor pembobot. *Travel time* (K) atau waktu tempuh aliran dari titik inlet sampai outlet, ditentukan melalui hubungan antara kecepatan aliran dengan panjang sungai. Faktor pembobot (X) dalam metode Muskingum berkisar antara 0 sampai 0,5 dengan rata-rata 0,2 untuk aliran alami. Pada penelitian, penentuan nilai X diperoleh dari hasil *trial-error* pada saat kalibrasi.

Kalibrasi adalah upaya mendekatkan nilai keluaran model dengan nilai yang sebenarnya melalui penyesuaian nilai parameter. Dalam proses kalibrasi ini, kita diharapkan dapat menentukan nilai parameter dari karakteristik DAS daerah studi kita seperti nilai CN (*Curve Number*), resapan awal (*Initial abstraction*), *impervious* atau nilai *baseflow* dan *Muskingum Routing* sehingga akhirnya mendapatkan hasil yang paling mendekati dengan kondisi di lapangan.

Metode yang digunakan dalam HEC-HMS untuk membandingkan hidrograf hasil model dengan hidrograf hasil pengamatan adalah *objective functions*. *Objective functions* merupakan ukuran kuantitatif bagi *goodness-of-fit* yang menunjukkan derajat keragaman

antara hidrograf hasil perhitungan dengan data pengamatan.

B. METODOLOGI PENELITIAN

Daerah kajian penelitian ini adalah Sub DAS Siak bagian hulu, yang outlet DAS nya berada di stasiun AWLR Pantai Cermin Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.

Pada penelitian ini dilakukan kalibrasi terdahulu sebelum melakukan simulasi model. Input data kalibrasi berupa data curah hujan harian, debit jam-jaman, dan peta penggunaan lahan tahun 2012.

Tahapan-tahapan kalibrasi dalam penelitian ini adalah :

- Kalibrasi dengan menganalisis data debit jam-jaman dan data curah hujan harian tahun 2012, menggunakan tata guna lahan tahun 2012 durasi hujan 3 jam.
- Kalibrasi dengan menganalisis data debit jam-jaman dan data curah hujan harian tahun 2012, menggunakan tata guna lahan tahun 2012 durasi hujan 6 jam.

C. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

C.1 Curah Hujan

Analisis hidrologi bertujuan untuk mensimulasikan debit banjir dengan data curah hujan jam-jaman sebagai input data ke dalam program HEC-HMS.

Data curah hujan harian Stasiun Pantai Cermin yang digunakan untuk kalibrasi adalah curah hujan pada bulan Agustus tahun 2012.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Tahun 2012

Tanggal	Curah Hujan (mm)
1	-
2	-
3	-
4	-
5	-
6	-
7	-
8	-
9	-
10	-
11	-
12	-
13	-
14	-

Tabel 1. (Lanjutan)

Tanggal	Curah Hujan (mm)
15	25,4
16	-
17	-
18	20,1
19	-
20	35,2
21	100,1
22	-
23	50,2
24	25,8
25	-
26	75,6
27	50,8
28	-
29	15,2
30	75,8
31	-

Distribusi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode distribusi curah hujan jam-jaman *Mononobe*. Curah hujan jam-jaman yang dipakai dalam input data hujan saat kalibrasi selengkapanya dapat dilihat pada tabel di berikut ini.

Tabel 2. Distribusi Curah Hujan Jam-jaman Selama 3 Jam

Waktu hujan (jam)	Ratio (%)	Kala ulang	
		25	50
		Tahun	Tahun
		180,4	185,86
0 - 1	69,3	125,08	128,87
1 - 2	18,0	32,51	33,50
2 - 3	12,6	22,81	23,50

Tabel 3. Distribusi Curah Hujan Jam-jaman Selama 3 Jam

Waktu hujan (jam)		Ratio (%)	Distribusi Hujan
			50,2
0 - 1	69,3	34,79	
1 - 2	18,0	9,09	
2 - 3	12,6	6,33	

Tabel 4. Distribusi Curah Hujan Jam-jaman Selama 6 Jam

Waktu hujan (jam)		Ratio (%)	Distribusi Hujan
			50,2
0 - 1	55,0	27,61	
1 - 2	14,3	7,18	
2 - 3	10,0	5,02	
3 - 4	8,0	4,02	
4 - 5	6,7	3,36	
5 - 6	5,9	2,96	

C.2 Debit Jam-jaman Lapangan

Penetapan seri data debit sungai jam-jaman stasiun AWLR Pantai Cermin tahun 2012. Dari data yang dimiliki pada tahun 2012 diperoleh data debit jam-jaman. Data debit jam-jaman disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Debit Banjir Jam-jaman AWLR Tahun 2012

Tanggal	Jam	Debit (m ³ /det)
23/08/2012	12:00	56,03
23/08/2012	13:00	56,75
23/08/2012	14:00	57,47
23/08/2012	15:00	58,20
23/08/2012	16:00	58,93
23/08/2012	17:00	59,66
23/08/2012	18:00	60,77
23/08/2012	19:00	61,89
23/08/2012	20:00	63,38
23/08/2012	21:00	64,89
23/08/2012	22:00	66,42
23/08/2012	23:00	67,95
24/08/2012	0:00	69,11
24/08/2012	1:00	70,28
24/08/2012	2:00	71,06
24/08/2012	3:00	70,28
24/08/2012	4:00	69,11
24/08/2012	5:00	67,95
24/08/2012	6:00	67,18
24/08/2012	7:00	65,65
24/08/2012	8:00	64,14
24/08/2012	9:00	62,63
24/08/2012	10:00	61,51
24/08/2012	11:00	60,40
24/08/2012	12:00	59,66
24/08/2012	13:00	58,93

Tabel 5. (Lanjutan)

Tanggal	Jam	Debit (m ³ /det)
24/08/2012	14:00	57,84
24/08/2012	15:00	56,75
24/08/2012	16:00	56,03
24/08/2012	17:00	55,31
24/08/2012	18:00	54,60
24/08/2012	19:00	53,89
24/08/2012	20:00	52,83

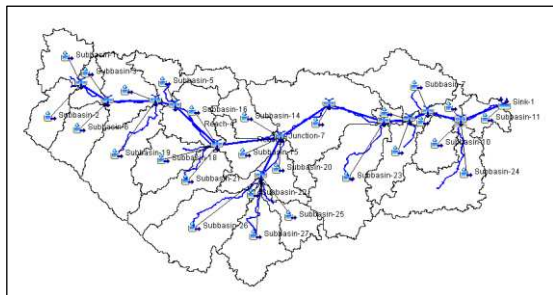
C.3 Analisis Debit Banjir Hitungan Menggunakan Program HEC-HMS

Salah satu model analisis hidrologi adalah model HEC-HMS. Model ini merupakan model hidrologi numerik yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Centre (HEC)* dari *U.S Army Corps of Engineers*.

C.3.1 Penyusunan Basin Model

Penyusunan *basin model* merupakan salah satu tahap penting dalam analisis sistem hidrologi menggunakan program HEC-HMS. Dalam *basin model*, perlu disusun konfigurasi yang menggambarkan representasi fisik dari suatu DAS berdasarkan elemen-elemen hidrologi.

Pada penelitian ini elemen-elemen hidrologi yang digunakan untuk mengkonfigurasi DAS Siak bagian hulu disesuaikan dengan penyusunan basin model yang dilakukan oleh Nainggolan, 2015. Elemen-elemen hidrologi terdiri dari 27 *subbasin*, 12 *reach*, 12 *junction* dan 1 *sink*.



Gambar 1. Konfigurasi DAS Siak Bagian Hulu dalam Basin Model HEC-HMS

C.3.2 Precipitation

Precipitation adalah salah input data ke dalam program HEC-HMS berupa data hujan jam-jaman. Data hujan jam-jaman yang di pakai pada penelitian ini yaitu menggunakan hujan dengan durasi 3 jam dan 6 jam.

C.3.3 Loss Model

SCS Curve Number (CN) terdiri dari beberapa parameter yang harus diinput yaitu *initial loss* (infiltrasi awal), *SCS Curve Number*, dan *impervious* (kekedapan air). *Impervious area* dari suatu DAS adalah luasan dari DAS dimana semua kontribusi dari presipitasi akan menjadi limpasan langsung tanpa mengalami infiltrasi, evaporasi ataupun bentuk kehilangan air lainnya

Nilai CN, *Initial abstraction* (Ia) dan *impervious* untuk masing-masing penggunaan lahan untuk *cathment area* pada Sub DAS Siak bagian hulu telah dihitung pada penelitian sebelumnya. Nilai CN, Ia dan *impervious* di dapatkan dengan penyesuaian berdasarkan jenis tata guna lahan dan jenis tanah.

Tabel 6. Nilai CN, *Impervious* dan *Initial abstraction* (Ia) Tahun 2012

Sub	2012		
Basin	CN	<i>Impervious</i>	Ia
1	70,982	5,150	20,767
2	75,298	4,405	16,665
3	74,312	5,529	17,560
4	73,859	5,468	17,979
5	71,000	5,000	20,749
6	69,806	3,228	21,974
7	78,091	7,269	14,253
8	74,575	5,000	17,320
9	76,970	5,008	15,200
10	77,846	5,000	14,457
11	75,288	5,000	16,674
12	68,517	5,000	23,343
13	65,334	3,914	26,955
14	68,818	4,318	23,018
15	68,064	4,420	23,836
16	71,006	5,018	20,743
17	69,046	6,412	22,774
18	69,871	5,798	21,906
19	70,687	3,476	21,066
20	64,326	2,509	28,173
21	70,951	3,670	20,799
22	61,979	4,616	31,164
23	70,948	3,482	20,802
24	78,140	8,640	14,211
25	70,364	4,908	21,396
26	66,166	4,242	25,976
27	74,056	4,746	17,797

C.3.4 Transform

Berikut adalah nilai T_c dan T_{lag} pada tiap *sub basin* yang telah dihitung pada penelitian sebelumnya.

Tabel 7. Nilai T_c dan T_{lag}

Sub Basin	Luas (Km ²)	T_c (Jam)	T_{lag} (Jam)	T_{lag} (menit)
1	48,549	2,800	1,680	100,811
2	43,627	2,680	1,608	96,488
3	26,709	2,192	1,315	78,905
4	47,581	2,777	1,666	99,983
5	59,757	3,049	1,830	109,773
6	57,677	3,005	1,803	108,190
7	90,008	3,607	2,164	129,847
8	6,040	1,192	0,715	42,895
9	16,155	1,784	1,070	64,207
10	45,438	2,725	1,635	98,112
11	31,588	2,348	1,409	84,524
12	10,839	1,514	0,909	54,516
13	184,553	4,842	2,905	174,296
14	46,055	2,740	1,644	98,655
15	44,745	2,708	1,625	97,495
16	65,674	3,170	1,902	114,106
17	53,400	2,912	1,747	104,826
18	51,941	2,879	1,727	103,642
19	111,602	3,939	2,364	141,815
20	53,681	2,918	1,751	105,052
21	78,178	3,404	2,043	122,558
22	2,374	0,812	0,487	29,249
23	128,714	4,177	2,506	150,357
24	101,476	3,789	2,273	136,391
26	104,530	3,835	2,301	138,060
27	78,373	3,408	2,045	122,683

C.3.5 Base Flow

Aliran dasar pada waktu tertentu (Q_t) dengan besaran awal adalah:

$$Q_t = Q_0 K^t$$

$$Q_t = 1,8447 \cdot 0,93^0$$

$$Q_t = 1,8447$$

Dengan Nilai aliran dasar kalibrasi pada $t=0$ diasumsikan bernilai 1,8447. parameter recession ratio (k) digunakan nilai 0,93 ini didasarkan pada penelitian Nathan and Mc Mahon (1990) yang menentukan nilai k sebesar 0,93-0,995 untuk aliran dasar.

C.3.6 Routing Model

Kombinasi k dan x pada parameter ini harus dipilih tepat dan jatuh pada batas yang tergradasi dengan nilai x sebesar 0,05 dan dengan perkiraan nilai k sebesar 9,9.

C.4 Kalibrasi

Metode yang digunakan saat kalibrasi dalam HEC-HMS adalah *objective functions*. Nilai parameter kalibrasi dalam penelitian ini menggunakan kriteria *peak weighted RMS error objective function*.

Pada proses kalibrasi ini parameter yang dikalibrasi adalah parameter yang berada di all subbasin dan subbasin 11 yang masing-masingnya akan dikalibrasi menggunakan dua periode waktu 3 jam dan 6 jam pada tahun 2012. Ada pun parameter yang dikalibrasi pada penelitian ini adalah parameter *Initial abstraction* (Ia).

Pada kalibrasi durasi 3 jam nilai *Peak flow simulated* sebesar 70,99 m³/s sedangkan *Peak flow observed* sebesar 71,06 m³/s dengan *percent difference* 0,1%. Perbedaan volume hasil kalibrasi antara volume simulasi dengan volume observasi sebesar 3,22%. Nilai optimal *Initial abstraction all subbasin* dan *subbasin 11* yang digunakan untuk simulasi berturut-turut sebesar 14,989 mm dan 30,137 mm.

Pada kalibrasi durasi 6 jam nilai *Peak flow simulated* sebesar 70,60 m³/s sedangkan *Peak flow observed* sebesar 71,06 m³/s dengan *percent difference* 0,6%. Perbedaan volume hasil kalibrasi antara volume simulasi dengan volume observasi sebesar 2,02%. Nilai optimal *Initial abstraction all subbasin* dan *subbasin 11* yang digunakan untuk simulasi berturut-turut sebesar 2,601 mm dan 25,887 mm.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

D.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian Kalibrasi Parameter Terhadap Debit Banjir di Sub DAS Siak Bagian Hulu, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *peak flow simulated* durasi 3 jam sebesar 70,99 m³/s sedangkan *peak flow observed* sebesar 71,06 m³/s dengan *percent difference* 0,1%. Nilai *peak flow simulated* durasi 6 jam sebesar 70,60 m³/s sedangkan *peak flow observed* sebesar 71,06 m³/s dengan *percent difference* 0,6%.
2. Berdasarkan *percent difference peak flow*, kalibrasi durasi 3 jam lebih baik dari

kalibrasi durasi 6 jam, karena memiliki *percent difference* yang lebih kecil.

D.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan perhitungan dan analisis dalam penelitian ini adalah :

1. Bagi mahasiswa yang ingin melakukan analisis dengan menggunakan pemodelan HEC-HMS pada studi kasus lokasi yang berbeda, sebaiknya melakukan kalibrasi dengan menginput data debit jam-jaman sebelum melakukan simulasi. Hal ini bertujuan agar debit puncak keluaran HEC-HMS mendekati nilai debit puncak yang berada di lapangan.
2. Sebelum menjalankan program HEC-HMS selalu perhatikan nilai parameter model yang akan diinput dengan teliti karena akan berpengaruh terhadap nilai *output* dari debit puncak yang akan diperoleh, sehingga akan mendapatkan hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, N, A. 2005. *Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS Pada DAS Sampean Baru*. Tesis Master Jurusan Teknik Sipil, Bidang Keahlian Manajemen dan Rekayasa Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Chow, Ven Te, Phd. 1988. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Fitriani. 2015. *Model Hidrologi Berbasis Data Satelit Untuk Analisis Banjir Studi Kasus Sub-DAS Rokan Stasiun Pasir Pengaraian*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau : Pekanbaru.
- Flemming, W.J, Mathew. 2010. *Hydrolic Modeling System HEC-HMS*, US Army Corps for Engginering, California.
- Gufriyon, E. S. 2014. *Analisa Hujan-Debit Pada Daerah Aliran Sungai Menggunakan Program Bantu HEC-HMS*. Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Junius, A. N. 2015. *Analisis Dampak Perubahan Tata Guna Lahan Das Siak Bagian Hulu Terhadap Debit Banjir*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau : Pekanbaru.
- Risyanto. 2007. *Aplikasi HEC-HMS untuk Perkiraan Hidrograf Aliran di Das Ciliwung Bagian Hulu*. Skripsi, Departemen Geofisika dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Soemarto, C.D. 1999, *Hidrologi Teknik*, Jakarta : Erlangga.
- Soewarno. 1995 *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Jilid 2*. Bandung : Nova.
- Sosrodarsono, S & Takeda, K. 1993. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : PT.Pradnya Paramita.
- Sri Harto Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suhartanto, Ery. 1998. *Panduan HEC-HMS dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumber Daya Air*. Malang. CV Citra.
- Sudjarwadi. 1987. *Teknik Sumber Daya Air*, Yogyakarta : UGM Press.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hirologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Triatmodjo, B. 2010. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Tunas, G. 2005. *Kalibrasi Parameter Model HEC-HMS Untuk Menghitung Aliran Banjir DAS Bengkulu*. Majalah Ilmiah Mektek Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako : Palu.
- USACE. 2000. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical Reference Manual*. Desember 2015. <http://www.hec.usace.army.mil>.
- USACE. 2001. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Applications Guide*. Desember 2015. <http://www.hec.usace.army.mil>.