

ANALISIS KALIBRASI MODEL HSS CLARK DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-HMS

Syahrul Ramadhani¹, Yohanna Lilis Handayani², Sigit Sutikno²

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

*Corresponding author: syahrul.ramadhani@student.unri.ac.id

ABSTRAK

Penerapan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Clark pada DAS Lubuk Bendahara membutuhkan analisis yang lebih detail. Data curah hujan dan pencatatan muka air otomatis (AWLR) lapangan diperlukan sebagai bahan kalibrasi. Parameter kehilangan air (*loss model*), aliran dasar (*baseflow*) dan transformasi aliran (*transform method*) dalam hidrograf satuan sintetik Clark dikalibrasi dengan menggunakan program HEC-HMS. Proses kalibrasi ini menggunakan tiga metode *objective function* yaitu *Peak Weighted Root Mean Square (RMS) Error*, *Percent Error Peak* dan *Percent Error Volume*. Hasil kalibrasi menunjukkan nilai yang dihasilkan menggunakan metode *Peak-Weighted RMS Error* sebesar 2,57, selisih volume -0,09% dan selisih debit puncak 1,1%.

Kata kunci : HSS Clark, HEC-HMS.

1. PENDAHULUAN

Tahun 2013 tepatnya bulan November terjadi banjir di Kabupaten Rokan Hulu akibat tingginya curah hujan dan meluapnya sungai Batang Lubuh, Sungai Rokan, Sungai Pawan, Sungai Kaiti dan Sungai Batang Kumu. Banjir ini mengakibatkan terendamnya 2.505 rumah penduduk di tujuh Kecamatan dan melumpuhkan jalur transportasi lintas Riau-Sumatera Utara (Anonim, 2013).

Fenomena kenaikan fluktuasi Muka Air Banjir (MAB) pada sungai di Rokan Hulu tercatat dan dapat tergambarkan dalam bentuk hidrograf banjir. Namun, menurut Siswoyo (2012) tidak semua sungai mempunyai data pengukuran debit yang dapat digunakan sebagai dasar untuk menurunkan hidrograf satuan, hanya sungai-sungai yang DAS-nya telah dikembangkan memiliki pengukuran debit. Salah satu contohnya di sub DAS Lubuk Bendahara Rokan Hulu. Untuk menurunkan hidrograf satuan pada daerah yang tidak memiliki data seperti ini, maka dapat dibuat hidrograf satuan sintesis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari suatu DAS (Triatmodjo, 2008).

Perhitungan hidrograf satuan sintesis pada suatu DAS dapat memanfaatkan model simulasi hidrologi yaitu dengan menggunakan data curah hujan sebagai data masukannya (Risyanto, 2007). Salah satu model simulasi hidrologi yang bisa digunakan ialah pemodelan HEC-HMS (*Hidrology Engineering Center- Hidrology Modelling System*).

Pemodelan hidrologi membutuhkan suatu proses kalibrasi dalam membuat model yang mendekati kondisi lapangan. Proses kalibrasi ini bertujuan untuk menentukan nilai parameter-

parameter yang sesuai dengan karakteristik DAS (Yuliar, 2015)

Sub DAS Lubuk Bendahara memiliki data curah hujan dan pencatatan muka air otomatis (AWLR) lapangan serta terdapat model hidrograf satuan sintetik Clark, sehingga diperlukan suatu kajian penerapan hidrograf satuan sintetik tersebut pada Sub DAS Lubuk Bendahara.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Triatmojo (2008) menyatakan siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Siklus ini berawal ketika air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut.

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. (Triatmodjo, 2008).

2.3 Automatic Water Level Recorder (AWLR)

Triatmojo (2008) menyebutkan bahwa alat pencatat elevasi muka air dapat berupa papan duga dengan meteran (*Staff Gauge*) atau alat pengukur elevasi muka air secara otomatis yang disebut AWLR (*Automatic Water Level Recorder*). Dengan AWLR, ketinggian muka air sungai dapat tercatat secara kontinyu sepanjang waktu, sehingga hasil pencatatan yang diperoleh berupa grafik fluktuasi muka air sungai sebagai fungsi waktu.

2.4 Debit

Debit adalah jumlah air yang mengalir melalui tampang lintang sungai tiap satu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam satuan volume/waktu yaitu (m^3/detik) (Triatmodjo, 2008).

Perhitungan nilai debit yang dilakukan oleh (Permatasari, 2016) dengan menggunakan lengkung debit di Stasiun Lubuk Bendahara Rokan Hulu menggunakan rumus berikut :

$$Q = 80,678 \times (H - 0,22)^{1,43}$$

2.5 Model Hidrologi

Model hidrologi merupakan sajian sederhana dari sebuah siklus hidrologi yang terjadi di suatu daerah aliran sungai (Sujono, 2008). Model tersebut bertujuan untuk menggambarkan tanggapan suatu DAS terhadap proses hidrologi yang terjadi jika diberi masukan-masukan tertentu. Dalam penyusunan model hidrologi, titik berat analisis dipusatkan pada proses pengalihragaman hujan menjadi aliran melalui satu sistem DAS. Salah satu model hidrologi yang dapat diandalkan ialah HEC-HMS (*Hidrology Engineering Center-Hidrologi Modelling System*).

M. Fleming and T. Brauer (2016) menyebutkan ada beberapa komponen yang perlu diketahui dalam melakukan model hidrologi dengan HEC-HMS, antara lain :

a. Komponen model DAS

Komponen ini menggambarkan kondisi fisik dari suatu DAS yaitu dengan memasukkan peta latar belakang (*background*) serta menghubungkan beberapa elemen hidrologi, antara lain seperti

subbasin, reach, junction, source, sink, reservoir dan diversion.

b. Komponen model hidrologi

Komponen model hidrologi adalah menentukan metode presipitasi yang digunakan dalam menghitung masukan hujan yang diperlukan untuk diubah menjadi aliran pada program HEC-HMS. Model hidrologi yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *specified hyetograph*.

c. Komponen spesifikasi kontrol

Komponen spesifikasi kontrol bertujuan untuk mengatur kapan simulasi dimulai dan kapan berakhir kemudian juga mengatur interval waktu yang akan digunakan saat simulasi.

d. Komponen data masukan

Data masukan yang dimasukkan ke program HEC-HMS adalah data *time series* berupa data hujan jam-jaman dan data debit.

2.5.1 Loss Model

Loss Model pada pemodelan HEC-HMS menganalisis bagian dari curah hujan yang hilang pada suatu DAS akibat proses *infiltrasi, intersepsi, evaporasi* dan bentuk kehilangan lainnya sebelum menjadi limpasan (*Precipitation Loss*). Perhitungan *Loss Model* ini bertujuan untuk mencari curah hujan efektif, yaitu suatu curah hujan yang menyebabkan terjadinya limpasan.

Metode *loss model* yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Initial and Constant* karena metode ini memperhitungkan rata-rata kehilangan air hujan yang terjadi selama hujan berlangsung (Permatasari, 2016).

2.5.2 Transform Method

Tunas (2005) menyebutkan model limpasan langsung (*transform method*) didalam pemodelan HEC-HMS mengikuti prinsip hidrograf satuan dengan asumsi hujan terjadi merata diseluruh DAS dan intensitas tetap pada setiap interval waktu serta hujan terjadi kapanpun tidak berpengaruh pada proses transformasi hujan menjadi debit atau hidrograf.

Clark menurunkan hidrograf satuan sintetik suatu DAS berdasarkan dua proses penting selama transformasi curah hujan efektif menjadi limpasan, yaitu:

a. *Translation* atau pergerakan hujan efektif dari tempat asalnya melalui drainase sampai ke *outlet*.

- b. *Attenuation* atau pengurangan besarnya debit aliran akibat adanya bagian dari hujan efektif yang tersimpan dalam DAS.

Bentuk hidrograf satuan sintetik metode Clark pada dasarnya ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu: waktu konsentrasi (t_c), koefisien simpanan DAS (R) dan diagram luasan waktu. Diagram luasan waktu menentukan jumlah luasan simpanan DAS yang memberikan kontribusi pada debit keluaran DAS sebagai fungsi waktu yang dinyatakan sebagai bagian dari (t_c).

2.5.3 Base Flow

Aliran dasar (*base flow*) merupakan aliran yang berasal dari air tanah dan selalu tersedia setiap saat. Aliran dasar terjadi akibat limpasan yang berasal dari suatu kejadian presipitasi terdahulu yang tersimpan secara temporer dalam suatu DAS, ditambah dengan limpasan sub permukaan yang tertunda dari suatu kejadian hujan (*Technical Reference Manual*, 2000).

2.6 Kalibrasi

Untuk dapat menirukan perilaku aliran di dalam suatu DAS, model HEC-HMS memerlukan penyesuaian parameter model yang disebut sebagai kalibrasi (Tunas, 2005). Kalibrasi dilakukan terhadap parameter-parameter model dengan melakukan evaluasi kemiripan hasil simulasi dan data pengamatan.

Terdapat dua metode dalam melakukan kalibrasi pada program HEC-HMS, yaitu :

- Full automatic* kalibrasi yaitu dengan membiarkan semua parameter menjalani proses kalibrasi,
- Semi automatic* kalibrasi yaitu dengan mengunci beberapa parameter yang dianggap konstan sesuai hasil kalibrasi.

Proses kalibrasi dilakukan dengan cara optimasi parameter (*Parameter Optimazation*) yang berguna untuk mengestimasi semua nilai parameter secara otomatis. Untuk melakukannya diperlukan data debit hasil pengamatan. Metode yang digunakan dalam HEC-HMS ialah *Objective Function*. Terdapat tiga metode *Objective Function* yaitu :

1) Peak-Weighted Root Mean Square (RMS) Error

Fungsi objektif ini mengukur perbedaan antara puncak debit, volume dan masa berlakunya puncak debit. Berikut merupakan rumus fungsi objektif *Peak-Weighted Root Mean Square (RMS) Error*.

$$Z = \left\{ \frac{1}{NQ} \left[\sum_{i=1}^{NQ} (qo(i) - qs(i))^2 \left(\frac{qo(i) + qo(mean)}{2 qo(mean)} \right) \right] \right\}^{1/2}$$

2) Percent Error Peak,

Fungsi objektif ini memperkirakan perbedaan nilai puncak debit kalibrasi dengan debit dilapangan. Berikut merupakan rumus fungsi objektif *Percent Error Peak*.

$$Z = 100 \left| \frac{qs(peak) - qo(peak)}{qo(peak)} \right|$$

3) Percent Error Volume

Fungsi objektif ini berfungsi memperkirakan perbedaan antara volume kalibrasi dengan volume di lapangan, dengan rumus fungsi *objective function* nya:

$$Z = 100 \left| \frac{Vols - Vol0}{Vol0} \right|$$

Nilai parameter untuk kalibrasi pada saat pemodelan HEC-HMS ialah tertera pada Tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1 Nilai Parameter Untuk Kalibrasi Model HEC-HMS

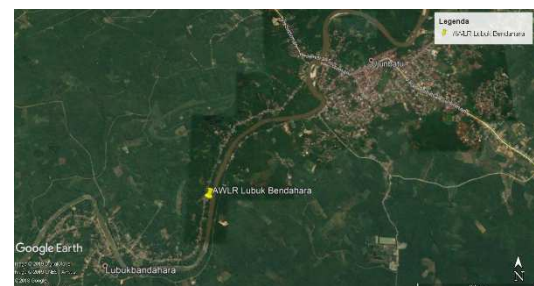
Model	Parameter	Min	Max
<i>Initial and Constant</i>	<i>Initial Loss</i>	0 mm	500 mm
<i>Rate Loss</i>	<i>Constant Loss Rate</i>	0 mm/hr	300 mm/hr
<i>Clark UH</i>	<i>Time Of Concentration</i>	0.1 hr	500 hr
	<i>Storage Coefficient</i>	0 hr	150 hr
<i>Snyder UH</i>	<i>Lag</i>	0.1 hr	500 hr
	<i>Cp</i>	0.1	1.0
	<i>Manning's n</i>	0	1
<i>Baseflow</i>	<i>Initial Baseflow</i>	0 m ³ /s	100000 m ³ /s
	<i>Recession Factor</i>	0.000011	-

Sumber: (USACE, 2000) dari (Permatasari, 2016)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

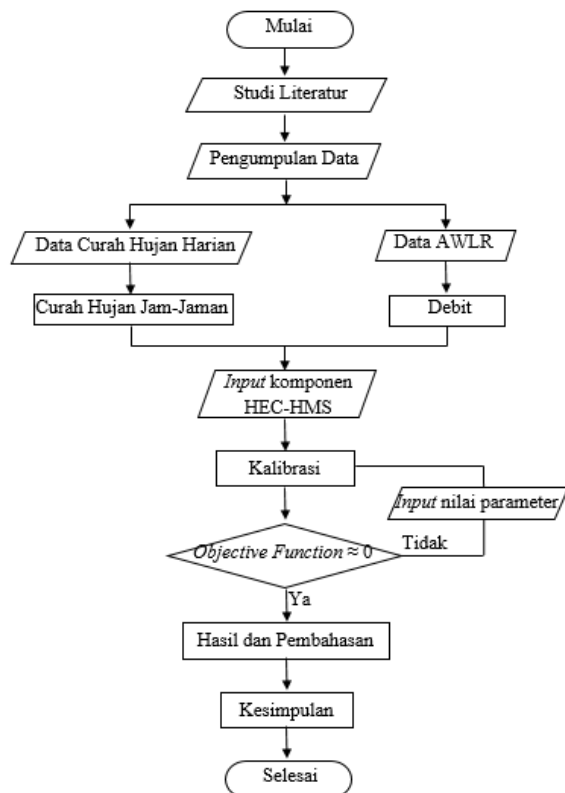
Penelitian ini dilakukan pada Sub DAS Rokan Hulu di Stasiun Lubuk Bendahara yang secara administrasi terletak di Kecamatan Rokan Koto Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau. Lokasi stasiun AWLR terletak pada koordinat 00° 41' 20,89" U dan 100° 29' 56,65" T dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Peta lokasi AWLR Stasiun Lubuk Bendahara

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dengan menggunakan program pemodelan HEC-HMS dapat dilihat pada bagan alir penelitian pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan studi kepustakaan untuk mengumpulkan dasar teori dan referensi terkait berupa jurnal, buku, dan kepustakaan lainnya untuk mendukung penelitian ini.

3.2.2 Pengumpulan Data

Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

- Data curah hujan harian tanggal 28 Oktober 2012 sebesar 18 mm (Permatasari, 2016) yang digunakan sebagai acuan data untuk proses kalibrasi
- Data AWLR Lubuk Bendahara tanggal 28 Oktober 2012 yang diubah menjadi debit menggunakan persamaan lengkung debit (Permatasari, 2016).

3.2.3 Input Komponen HEC-HMS

- Komponen model DAS, yaitu berupa peta latar belakang (*background*) tentang SUB DAS Lubuk Bendahara dengan luas 3196 km² (Kurnia, 2016). Peta yang diinput kedalam

program HEC-HMS seperti terlihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Peta Sub DAS Lubuk Bendahara pada program HEC-HMS

- Komponen model hidrologi, yang digunakan adalah model hidrologi *specified hyetograph*, yaitu nilai curah hujan nya ditentukan dan diinput sendiri oleh pengguna (*user*) program.
- Komponen spesifikasi kontrol, yaitu mengatur mengatur kapan simulasi dimulai dan kapan berakhir serta mengatur interval waktu yang akan digunakan saat simulasi. Pada penelitian ini spesifikasi kontrol yang digunakan adalah tanggal mulai data yaitu 28 Oktober 2012 pukul 14:00 dan tanggal berakhir 29 Oktober 2012 pukul 22:00 serta interval waktu yang digunakan 1 jam.
- Komponen data masukan, yaitu data *time series* berupa data hujan jam-jaman dan data debit. Data hujan jam-jaman yang digunakan yaitu pada tanggal 28 Oktober 2012 dengan asumsi hujan terjadi selama 3 jam seperti terlihat pada Tabel 2 dan data debit yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanggal 28 Oktober 2012 pukul 14:00 – 29 Oktober 2012 pukul 22:00 seperti terlihat pada Tabel 3

Tabel 2 Data hujan jam-jaman stasiun Lubuk Bendahara

No	Tanggal	waktu	Curah Hujan (mm)
1	28/10/2012	15:00	12,48
2	28/10/2012	16:00	3,24
3	28/10/2012	17:00	2,28

Tabel 3 Data debit jam-jaman AWLR Lubuk Bendahara

No.	Tanggal	Waktu	Debit (m ³ /s)
1	28/10/2012	14:00	178,13
2	28/10/2012	15:00	179,60
3	28/10/2012	16:00	181,07
4	28/10/2012	17:00	189,96
5	28/10/2012	18:00	194,45
6	28/10/2012	19:00	198,98
7	28/10/2012	20:00	214,28
8	28/10/2012	21:00	228,35
9	28/10/2012	22:00	237,87
10	28/10/2012	23:00	242,67
11	29/10/2012	00:00	242,67
12	29/10/2012	01:00	242,67
13	29/10/2012	02:00	242,67
14	29/10/2012	03:00	233,09
15	29/10/2012	04:00	229,92
16	29/10/2012	05:00	225,20
17	29/10/2012	06:00	222,06
18	29/10/2012	07:00	218,94
19	29/10/2012	08:00	218,94
20	29/10/2012	09:00	211,19
21	29/10/2012	10:00	209,65
22	29/10/2012	11:00	203,53
23	29/10/2012	12:00	203,53
24	29/10/2012	13:00	194,45
25	29/10/2012	14:00	191,45
26	29/10/2012	15:00	186,98
27	29/10/2012	16:00	184,02
28	29/10/2012	17:00	179,60
29	29/10/2012	18:00	178,13
30	29/10/2012	19:00	172,30
31	29/10/2012	20:00	172,30
32	29/10/2012	21:00	163,67
33	29/10/2012	22:00	158,00

3.2.4 Proses Kalibrasi

Proses kalibrasi pada program HEC-HMS dilakukan untuk melihat kemiripan grafik debit hasil simulasi dengan grafik debit lapangan. Proses ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan *objective function* untuk melihat indikator kemiripan hasil berupa nilai debit, nilai volume dan nilai error *objective function* tersebut. Proses ini juga dilakukan secara berulang dan kontinue hingga

didapatkan nilai parameter yang mendekati kondisi lapangan.

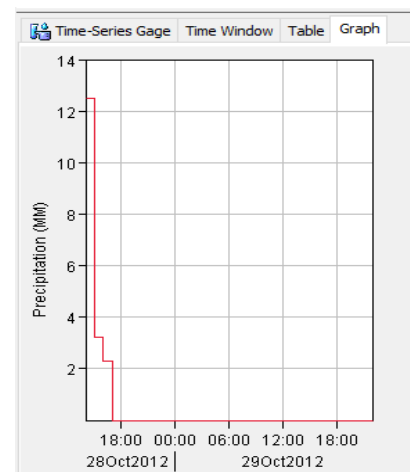
Tahapan dalam melakukan kalibrasi pada program HEC-HMS adalah :

- 1) membuat *optimization trial* yaitu sebuah toolbar untuk mengoptimasi semua nilai parameter ketika dilakukan proses kalibrasi.
- 2) menentukan metode *objective function* yang digunakan antara lain *Peak-Weighted RMS Error*, *Percent Error Peak* dan *Percent Error Volume*. Ketiga *objective function* ini digunakan secara bergantian satu persatu hingga didapatkan hasil simulasi yang mendekati hasil lapangan.
- 3) memilih parameter kalibrasi yang akan digunakan.
- 4) memasukkan nilai awal masing-masing parameter tersebut. Nilai awal parameter yang diinput harus berada dalam batasan nilai minimum dan maksimum yang tertera pada Tabel 1
- 5) melakukan *compute trial*
- 6) melihat nilai *objective function* yang dihasilkan saat kalibrasi. Jika nilai *objective function* yang dihasilkan sama atau mendekati nilai minimum nol (≈ 0), maka kalibrasi selesai. Namun, jika nilai *objective function* hasil kalibrasi masih jauh dari nilai minimum nol (≈ 0), maka kalibrasi dilanjutkan dengan mengganti salah satu atau beberapa nilai parameter hingga didapatkan hasil yang diinginkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Curah Hujan Stasiun Lubuk Bendahara

Curah hujan yang digunakan pada penelitian ini yaitu curah hujan jam-jaman pada Tabel 2. Curah hujan ini diinputkan kedalam program HEC-HMS hingga membentuk sebuah grafik seperti terlihat pada Gambar 4 berikut ini



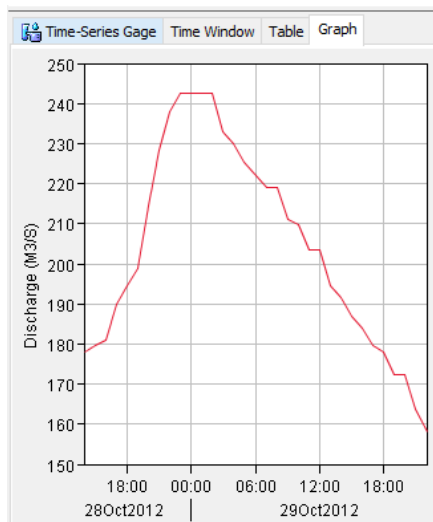
Gambar 4 Grafik data hujan jam-jaman pada program HEC-HMS

Besaran nilai hujan jam-jaman ini memberikan pengaruh kepada nilai debit yang akan dihasilkan pada suatu hidrograf muka air sungai. Hujan yang jatuh ke permukaan secara tidak langsung akan menambah nilai debit suatu aliran sungai. Semakin besar nilai curah hujan maka akan semakin besar pula nilai debit alirannya dan sebaliknya nilai hujan yang kecil akan hanya menambah sedikit ketinggian muka air pada suatu aliran sungai. Nilai curah hujan ini akan mengalami kehilangan air berupa infiltrasi dan perkolasi didalam tanah.

Nilai curah hujan yang diinputkan ke program HEC-HMS berguna untuk sebagai data masukan yang selanjutnya dilihat seberapa besar nilai kehilangan air dengan menggunakan parameter kalibrasi *loss model* berupa parameter *Initial and Constant - Constant Rate* dan *Initial and Constant - Initial Loss*.

4.2 Data Debit Lubuk Bendahara

Data debit yang digunakan pada penelitian ini yaitu data debit jam-jaman pada Tabel 3. data debit ini diinputkan kedalam program HEC-HMS hingga membentuk sebuah grafik seperti terlihat pada Gambar 5 berikut ini



Gambar 5 Grafik data debit jam-jaman pada program HEC-HMS

Grafik data debit jam-jaman Lubuk Bendahara ini digunakan sebagai data pembanding dengan grafik data debit hasil simulasi program HEC-HMS. Grafik debit hasil simulasi merupakan hasil kalibrasi berbagai parameter yang mempengaruhi kondisi aliran pada suatu DAS. Grafik ini diusahakan nilai dan besaran debit

puncaknya mendekati grafik debit pengamatan di lapangan.

4.3 Hasil Kalibrasi

Metode *Objective Function Peak-Weighted RMS Error*

Proses kalibrasi dengan menggunakan Metode *Objective Function Peak-Weighted RMS Error* mengacu pada nilai *RMS error* hasil kalibrasi, selisih volume dan selisih debit puncak. Nilai *RMS error* yang bagus ialah nilai yang mendekati nilai minimum atau mendekati nol, karena semakin kecil nilainya akan terlihat semakin mirip grafik debit hasil simulasi dengan grafik debit lapangan.

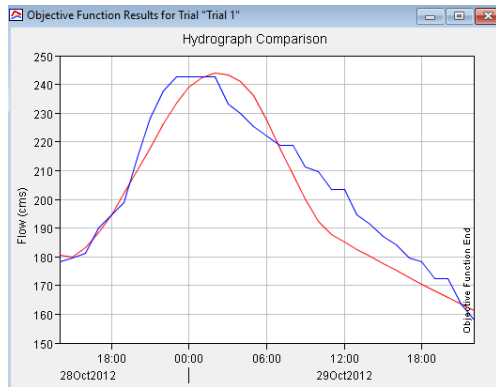
Kalibrasi pertama dilakukan dengan menggunakan nilai parameter dengan cara *full automatic* kalibrasi yaitu pada saat *running* semua parameter kalibrasi menjalani proses kalibrasi sehingga akan menghasilkan nilai yang optimal, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Nilai Parameter Hasil Kalibrasi Pertama

<i>Parameter</i>	<i>Initial Value</i>	<i>Optimized Value</i>
<i>Initial and Constant - Constant Rate</i>	6	5,5342
<i>Initial and Constant - Initial Loss</i>	11	9,0155
<i>Recession - Initial Discharge</i>	178,13	180,55
<i>Recession - Recession Constant</i>	0,65	0,71739
<i>Recession - Threshold Discharge</i>	125	189,19
<i>Clark Unit Hydrograph - Storage Coeficient</i>	12	9,9616
<i>Clark Unit Hydrograph - Time Of Concenration</i>	16	15,059

Perubahan nilai pada nilai optimal (*optimized value*) hasil kalibrasi pertama ini menunjukkan rasio konstan kehilangan air nya sebesar 5,5342 mm/hr dengan nilai kehilangan air diawal sebesar 9,0155 mm. Nilai ini tidak jauh berbeda dari nilai awal parameternya yaitu sebesar 6 mm/hr dan 11 mm. Begitu juga dengan nilai debit awal (*initial discharge*) dari nilai awal 178,13 m³/det setelah dilakukan kalibrasi menjadi 180,55 m³/deet. Perubahan nilai yang signifikan terdapat pada parameter *Recession - Threshold Discharge* dari nilai awalnya 125 m³/detik setelah dilakukan kalibrasi menjadi 189,19 m³/detik.

Perubahan nilai yang signifikan ini mengakibatkan grafik hasil simulasi pada titik akhir penurunan hidrograf menjauh dan terdapat celah apabila dibandingkan dengan grafik debit lapangan seperti terlihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6 Grafik perbandingan debit lapangan dengan debit simulasi hasil kalibrasi pertama program HEC-HMS

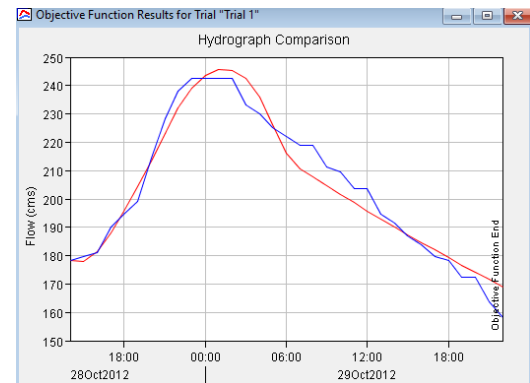
Hasil kalibrasi pertama juga menunjukkan nilai *objective function RMS error* sebesar 8,74, nilai selisih volume sebesar -2,05% dan selisih debit puncak sebesar 0,5%. Nilai ini menunjukkan bahwa kalibrasi pertama yang dilakukan belum maksimal karena nilai *objective function* nya belum mendekati nilai minimum (≈ 0) sehingga diperlukan kalibrasi kedua

Kalibrasi kedua dilakukan dengan menggunakan *optimized value* hasil kalibrasi pertama untuk empat parameter kalibrasi awal menjadi nilai awal (*initial value*) pada kalibrasi kedua. Nilai ini dipilih karena perubahan nilai pada kalibrasi sebelumnya tidak mempengaruhi grafik secara signifikan. Namun untuk parameter yang lain dimasukkan nilai yang berbeda dari *optimized value* hasil kalibrasi pertama. Nilai parameter *Recession - Threshold Discharge* diubah menjadi 209,59 m³/detik, kemudian nilai parameter *Storage Coefficient* diubah menjadi 10,217 hr dan nilai parameter *Time Of Concentration* (waktu yang diperlukan untuk menuju puncak debit aliran) diubah menjadi 13,904 hr. Cara ini dilakukan untuk memperkecil nilai *objective function RMS error* dan merubah lengkung pada titik akhir penurunan hidrograf mendekati kondisi grafik debit lapangan. Hasil kalibrasi kedua dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Nilai Parameter Hasil Kalibrasi Kedua

Parameter	Initial Value	Optimized Value
Initial and Constant - Constant Rate	5,5342	5,5586
Initial and Constant - Initial Loss	9,0155	9,0355
Recession - Initial Discharge	180,55	178,21
Recession - Recession Constant	0,71739	0,70307
Recession - Threshold Discharge	209,59	212,67
Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	10,217	10,023
Clark Unit Hydrograph - Time Of Concentration	13,904	13,575

Nilai parameter hasil kalibrasi kedua ini menunjukkan nilai parameter awal mengalami perubahan. Perubahan nilai awal parameter yang dilakukan menyebabkan grafik debit simulasi semakin bagus dan mendekati grafik debit pengamatan di lapangan apabila dibandingkan dengan kalibrasi petama. Pada penurunan akhir hidrograf perlahan sudah terlihat mendekati grafik debit lapangan, namun pada bagian puncak grafik masih ada sedikit celah dan adanya perbedaan nilai debit puncak seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik perbandingan debit lapangan dengan debit simulasi hasil kalibrasi kedua program HEC-HMS

Hasil *objective function* kalibrasi kedua ini juga menunjukkan peningkatan yang lebih bagus terkait nilai *objective function RMS error* sebesar 5,22, persen perubahan volume 0,31%. Akan tetapi grafik puncak grafik simulasi dengan grafik debit lapangan belum maksimal dengan persen perubahan debit puncak sebesar 1,2% sehingga diperlukan kalibrasi ketiga.

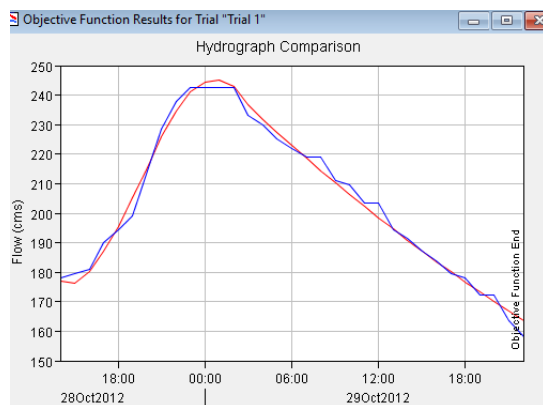
Pada kalibrasi ketiga ini, fokus utamanya adalah menurunkan nilai *objective function RMS error* hingga mendekati nilai minimum serta grafik simulasi mendekati grafik debit lapangan terutama di bagian puncak grafik. Metode yang dilakukan pada tahap ini yaitu *full automatic calibration* yaitu semua parameter menjalani proses kalibrasi dengan nilai yang digunakan *trial and error* seperti terlihat pada Tabel 6

Tabel 6. Nilai Parameter Hasil Kalibrasi Kedua

Parameter	Initial Value	Optimized Value
Initial and Constant - Constant Rate	5,5295	5,5295
Initial and Constant - Initial Loss	8,9946	8,9946
Recession - Initial Discharge	177,16	177,16
Recession - Recession Constant	0,62851	0,62851
Recession - Threshold Discharge	235,73	235,73
Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	9,5543	9,5543
Clark Unit Hydrograph - Time Of Concentration	12,848	12,848

Hasil parameter kalibrasi kehilangan air awal (*Initial Loss*) sebesar 8,9946 mm dari nilai curah hujan awal sebesar 18 mm. Kehilangan air ini terjadi pada proses infiltrasi dan perkolasi yang meresap ke dalam lapisan tanah. Kemudian koefisien penyimpanan (*Storage Coeficient*) sebesar 9,5543 jam dari saat hujan turun ke permukaan tanah serta waktu yang dibutuhkan untuk mencapai debit puncak aliran (*Time Of Concenration*) sebesar 12,848 jam. Nilai ini tidak jauh berbeda dari nilai *Time Of Concenration* debit lapangan yaitu sekitar 9-12 jam.

Hasil kalibrasi ketiga ini menunjukkan *initial value = optimized value*. Hasil kalibrasi ini juga menunjukkan hasil yang maksimal karena tidak terdapat lagi perubahan nilai parameter saat proses kaliibrasi. Nilai *objective function RMS error* yang dihasilkan yaitu sebesar 2,57 dan nilai selisih volume sebesar -0,09% serta nilai selisih debit puncak sebesar 1,1%. Begitu juga grafik simulasi sudah mendekati grafik debit lapangan seperti terlihat pada Gambar 8



Gambar 8 Grafik perbandingan debit lapangan dengan debit simulasi hasil kalibrasi ketiga program HEC-HMS

5. SARAN DAN KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah hasil kalibrasi metode transformasi *Clark Unit Hydrograph* dengan metode *objective function Peak-Weighted RMS Error* diperoleh nilai RMS error 2,57, nilai selisih volume -0,09% dan nilai selisih debit puncak 1,1%.

6. DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2013). Banjir Rohul Rendam 2.505 Rumah Penduduk. <http://m.jpnn.com/news/banjir-rohul-rendam-2505-rumah-penduduk>, diakses pada 22 Mei 2017, pukul 22.05 wib.

- Asdak. (1995). *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadj Mada Universitas Press.
- Indarto. (2015). *Hidrologi: Metode Analisis dan Tool untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai*. https://www.researchgate.net/publication/311068585_Hidrologi_Metode_Analisis_dan_Tool_untuk_Interpretasi_Hidrograf_Aliran_Sungai, diakses pada 15 Oktober 2018, pukul 14.30 wib.
- M. Fleming and T. Brauer. (2016). *HEC HMS Quick Start Guide*. USA: U.S Army CEIWR-HEC.
- Permatasari, Y. D. (2016). *Kalibrasi Satu dan Dua Parameter Pada Debit Banjir di Sub-DAS Rokan Menggunakan Program HEC-HMS*. https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEK_NIK/article/view/11815, diakses 24 Mei 2017, pukul 00.39 wib.
- Risyanto. (2007). *Aplikasi HEC-HMS untuk Perkiraan Hidrograf Aliran di DAS Ciliwung Bagian Hulu*. Bogor. <https://core.ac.uk/download/pdf/32349088.pdf> diakses 24 Mei 2017, pukul 00.51 wib.
- Sujono, J. (2008). *Petunjuk Singkat Aplikasi HEC-HMS versi 3.2*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gadj Mada.
- Suripin. (2003). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triesnawati, H. (2006). *AWLR (Automatic Water Level Recorder) Basis Kalkulator Printing*. Bogor: Departemen Geofisika dan Meteorologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB.
- Tunas, G. (2005). Kalibrasi Parameter Model HEC-HMS untuk Menghitung Aliran Banjir DAS Bengkulu. *Majalah Ilmiah Mektek*.
- USACE. (2000). *Technical Reference Manual*. USA: U.S Army CEIWR HEC.
- Yuliar, I. D. (2015). *Optimasi Parameter Model Clark Unit Hydrograph Pada DAS Deluang dan Lobawang*. <http://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/67181/IRDHI%20DWIE%20YULIAR131910301121.pdf?sequence=1> diakses 24 Mei 2017, pukul 00.45 wib.