

SENSITIVITAS HIDROGRAF SATUAN DI SUNGAI BATANG LUBUH DENGAN MENGGUNAKAN HIDROGRAF SATUAN SINTETIK CLARK DALAM HEC-HMS

Isdianto¹⁾, Yohanna Lilis Handayani²⁾, Bambang Sujatmoko³⁾

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau¹⁾

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau^{2,3)}

Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: isdianto@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The method transforming of rain in HEC-HMS when applied on a DAS, it will show a different response in accordance with the selected method. Therefore it needs to known about the best transforming for sub DAS Rokan Kanan. Process on HEC-HMS program among others input data and calibration. Calibration process has six method Recession – Ratio to Peak, Clark Unit Hydrograph Time Of Concentration, Recession – Initial Discharge, Recession – Recession Constant, Clark Unit Hydrograph – Storage Coefficient, and Initial and Constan-Constan Rate. Objective function which used are Peak-Weighted RMS Error, Percent Error Peak, Percent Error Volume. The result of calibration Peak-Weighted RMS Error method=58.48. Percent Error Peak method = 1.11 and Percent Error Volume method= 0.00. Sensitivity of changes peak discharge and changes volume at parameter Initial and Constan-Constan Rate and Recession-Recession Constant with each changes presentation -76,15% and 77,70%.

Keywords: hydrological modeling, unit hydrograph, sensitivity, hec-hms

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Banjir merupakan permasalahan yang sering terjadi diberbagai daerah, oleh karena itu berbagai macam pemodelan hidrologi yang menerangkan proses perubahan masukan hujan menjadi debit pada suatu daerah aliran sungai (DAS) telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modelling System*). HEC-HMS merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk mensimulasikan proses hujan-aliran/limpasan (*rainfall-runoff*) pada suatu sistem tangkapan hujan atau daerah aliran sungai (DAS). Dalam HEC-HMS terdapat tujuh metode tranformasi hujan, berdasarkan data yang diperoleh hanya ada dua metode transformasi hujan yang dapat digunakan

untuk penelitian yaitu *Snyder Unit Hydrograph* dan *Clark Unit Hydrograph*. Penelitian dengan metode *Snyder Unit Hydrograph* telah dilakukan oleh Prayudi (2016) di sub-Das Rokan kanan. Penelitian tersebut menggunakan enam paramter kalibrasi yaitu *Recession-Ratio to Peak*, *Snyder Unit Hydrograph – Standar Lag*, *Recession – Initial Discharge*, *Recession – Recession Constant*, *Snyder Unit Hydrograph Peaching Coefient*, *Initial and Constan – Constan Rate* dengan tiga parameter *Objective Function* yaitu *Peak – Weighted Roof Mean Square Error*, *Percent Error Peak*, dan *Percent Error Volume*. Penelitian tugas akhir ini hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Prayudi (2016), yaitu pemodelan hidrologi dengan menggunakan aplikasi HEC-HMS. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian

Prayudi (2016) adalah metode transformasi dan parameter kalibrasi yang digunakan, untuk *Objective Function* yang digunakan adalah sama. Metode transformasi hujan yang digunakan adalah *Clark Unit Hydrograph* dengan enam parameter kalibrasi yaitu *Recession – Ratio to Peak*, *Clark Unit Hydrograph Time Of Concentration*, *Recession – Initial Discharge*, *Recession – Recession Constant*, *Clark Unit Hydrograph – Storage Coefficient*, dan *Initial and Constant Rate*.

2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keunggulan antara metode *Clark Unit Hydrograph* dengan *Snyder Unit Hydrograph* pada sub-DAS Rokan kanan. Dari perbandingan metode tersebut dapat diketahui metode yang mempunyai nilai *Objective Function* lebih kecil merupakan metode yang lebih unggul.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses perpindahan air secara terus menerus dari samudera ke atmosfer, ke tanah dan kembali lagi ke laut. Secara sederhana, siklus ini dimulai dengan penguapan air dari laut dalam kondisi tertentu, uap tersebut terkondensasi membentuk awan yang pada akhirnya dapat menghasilkan presipitasi (*Viessman et al*, 1977).

2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung – punggung gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh didaerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama. Daerah aliran sungai dapat ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis – garis kontur (Bambang triadmodjo).

3. Debit

Menurut Triatmodjo, 1998 Debit adalah jumlah air yang mengalir melalui tampang lintang sungai tiap satu satuan waktu, yang dinyatakan dalam (m^3/d).

Perhitungan nilai debit dilakukan dengan menggunakan lengkung debit di Stasiun Pasir Pangaraian, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Prayudi, 2016) :

$$Q = 47,662 \times (H - 0,140)^{1,95} \dots\dots\dots 1$$

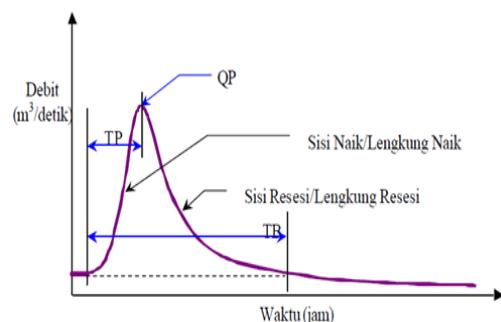
dengan :

Q = debit (m^3/s)

H = tinggi elevasi (m)

4. Hidrograf

Seyhan (1977), *Viessman et al. (1989)* dan *Sri Harto (1993)* membagi hidrograf menjadi tiga bagian yaitu sisi naik (*Rising limb*), puncak (*crest*), dan sisi resesi (*recession limb*). Dalam komponen hidrologi bentuk hidrograf dapat ditandai dari tiga sifat pokoknya, yaitu waktu yang diperlukan untuk mencapai laju aliran puncak (TP), debit puncak (QP), dan waktu dasar (TB).



Gambar 1. Bentuk Hidrograf

Sumber : Slamet (2006)

5. Program Hidrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling Sistem (HEC-HMS)

HEC-HMS merupakan salah satu program pemodelan sistem hidrologi yang dimiliki *US Army Corps of Engineers (USACE)* dan dibangun oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* sebagai pengganti dari program *HEC-1*. HEC-HMS didesain untuk mensimulasi respon limpasan permukaan dari suatu DAS akibat

input curah hujan dengan merepresentasikan DAS sebagai suatu system hidrologi dengan komponen-komponen hidrolika yang saling berhubungan (*topologic tree diagram*). Hasil luaran program adalah perhitungan hidrograf aliran sungai pada lokasi yang dikehendaki dalam DAS (USACE 2000).

6. Loss model

Bagian dari presipitasi yang hilang akibat infiltrasi, intersepsi, evaporasi dan bentuk kehilangan (*precipitation loss*) lainnya sebelum menjadi limpasan dianalisis dalam loss model. Pada dasarnya perhitungan loss model bertujuan untuk mencari curah hujan efektif, yaitu curah hujan yang menyebabkan terjadinya limpasan. Metode yang akan digunakan dalam pemodelan ini sebaiknya disesuaikan dengan penerapan metode yang sesuai dengan ketersediaan data pada daerah tersebut.

7. Transform (Transformasi hidrograf satuan)

Metode transformasi hujan – aliran untuk menentukan hidrograf satuan dalam program HEC-HMS yaitu: *Clack Unit Hydrograph, Kinematik Wave, Modclark, SCS Unit Hydrograph, Synder Unit Hydrograph, User – Spesicified S-Graph*, dan *User – Specifies Unit Hydrograph*. Berdasarkan data yang ada, metode yang dapat dilakukan untuk penelitian ini yaitu *Clark Unit Hydrograph* dan *Synder Unit Hydrograph*.

Clark Unit Hydrograph mendasarkan pada metode penampungan yang menyatakan bahwa hujan menjadi limpasan langsung dapat dimodifikasi menjadi hidrograf satuan oleh dua faktor yang terjadi secara berurutan yaitu perpindahan volume air hujan yang jatuh pada suatu DAS yang mengalir menuju keluaran DAS mengikuti waktu perjalanannya dan volume air yang menuju keluaran DAS tersebut mengalir secara bertahap. (Wilson,1979).

Bentuk hidrograf satuan sintetik Clark pada dasarnya ditentukan berdasarkan parameter waktu konsentrasi (t_c), koefisien simpanan DAS (R) dan diagram luas-waktu. *Johnstone and Cross* (1949, dalam *USACE* 2000) mengenalkan salah satu persamaan untuk mencari waktu konsentrasi (jam):

$$t_c = 5,0 (L_{ms}/\sqrt{ars})^{0,5} \dots\dots\dots 2$$

dengan :
 t_c = waktu konsentrasi,
 L_{ms} = panjang sungai utama (mil), dan
 ars = adalah kemiringan saluran atau *slope channel* (ft/mil).

8. Base Flow

Dua komponen utama penyusun hidrograf aliran di saluran (sungai) adalah limpasan langsung dan aliran dasar (*Base flow*). Aliran dasar (*Base flow*) adalah aliran air yang tertahan berdasarkan curah hujan sebelumnya yang tertampung sementara di dalam tanah dan selalu tersedia setiap saat. Metode untuk menentukan aliran dasar dalam program HEC-HMS yaitu: *Boundedrecession, Constant Monthly, Reservoir, Nonlinier Boussinesq, Recessio*n. Pada penelitian ini akan digunakan model resesi eksponensial (*exponential recession model*). Parameter yang digunakan dalam model resesi ini adalah *Initial Discharge, Recessio*n Constant, dan *Tresho*ld Ratio to Peak.

9. Pemodelan Hidrologi dengan Program HEC-HMS

Pemodelan hidrologi menggunakan program HEC-HMS dengan data yang dipakai sebagai masukan adalah data hujan dan data debit, untuk interval waktunya disesuaikan dengan data yang ada. Tahapan pemodelan ini terdiri dari beberapa komponen hidrologi yang akan dibuat pada program, antara lain *Basin model, Meteorologic model, Control specification, dan Time-Series data*, setelah semua komponen tersebut selesai, tahapan selanjutnya adalah melakukan *Simulation*

Run, setelah tidak terjadi error pada saat proses *Simulation Run*.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Sub-DAS Rokan kanan Stasiun debit Pasir Pangaraian. Secara administrasi terletak di Provinsi Riau, Kabupaten Rokan Hulu, Kecamatan Rambah dengan letak geografis 00°54' 00" LS dan 101°11' 00" BT.

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data lapangan dan data satelit tahun 2012. Adapun hal yang menyebabkan digunakannya data tahun 2012 karena data tersebut merupakan data debit puncak tertinggi. Data yang digunakan dari data satelit tahun 2012 tersebut merupakan data hujan jam-jaman guna untuk meningkatkan ketelitian dalam perhitungan aplikasi HEC-HMS. Data-data tersebut merupakan data sekunder, karena didapat dari data penelitian Fitriani (2015).

2. Data debit

Data yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau dalam bentuk grafik elevasi AWLR dengan satuan sentimeter, kemudian data tersebut dikonversi ke dalam satuan meter dan diubah menjadi data debit dengan memasukkan nilai elevasi ke dalam rumus lengkung debit.

3. Data hujan

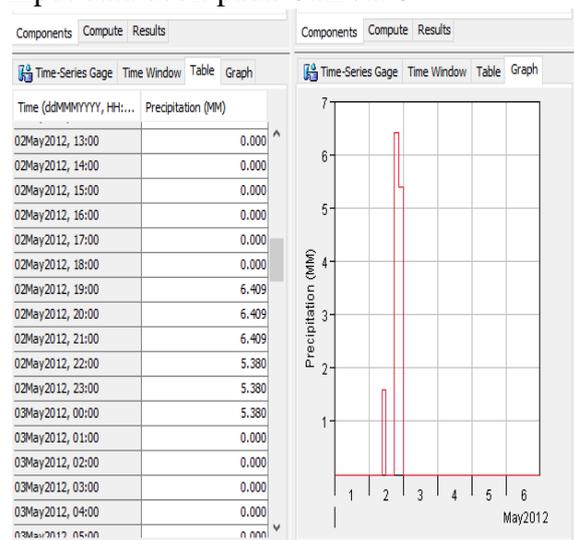
Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit GSMaP_NRT dengan periode (01 Mei 2012 – 06 Mei 2012). Data hujan ini dipilih karena menyesuaikan dengan data debit puncak dilapangan, debit puncak yang tercatat dilapangan pada tanggal 03 Mei 2012, jadi data hujan yang dipilih data yang waktunya berdekatan dengan debit puncak di lapangan.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

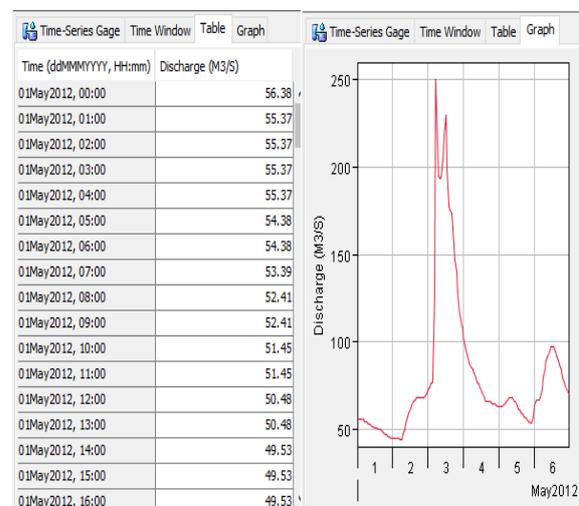
1. Pemodelan Hidrologi Dengan Program

HEC-HMS

Pemodelan Hidrologi dalam program HEC-HMS menggunakan masukan data hujan, pada penelitian ini menggunakan data hujan satelit GSMaP_NRT selama enam hari (Periode 01 Mei 2012 pukul 00:00 sampai dengan 06 Mei 2012 pukul 23:00). Waktu ini dipilih karena data debit tertinggi yang ada dilangan terdapat pada rentang waktu tersebut. Tampilan input data hujan dan tampilan grafik kedalaman hujan dapat dilihat pada Gambar 2 dan tampilan input data debit pada Gambar 3.



Gambar 2. Tampilan input data hujan dan grafik kedalaman hujan



Gambar 3. Tampilan input data debit dan grafik data debit

Skema awal untuk kalibrasi dilakukan berdasarkan parameter yang terdapat pada

Bassin-1 yang terdiri dari *Subbasin-1* dan *Sink-1*. Dalam elemen *Subbasin-1* terdapat parameter *Loss*, *Transform* dan *Baseflow* sebagai langkah awal untuk proses kalibrasi.

2. Hasil Kalibrasi

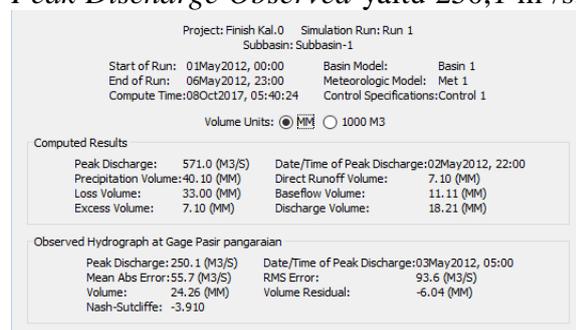
1. Metode *Objective Function Peak-Weighted RMS Error*

Tahapan kalibrasi yang pertama yaitu menggunakan Metode *Objective Function Peak-Weighted Root Mean Square Error*. Untuk nilai awal (Tabel 1) merupakan nilai asumsi dan selanjutnya akan dilakukan proses kalibrasi.

Tabel 1. Parameter kalibrasi dan Nilai Asumsi Awal

No	Element	Parameter kalibrasi	Nilai kalibrasi Asumsi Awal
1	<i>Subbasin 1</i>	<i>Recession-Ratio to Peak</i>	0,2
2	<i>Subbasin 1</i>	<i>Clark Unit Hydrograph – Time Of Concentration</i>	1,5
3	<i>Subbasin 1</i>	<i>Recession-Initial Discharge</i>	29
4	<i>Subbasin 1</i>	<i>Recession – Recession Constant</i>	0,6
5	<i>Subbasin 1</i>	<i>Clark Unit Hydrograph – Storage Coefficient</i>	2
6	<i>Subbasin 1</i>	<i>Initial and Constan-Constan Rate</i>	5

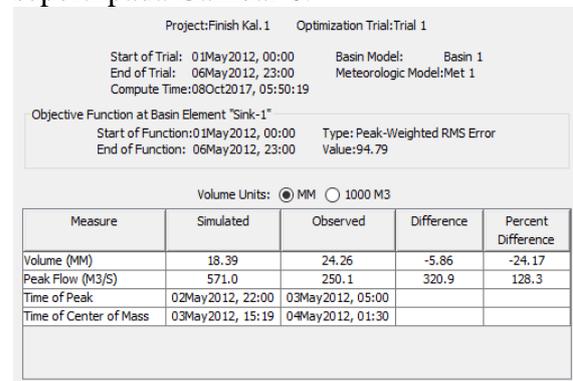
Hasil dari nilai asumsi awal dapat dilihat pada Gambar 4, untuk *Peak Discharge Simulation* yaitu 571,0 m³/s dan *Peak Discharge Observed* yaitu 250,1 m³/s.



Gambar 4. Hasil Asumsi awal nilai kalibrasi

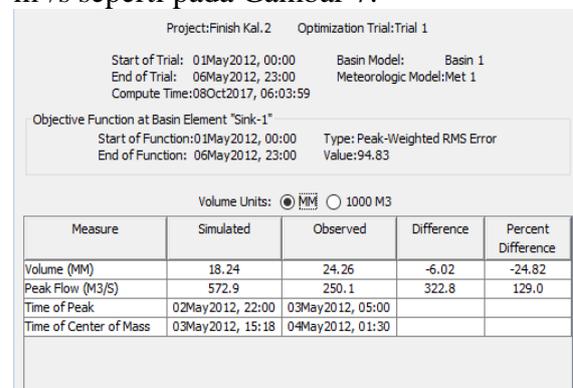
Hasil tersebut memiliki selisih nilai yang cukup besar, oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan nilai yang mendekati atau sama dengan nilai observasi, kalibrasi selanjutnya yaitu pada kalibrasi pertama.

Kalibrasi pertama yaitu pada parameter *Recession-Ratio to Peak* dengan membuka *Locked*, “Yes” menjadi “No” pada *Watershed Explorer* dengan nilai tetap 0,2. Nilai *Optimized Value* yaitu 0,20395 dan menghasilkan nilai *Peak – Weighted RMS Error* 94,79. Untuk nilai *Percent Difference Volume* -24,17 mm dan nilai *Percent Difference Peak Flow* 128,3 m³/s seperti pada Gambar 6.



Gambar 5. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak

Kalibrasi kedua yaitu mengubah nilai parameter *Clark Unit Hydrograph – Time Of Concentration* dari nilai awal 1,5 menjadi 1,97, sedangkan nilai pada parameter lainnya tetap. Nilai *Optimized Value* yaitu 2,0 menghasilkan nilai *Peak – Weighted RMS Error* 94, 83. Untuk nilai *Percent Difference Volume* -24,82 mm dan nilai *Percent Difference Peak Flow* 129,0 m³/s seperti pada Gambar 7.



Gambar 6. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak

Kalibrasi ketiga yaitu dengan mengubah nilai parameter *Recession-Initial*

Discharge dari nilai awal 29 menjadi 60 sedangkan nilai pada parameter lainnya tetap. Nilai *Optimized Value* yaitu 55,342 menghasilkan nilai *Peak – Weighted RMS Error* 95,12. Untuk nilai *Percent Difference Volume* -16,90 mm dan nilai *Percent Difference Peak Flow* 133.0 m³/s seperti pada Gambar 7.

Project: Finish Kal.3 Optimization Trial: Trial 1

Start of Trial: 01May2012, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Trial: 06May2012, 23:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 08Oct2017, 06:39:46

Objective Function at Basin Element "Sink-1"
 Start of Function: 01May2012, 00:00 Type: Peak-Weighted RMS Error
 End of Function: 06May2012, 23:00 Value: 95.12

Volume Units: MM 1000 M3

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	20.16	24.26	-4.10	-16.90
Peak Flow (M3/S)	582.8	250.1	332.7	133.0
Time of Peak	02May2012, 22:00	03May2012, 05:00		
Time of Center of Mass	03May2012, 11:53	04May2012, 01:30		

Gambar 7. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak

Kalibrasi keempat dengan mengubah nilai parameter *Recession – Recession Constant* dari nilai awal 0.6 menjadi 0,7 sedangkan nilai pada parameter lainnya tetap. Nilai *Optimized Value* yaitu 0,71261 menghasilkan nilai *Peak – Weighted RMS Error* 92,86. Untuk nilai *Percent Difference Volume* -2,47 mm dan nilai *Percent Difference Peak Flow* 136,2 m³/s seperti pada Gambar 8.

Project: Finish Kal.4 Optimization Trial: Trial 1

Start of Trial: 01May2012, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Trial: 06May2012, 23:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 08Oct2017, 07:04:54

Objective Function at Basin Element "Sink-1"
 Start of Function: 01May2012, 00:00 Type: Peak-Weighted RMS Error
 End of Function: 06May2012, 23:00 Value: 92.86

Volume Units: MM 1000 M3

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	23.66	24.26	-0.60	-2.47
Peak Flow (M3/S)	590.9	250.1	340.8	136.2
Time of Peak	02May2012, 22:00	03May2012, 05:00		
Time of Center of Mass	03May2012, 16:21	04May2012, 01:30		

Gambar 8. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak

Kalibrasi kelima yaitu dengan mengubah nilai parameter *Clark Unit*

Hydrograph – Storage Coeficient dari nilai awal 2,0 menjadi 2,95 sedangkan nilai pada parameter lainnya tetap. Nilai *Optimized Value* yaitu 3,0070 menghasilkan nilai *Peak – Weighted RMS Error* 87, 65. Untuk nilai *Percent Difference Volume* -11,57 mm dan nilai *Percent Difference Peak Flow* 96,3 m³/s seperti pada Gambar 9.

Project: Finish Kal.5 Optimization Trial: Trial 1

Start of Trial: 01May2012, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Trial: 06May2012, 23:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 02Oct2017, 21:28:40

Objective Function at Basin Element "Sink-1"
 Start of Function: 01May2012, 00:00 Type: Peak-Weighted RMS Error
 End of Function: 06May2012, 23:00 Value: 87.65

Volume Units: MM 1000 M3

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	21.45	24.26	-2.81	-11.57
Peak Flow (M3/S)	491.0	250.1	240.9	96.3
Time of Peak	02May2012, 22:00	03May2012, 05:00		
Time of Center of Mass	03May2012, 14:50	04May2012, 01:30		

Gambar 9. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak

Kalibrasi keenam yaitu dengan mengubah nilai *Initial and Constan-Constan Rate* dari nilai awal 5,0 menjadi 6,0 sedangkan nilai pada parameter lainnya tetap. Nilai *Optimized Value* yaitu 5,5862 menghasilkan nilai *Peak – Weighted RMS Error* 77,27. Untuk nilai *Percent Difference Volume* -36,01 mm dan nilai *Percent Difference Peak Flow* 32,4 m³/s seperti pada Gambar 10.

Project: Finish Kal.6 Optimization Trial: Trial 1

Start of Trial: 01May2012, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Trial: 06May2012, 23:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 02Oct2017, 21:31:14

Objective Function at Basin Element "Sink-1"
 Start of Function: 01May2012, 00:00 Type: Peak-Weighted RMS Error
 End of Function: 06May2012, 23:00 Value: 77.27

Volume Units: MM 1000 M3

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	15.52	24.26	-8.74	-36.01
Peak Flow (M3/S)	331.2	250.1	81.1	32.4
Time of Peak	02May2012, 22:00	03May2012, 05:00		
Time of Center of Mass	03May2012, 11:32	04May2012, 01:30		

Gambar 10. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak

Kalibrasi ketujuh yaitu mengkalibrasi tiga paramater, ketiga parameter tersebut

adalah *Recession-Ratio to Peak* dengan membuka Locked, “Yes” menjadi “No” pada watershed Explorer dengan nilai tetap yaitu 0,20395, *Recession – Recession Constant* dengan nilai tetap yaitu 0,71261, dan parameter *Initial and Constan-Constan Rate* dengan nilai awal yaitu 5,5862 menjadi 8,0. Kalibrasi pada parameter *Recession-Ratio to Peak* dengan nilai *Optimized Value* 0,20099, parameter *Recession – Recession Constant* dengan nilai *Optimized Value* 1,0, dan parameter *Initial and Constan-Constan Rate* dengan nilai *Optimized Value* 18,163 menghasilkan nilai *Peak – Weighted RMS Error* 61,72. Untuk nilai *Percent Difference Volume* yaitu -23,29 mm dan nilai *Percent Difference Peak Flow* -32,7 m³/s seperti pada Gambar 11.

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	18.61	24.26	-5.65	-23.29
Peak Flow (M3/S)	168.3	250.1	-81.8	-32.7
Time of Peak	03May2012, 00:00	03May2012, 05:00		
Time of Center of Mass	03May2012, 20:55	04May2012, 01:30		

Gambar 11. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak

Kalibrasi kedelapan yaitu mengkalibrasi parameter *Recession-Ratio to Peak* dengan nilai yang sama yaitu 0,20099 dan parameter *Recession – Recession Constant* dengan nilai yang sama yaitu 1,0, hanya mengubah atau membuka Locked dari “Yes” menjadi “No” pada *Watershed Explorer*. Selain itu, pada kalibrasi kedelapan ini juga merubah nilai *Impervious* pada komponen *Loss* dari 5% menjadi 8,5%. Kalibrasi pada parameter *Recession-Ratio to Peak* dengan nilai *Optimized Value* 0,20099, *Recession – Recession Constant* dengan nilai *Optimized Value* 1,0 dan *Impervious* 8,5% menghasilkan nilai *Peak – Weighted RMS*

Error 65,07. Untuk nilai *Percent Difference Volume* yaitu 17,50 mm dan nilai *Percent Difference Peak Flow* -1,1 m³/s seperti pada Gambar 12.

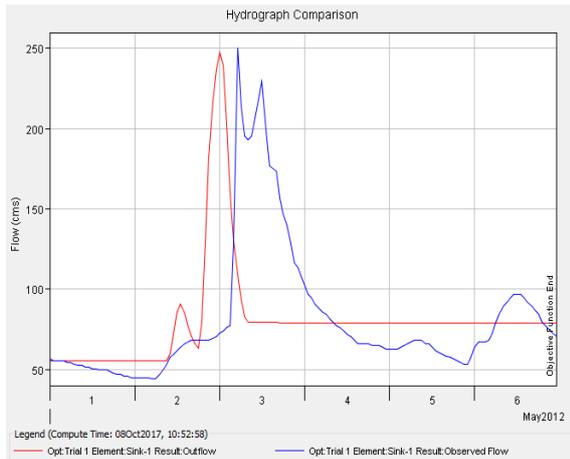
Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	20.01	24.26	-4.25	-17.50
Peak Flow (M3/S)	247.3	250.1	-2.8	-1.1
Time of Peak	03May2012, 00:00	03May2012, 05:00		
Time of Center of Mass	03May2012, 19:25	04May2012, 01:30		

Gambar 12. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak

Kalibrasi kesembilan hanya satu parameter yang dikalibrasi yaitu *Recession-Ratio to Peak* karena hanya parameter tersebut yang berpeluang untuk mendapatkan nilai *Percent Difference Volume* menjadi 0,00. Parameter *Recession-Ratio to Peak* dikalibrasi dari nilai 0,20099 menjadi 0,3157. Nilai *Optimized Value* yaitu 0,32167, mendapatkan nilai *Peak – Weighted RMS Error* 58,48. Untuk nilai *Percent Difference Volume* sudah optimal yaitu 0,00 mm dan nilai *Percent Difference Peak Flow* -1,1 m³/s seperti pada Gambar 12.

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	24.26	24.26	0.00	0.00
Peak Flow (M3/S)	247.3	250.1	-2.8	-1.1
Time of Peak	03May2012, 00:00	03May2012, 05:00		
Time of Center of Mass	04May2012, 01:12	04May2012, 01:30		

Gambar 12. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak



Gambar 13. Grafik perbandingan debit terukur dengan debit terhitung

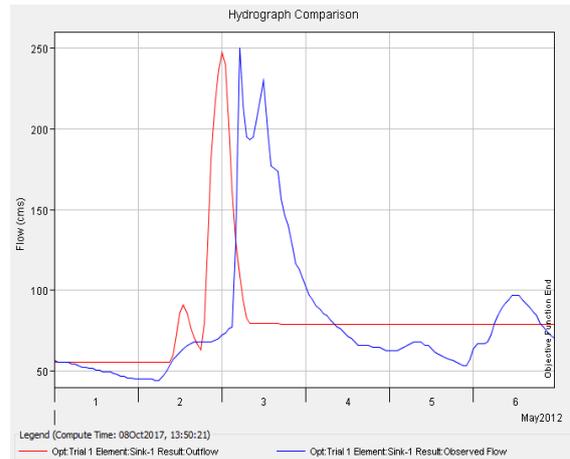
Grafik pada Gambar 13 menunjukkan nilai *Peak flow Simulated* 247,3 m³/s sedangkan nilai *Observed* yaitu 250,1 m³/s, nilai tersebut sudah optimal karena nilai *Percent Difference Volume* sudah mendapatkan nilai 0,00.

2. Metode *Objective Function Percent Error Peak*

Kalibrasi metode *Objective Function Percent Error Peak* menggunakan nilai hasil kalibrasi kesembilan. Hasil dari *Objective Function Percent Error Peak* yaitu 1,11. Untuk nilai *Percent Difference Volume* yaitu 0,00 mm dan nilai *Percent Difference Peak Flow* -1,1 m³/s seperti pada Gambar 14. Nilai yang dihasilkan pada *Objective Function Percent Error Peak* sama dengan nilai yang dihasilkan pada *Objective Function Peak – Weighted RMS Error*.

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	24.26	24.26	0.00	0.00
Peak Flow (M3/S)	247.3	250.1	-2.8	-1.1
Time of Peak	03May2012, 00:00	03May2012, 05:00		
Time of Center of Mass	04May2012, 01:12	04May2012, 01:30		

Gambar 14. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak



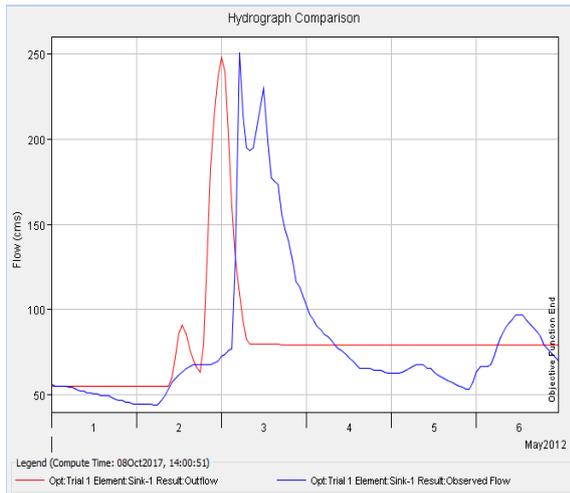
Gambar 15. Grafik perbandingan debit terukur dengan debit terhitung

3. Metode *Objective Function Percent Error Volume*

Kalibrasi metode *Objective Function Percent Error Volume* juga menggunakan nilai hasil kalibrasi kesembilan. Hasil kalibrasi *Objective Function Percent Error Volume* mendapatkan nilai *Percent Difference Volume* 0,00. Untuk nilai *Percent Difference Peak Flow* yaitu -1,1 m³/s, nilai *Percent Error Volume* nya yaitu 0,00 mm, dan hasil *Peak flow Simulated* 247,3 m³/s sedangkan *Observed* yaitu 250,1 m³/s. Nilai yang dihasilkan pada *Objective Function Percent Error Volume* sama juga dengan nilai yang dihasilkan pada *Objective Function Peak – Weighted RMS Error* seperti pada Gambar 16 yaitu selisih volume, debit puncak, waktu puncak dan Gambar 17 Grafik perbandingan debit terukur dengan debit terhitung.

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	24.26	24.26	0.00	0.00
Peak Flow (M3/S)	247.3	250.1	-2.8	-1.1
Time of Peak	03May2012, 00:00	03May2012, 05:00		
Time of Center of Mass	04May2012, 01:12	04May2012, 01:30		

Gambar 16. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak



Gambar 17. Selisih Volume, Debit Puncak, dan Waktu Puncak

3. Sensitivitas

Nilai yang diperoleh pada setiap parameter merupakan nilai dari proses kalibrasi. Dalam proses kalibrasi terdapat perubahan – perubahan nilai pada setiap parameter. Perubahan nilai parameter tersebut, masing – masing mempunyai nilai sensitivitas yang berbeda, untuk mengetahui sensitivitas nilai pada setiap parameter maka dilakukan perhitungan persen perubahan nilai parameter dan persen perubahan volume seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Persentase sensitivitas parameter

No	Parameter Kalibrasi	Perubahan Parameter (%)	Perubahan Debit puncak (%)	Perubahan Volume (%)
1	<i>Recession-Ratio to Peak</i>	60,83	0	30,97
2	<i>Clark Unit Hydrograph – Time of Concentration</i>	33,33	0,33	0,16
3	<i>Recession-Initial Discharge</i>	90,83	1,73	10,60
4	<i>Recession-Recession Constant</i>	66,67	3,17	77,70
5	<i>Clark Unit Hydrograph – Storage Coefficient</i>	50,35	-16,04	-9,12
6	<i>Initial and Constan-Constan Rate</i>	60	-76,15	-66,28
7	<i>Impervious</i>	70	-11,7	-12,52

Hasil perhitungan persen perubahan debit puncak dan persen perubahan volume dapat dilihat pada tabel 4.12. Parameter Initial and Constan-Constan Rate yang terdapat pada komponen Loss merupakan parameter yang paling sensitiv pada perubahan debit puncak. Parameter tersebut mengalami penurunan debit puncak sebesar

-76,15%, menunjukkan bahwa presipitasi yang terjadi mengalami infiltrasi yang lebih besar sehingga limpasan atau debit puncaknya mengalami penurunan. Untuk Persen perubahan volume, parameter *Recession-Recession Constant* yang terdapat pada komponen *Base Flow* merupakan parameter yang paling sensitiv, dengan persen perubahan volume sebesar 77,70%. Perubahan volume tersebut menunjukkan bertambahnya volume aliran air tanah dikarenakan presipitasi yang terjadi. Hal ini sinkron dengan besarnya kehilangan hujan yang terjadi akibat infiltrasi sehingga menyebabkan bertambahnya volume pada aliran air tanah.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang berjudul “Analisis Hidrograf Satuan Di Sungai Batang Lubuh Dengan Menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik *Clark* Dalam HEC-HMS”, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- Semakin besar nilai yang digunakan pada parameter kalibrasi *Clark Unit Hydrograph – Time Of concentration* dan *Clark Unit Hydrograph – Storage Coeficient* maka nilai *Peak-Weighted RMS Error* yang dihasilkan akan semakin kecil, artinya grafik simulasi akan semakin sama dengan grafik observasi, namun pada saat verifikasi debit puncak yang dihasilkan mengalami perbedaan yang cukup jauh dengan debit puncak observasi, begitu juga sebaliknya.
- Sensitivitas yang terbesar terhadap volume pada parameter *Recession – Recession Constant* yang terdapat pada komponen *Base Flow*.
- Sensitivitas terhadap debit puncak yaitu parameter *Initial and Constan – Constan Rate* yang terdapat pada komponen *Loss*.

2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisis pada pengerjaan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut.

- a. Dapat dilakukan penelitian dengan mengubah parameter *Objective Function* dengan metode transformasi yang sama, sehingga dapat dilakukan perbandingan dengan penelitian ini.
- b. Bagi mahasiswa maupun pihak lain yang ingin mengembangkan penelitian tentang pemodelan hidrologi dengan menggunakan program HEC-HMS dapat dicoba dengan mengganti metode transformasi hujan.

F. DAFTAR PUSTAKA

- Asbintari, S. 2016. Komparasi metode formulasi intensitas hujan dikawasan hulu DAS batang lubuh kota pasir pangaraian. *Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, universitas pasir pangaraian.*
- Asdak. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Indarto. 2010. *Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi.* Jakarta: Bumi Aksara.
- Permatasari, Y.D. 2016. Kalibrasi Satu Dan Dua Parameter Pada Debit Banjir Di Sub-DAS Rokan Menggunakan Program HEC-HMS. *Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Riau.*
- Pratiwi, D.T. 2011. Analisa Hidrograph Aliran Menggunakan HEC-HMS. *Tugas Akhir Mahasiswa. Departemen Geofisika dan Meteorologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institute Pertanian Bogor.*
- Prayudi, M. 2016. Analisis Seinsitivitas Parameter Kalibrasi Dalam HEC-HMS. *Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Riau.*
- Risyanto. 2007. Aplikasi HEC-HMS Untuk Perkiraan Hidrograf Aliran Di DAS Ciliwung Bagian Hulu. *Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Geofisika Dan Meteorologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.*
- Siswoyo, H. 2008. Pengembangan moden hydrograph satuan sintetis Snyder untuk DAS jawa timur. *Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.*
- Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi.* Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Suarno putra, W. 2016. Kalibrasi parameter terhadap debit banjir di sub-DAS Siak bagian hulu. *Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Riau.*
- Triatmodjo. B. 2010. *Hidrologi Terapan.* Yogyakarta : Beta Offset.
- Triesnawati. 2006. *AWLR (Automatic Water Level Recording) Basis Kalkulator Printing.* Bogor: Departemen Geofisika dan Meteorologi Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam IPB.
- Tunas, G. 2005. *Kalibrasi parameter model HEC-HMS untuk mwnghitung aliran banjir DAS Bengkulu.* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu. "Mektek" taghun VII no.1 Januari 2005.
- USACE. 2000. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical ReferenceManual.*
<http://www.hec.usace.army.mil>.
- USACE. 2001. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Applications Guide.*
<http://www.hec.usace.army.mil>.
- US Army Corp of Engineers. 1990: *HEC-1 Flood Hydrograph Package Users Manual, Hydrologic Engineering Center, Davis, California.*