

## Analisis Hidrologi Model *Soil Moisture Accounting* Menggunakan Program HEC-HMS

(Studi Kasus : DAS Rokan AWLR Pasir Pangaraian)

*Hydrological Analysis of the Soil Moisture Accounting Using the HEC-HMS*

(Cases of Study : DAS Rokan AWLR Pasir Pangaraian)

Gopal Adya Ariska<sup>1,\*</sup>, Yohanna Lilis Handayani<sup>1</sup>, Bambang Sujatmoko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> S1 Teknik Sipil, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Indonesia

\* Penulis korespondensi : gopal.adya@student.unri.ac.id

Tel.: +6282384049024; Fax.: -

Diterima: 1 April 2020; Direvisi: 27 April 2020; Disetujui: 28 April 2020.

DOI: 10.25299/saintis2020.vol20(01).4753

### Abstrak

Hidrologi suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) rumit untuk diprediksi karena kekurangan data dan membutuhkan biaya yang mahal. Pada penelitian ini mengambil lokasi di sub DAS Rokan Hulu stasiun Pasir Pangaraian yang hampir setiap tahun terjadi banjir. Perencanaan dan pengolahan sumber daya air di suatu wilayah daerah aliran sungai sangat penting, maka dari itu perlunya mengetahui karakteristik suatu DAS. Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air memerlukan data debit aliran yang lengkap. Pada sub DAS ini data hujan, data debit dan data klimatologi menggunakan periode data sepuluh tahun yaitu dari tahun 2008-2017. Pemodelan hidrologi dilakukan pendekatan dengan beberapa metode, salah satunya metode *soil moisture accounting* di program HEC-HMS yang mana metode tersebut mensimulasikan suatu pergerakan air pada vegetasi, permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah. Penyusunan periode kalibrasi dan verifikasi disusun dalam sembilan skema yang diharapkan mampu menghasilkan hasil yang paling optimal. Sembilan skema untuk Kalibrasi dan Verifikasi ini menggunakan metode *objective function* yaitu *percent error in discharge volume*. Skema yang paling optimal adalah skema VII (7 tahun kalibrasi 3 tahun Verifikasi), dengan nilai verifikasi 10,1% "Baik" dan Kalibrasi 0,0% "Sangat Baik".

**Kata Kunci:** *Soil Moisture Accounting, Recession – Ratio to Peak, Error Volume, HEC-HMS*

### Abstract

*The hydrology of a watershed is difficult to predict because of the lack of data and requires high costs. In this study taking location in the Rokan Hulu sub-watershed, Pasir Pangaraian station Almost every year flooding occurs. Planning and management of water resources in a watershed is very important and therefore it is necessary to know the characteristics of the watershed. Planning and management of water resources require complete data. in this sub-watershed rainfall data, discharge data and climatology data use a ten-year data period from 2008-2017. Hydrological modeling is approached with several methods, one of them is soil moisture accounting method in the HEC-HMS program where the method simulates a movement of water on vegetation, soil surface and below ground level. The preparation of the calibration and verification periods arranged in nine schemes is expected to produce the most optimal results. The nine schemes for Calibration and Verification use the objective function method, which is the percentage error in discharge volume. The most optimal scheme is the scheme VII (7 years calibration 3 years Verification), with a verification value of 10.1% "Good" and Calibration 0.0% "Very Good".*

**Keywords:** *Soil Moisture Accounting, Recession – Ratio to Peak, Error Volume, HEC-HMS*

## PENDAHULUAN

Siklus hidrologi merupakan gambaran keseluruhan tentang pengalihan massa air dalam suatu kawasan atau Daerah Aliran Sungai (DAS). Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air di suatu wilayah atau daerah aliran sungai memerlukan data debit aliran yang lengkap dan panjang.

Salah satu model analisa hidrologi adalah model *soil moisture accounting*. Model *soil moisture accounting* dapat digunakan untuk mensimulasi debit dalam periode waktu yang panjang. Model ini mensimulasikan perilaku debit di sungai.

Penggunaan model HEC-HMS diharapkan mampu menirukan sistem DAS yang mempunyai variabilitas sistem DAS dan karakter masukan (*input*) yang mempunyai ruang dan waktu yang sangat tinggi.

Daerah aliran sungai yang diteliti adalah Daerah Aliran Sungai Rokan AWLR Pasir Pangaraian. Daerah Aliran Sungai AWLR Pasir Pangaraian merupakan sub DAS yang berada pada Wilayah Sungai (WS) Rokan tepatnya pada sungai Batang Lubuh yang mengalir ke sungai Rokan.

Sungai Batang Lubuh merupakan salah satu sungai yang mengalir di Kabupaten Rokan Hulu. Sungai ini merupakan sungai terbesar di Kabupaten

Rokan Hulu. Hampir setiap tahun terjadi banjir, khususnya pada musim penghujan. Hal ini diperkirakan karena terjadi pendangkalan sungai yang salah satu penyebabnya adalah runtuhnya tebing sungai [1].

Banjir yang terjadi pada suatu wilayah DAS, disebabkan karena berkurangnya luas daerah resapan air akibat perubahan tata guna lahan yang tidak terencana dan terpola [2].

Kebijakan atau perlakuan pengolahan sub DAS Pasir Pengaraian agar memenuhi tujuan yang diinginkan perlu dilakukan kajian permodelan yang akurat. Permodelan hidrologi memerlukan ketepatan metode analisis model yang sesuai dengan karakteristik sub DAS ini.

Teguh Marhendi dalam penelitiannya yang berjudul "Analisis *low flow* menggunakan model HEC-HMS 3.1 untuk kasus SUB DAS Kranggan" menunjukkan bahwa parameter *surface capacity* dan *max infiltration rate* sangat sensitive terhadap perubahan yang terjadi pada sub DAS Kranggan [3].

**Konsep Hidrologi**

Secara keseluruhan jumlah air di bumi ini relatif tetap dari masa ke masa. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui suatu rangkaian peristiwa yang berlangsung terus-menerus. Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi [4].

**Daerah Aliran Sungai**

Departemen Kehutanan memberikan pengertian bahwa Daerah Aliran Sungai adalah suatu daerah tertentu yang bentuk dan sifat alamnya sedemikian rupa, sehingga merupakan kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang melalui daerah tersebut dalam fungsinya untuk menampung air yang berasal dari curah hujan dan sumber air lainnya, dan kemudian mengalirkan melalui sungai utamanya (*single outlet*). Air hujan yang jatuh didalam DAS akan mengalir menuju sungai utama yang ditinjau, sedang yang jatuh diluarnya akan mengalir ke sungai lain disebelahnya [5].

**Definisi Model Hidrologi**

Suatu model hidrologi diperlukan untuk memodelkan kondisi atmosferik suatu daerah aliran yang kompleks dalam bentuk jaringan aliran. Daerah aliran (*watershed* atau *catchment area*) adalah daerah yang menyediakan sebuah sistem sungai dan *reservoir*.

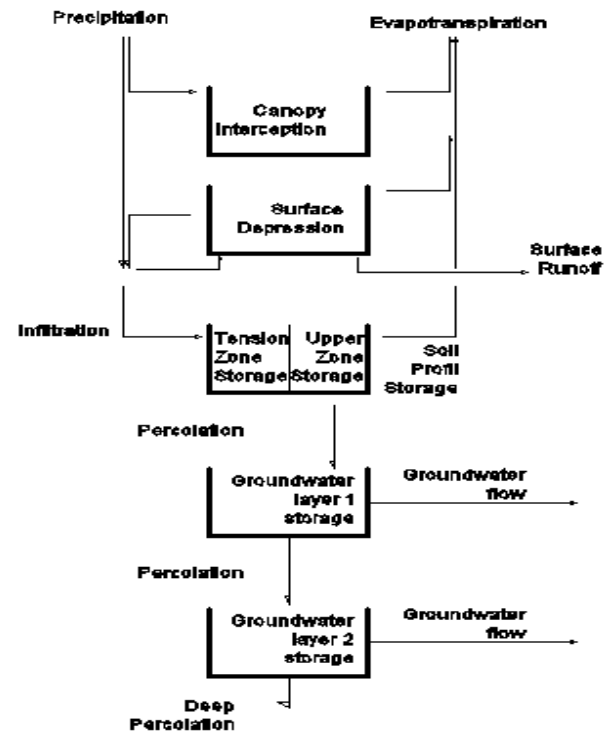
**Penyusunan Basin Model**

Model *Soil Mousture Accounting* (SMA) dipolakan oleh *Leavesley* dengan nama sistem permodelan hujan-limpasan *Leavesley* dan dijelas dengan jelas oleh *Bennett* [6]. Suatu model tersebut mensimulasikan suatu pergerakan air lewat dan

penyimpanan air pada vegetasi, pada permukaan tanah di profil tanah dan di lapisan permukaan air. Model SMA menghitung limpasan permukaan basin, aliran permukaan air, kehilangan karena evapotranspirasi dan perkolasi dalam melewati keseluruhan basin. Faktor iklim menyangkut hubungan antara hujan dan evapotranspirasi [7].

Metode *Soil Moisture Accounting* menggunakan 5 layer untuk menampilkan suatu dinamika pergerakan air diatas permukaan dan didalam tanah. Layer tersebut diantaranya *canopy interception*, *surface depression storage*, *soil*, *upper groundwater*, *soil profil storage* dan *lower groundwater* bisa dilihat pada Gambar 1

Metode SMA di HEC-HMS adalah *one-dimensional*, *semi-distributed* yang merupakan representasi dari proses tanah. model hidrologi *one-dimensional* hanya membiarkan air mengalir satu arah selama *time-step*. Model SMA di HEC-HMS adalah yang paling fleksibel dan luas pada metode *loss* yang tersedia untuk *software* HEC-HMS.



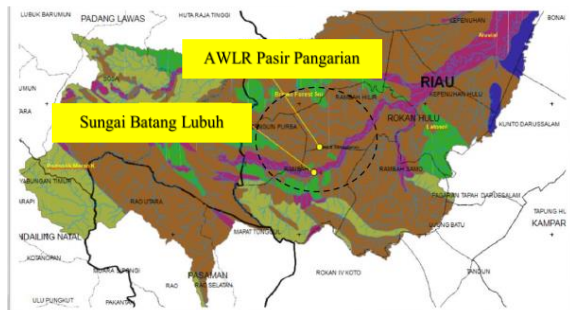
**Gambar 1.** Algoritma *Soil Moisture Accounting*

Tujuan dari penelitian adalah menganalisis keandalan metode *Soil Moisture Accounting* untuk memprediksi debit sungai di sub DAS Stasiun Pasir Pengaraian.

*Output* model yang terbaik ditunjukkan dengan nilai korelasi yang tinggi dan selisih *error* antara debit dan debit tercatat yang paling rendah [8]. Selisih volume atau *volume error (VE)* aliran adalah nilai yang menunjukkan perbedaan volume terukur selama proses simulasi [9].

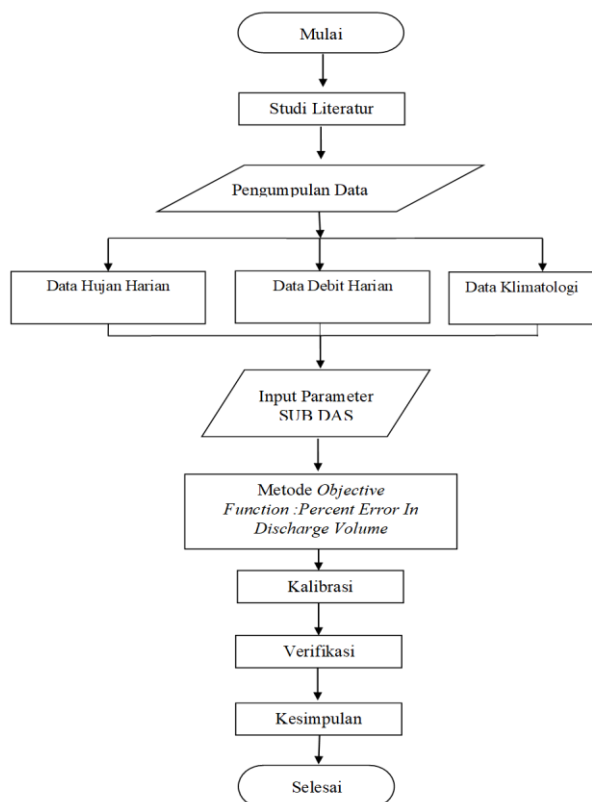
## METODOLOGI

Lokasi Penelitian berada di sub DAS Stasiun AWLR Pasir Pengaraian, yang secara administrasi terletak Desa Pasir Pengaraian, Kecamatan Rambah, Provinsi Riau, dengan letak geografis 00°35'24" LU dan 101°11' 46" BT (Badan Pusat Statistik Pekanbaru) dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Peta Lokasi Penelitian  
Sumber : [10]

Adapun prosedur yang terdapat dalam analisis ini adalah pengumpulan data dan memodelkan hidrologi menggunakan metode *Soil Moisture Accounting* (SMA) menggunakan *software* HEC-HMS. Prosedur Penelitian mengikuti alur secara garis besar sebagai berikut.



**Gambar 3.** Bagan Alir Penelitian

## Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data ini yang kemudian akan diolah untuk menarik suatu kesimpulan. Data-data yang diperoleh dari observasi lapangan antara lain adalah :

### 1. Data Curah Hujan

Dalam penelitian ini menggunakan data curah hujan harian di Stasiun Pasar Tangun tahun 2008 sampai 2017. Data Curah Hujan ini diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau. Interval data hujan yang diinput ke HEC-HMS 4.3 adalah data hujan interval harian.

### 2. Data Debit

Dalam penelitian ini menggunakan data elevasi dari AWLR di Stasiun Pasir Pengaraian tahun 2008 sampai 2017. Data debit ini diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau. Data elevasi yang satuan cm dikonversikan m<sup>3</sup>/s menjadi debit dengan menggunakan rumus lengkung debit untuk AWLR stasiun pasir pengaraian. Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut untuk debit observasi tanggal 01 januari 2008:

$$Q = 47,662 \times (H - [0.140])^{1.950}$$

$$Q = 47,662 \times (1.31 - [0.140])^{1.950}$$

$$Q = 64.734 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dengan :

Q = Debit (m<sup>3</sup>/s)

H = Elevasi Muka air (m)

### 3. Data Klimatologi

Dalam penelitian ini menggunakan data Klimatologi di Rambah Utama tahun 2008 sampai 2017. Data klimatologi ini diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau. Data klimatologi ini berupa kelembapan maksimum, kelembapan minimum, temperatur maksimum, temperatur minimum, penyiraman matahari dan kecepatan angin.

## HASIL DAN DISKUSI

### Hasil Kalibrasi

Kalibrasi pertama untuk skema VII dengan Panjang data 7 tahun yaitu tahun 2008-2014. *Initial Value* untuk parameter yang lain kecuali *Recession - Initial Discharge* dan *Recession - Recession Constant* menggunakan nilai minimum. Hasil dari kalibrasi pertama untuk skema VII dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kalibrasi Pertama Skema VII

Parameter	Sat.	Initial Value	Optimized Value	Persentase Perubahan
Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.02	0.28975	1294%
Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	0.0167	0.22288	1104%
Recession - Initial Discharge	M3/S	64.734	73.965	11%
Recession - Ratio to Peak		0	0.079017	
Recession - Recession Constant		0.95	0.96544	4%
Simple Canopy - Initial Storage	%	0.001	0.0645638	74%
Simple Canopy - Max Storage	MM	0.001	0.12284	4539%
Simple Surface - Initial Storage	%	0.001	0.15313	7938%
Simple Surface - Max Storage	MM	0.001	0.19195	7144%
Soil Moisture Accounting - GW1 Percolation	MM/HR	0.01	0.21277	1035%
Soil Moisture Accounting - GW1 Storage	MM	0.01	0.21831	1309%
Soil Moisture Accounting - GW1 Storage Coefficient	HR	0.01	0.2181	1497%
Soil Moisture Accounting - GW2 Percolation	MM/HR	0.01	0.51815	1608%
Soil Moisture Accounting - GW2 Storage	MM	0.01	0.45457	1565%
Soil Moisture Accounting - GW2 Storage Coefficient	HR	0.01	0.47325	1865%
Soil Moisture Accounting - Initial GW1 Content	%	0.001	0.40067	16400%
Soil Moisture Accounting - Initial GW2 Content	%	0.001	0.3371	16795%
Soil Moisture Accounting - Initial Soil Content	%	0.001	0.27352	16165%
Soil Moisture Accounting - Max Infiltration	MM/HR	0.01	0.24137	1416%
Soil Moisture Accounting - Soil Percolation	MM/HR	0.01	0.17779	1166%
Soil Moisture Accounting - Soil Storage	MM	0.01	0.11421	780%
Soil Moisture Accounting - Tension Storage	MM	0.01	0.0506348	345%

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa parameter *Soil Moisture Accounting - Initial GW1 Content* terjadi perubahan yang paling besar diantara parameter lainnya sebesar 39967%. Persentase perubahan dari nilai *initial value* ke *optimized value* sangat besar, maka perlu dilakukan percobaan kalibrasi selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang optimal. Hasil pada kalibrasi pertama ini menunjukkan nilai *percent error in discharge volume* sebesar 10,1 % yang berarti “Baik”, persentase perbedaan volume debit dan debit puncak untuk simulasi dengan observasi kalibrasi pertama ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Volume Units: <input type="radio"/> MM <input checked="" type="radio"/> 1000 M3				
Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (1000 M3)	23466684.0	21316923.1	2149761.0	10.1
Peak Flow (M3/S)	1267.7	786.2	481.5	61.2
Time of Peak	02May2011, 00:00	07Jun2008, 00:00		

**Gambar 4.** Output Dari Aplikasi HEC-HMS Untuk *Optimization Trials* Kalibrasi Pertama Skema VII

Kalibrasi pertama belum dikatakan optimal karena masih ada peluang untuk lebih optimal dengan terus melakukan kalibrasi. *Initial Value* yang digunakan untuk proses kalibrasi kedua adalah *Optimized Value* dari kalibrasi pertama. Hasil dari kalibrasi kedua dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kalibrasi Kedua Skema VII

Parameter	Sat.	Initial Value	Optimized Value	Persentase Perubahan
Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.28975	0.62308	115%
Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	0.22288	0.55621	150%
Recession - Initial Discharge	M3/S	73.965	98.62	33%
Recession - Ratio to Peak		0.079017	0.079017	0%
Recession - Recession Constant		0.96544	0.96544	0%
Simple Canopy - Initial Storage	%	0.0645638	0.0645638	0%
Simple Canopy - Max Storage	MM	0.12284	0.12284	0%
Simple Surface - Initial Storage	%	0.15313	0.15313	0%
Simple Surface - Max Storage	MM	0.19195	0.19195	0%
Soil Moisture Accounting - GW1 Percolation	MM/HR	0.21277	0.21277	0%
Soil Moisture Accounting - GW1 Storage	MM	0.21831	0.21831	0%
Soil Moisture Accounting - GW1 Storage Coefficient	HR	0.2181	0.2181	0%
Soil Moisture Accounting - GW2 Percolation	MM/HR	0.51815	0.51815	0%
Soil Moisture Accounting - GW2 Storage	MM	0.45457	0.45457	0%
Soil Moisture Accounting - GW2 Storage Coefficient	HR	0.47325	0.47325	0%
Soil Moisture Accounting - Initial GW1 Content	%	0.40067	0.40067	0%
Soil Moisture Accounting - Initial GW2 Content	%	0.3371	0.3371	0%
Soil Moisture Accounting - Initial Soil Content	%	0.27352	0.27352	0%
Soil Moisture Accounting - Max Infiltration	MM/HR	0.24137	0.24137	0%
Soil Moisture Accounting - Soil Percolation	MM/HR	0.17779	0.17779	0%
Soil Moisture Accounting - Soil Storage	MM	0.11421	0.11421	0%
Soil Moisture Accounting - Tension Storage	MM	0.0506348	0.0506348	0%

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa parameter *Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration* terjadi perubahan yang paling besar diantara parameter lainnya sebesar 278%.

Persentase perubahan dari nilai *initial value* ke *optimized value* sangat besar, maka perlu dilakukan percobaan kalibrasi selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang optimal. Hasil pada kalibrasi pertama menunjukkan nilai *percent error in discharge volume* sebesar 15,1 % yang berarti "Sangat Baik", persentase perbedaan volume debit dan debit puncak untuk simulasi dengan observasi kalibrasi pertama ini dapat dilihat pada Gambar 5.

Volume Units: <input type="radio"/> MM <input checked="" type="radio"/> 1000 M3				
Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (1000 M3)	18091309.7	21316923.1	-3225613.4	-15.1
Peak Flow (M3/S)	1225.4	786.2	439.2	55.9
Time of Peak	02May2011, 00:00	07Jun2008, 00:00		

**Gambar 5.** Output Dari Aplikasi HEC-HMS Untuk *Optimization Trials* Kalibrasi Kedua Skema VII

Kalibrasi kedua belum dikatakan optimal karena masih ada peluang untuk lebih optimal dengan terus melakukan kalibrasi. *Initial Value* yang digunakan untuk proses kalibrasi ketiga adalah *Optimized Value* dari kalibrasi kedua. Hasil dari kalibrasi ketiga dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Kalibrasi Ketiga Skema VII

Parameter	Sat.	Initial Value	Optimized Value	Persentase Perubahan
Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.62308	1.4925	115%
Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	0.55621	1.1196	150%
Recession - Initial Discharge	M3/S	98.62	191.63	33%
Recession - Ratio to Peak		0.079017		
Recession - Recession Constant		0.96544		
Simple Canopy - Initial Storage	%	0.0645638		
Simple Canopy - Max Storage	MM	0.12284		
Simple Surface - Initial Storage	%	0.15313		
Simple Surface - Max Storage	MM	0.19195		
Soil Moisture Accounting - GW1 Percolation	MM/HR	0.21277		
Soil Moisture Accounting - GW1 Storage	MM	0.21831		
Soil Moisture Accounting - GW1 Storage Coefficient	HR	0.2181		
Soil Moisture Accounting - GW2 Percolation	MM/HR	0.51815		
Soil Moisture Accounting - GW2 Storage	MM	0.45457		
Soil Moisture Accounting - GW2 Storage Coefficient	HR	0.47325		
Soil Moisture Accounting - Initial GW1 Content	%	0.40067		
Soil Moisture Accounting - Initial GW2 Content	%	0.3371		
Soil Moisture Accounting - Initial Soil Content	%	0.27352		
Soil Moisture Accounting - Max Infiltration	MM/HR	0.24137		
Soil Moisture Accounting - Soil Percolation	MM/HR	0.17779		
Soil Moisture Accounting - Soil Storage	MM	0.11421		
Soil Moisture Accounting - Tension Storage	MM	0.0506348		

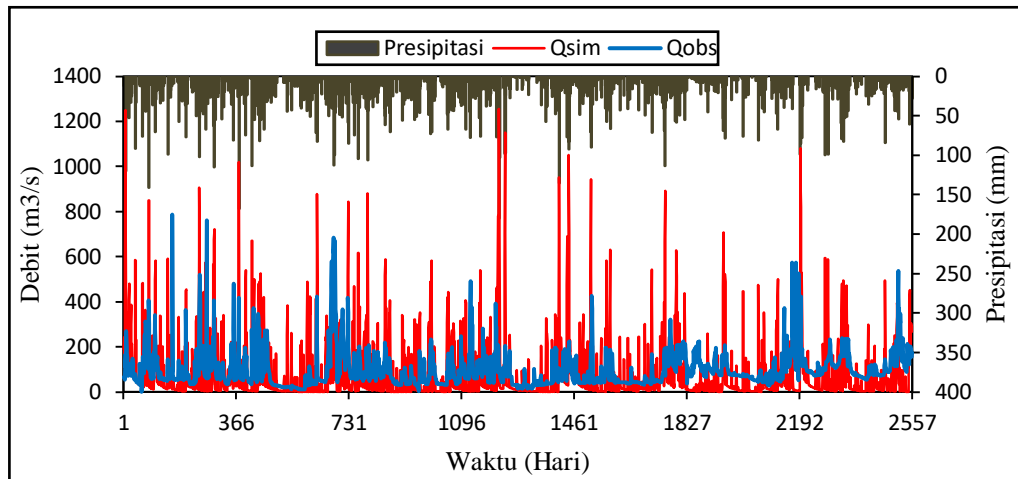
Hasil kalibrasi kedua ini menunjukkan nilai *objective function percent error in discharge volume* sebesar 0,0% yang berarti "Sangat Baik". Persentase perbedaan volume debit dan debit puncak untuk simulasi dengan observasi kalibrasi kedua ini dapat dilihat pada Gambar 6.

Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (1000 M3)	21328800.1	21316923.1	11877.0	0.1
Peak Flow (M3/S)	1255.4	786.2	469.2	59.7
Time of Peak	02May2011, 00:00	07Jun2008, 00:00		

**Gambar 6.** Output Dari Aplikasi HEC-HMS Untuk Optimization Trials Kalibrasi Ketiga Skema VII

Hasil dari percobaan kalibrasi pada skema VII menunjukkan kalibrasi kedua yang paling optimal sebesar 0,1 % dibandingkan dengan kalibrasi kedua sebesar 2,7%. Hasil Output HEC-HMS untuk kalibrasi pada skema VII (7 tahun kalibrasi) ini menunjukkan hasil *Percent error in Discharge Volume* yang sangat baik. Perbandingan grafik debit simulasi dengan debit observasi untuk *Percent error in Discharge Volume* sebesar 2,7% dapat dilihat pada Gambar 7.





Gambar 7. Hidrograf Hujan, Kalibrasi Debit Observasi vs Debit Simulasi Skema VII

### Hasil Verifikasi

Nilai parameter yang diinput ke dalam program HEC-HMS untuk proses verifikasi ialah nilai yang paling optimal (*optimized value*) dari kalibrasi untuk masing-masing skema. Nilai yang telah diperoleh dari hasil yang paling optimal dari kalibrasi selanjutnya dilakukan *running* untuk

melihat prediksi nilai debit pada tahun yang akan datang dari tahun data saat kalibrasi. Metode *Objective Function* untuk verifikasi sama dengan kalibrasi menggunakan *Percentage error in Discharge volume*. Berikut hasil dari verifikasi dari semua skema dan contoh perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Verifikasi

Skema	Volume observasi (m <sup>3</sup> )	Volume Simulasi (m <sup>3</sup> )	PEV	Keterangan
Skema 1 (9 tahun Verifikasi)	26523970.8	22207403.5	16,3	Memuaskan
Skema 2 (8 tahun Verifikasi)	23304782.1	18411663.7	21,0	Memuaskan
Skema 3 (7 tahun Verifikasi)	20890525.8	15576024.9	25,5	Tidak Memuaskan
Skema 4 (6 tahun Verifikasi)	18285495	12904260	29,4	Tidak Memuaskan
Skema 5 (5 tahun Verifikasi)	15757009.3	10398356	34	Tidak Memuaskan
Skema 6 (4 tahun Verifikasi)	12408619.7	10154478.9	18,2	Memuaskan
Skema 7 (3 tahun Verifikasi)	8470913.5	7565497.9	10,7	Baik
Skema 8 (2 tahun Verifikasi)	5456656.2	4255308.3	22,1	Memuaskan
Skema 9 (1 tahun Verifikasi)	3041854.8	4498221.4	48	Tidak Memuaskan

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang berjudul “Analisis Model Hidrologi menggunakan *Soil Moisture Accounting*” (studi kasus : SUB DAS Stasiun Pasir Pangaraian), maka dapat diambil kesimpulan bahwa berdasarkan sembilan skema dengan perolehan *Percent error in discharge volume* (PEV) yang paling optimum pada tahap verifikasi dipilih

skema VII Panjang data 7 tahun kalibrasi 3 tahun verifikasi dapat mewakili karakteristik DAS sebenarnya, dengan hasil PEV untuk kalibrasi 0,0% “Sangat Baik” dan verifikasi 10,1% “Baik” dan berdasarkan Hidrograf hujan pada tahap kalibrasi dan tahap verifikasi menunjukkan bahwa *Percent error in discharge volume* (PEV) mengoptimalkan volume dengan mengurangi parameter *baseflow*-nya sebagai setiap waktu *baseflow*-nya mendekati *ordinary nol*.

## REFERENSI

- [1] R. Karno and J. Mubarrak, "ANALISIS SPASIAL (EKOLOGI) PEMANFAATAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) DI SUNGAI BATANG LUBUH KECAMATAN RAMBAH KABUPATEN ROKAN HULU," *Edu Res.*, vol. 7, no. 1, 2018.
- [2] N. A. Affandy and N. Anwar, "Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS di DAS Sampean Baru," *Surabaya Inst. Teknol. Sepuluh Sept.*, 2007.
- [3] T. Marhendi, "ANALISIS LOW FLOW MENGGUNAKAN MODEL HEC-HMS 3.1 UNTUK KASUS SUB DAS KRANGGAN," *Sainteks*, vol. 11, no. 1, 2014.
- [4] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi, 2004.
- [5] B. Triatmodjo and H. Terapan, "Beta Offset." Yogyakarta, 2008.
- [6] U. S. A. C. O. Engineers, "Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual," *California, USA*, 2000.
- [7] R. Munajad and S. Suprayogi, "Kajian Hujan-aliran Menggunakan Model Hec-hms di Sub Daerah Aliran Sungai Wuryantoro Wonogiri, Jawa Tengah," *J. Bumi Indones.*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [8] D. D. Utami and G. D. Wibowo, "Analisa Ketersediaan Air Dengan menggunakan Gabungan Metode Mock Dan Model Tank Di Kali Samin Kabupaten Karanganyar." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [9] H. Fardian, S. SUTOKNO, and M. Fauzi, "PENGUNAAN DATA HUJAN SATELIT TERKOREKSI UNTUK ANALISIS KEJADIAN BANJIR DI DAS ROKAN," *RACIC J. Tek. Sipil Univ. Abdurrah*, vol. 2, no. 02, pp. 233-247, 2017.
- [10] Y. Lilis Handayani, B. Sujatmoko, and G. Oktavia, "Stream's regime coefficient in upstream Rokan watershed of Riau Province," in *MATEC Web of Conferences*, 2019, vol. 276, p. 4013.