



## Kalibrasi Model *Soil Moisture Accounting* dengan Software HEC-HMS di Stasiun Debit Pasir Pangaraian

Yohanna Lilis Handayani<sup>1\*</sup>, Gopal Adya Ariska<sup>2</sup> and David Immanuel Ketaren<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil Univeristas Riau Pekanbaru

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau Pekanbaru

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau Pekanbaru

\*ylilish@eng.unri.ac.id

### Abstract

*This research aims to compare the results of the calibration of the Soil Moisture Accounting (SMA) model using Percent Error in Volume (PEV) and Peak Weighted Root Mean Square Error (RMSE). The SMA model calibration uses the HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System). There are 12 calibrated parameters by automatic calibration. The input data are the area of the watershed, daily rainfall, daily discharge data and climatological data. The data used is data from 2008 to 2017. The results show that PEV performance shows good results. While the RMSE showed poor results. PEV results are best at 7 years of calibration and 3 years of verification. The length of the calibration data has not affected the verification results.*

**Keywords:** Soil Moisture Accounting, Percent Error in Volume, Peak Weighted Root Mean Square Error

### 1. Pendahuluan

Proses hujan menjadi debit di alam sangatlah rumit. Banyak faktor yang mempengaruhinya dan mempunyai variabilitas waktu serta ruang. Untuk mempermudah analisisnya, proses hujan menjadi debit ini dibuat penyederhanaan dengan menurunkan model hidrologi.

Definisi model hidrologi dinyatakan sebagai suatu persamaan yang menggambarkan performa suatu komponen sistem hidrologi dan bertujuan untuk mempelajari siklus air di alam dan meramalkan outputnya [1]. Model hidrologi sudah banyak dikembangkan baik model hidrologi untuk hidrograf banjir maupun untuk hidrograf kontinu. Model hidrologi untuk hidrograf banjir digunakan untuk memprediksi debit sesaat (debit banjir/*high flow*) seperti Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama 1, HSS Snyder dan banyak lagi yang lainnya. Model hidrologi yang



memprediksi debit kontinu (debit *low flow*) adalah model Mock serta model *Soil Moisture Accounting (SMA)*.

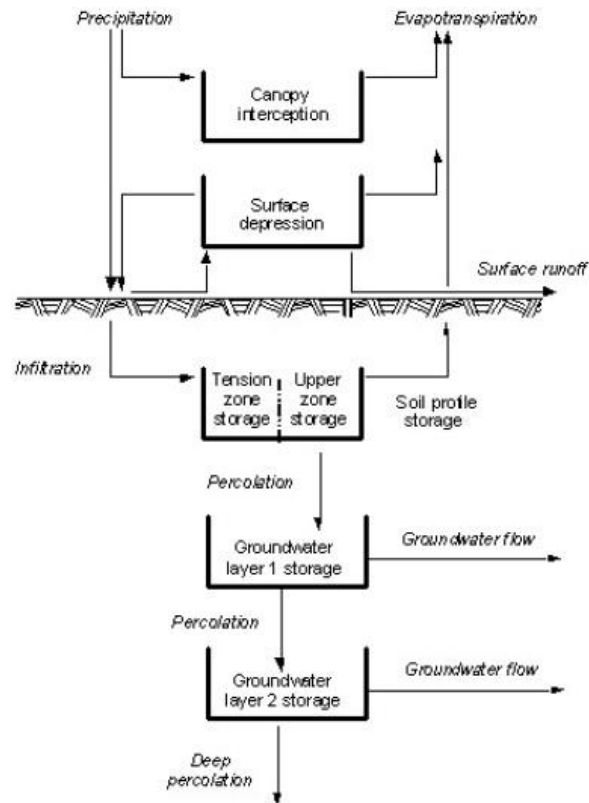
Model *Soil Moisture Accounting* ini terdapat di software yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers* yaitu dalam *HEC-HMS (Hydrologic Engineering Centre – Hydrologic Modelling System)*. Model hidrologi ini dikembangkan di daerah yang berbeda iklim dan kondisi DASnya dengan di Indonesia. Hal ini mengakibatkan pemakaian model ini harus dikalibrasi dahulu sebelum diaplikasikan ke DAS yang ada di Indonesia.

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan hasil kalibrasi parameter di model SMA yang menggunakan 2 *objective function* yang berbeda yaitu *Percent Error in Volume (PEV)* dan *Peak Weighted Root Mean Square Error Objective (RMSE)*.

Model SMA menghitung limpasan permukaan basin, aliran permukaan air, kehilangan karena evapotranspirasi dan perkolasi dalam melewati keseluruhan basin.

Metode *Soil moisture accounting* menggunakan 5 layer untuk menampilkan suatu dinamika pergerakan air di atas permukaan dan di dalam tanah. Layer tersebut diantaranya *canopy interception, surface depression storage, soil, upper groundwater, soil profil storage dan lower groundwater* bisa dilihat pada Gambar 1 di bawah ini [3].

Parameter Metode *Soil Moisture Accounting* terdiri dari *soil initial storage, soil storage, soil tension storage, soil infiltration, soil percolation*, penyimpanan permukaan air tanah 1 dan 2 (*groundwater 1 and 2 storage*), perkolasi permukaan air 1 dan 2 (*groundwater 1 and 2 percolation*) dan area kedap (*impervious area*).



Gambar 2. 1 Skema algoritma Soil Moisture Accounting [3]

Kalibrasi terhadap satu model adalah proses pemilihan kombinasi parameter [1]. Jadi kalibrasi digunakan untuk memilih parameter yang optimal yang menghasilkan selisih debit terukur dan debit hitungan yang minimal. Keunikan dalam HEC-HMS adalah menyediakan kalibrasi secara otomatis, sehingga pemakai hanya meng-input *initial value* dari parameter yang akan dioptimasi. Hasil kalibrasi di HEC HMS bisa dinilai dengan beberapa fungsi tujuan (*objective function*) yaitu *Percent Error in Volume* dan *Peak Weighted Root Mean Square Error Objective* [3].

Persamaan fungsi tujuan *Percent Error in Volume* sesuai dengan Persamaan 1 di bawah ini.

$$Z = 100 \left| \frac{V_s(\text{simulasi}) - V_o(\text{observasi})}{V_o(\text{observasi})} \right| \quad (1)$$

Persamaan fungsi tujuan *Peak Weighted Root Mean Square Error* sesuai dengan Persamaan 2 di bawah ini

$$Z = \left\{ \frac{1}{NQ} \left[ \sum_{i=1}^{NQ} [q_o(i) - q_s(i)]^2 \left( \frac{q_o(i) - q_o(\text{mean})}{2q_o(\text{mean})} \right) \right] \right\}^1 \quad (2)$$

Nilai  $Z = \text{Objective Function}$ ;  $NQ = \text{Jumlah ordinat hidrograf hasil perhitungan}$ ;  $q_o(i) = \text{debit observasi}$ ;  $q_s(i) = \text{debit hasil perhitungan}$ ;  $V_o(\text{volume}) = \text{volume debit observasi}$ ;  $q_o(\text{mean}) = \text{rata-rata debit observasi}$ ;  $q_s(\text{volume}) = \text{volume debit hasil perhitungan}$ .

Besaran *Objective Functions* menunjukkan derajat perbedaan antara hidrograf hasil simulasi dengan hidrograf pengukuran di lapangan. Klasifikasi performa fungsi tujuan PEV dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini. Adapun Klasifikasi performa fungsi tujuan RMSE dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 1. Nilai Performance Rating untuk PEV [4]**

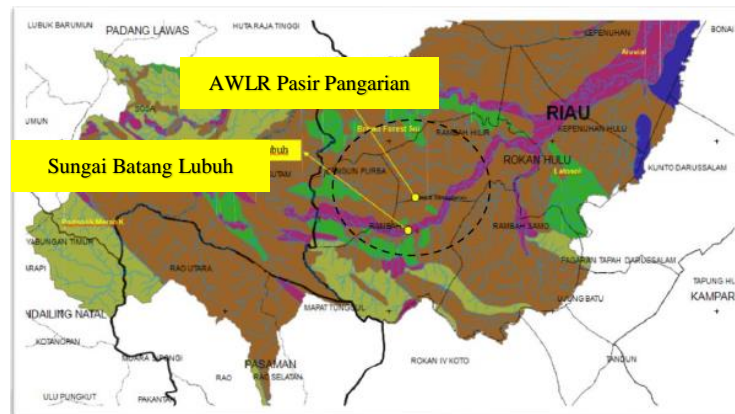
<i>Performance rating</i>	<i>Percentage error in Discharge volume (%)</i>
Sangat Baik	$< \pm 10$
Baik	$\pm 10 - \pm 15$
Memuaskan	$\pm 15 - \pm 25$
Tidak Bemuaskan	$> \pm 25$

**Tabel 2. Nilai Performance Rating untuk RMSE [5]**

<i>Performance rating</i>	<i>Percentage error in Discharge volume (%)</i>
Sangat Baik	$0.00 \leq RSR \leq 0.50$
Baik	$0.50 \leq RSR \leq 0.60$
Memuaskan	$0.60 \leq RSR \leq 0.70$
Tidak Bemuaskan	$RSR \geq 0.70$

## 2. Metodologi Penelitian

Lokasi Penelitian berada di sub DAS Stasiun AWLR Pasir Pengaraian, Secara administrasi terletak di Provinsi Riau, Desa Pasir Pengaraian, Kecamatan Rambah dengan letak geografis  $00^{\circ}35'24''$  LU dan  $101^{\circ} 11' 46''$  BT (Badan Pusat Statistik Pekanbaru) dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian [2]**

Stasiun ini memiliki luas Daerah Aliran Sungai (DAS) sebesar  $1036 \text{ km}^2$ . Luas DAS ini diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau. Lokasi penelitian ini dipilih karena lokasi ini memiliki ketersediaan data sekunder yang memadai untuk analisis debit kontinu sungai. Data yang dimiliki untuk lokasi ini adalah data hujan, data debit dan data klimatologi. Data hujan yang digunakan adalah

data hujan dari stasiun hujan Pasar Tangun tahun 2008 sampai 2017. Data debit dari stasiun debit Pasir Pangaraian tahun 2008-2017. Dan data Klimatologi dari stasiun klimatologi Rambah Utama tahun 2008-2017. Semua data *times series* yang diperoleh adalah data harian.

Prosedur penelitian dimulai dengan studi literatur, kemudian pengumpulan data, setelah itu baru input data ke program HEC-HMS. Besaran parameter ditentukan *initial valuenya* baru kemudian dikalibrasi secara otomatis. Ada 12 parameter kalibrasi. Kalibrasi pertama dengan *objective function* PEV, kalibrasi kedua dengan RMSE. Setelah mendapatkan nilai kalibrasi dengan *objective function* yang optimum baru dilakukan verifikasi. Verifikasi menggunakan besaran parameter kalibrasi yang dipilih berdasarkan nilai *objective function* yang terkecil. Kalibrasi dan verifikasi dilakukan dengan skema kalibrasi semacam ini.

**Tabel 3. Skema Kalibrasi dan Verifikasi**

Skema ke -	Periode	
	Kalibrasi	Verifikasi
I	2008	2009-2017
II	2008-2009	2010-2017
III	2008-2010	2011-2017
IV	2008-2011	2012-2017
V	2008-2012	2013-2017
VI	2008-2013	2014-2017
VII	2008-2014	2015-2017
VIII	2008-2015	2016-2017
IX	2008-2016	2017

### 3. Hasil dan Pembahasan

Nilai PEV dari hasil kalibrasi model SMA dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini. Skema I dilakukan 2 kali tahapan kalibrasi dan skema II ada 5 kali tahapan kalibrasi. Kalibrasi sebanyak 5 kali dilakukan pada skema II dan skema IX. Paling sedikit 2 kali kalibrasi pada skema I dan VIII. Nilai PEV pada kalibrasi 1 sebagian besar nilai PEVnya tinggi selanjutnya terjadi penurunan kecuali pada kalibrasi skema VIII yaitu sebesar 3,3. Bahkan nilai PEVnya ada yang mencapai angka 0 artinya total volume debit terukur dengan terhitung sama. Seluruh skema bisa menghasilkan nilai PEV yang kurang dari 10% artinya kalibrasi tersebut sangat baik performanya. Hasilnya diuji dengan verifikasi berdasarkan nilai PEV yang terkecil dari masing masing skema.

**Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Kalibrasi Sembilan Skema dengan PEV**

Skema	PEV (%)						Keterangan
	1	2	3	4	5	6	
I (1 Tahun Kalibrasi)	35,8	4,4					Sangat Baik

II (2 Tahun Kalibrasi)	6,8	8,7	225,1	25,1	2,1		Sangat Baik
III (3 Tahun Kalibrasi)	141,4	2,0	4,0	4,9			Sangat Baik
IV (4 Tahun Kalibrasi)	146,08	2,1	5,1				Sangat Baik
V (5 Tahun Kalibrasi)	49,2	2,6	4,94	0,0			Sangat Baik
VI (6 Tahun Kalibrasi)	0,3	7,0	0,0				Sangat Baik
VII (7 Tahun Kalibrasi)	10,1	15,1	0,0				Sangat Baik
VIII (8 Tahun Kalibrasi)	3,3	14,8					Sangat Baik
IX (9 Tahun Kalibrasi)	4,9	180,6	3,1	21,9	0,0		Sangat Baik

Hasil kalibrasi model SMA dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini. Perulangan kalibrasi paling banyak sampai 7 kali yaitu pada skema 6. Paling sedikit pada skema II hanya 1 kali kalibrasi. Sebagian besar jika dilakukan perulangan kalibrasi dengan menginputkan nilai parameter optimal yang diperoleh dari kalibrasi sebelumnya, nilai RMSE mengecil. Tetapi ada kondisi dimana ketika kalibrasi terus dilanjutkan malah tidak menghasilkan nilai RMSE (kalibrasi otomatisnya langsung berhenti). Terjadi pada kalibrasi skema II, sehingga langkah kalibrasinya menjadi hanya 1 kali saja. Nilai RMSE dari semua skema dalam kategori buruk. Artinya hasil hidrograf hitungan tidak sesuai dengan hidrograf terukurnya.

**Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Kalibrasi Sembilan Skema dengan RMSE**

Skema	Root Mean Square Error							Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	
I (1 Tahun Kalibrasi)	120,71	347,09	287,02	340,81	99,10	228,82		Buruk
II (2 Tahun Kalibrasi)	124,46							Buruk
III (3 Tahun Kalibrasi)	112,56	109,76	109,02					Buruk
IV (4 Tahun Kalibrasi)	127,70	139,59	1259,3	118,61				Buruk
V (5 Tahun Kalibrasi)	116,83	112,64						Buruk
VI (6 Tahun Kalibrasi)	170,31	1360	128,51	119,64	109,96	1113	114,89	Buruk
VII (7 Tahun Kalibrasi)	125,05	119,70	118,56	118,13				Buruk
VIII (8 Tahun Kalibrasi)	116,85	116,23	116,23					Buruk
IX (9 Tahun Kalibrasi)	115,05	113,96	114,49					Buruk

Berdasarkan nilai PEV-nya dipilih parameter yang menghasilkan nilai PEV terkecil untuk dijadikan input proses verifikasi. Hasil verifikasi berbagai skema dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Verifikasi Hasil Kalibrasi Menggunakan PEV**

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	18676598,9	19,9%	Memuaskan
Skema 3 (7 tahun Verifikasi)	20890525.8	15590698.6	25,4%	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	10,1%	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

Nilai PEV paling kecil pada skema 7 sebesar 10,1% pada skema 7 yaitu 7 tahun kalibrasi 3 tahun verifikasi. Nilai PEV paling besar pada skema 9 yaitu 9 tahun kalibrasi 1 tahun verifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa anggapan semakin panjang data kalibrasi akan menghasilkan verifikasi yang lebih bagus belum terbukti. Panjang data kalibrasi belum terbukti mempengaruhi hasil verifikasi. Nilai volume simulasi verifikasi menunjukkan nilai yang lebih kecil dibanding dengan volume debit terukuranya (*underestimated*).

Proses verifikasi dilakukan juga untuk parameter hasil kalibrasi dengan fungsi tujuan RMSE. Hasilnya bisa dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

**Tabel 7. Verifikasi Hasil Kalibrasi Menggunakan RMSE**

Skema	Volume observasi (m <sup>3</sup> )	Volume Simulasi (m <sup>3</sup> )	RMSE	Keterangan
Skema 1 (9 tahun Verifikasi)	307072,2	450412,7	98,7554	Buruk
Skema 2 (8 tahun Verifikasi)	269841,5	246918,5	90,20425	Buruk
Skema 3 (7 tahun Verifikasi)	100909,8	241915,6	112,827	Buruk

Skema 4 (6 tahun Verifikasi)	211708,1	44454	110,3399	Buruk
Skema 5 (5 tahun Verifikasi)	182447,1	67989,1	109,3477	Buruk
Skema 6 (4 tahun Verifikasi)	143820,5	26805,6	117,2293	Buruk
Skema 7 (3 tahun Verifikasi)	98168,2	15081,8	113,3717	Buruk
Skema 8 (2 tahun Verifikasi)	63621	25597,4	122,5665	Buruk
Skema 9 (1 tahun Verifikasi)	35311	13935,5	131,1744	Buruk

Pada tabel di atas terlihat bahwa semua hasil verifikasi menunjukkan hasil yang buruk dengan nilai RMSE paling kecil 90,20425 pada kalibrasi 2 tahun verifikasi 8 tahun. Nilai RMSE paling besar 131,1744 pada kalibrasi skema 9 dengan kalibrasi 9 tahun dan 1 tahun verifikasi. Nilai RMSE yang didapatkan juga tidak mendukung pernyataan bahwa semakin panjang data kalibrasi akan menghasilkan nilai verifikasi yang bagus. Dari 9 skema ada 7 skema yang menunjukkan nilai debit simulasinya lebih kecil dibandingkan dengan debit terukurnya. Sedangkan dua skema lainnya menghasilkan debit simulasi yang lebih besar dari debit terukurnya.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan performa model SMA dipengaruhi oleh *objective function* yang dipilih. Hasil kalibrasi dan verifikasi menggunakan PEV lebih bagus performanya dibandingkan dengan menggunakan RMSE. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh ketelitian dari metode *objective function*-nya. Pada metode PEV hanya membandingkan hasil akhir dari total volume debitnya saja tidak memperhitungkan fluktuasi tiap segmen waktu, sedangkan RMSE membandingkan debit tiap segmen waktu sehingga hasil deviasinya lebih teliti.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah :

1. Nilai performa *objective function* pada model SMA di stasiun Pasir Pangaraian yang lebih baik adalah PEV dibandingkan dengan menggunakan RMSE
2. Hasil kalibrasi dan verifikasi belum membuktikan pengaruh panjang data terhadap performa *objective function* yang dipilih
3. Pada tahapan verifikasi, kalibrasi dengan panjang data 7 tahun verifikasi 3 tahun menghasilkan nilai PEV yang paling kecil dengan performa baik.

#### Daftar Pustaka

- [1] Indarto, *Hidrologi, Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara, 2014.



- [2] G. Adya Ariska, Y. Lilis Handayani, and B. Sujatmoko, "Analisis Hidrologi Model Soil Moisture Accounting Menggunakan Program HEC-HMS (Studi Kasus: DAS Rokan AWLR Pasir Pangaraian)," *Jurnal Saintis*, vol. 20, 2020, doi: 10.25299/saintis2020.vol20(01).4753.
- [3] W. A. Scharffenberg, "HEC HMS Technical Reference Manual." US Army Corps of Engineers, Washington, 2013.
- [4] W. R. Singh and M. K. Jain, "Continuous Hydrological Modeling using Soil Moisture Accounting Algorithm in Vamsadhara River Basin, India," *Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering*, vol. 4, no. 4, pp. 398–408, Oct. 2015, doi: 10.5963/jwrhe0404011.
- [5] A. ur Rauf and A. R. Ghumman, "Impact assessment of rainfall-runoffsimulations on the flow duration curve of the Upper Indus river-a comparison of data-driven and hydrologic models," *Water (Switzerland)*, vol. 10, no. 7, Jun. 2018, doi: 10.3390/w10070876.