

ANALISIS HIDROLOGI MODEL SOIL MOISTURE ACCOUNTING DENGAN METODE KALIBRASI ROOT MEAN SQUARE ERROR (Studi Kasus : DAS Rokan, AWLR Pasir Pangaraian)

David Immanuel Ketaren¹, Yohanna Lilis Handayani^{*2}, Siswanto³

1,2,3 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293 Telp. (0761) 52324
Email: david.immanuel@student.unri.ac.id, ylilish@gmail.com
siswanto@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

One model of the transformation of rain into debit is the Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System model or abbreviated as HEC-HMS, and one of the calculation methods is Soil Moisture Accounting. This model simulates the movement of water through and storing water in vegetation, at ground level, in soil profile, and in the groundwater layer. The purpose of this study was to calculate and analyze the resulting value of the Soil Moisture Accounting method with Root Mean Square Error calibration and for the Rokan Watershed with AWLR Pasir Pangaraian. This study uses rain data and discharge data with a data length of 10 years, from 2008-2017. This research took place in the Rokan AWLR Pasir Pangaraian watershed using the HEC-HMS program. Hydrological Modeling uses a calibration method which is the Root Mean Square Error (RMSE) method. Based on the nine calibration decisions, the value of Root Mean Square is best at approval I with a value of 99.10, while the value verification of Root Mean Square is best at reporting II with a value of 90.20425.

Keywords: availability of water, HEC-HMS, Soil Moisture Accounting, RMSE

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan air bersih merupakan salah satu komponen utama di dalam hidup manusia, sehingga dalam perkembangan manusia yang semakin pesat maka kebutuhan akan air bersih menjadi masalah yang dihadapi manusia saat ini. Konservasi air menjadi salah satu langkah manusia dapat membantu mengatasi masalah tersebut. Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air di suatu wilayah atau daerah aliran sungai memerlukan data debit aliran yang lengkap dan panjang. Menurut Triatmodjo (2008), siklus hidrologi adalah sebuah proses pergerakan air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara kontinyu. Siklus hidrologi merupakan gambaran aliran suatu daerah atau daerah aliran sungai (DAS). Transfer hujan-aliran adalah suatu bagian penting dalam siklus hidrologi. Transfer ini dapat didekati dengan mengekspresikan sebagai suatu sistem yang sederhana yaitu tersusun oleh presipitasi, sistem DAS sebagai media dan memproses hujan/presipitasi dan aliran dari sistem DAS.

Salah satu model transformasi hujan menjadi debit adalah model *Hydrologic*

Engineering Centre – Hydrologic Modelling System atau disingkat dengan sebutan HEC-HMS. HEC-HMS adalah model matematika numeris yang dikemas dalam paket program komputer, yang terdiri dari sejumlah metode untuk mensimulasikan *watershed*, saluran dan perilaku bangunan air. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Soil Moisture Accounting*. 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 DAS Rokan kiri memiliki luas sekitar 871,16 km². Sub Daerah Aliran Sungai stasiun Pasir Pangaraian merupakan sub-DAS yang berada pada Wilayah Sungai (WS) Rokan tepatnya pada sungai Batang Lubuh yang mengalir ke sungai Rokan. Penelitian yang dilakukan oleh Oktavia (2018) pada lokasi yang sama dengan penelitian ini, mengklasifikasikan nilai indeks penggunaan air rata-rata dari tahun 2006

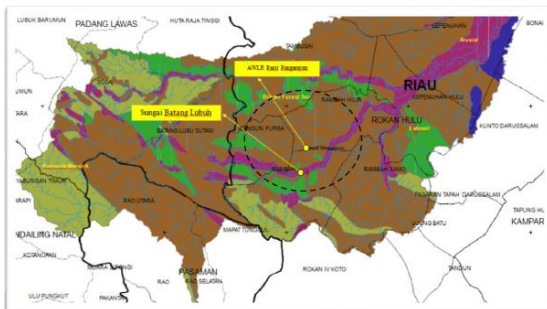
sampai tahun 2016 diklasifikasikan dalam kelas baik dengan nilai rata rata $2,4 \times 10^{-5}$, hasil ini dapat digunakan sebagai perbandingan persediaan air dengan penelitian ini, Penelitian yang dilakukan oleh Ariska (2019) menggunakan software HEC-HMS, dengan metode *Soil Moisture Accounting*, menggunakan kalibrasi volume error dan puncak error menunjukkan dari sembilan skema yang di teliti didapat perolehan *Percent error in discharge* (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”.

Penelitian ini akan menggunakan metode kalibrasi yaitu dengan menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) sehingga hasil yang dikeluarkan dapat menjadi perbandingan pada penelitian-penelitian sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

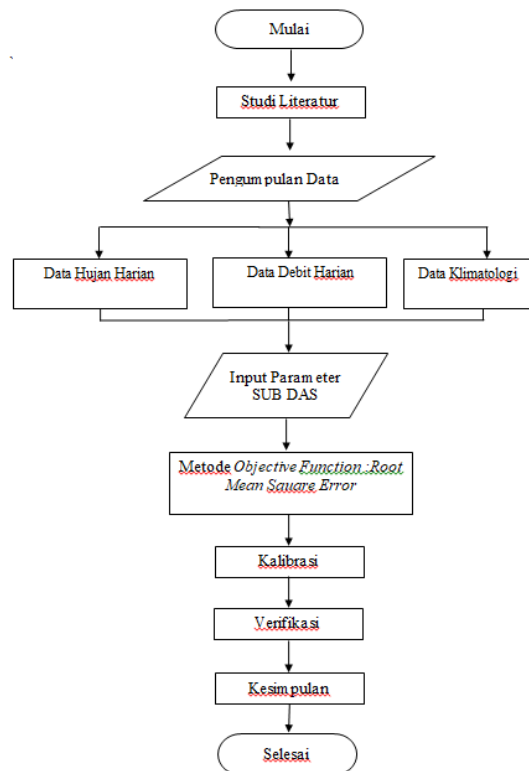
Pada penelitian ini mengambil lokasi di sub DAS Stasiun AWLR Pasir Pengaraian, Provinsi Riau, Desa Pasir Pengaraian, Kecamatan Rambah



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir

Gambar 2 merupakan proses perencanaan mulai dari mengumpulkan berbagai data yang diperlukan seperti Data curah hujan dalam kala 10 tahun, Data debit, dan Data Klimatologi. Data yang diperoleh akan diolah menggunakan software HEC-HMS dengan menginput data tersebut menjadi pemodelan. Tahapan selanjutnya adalah kalibrasi pada program, ini dilakukan untuk mencocokkan grafik debit simulasi dengan dengan observasi. Hasil dari proses ini menggunakan perhitungan *objective function*. *Objective Function* memiliki macam-macam perhitungan yang dapat digunakan untuk membandingkan dengan nilai pengamatan. Penelitian ini menggunakan nilai *Root Mean Square Error* sebagai pembanding dengan nilai pengamatan untuk memperoleh hasil yang paling optimal. Proses ini juga dilakukan secara berulang dan kontinyu hingga didapatkan nilai parameter yang mendekati kondisi lapangan, dikarenakan adanya nilai yang tidak pasti dalam proses perbandingan.

Penentuan Evapotranspirasi

Dalam analisis evapotranspirasi yang digunakan pada Sub DAS tersebut dengan metode Penman-Monteith. Perhitungan

evapotranspirasi memerlukan parameter-parameter yang tergantung pada keadaan daerah yang ditinjau. Parameter yang dibutuhkan antara lain adalah suhu maksimum dan minimum, kelembapan, kecepatan angin, waktu penyinaran matahari dan radiasi panas matahari.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - g) + \gamma \left(\frac{900}{T_{mean} + 273} \right) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \dots\dots (1)$$

dengan :

- ET_o : Evapotranspirasi referensi (mm/hari)
 R_n : Radiasi matahari netto (MJ/m²)
 g : Fluks panas tanah (MJ/m²)
 T_{mean} : Suhu udara rata-rata (°C)
 u_2 : Kecepatan angin rata-rata pada ketinggian 2 m (m/s)
 e_s : Tekanan uap air jenuh (kPa)
 e_a : Tekanan uap air aktual (kPa)
 Δ : Slope tekanan uap air (kPa/°C)
 γ : Konstanta psikometrik (kPa/°C)

Penentuan Debit

Perhitungan nilai debit dilakukan dengan menggunakan lengkung debit di stasiun Pasir Pengaraian. Rumus perhitungan debit didapat dari balai wilayah Sumatera III Provinsi Riau, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q = 47,662 \times (H - 0.140)^{1.950} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

- Q : Debit Observasi (m³/s)
 H : Elevasi muka air (m)

Penentuan Objective Function

Metode yang digunakan dalam HEC-HMS adalah *objective Functions* dan *search methods* seperti dijelaskan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Metode Perhitungan Objective Function

Kriteria	Persamaan*)
Sum of Absolute errors	$Z = \sum_{i=1}^{NQ} q_o(i) - q_s(i) $
Sum of Squared residuals	$Z = \sum_{i=1}^{NQ} [q_o(i) - q_s(i)]^2$
Percent error in volume	$Z = 100 \left \frac{V_s(\text{simulasi}) - V_o(\text{observasi})}{V_o(\text{observasi})} \right $
Peak weighted Root Mean Square Error objective function	$Z = \left\{ \frac{1}{NQ} \left[\sum_{i=1}^{NQ} [q_o(i) - q_s(i)]^2 \left(\frac{q_o(i) - q_o(\text{mean})}{2q_o(\text{mean})} \right) \right] \right\}^1$

Sumber : HEC-HMS, 2000

Penentuan Verifikasi model

Semua parameter dari model kontinyus dijaga konstan selama verifikasi model. Hasil verifikasi ditaksir menggunakan grafik perbandingan debit, grafik penyebaran, grafik, grafik residual, dan pengukuran *goodness-of-fit statistic*. Verifikasi model dimaksudkan untuk menguji apakah nilai-nilai parameter DAS yang telah didapatkan pada tahap optimasi sudah merupakan nilai yang cukup representatif untuk DAS yang ditinjau. Langkah yang dilakukan adalah melakukan hitungan ulang berdasarkan input model yang sudah dikalibrasi untuk simulasi hitungan debit dengan periode yang lain dari hitungan kalibrasi. Input model tersebut berupa parameter-parameter yang digunakan dalam model tersebut, nilai-nilai parameter tersebut didapat dari hasil *optimize trial*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kalibrasi

Pada hasil proses kalibrasi HEC-HMS, nilai parameter yang digunakan adalah nilai parameter dimana nilai *initial value* dan nilai *Optimized value* sama /tidak ada perubahan lagi. Nilai ini didapat dari proses kalibrasi

yang berulang ulang sehingga nilai parameter tersebut tidak mengalami perubahan lagi. Nilai ini juga yang menjadi acuan dalam menentukan *nilai Root Mean Square Error*.

Pada tahap pertama ditunjukkan hasil kalibrasi pertama untuk skema I (Tabel 2) yaitu tahun 2008. Nilai yang akan dimasukkan adalah nilai *initial value* .Semua nilai parameter bervariasi dan diambil secara variatif untuk melihat perubahan di dalam nilai *Root Mean Square Error*. Hasil kalibrasi untuk skema I dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kalibrasi Pertama Skema I

Parameter	Sat.	Initial value	Optimized value	Persentase Perubahan
<i>Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient</i>	HR	0,67779	0,3292	51%
<i>Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration</i>	HR	0,38158	0,5646	48%
<i>Recession - Initial Discharge</i>	M3/S	87,396	96,009	10%
<i>Recession - Ratio to Peak</i>		0,5271	0,5609	6%
<i>Recession - Recession Constant</i>		0,7289	0,9756	34%
<i>Simple Canopy - Initial Storage</i>	%	1,0139	1,4988	48%
<i>Simple Canopy - Max Storage</i>	MM	1,3658	2,0474	50%
<i>Simple Surface - Initial Storage</i>	%	1,726	2,7113	57%
<i>Simple Surface - Max Storage</i>	MM	2,0841	3,4656	66%
<i>Soil Moisture Accounting - GW1 Percolation</i>	MM/HR	2,0039	3,4389	72%
<i>Soil Moisture Accounting - GW1 Storage</i>	MM	1,7449	3,0577	75%
<i>Soil Moisture Accounting - GW1 Storage Coefficient</i>	HR	2,3274	3,898	67%
<i>Soil Moisture Accounting - GW2 Percolation</i>	MM/HR	1,7535	2,9731	70%
<i>Soil Moisture Accounting - GW2 Storage</i>	MM	1,5625	2,5533	63%
<i>Soil Moisture Accounting - GW2 Storage Coefficient</i>	HR	1,4377	2,2431	56%
<i>Soil Moisture Accounting - Initial GW1 Content</i>	%	1,84	3,0358	54%
<i>Soil Moisture Accounting - Initial GW2 Content</i>	%	2,0397	3,0358	49%
<i>Soil Moisture Accounting - Initial Soil Content</i>	%	2,9166	4,3595	49%
<i>Soil Moisture Accounting - Max Infiltration</i>	MM/HR	3,2435	4,8264	49%
<i>Soil Moisture Accounting - Soil Percolation</i>	MM/HR	2,8208	3,7642	33%
<i>Soil Moisture Accounting - Soil Storage</i>	MM	1,7278	2,0407	18%
<i>Soil Moisture Accounting - Tension Storage</i>	MM	0,67691	0,76622	13%

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa dari parameter Soil Moisture Accounting, nilai yang menunjukkan perubahan terbesar adalah nilai parameter Soil Moisture Accounting - GW1 Storage. Dan parameter yang paling

sedikit menunjukkan perubahan adalah nilai parameter *Recession – Initial Discharge*. Pada hasil ini juga menjelaskan nilai dari *Root Mean Square Error* adalah 120,71.

Value: 120.71				
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3				
Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	3210.26	3152.60	57.66	1.83
Peak Flow (M3/S)	821.6	786.2	35.4	4.5
Time of Peak	07Jan2008, 00:00	07Jun2008, 00:00		

Gambar 3. Nilai *Root Mean Square Error*, perbedaan volume, perbedaan debit puncak, dan waktu puncak.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai parameter *initial value* dan *optimized value* tidak sama, maka perlu dilakukan kalibrasi ulang dengan menggunakan cara yang sama dengan kalibrasi pertama.

Tabel 3 Kalibrasi kedua Skema I

Parameter	Sat.	Initial value	Optimized value	Persentase Perubahan
<i>Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient</i>	HR	0,32924	0,59973	82%
<i>Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration</i>	HR	0,5646	0,77225	37%
<i>Recession - Initial Discharge</i>	M3/S	96,009	109,91	14%
<i>Recession - Ratio to Peak</i>		0,56093	0,64289	15%
<i>Recession - Recession Constant</i>		0,97563	0,99474	2%
<i>Simple Canopy - Initial Storage</i>	%	1,4988	1,5733	5%
<i>Simple Canopy - Max Storage</i>	MM	2,0474	2,2202	8%
<i>Simple Surface - Initial Storage</i>	%	2,7113	3,0008	11%
<i>Simple Surface - Max Storage</i>	MM	3,4656	3,9273	13%
<i>Soil Moisture Accounting - GW1 Percolation</i>	MM/HR	3,4389	5,0109	46%
<i>Soil Moisture Accounting - GW1 Storage</i>	MM	3,0577	4,1738	37%
<i>Soil Moisture Accounting - GW1 Storage Coefficient</i>	HR	3,898	5,2262	34%
<i>Soil Moisture Accounting - GW2 Percolation</i>	MM/HR	2,9731	3,9131	32%
<i>Soil Moisture Accounting - GW2 Storage</i>	MM	2,5533	3,3173	30%
<i>Soil Moisture Accounting - GW2 Storage Coefficient</i>	HR	2,2431	2,8677	28%
<i>Soil Moisture Accounting - Initial GW1 Content</i>	%	2,8364	3,6029	27%
<i>Soil Moisture Accounting - Initial GW2 Content</i>	%	3,0358	3,1875	26%
<i>Soil Moisture Accounting - Initial Soil Content</i>	%	4,3595	5,178	19%
<i>Soil Moisture Accounting - Max Infiltration</i>	MM/HR	4,8264	5,4377	13%
<i>Soil Moisture Accounting - Soil</i>	MM/HR	3,7642	4,1375	10%

Percolation

Soil Moisture Accounting - Soil Storage	MM	2,0407	2,181	7%
Soil Moisture Accounting - Tension Storage	MM	0,76622	0,79935	4%

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai parameter *initial value* dan *optimized value* tidak sama, maka perlu dilakukan kalibrasi ulang dengan menggunakan cara yang sama dengan kalibrasi kedua. Hasil dari kalibrasi ini juga menunjukkan nilai *Root Mean Square Error* dengan nilai 347,09.

Value: 347.09				
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3				
Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	6372.14	3152.60	3219.54	102.12
Peak Flow (M3/S)	774.1	786.2	-12.1	-1.5
Time of Peak	20Oct2008, 00:00	07Jun2008, 00:00		

Gambar 4. Nilai *Root Mean Square Error*, perbedaan volume, perbedaan debit puncak, dan waktu puncak.

Tabel 4 Kalibrasi lanjutan Skema I

Parameter	Sat.	Initial value	Optimized value	Persentase Perubahan
Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	1,4719	1,4719	0%
Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	1,2876	1,2876	0%
Recession - Initial Discharge	M3/S	150,26	150,26	0%
Recession - Ratio to Peak		0,80627	0,80627	0%
Recession - Recession Constant		0,99783	0,99783	0%
Simple Canopy - Initial Storage	%	1,7099	1,7099	0%
Simple Canopy - Max Storage	MM	2,6329	2,6329	0%
Simple Surface - Initial Storage	%	3,7599	3,7599	0%
Simple Surface - Max Storage	MM	5,2421	5,2421	0%
Soil Moisture Accounting - GW1 Percolation	MM/HR	6,986	6,986	0%
Soil Moisture Accounting - GW1 Storage	MM	6,0201	6,0201	0%
Soil Moisture Accounting - GW1 Storage Coefficient	HR	7,2612	7,2612	0%
Soil Moisture Accounting - GW2 Percolation	MM/HR	5,6333	5,6333	0%
Soil Moisture Accounting - GW2 Storage	MM	4,4142	4,4142	0%
Soil Moisture Accounting - GW2 Storage Coefficient	HR	3,4437	3,4437	0%
Soil Moisture Accounting - Initial GW1 Content	%	6,5587	6,5587	0%
Soil Moisture Accounting - Initial GW2 Content	%	6,5674	6,5674	0%
Soil Moisture Accounting - Initial Soil Content	%	8,8286	8,8286	0%
Soil Moisture Accounting - Max Infiltration	MM/HR	9,3647	9,3647	0%
Soil Moisture Accounting - Soil Percolation	MM/HR	6,4707	6,4707	0%
Soil Moisture Accounting - Soil	MM	2,9867	2,9867	0%

Storage

Tabel 5 Verifikasi semua skema

	Volume observasi (m ³)	Volume Simulasi (m ³)	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
Soil Moisture Accounting - Tension Storage	MM	0,94357	0,94357	0%

Setelah enam kali proses kalibrasi, didapatkan hasil pada Tabel 4 Berdasarkan Tabel tersebut didapat bahwa nilai *initial value* dan *optimized value* sama, maka proses kalibrasi selanjutnya tidak lagi diperlukan. Hasil kalibrasi ini menunjukkan nilai *Root Mean Square Error* dengan nilai 228,82.

Value: 228.82				
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3				
Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	5203.12	3152.60	2050.52	65.04
Peak Flow (M3/S)	578.7	786.2	-207.4	-26.4
Time of Peak	22Mar2008, 00:00	07Jun2008, 00:00		

Gambar 5. Nilai *Root Mean Square Error*, perbedaan volume, perbedaan debit puncak, dan waktu puncak.

Hasil Verifikasi

Nilai paramater 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.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode Soil Moisture Accounting pada pemodelan hidrologi HEC-HMS tidak

dapat menggambarkan kondisi debit AWLR pasir pangaraian.

2. Kalibrasi dengan menggunakan RMSE tidak dapat digunakan dalam menggambarkan debit pengamatan pada penelitian ini.

3. Berdasarkan sembilan skema kalibrasi, maka nilai Root Mean Square paling optimum berada pada skema I dengan perolehan nilai Root Mean Square nya 99,10.
4. Berdasarkan Sembilan skema verifikasi , Maka nilai Root Mean Square Error paling optimum berada pada skema II dengan perolehan nilai Root Mean Square Error adalah 90.425.

Adapun saran yang diberikan penulis berdasarkan penulisan dan pembahasan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam penelitian selanjutnya memiliki waktu yang lebih panjang dalam penyelesaian.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan *objective function* yang berbeda pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariska, G. (2020). Analisis Hidrologi Model *Soil Moisture Accounting* Menggunakan Program HEC-HMS (Studi Kasus : DAS Rokan AWLR Pasir Pangaraian). Pekanbaru. Universitar Riau.
- Oktavia, G. (2018). Analisis Nilai Indeks Penggunaan Air dan Kualitas Air pada Sub DAS Stasiun Pasir Pangaraian. 4. Pekanbaru. Univeritas Riau.
- Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.