

PEMODELAN HUJAN-ALIRAN DAERAH ALIRAN SUNGAI ROKAN DENGAN MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH

Mutia Mardhotillah

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru-Riau
email: mutia.mardhotillah16@gmail.com

Sigit Sutikno

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru-Riau
email: ssutiknoyk@yahoo.com

Manyuk Fauzi

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru-Riau
email: manyu_fauzi@yahoo.com

Rainfall-Runoff Modeling of Rokan Watershed With Using Remote Sensing Data

ABSTRACT

Data availability for modeling usually become a problem because of incompleteness and imprecision data. The development of knowledge and the advancement of technology progress encourage the development of hydrological modeling by using remote sensing data. This research conducted rainfall-runoff modeling using remote sensing data in Rokan watershed, Riau Province. To utilize remote sensing data, a special software namely Integrated Flood Analysis System (IFAS) is used in this research. IFAS is a remote sensing program that was developed by a research institution of the Japanese public works called the International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM). IFAS was used to model the rainfall-runoff in Rokan watershed with four types of different periods simulation and calibration. Rainfall-runoff period from 1 January 2003 until 31 December 2006, 1 January 2004 until 31 December 2006, 1 January 2005 until 31 December 2006 and 1 January 2006 until 31 December 2006 was used for this modeling and then was validated with period data of 2004 and 2005. The results become optimal after the calibration process period of two years and one year data. The two years period have the correlation (R) value 0,627, volume error (VE) 1,007%, and the coefficient of efficiency (CE) 0,615 and the one year period the correlation (R) value 0,663, volume error (VE) 3,30%, and the coefficient of efficiency (CE) 0,759.

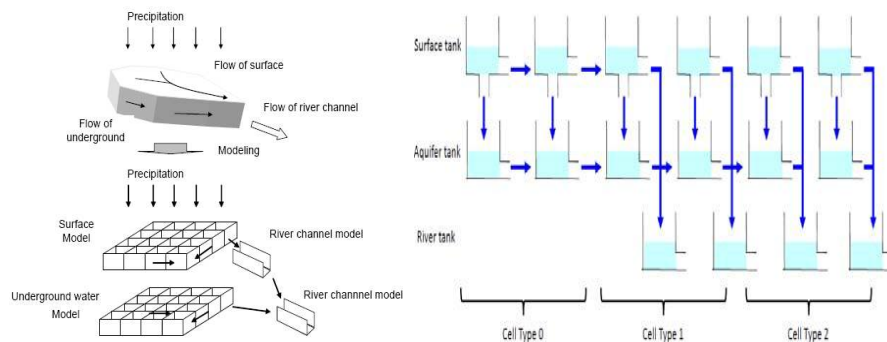
Keywords: rainfall-runoff modeling, satellite data, IFAS, calibration, validation

PENDAHULUAN

Kegiatan pengendalian banjir selalu memerlukan informasi yang menyangkut besarnya volume aliran (banjir) dan waktu perjalanan (*time travel*) banjir tersebut. Informasi ini dapat diperoleh jika di lokasi banjir tersebut memiliki data pengukuran tinggi muka air hujan dan data pengukuran debit. Permasalahan yang sering muncul, ketidaklengkapan dan ketidak-akuratan data pengukuran tinggi muka air hujan dan debit. Keterbatasan data tersebut mendorong pengembangan model.

Penggunaan teknik pemodelan dalam penelitian hidrologi saat ini terlihat dari semakin banyaknya pemodelan hidrologi dengan menggunakan data-data yang bersumber satelit. Tersedianya banyak program penginderaan jauh yang terhubung langsung ke satelit mempercepat proses pengumpulan data-data yang diperlukan untuk pemodelan suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Hal ini juga mempermudah dan mempercepat proses analisa permasalahan di DAS tersebut di masa mendatang. Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan hujan-aliran menggunakan data-data satelit dengan alat bantu *software*, yaitu *Integrated Flood Analysis System (IFAS)*. Penelitian ini mengambil studi kasus pada DAS Rokan di Provinsi Riau.

IFAS merupakan salah satu program penginderaan jauh yang dikembangkan oleh *Public Work Research Institute (PWRI)* dari Jepang yang bernama *International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM)*. IFAS dikembangkan seperti fungsi SIG untuk membuat jaringan saluran sungai yang ditampilkan dalam bentuk kotak-kotak kecil yang disebut *cell* dan mengestimasi parameter-parameter standar dalam analisis limpasan sehingga hasilnya bisa ditampilkan berdasarkan data-data satelit dan data-data curah hujan yang ada dilapangan. Dalam IFAS, perhitungan simulasi model dilakukan dengan menggunakan model tangki yang dimodifikasi berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan PWRI dari Jepang. Model ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu *surface model*, *underground water model*, dan *river channel model*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.



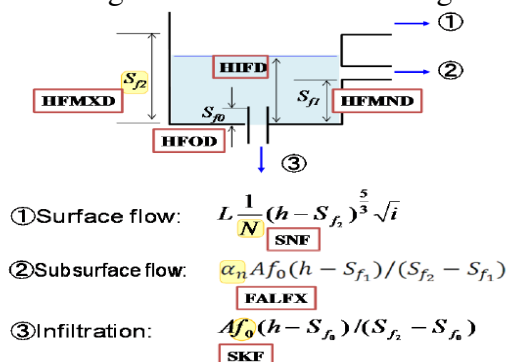
Gambar 1 Skema Model IFAS

Sumber: Fukami, 2009

Dalam Fukami (2009) PWRI Distributed Model terdiri dari tiga model, yaitu :

1. *Surface Model*

Surface Model merupakan tangki yang membagi curah hujan menjadi aliran permukaan (*flow of surface*), aliran intermediet (*rapid intermediate outflow*), dan aliran infiltrasi (*ground infiltration flows*). Aliran permukaan dan intermediet dihitung berdasarkan Hukum Manning. Aliran infiltrasi dihitung berdasarkan Hukum Darcy.

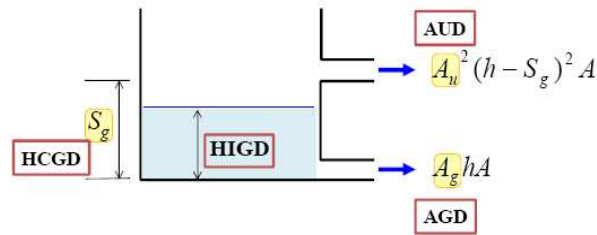


Gambar 2 Konsep *Surface Model*

Sumber : Fukami, 2009

2. *Underground Water Model*

Tangki pada model ini dibagi menjadi aliran *unconfined* dan *confined*.

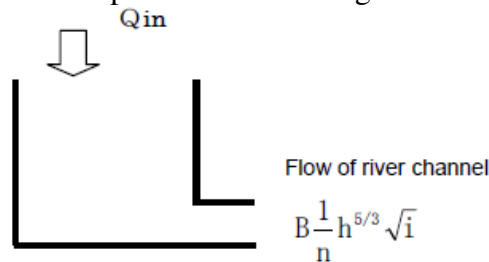


Gambar 3 Konsep *Underground Water Model*

Sumber : Fukami, 2009

3. *River Channel Model*

Model ini dihitung berdasarkan persamaan Manning.



Gambar 4 Konsep *River Channel Model*

Sumber : Fukami, 2009

1. **Evaluasi Ketelitian Model**

Dalam penelitian ini, simulasi model IFAS akan dilakukan dengan periode dari 1 Januari 2003 sampai 31 Desember 2006. Keandalan hasil model IFAS dievaluasi dengan menggunakan indikator statistik dalam Hambali (2008) seperti :

1. Koefisien korelasi (R) adalah harga yang menunjukkan besarnya keterkaitan antara nilai observasi dengan nilai simulasi. Perhitungan koefisien korelasi dari excel menggunakan persamaan berikut :

$$R = \frac{\sum (Q_{cal} - Q_{cal_{rerata}})(Q_{obs} - Q_{obs_{rerata}})}{\sqrt{\sum (Q_{cal} - Q_{cal_{rerata}})^2 \times \sum (Q_{obs} - Q_{obs_{rerata}})^2}} \quad (1)$$

dengan R adalah koefisien korelasi, Q_{cal} adalah debit terhitung ($m^3/detik$), $Q_{cal_{rerata}}$ adalah debit terhitung rerata ($m^3/detik$), Q_{obs} adalah debit terukur ($m^3/detik$), dan $Q_{obs_{rerata}}$ adalah debit terukur rerata ($m^3/detik$).

Dimana dalam Hambali (2008) koefisien korelasi memiliki beberapa kriteria seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Kriteria Nilai Koefisien Korelasi

Nilai Koefisien Korelasi (R)	Interpretasi
$0.7 < R < 1.0$	Derajat asosiasi tinggi
$0.4 < R < 0.7$	Hubungan substansial
$0.2 < R < 0.4$	Korelasi rendah
$R < 0.2$	Diabaikan

(Sumber : Hambali, 2008)

2. Selisih volume atau *volume error* (VE) aliran adalah nilai yang menunjukkan perbedaan volume perhitungan dan volume terukur selama proses simulasi. Selisih volume (VE) aliran dikatakan baik apabila dapat menunjukkan angka tidak lebih dari 5%. Perhitungan selisih volume (VE) dirumuskan sebagai berikut :

$$VE = \left| \frac{\sum_{i=1}^N Q_{obs_i} - \sum_{i=1}^N Q_{cal_i}}{\sum_{i=1}^N Q_{obs_i}} \right| \times 100\% \quad (2)$$

dengan VE adalah selisih volume, Q_{cal_i} adalah debit terhitung ($m^3/detik$), dan Q_{obs_i} adalah debit terukur ($m^3/detik$).

3. Koefisien efisiensi (CE) adalah nilai yang menunjukkan efisiensi model terhadap debit terukur, cara objektif yang paling baik dalam mencerminkan kecocokan hidrograf secara keseluruhan. Perhitungan koefisien efisiensi (CE) dirumuskan sebagai berikut :

$$CE = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs_i} - Q_{cal_i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{obs_i} - Q_{obs_{rata}})^2} \right] \quad (3)$$

dengan CE adalah koefisien efisiensi, Q_{cal_i} adalah debit terhitung ($m^3/detik$), Q_{obs_i} adalah debit terukur ($m^3/detik$), dan $Q_{obs_{rata}}$ adalah debit terukur rerata ($m^3/detik$).

Dimana dalam Hambali (2008) koefisien efisiensi memiliki beberapa kriteria seperti terlihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2 Kriteria Nilai Koefisien Efisiensi

Nilai Koefisien Efisiensi (CE)	Interpretasi
$CE > 0.75$	Optimasi sangat efisien
$0.36 < CE < 0.75$	Optimasi cukup efisien
$CE < 0.36$	Optimasi tidak efisien

(Sumber : Hambali, 2008)

2. Kalibrasi Model

Kalibrasi model menurut Vase, et al (2011) merupakan suatu proses mengoptimalkan atau secara sistematis menyesuaikan nilai parameter model untuk mendapatkan satu set parameter yang memberikan estimasi terbaik dari debit sungai yang diamati. Bloschl and Grayson (2000) dalam Indarto (2010) kalibrasi terhadap suatu model adalah proses pemilihan kombinasi parameter. Dengan kata lain, proses optimalisasi nilai parameter untuk meningkatkan koherensi antara respons hidrologi DAS yang teramati dan tersimulasi.

Dalam penelitian ini, sistem IFAS memiliki beberapa parameter yang dapat dikalibrasikan dengan menggunakan referensi dari data hidrologi daerah yang diamati (data terukur). Jika tidak memiliki data terukur maka harus menggunakan nilai parameter standar. Pada Tabel 3 dapat dilihat penjelasan mengenai cara memilih parameter yang akan dikalibrasi berdasarkan ketersediaan data terukur.

Tabel 3 Pengaturan Parameter IFAS Berdasarkan Ketersediaan Data Terukur

		Data Hidrologi Terukur	
		Ada	Tidak Ada
Data Sungai Terukur	Ada	1. Kalibrasi bisa dilakukan pada parameter <i>surface</i> dan <i>groundwater</i> 2. Parameter <i>river course</i> bisa disesuaikan	1. Parameter <i>river course</i> bisa disesuaikan 2. Menggunakan nilai standar parameter <i>surface</i> dan <i>groundwater</i>
	Tidak Ada	1. Kalibrasi bisa dilakukan pada parameter <i>surface</i> dan <i>groundwater</i> 2. Menggunakan nilai standar parameter <i>river course</i>	1. Menggunakan nilai standar semua parameter model

(Sumber : Fukami, 2009)

3. Validasi Model

Menurut Indarto (2010), validasi adalah proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Pada umumnya, validasi dilakukan dengan menggunakan data di luar periode data yang digunakan untuk kalibrasi. Pada penelitian ini, validasi model dilakukan dengan periode 2004 dan 2005.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada DAS Rokan dengan stasiun AWLR Lubuk Bendahara. Stasiun Lubuk Bendahara secara administrasi terletak di Provinsi Riau, Kabupaten Rokan Hulu, Kecamatan Rokan IV Koto dengan letak geografis $00^{\circ} 41' 30''$ LS dan $100^{\circ} 26' 23''$ BT. Stasiun ini memiliki luas daerah aliran sebesar 3196 km^2 .

Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data satelit berupa data curah hujan, elevasi, tata guna lahan, dan data tanah tahun 2003, 2004, 2005 dan 2006.
- b. Data hidrologi pada DAS Rokan yang berupa data debit harian dari *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* Stasiun Lubuk Bendahara tahun 2003, 2004, 2005 dan 2006.

Secara garis besar tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu mempersiapkan data satelit yang diunduh berupa data elevasi yang digunakan adalah GTOPO30, data tata guna lahan yang digunakan adalah GLCC dan data tanah yang digunakan adalah GNV25 Soil Water (UNEP). GNV25 merupakan data tanah yang berisi kapasitas kemampuan tanah menyimpan air (*soil water holding capacity*). Sedangkan data curah hujan yang digunakan adalah GsMaP_MVK+ untuk periode 1 Januari 2003 sampai 31 Desember 2006 dan validasi untuk periode 1 Januari 2004 sampai 31 Desember 2004 dan 1 Januari 2005 sampai 31 Desember 2005.

Simulasi model dilakukan dengan bantuan program IFAS. Data-data satelit yang telah diunduh disimulasikan dengan parameter-parameter awal yang ditentukan oleh IFAS. Hasil simulasi tersebut dievaluasi ketelitiannya berdasarkan data terukur (data AWLR) dengan menghitung nilai koefisien korelasi, selisih volume, dan koefisien efisiensi. Data yang digunakan dalam evaluasi ketelitian model adalah data debit sungai harian dari AWLR periode 1 Januari 2003 – 31 Desember 2006.

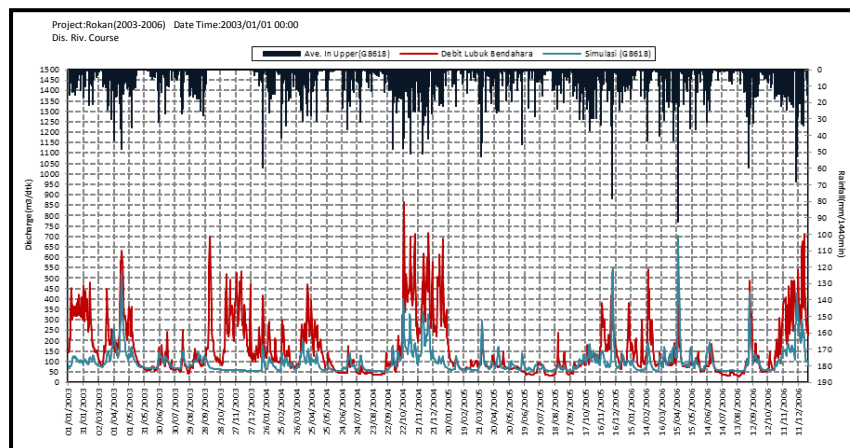
Kalibrasi parameter dilakukan dengan cara kombinasi, yang kemudian dilakukan simulasi kembali. Sehingga hasil kalibrasi dapat mewakili kondisi hujan-aliran yang sebenarnya berdasarkan data terukur dilapangan. Adapun parameter-parameter yang dikalibrasi ditentukan berdasarkan ketentuan Tabel 3 dan hasil simulasi yang dilakukan dengan nilai awal parameter dari IFAS (tanpa kalibrasi). Keseluruhan proses kalibrasi dan simulasi diulangi hingga diperoleh hasil simulasi yang optimal, yaitu nilai evaluasi ketelitian model seperti nilai koefisien R , VE , dan CE memenuhi batasan-batasan evaluasi ketelitian model yang telah ditentukan.

Validasi model dilakukan terhadap parameter-parameter yang memenuhi nilai evaluasi ketelitian model dalam kalibrasi. Parameter-parameter tersebut disimulasikan dengan periode tahun yang berbeda. Pada penelitian ini digunakan periode tahun 2004 dan 2005. Dari setiap langkah-langkah pemodelan hujan-aliran, akan didapatkan pembahasan dan hasil analisis data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Simulasi Model

Pada simulasi ini, digunakan nilai parameter-parameter awal yang ditentukan oleh IFAS (tanpa kalibrasi). Dengan memasukkan periode simulasi empat tahun, yaitu dari 1 Januari 2003 jam 00.00 sampai dengan 31 Desember 2006 jam 23.00, didapat hasil simulasi berupa hidrograf hujan aliran yang dapat dilihat pada Gambar 5.



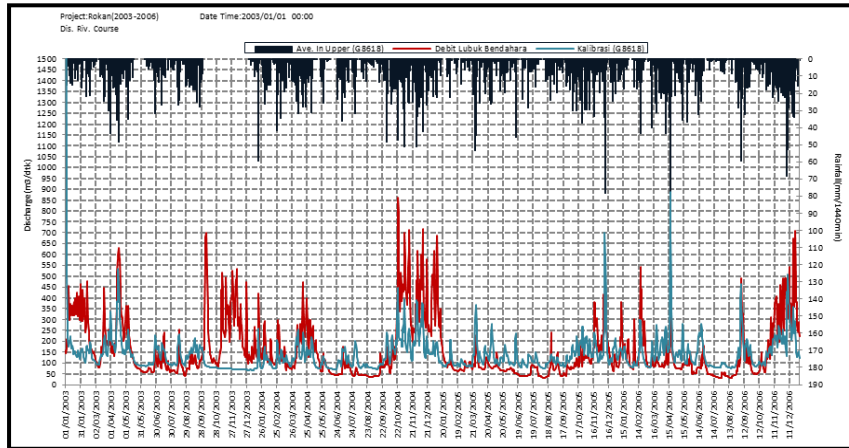
Gambar 5 Grafik Hasil Simulasi Tanpa Kalibrasi Peride Empat Tahun

Berdasarkan Gambar 5, bisa dilihat bahwa debit hasil simulasi belum mengikuti bentuk *trend* dari debit terukur di lapangan. Besar nilainya masih terlalu besar, sehingga perlu dilakukan proses kalibrasi untuk memperkecil volume debitnya.

2. Proses Kalibrasi

Pada tahap ini, akan digunakan nilai parameter-parameter yang dikalibrasi dengan *trial and error*. Dari ketentuan Tabel 3, ditentukan bahwa parameter-parameter yang dikalibrasi adalah parameter-parameter dari *surface tank* dan *underground water tank*. Hal ini karena data terukur yang tersedia hanya data AWLR tanpa data penampang sungai dilapangan.

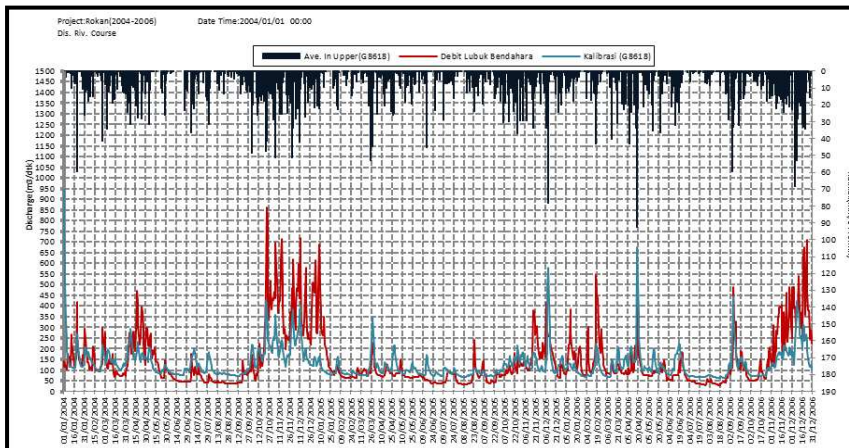
Setelah dilakukan beberapa pengulangan simulasi dengan parameter-parameter berbeda, belum diperoleh nilai parameter-parameter yang optimal untuk kalibrasi pada penelitian ini. Dari parameter-parameter yang telah dikalibrasi tersebut, maka diperoleh hasil simulasi berupa hidrograf hujan-aliran yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Hasil Kalibrasi Periode Empat Tahun

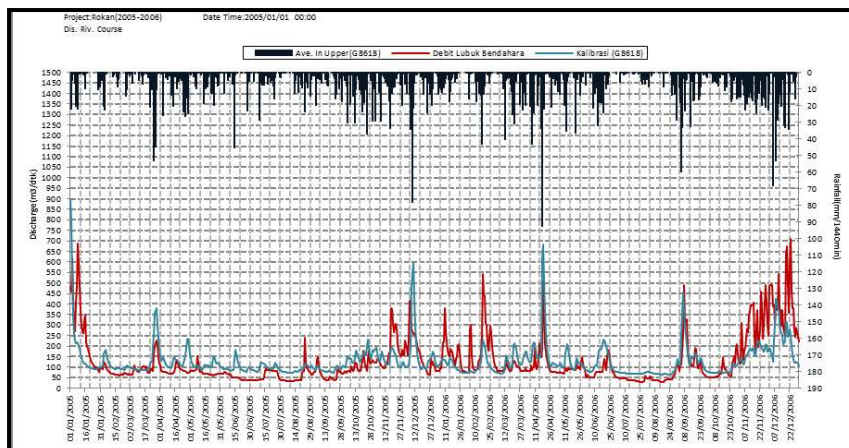
Gambar 6 menunjukkan bahwa debit hasil kalibrasi belum juga mendekati bentuk *trend* dari debit terukur, dan besar nilainya juga belum mendekati besar debit terukur. Maka penelitian ini melakukan pengurangan panjang data untuk mendapatkan hasil pemodelan yang optimal.

a. Periode Tiga Tahun (2004-2006)



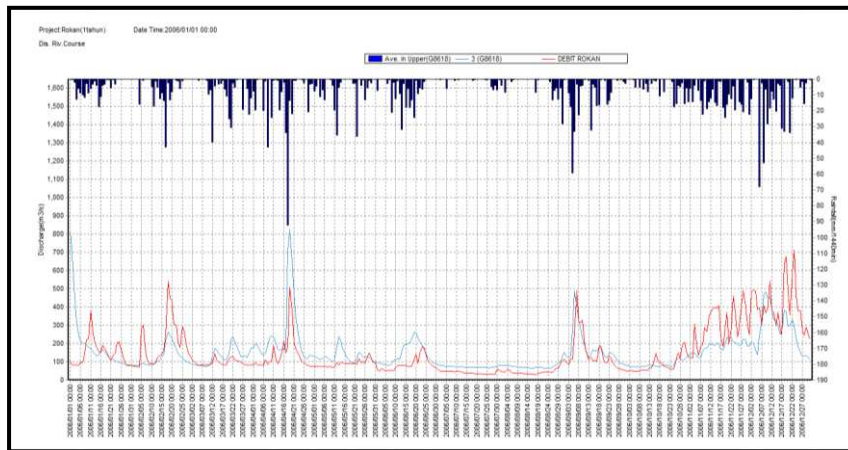
Gambar 7 Grafik Hasil Kalibrasi Periode Tiga Tahun

b. Periode Dua Tahun (2005-2006)



Gambar 8 Grafik Hasil Kalibrasi Periode Dua Tahun

c. Periode Satu Tahun (2006)



Gambar 9 Grafik Hasil Kalibrasi Periode Satu Tahun

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa debit hasil kalibrasi sudah mendekati bentuk *trend* dari debit terukur, dan besar nilainya juga sudah mendekati besar debit terukur. Nilai-nilai setiap parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5. Maka dilanjutkan dengan proses validasi untuk mendapatkan tingkat kepastian parameter modelnya.

Tabel 4 Parameter-Parameter yang Dikalibrasi Periode Dua Tahun

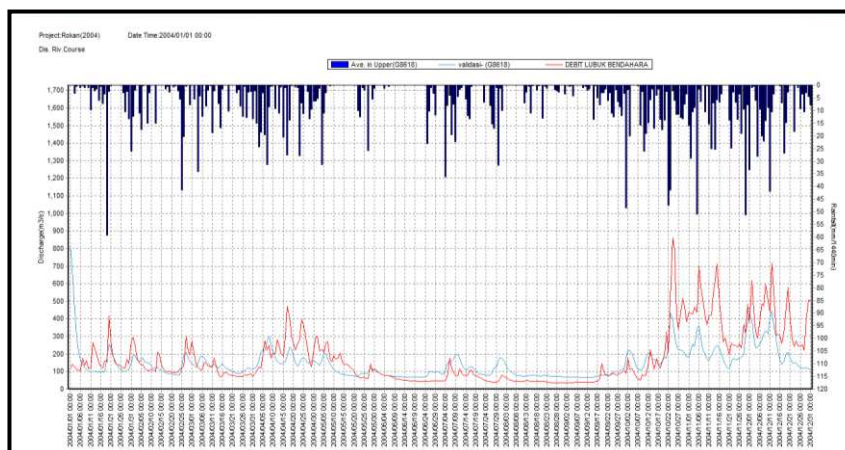
	Parameter	Notasi	Awal	Kalibrasi	Keterangan
Surface Tank	Kapaitas Infiltrasi Terakhir (<i>Final Infiltration Capacity</i>) f_0 (cm/s)	SKF	0.0005	0.001	Berdasarkan Tabel 2.5 untuk areal hutan
	Tinggi Penyimpanan Maksimum (<i>Maximum Storage Height</i>) Sf_2 (m)	HFMXD	0.1	0.001	<i>Trial and error</i> dengan memperkecil nilainya untuk memperbesar volume aliran puncak
	Tinggi Aliran Cepat Intermediet (<i>Rapid Intermediate flow height</i>) Sf_1 (m)	HFMND	0.01	0.0005	<i>Trial and error</i> dengan memperkecil nilainya untuk memperbesar sebagian bentuk gelombang
	Tinggi Infiltrasi Tanah (<i>Height Where Ground Infiltration Occurs</i>) Sfo (m)	HFOD	0.005	0.0001	<i>Trial and error</i> dengan memperkecil nilainya untuk memperbesar bentuk seluruh gelombang
	Koefisien Kekasaran Permukaan (<i>Surface Roughness Coefficient</i>) N (M-1/3/s)	SNF	0.7	0.1	Berdasarkan Tabel 2.4 untuk areal yang sebagian beraspal dan sebagian tanah serta memiliki jaringan drainase
	Koefisien Pengaturan Aliran Cepat Intermediet (<i>Rapid Intermediate Flow Regulation Coefficient</i>) α_n	FALFX	0.8	0.65	Berdasarkan Tabel 2.5 <i>trial and error</i> antara 0,5 dan 0,65
	Tinggi Penyimpanan Awal (<i>Initial Storage Height</i>) m	HIFD	0	0	Tidak diubah karena ketentuan dari IFAS
Underground Water Tank	Koefisien Pengaturan Aliran Lambat Intermediet (<i>Slow Intermediate flow Regulation Coefficient</i>) $(1/\text{mm}/\text{day})^{1/2}$	AUD	0.1	0.1	Tidak diubah karena nilai sudah cukup untuk memperbesar sebagian bentuk gelombang
	Koefisien Aliran Dasar (<i>Base flow Coefficient</i>) $(1/\text{day})$	AGD	0.003	0.0035	<i>Trial and error</i> dengan memperbesar nilainya agar volume <i>base flow</i> menjadi besar
	Tinggi Penyimpanan Tempat ALIRAN Lambat Intermediet (<i>Storage height where the slow intermediate flow occurs</i>) (m)	HCGD	2	1.94	<i>Trial and error</i> diperkecil agar nilai volumenya bisa menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah
	Tinggi Penyimpanan Awal (<i>Initial Storage Height</i>) m	HIGD	2	2.05	<i>Trial and error</i> diperbesar agar nilai volumenya bisa menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah
		R =	0.545	0.627	
		VE (%) =	13.929	1.007	
		CE =	0.733	0.615	

Tabel 5 Parameter-Parameter yang Dikalibrasi Periode Satu Tahun

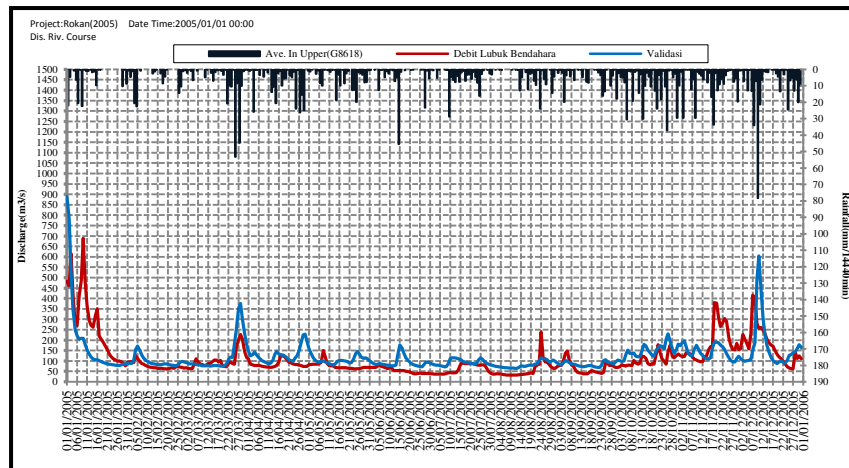
	Parameter	Notasi	Awal	Kalibrasi	Keterangan
Surface Tank	Kapaitas Infiltrasi Terakhir (<i>Final Infiltration Capacity</i>) f_0 (cm/s)	SKF	0.0005	0.001	Berdasarkan Tabel 2.5 untuk areal hutan
	Tinggi Penyimpanan Maksimum (<i>Maximum Storage Height</i>) Sf_2 (m)	HFMXD	0.1	0.001	<i>Trial and error</i> dengan memperkecil nilainya untuk memperbesar volume aliran puncak
	Tinggi Aliran Cepat Intermediet (<i>Rapid Intermediate flow height</i>) Sf_1 (m)	HFMND	0.01	0.0005	<i>Trial and error</i> dengan memperkecil nilainya untuk memperbesar sebagian bentuk gelombang
	Tinggi Infiltrasi Tanah (<i>Height Where Grund Infiltration Occurs</i>) Sf_0 (m)	HFOD	0.005	0.0001	<i>Trial and error</i> dengan memperkecil nilainya untuk memperbesar bentuk seluruh gelombang
	Koefisien Kekasaran Permukaan (<i>Surface Roughness Coefficient</i>) N (M-1/3/s)	SNF	0.7	0.1	Berdasarkan Tabel 2.4 untuk areal yang sebagian beraspal dan sebagian tanah serta memiliki jaringan drainase
	Koefisien Pengaturan Aliran Cepat Intermediet (<i>Rapid Intermediate Flow Regulation Coefficient</i>) α_n	FALFX	0.8	0.65	Berdasarkan Tabel 2.5 <i>trial and error</i> antara 0,5 dan 0,65
	Tinggi Penyimpanan Awal (<i>Initial Storage Height</i>) m	HIFD	0	0	Tidak diubah karena ketentuan dari IFAS
Underground Water Tank	Koefisien Pengaturan Aliran Lambat Intermediet (<i>Slow Intermediate flow Regulation Coefficient</i>) (1/mm/day) $1/2$	AUD	0.1	0.1	Tidak diubah karena nilai sudah cukup untuk memperbesar sebagian bentuk gelombang
	Koefisien Aliran Dasar (<i>Base flow Coefficient</i>) (1/day)	AGD	0.003	0.003	Tidak diubah karena nilai sudah cukup untuk memperbesar nilainya agar volume <i>base flow</i> menjadi besar
	Tinggi Penyimpanan Tempat ALIRAN Lambat Intermediet (<i>Storage height where the slow intermediate flow occurs</i>) (m)	HCGD	2	1.94	<i>Trial and error</i> diperkecil agar nilai volumenya bisa menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah
	Tinggi Penyimpanan Awal (<i>Initial Storage Height</i>) m	HIGD	2	2.05	<i>Trial and error</i> diperbesar agar nilai volumenya bisa menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah
		R =	0.632	0.663	
		VE (%) =	10.444	3.300	
		CE =	0.615	0.759	

3. Validasi Model

Validasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan parameter pada kalibrasi yang hasilnya optimal. Parameter untuk periode satu tahun (2006) tersebut akan digunakan untuk mensimulasikan data periode tahun 2004 dan 2005 pada DAS Rokan. Adapun grafik hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10 Grafik Hasil Validasi dengan Tahun 2004



Gambar 11 Grafik Hasil Validasi dengan Tahun 2005

Berdasarkan Gambar 10 dan Gambar 11 dapat terlihat bahwa pada awal dan akhir simulasi terdapat perbedaan nilai debit yang cukup besar. Ini menunjukkan bahwa parameter pada IFAS yang disimulasikan dengan periode yang pendek perlu dilakukan kalibrasi ulang.

4. Keandalan Model Hujan Aliran IFAS

Hasil keseluruhan evaluasi proses pemodelan hujan aliran dengan program IFAS pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Hasil evaluasi pemodelan hujan-aliran program IFAS

Periode	Pemodelan Hujan Aliran	Parameter Evaluasi			Penjelasan
		Korelasi (R)	Selisih Volume (VE)	Koefisien Efisiensi (CE)	
1 Januari 2003- 31 Desember 2006 (Empat Tahun)	Kondisi Awal	0,551	33,188 %	0,902	Kurang optimal karena nilai $R < 0,7$ dan $VE > 5\%$
	Kalibrasi	0,250	9,433 %	1,652	Kurang optimal karena nilai $0,2 < R < 0,4$ dan $VE > 5\%$
1 Januari 2004- 31 Desember 2006 (Tiga Tahun)	Kondisi Awal	0,655	22,902 %	0,657	Kurang optimal karena nilai $VE > 5\%$
	Kalibrasi	0,596	9,823 %	0,657	Kurang optimal karena nilai $R < 0,7$, $CE < 0,75$ dan $VE > 5\%$
1 Januari 2005- 31 Desember 2006 (Dua Tahun)	Kondisi Awal	0,545	13,929 %	0,733	Kurang optimal karena nilai $R < 0,7$ dan $VE > 5\%$
	Kalibrasi	0,627	1,007 %	0,615	Memenuhi syarat optimal evaluasi
1 Januari 2006- 31 Desember 2006 (Satu Tahun)	Kondisi Awal	0,632	10,444 %	0,615	Kurang optimal karena nilai $VE > 5\%$
	Kalibrasi	0,663	3,30 %	0,759	Memenuhi syarat optimal evaluasi
Tahun 2004	Validasi	0,647	16,385	0,631	Kurang optimal karena nilai $VE > 5\%$
Tahun 2005	Validasi	0,615	11,176	0,726	Kurang optimal karena nilai $VE > 5\%$

Dari Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa pemodelan hujan-aliran dengan program IFAS cukup handal jika parameter-parameter dalam IFAS telah dikalibrasikan dengan panjang data satu tahun dan dua tahun. Nilai parameter-parameter tersebut tergantung dari kondisi dan tata guna lahan dari hasil pencatatan satelit yang selalu berubah setiap tahunnya.

5. Analisis Sensitivitas Pada Parameter IFAS

Analisis sensitivitas dilakukan perubahan nilai satu persatu tiap parameter dari nilai parameter awal dengan tujuan mendapatkan parameter yang sensitif. Untuk menganalisis sensitivitas ini, periode yang digunakan adalah tahun 2006. Untuk parameter hasil keseluruhan analisis sensitivitas dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Hasil analisis sensitivitas pada parameter IFAS

Surface Tank						Underground Water Tank				Keterangan	Hasil Evaluasi			Keterangan
SKF	HFMXD	HFMND	HFOD	SNF	FALFX	AUD	AGD	HCGD	HIGD		R	VE (%)	CE	
0.0005	0.1	0.01	0.005	0.7	0.8	0.1	0.003	2	2	Parameter awal	0.632	10.444	0.615	Simulasi Awal
0.0001	0.1	0.01	0.005	0.7	0.8	0.1	0.003	2	2	Parameter SKF diganti	0.635	12.124	0.617	Parameter sensitif terhadap VE
0.0005	0.05	0.01	0.005	0.7	0.8	0.1	0.003	2	2	Parameter HFMXD diganti	0.647	9.819	0.594	Parameter sensitif terhadap VE
0.0005	0.1	0.005	0.005	0.7	0.8	0.1	0.003	2	2	Parameter HFMND diganti	0.600	10.298	0.664	Parameter tidak sensitif
0.0005	0.1	0.01	0.0001	0.7	0.8	0.1	0.003	2	2	Parameter HFOF diganti	0.660	1.792	0.567	Parameter sensitif terhadap VE
0.0005	0.1	0.01	0.005	0.7	0.8	0.09	0.003	2	2	Parameter AUD diganti	0.635	10.521	0.612	Parameter tidak sensitif
0.0005	0.1	0.01	0.005	0.7	0.8	0.1	0.002	2	2	Parameter AGD diganti	0.653	18.049	0.625	Parameter sensitif terhadap VE
0.0005	0.1	0.01	0.005	0.7	0.8	0.1	0.003	1.9	2	Parameter HCGD diganti	0.546	7.166	0.745	Parameter sensitif terhadap VE
0.0005	0.1	0.01	0.005	0.7	0.8	0.1	0.003	2	1.9	Parameter HIGD diganti	0.606	14.720	0.665	Parameter sensitif terhadap VE

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang berjudul “Pemodelan Hujan-Aliran Daerah Aliran Sungai Rokan Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh”, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemodelan hujan-aliran menggunakan data satelit dengan bantuan program IFAS cukup handal setelah dikalibrasikan dengan periode dua tahun (2005-2006) dan periode satu tahun (2006). Pada periode dua tahun dengan nilai koefisien korelasi (R) = 0,627, nilai selisih volume (VE) = 1,007 %, dan nilai koefisien efisiensi (CE) = 0,615 dan pada periode satu tahun dengan nilai koefisien korelasi (R) = 0,663, nilai selisih volume (VE) = 3,30 %, dan nilai koefisien efisiensi (CE) = 0,759.
2. Analisis sensitivitas parameter pada program IFAS diperoleh parameter pada bagian *Surface Tank* yaitu SKF (Kapasitas Infiltrasi Terakhir), HFMXD (Tinggi penyimpanan Maksimum) dan HFOD (Tinggi Infiltrasi Tanah) sedangkan parameter untuk *Underground Water Tank* yaitu AGD (Koefisien Aliran Dasar), HCGD (Tinggi Penyimpanan Tempat Aliran Lambat Intermediate), dan HIGD (Tinggi Penyimpanan Awal).
3. Parameter-parameter pada model hujan-aliran IFAS perlu dikalibrasi ulang jika diterapkan pada periode tahun berbeda.

Adapun saran yang dapat diberikan penulis yaitu sebaiknya periode simulasi diperpanjang agar diperoleh hasil pemodelan yang lebih bagus dan akurat. Bagi mahasiswa yang ingin mengembangkan penelitian menggunakan program IFAS dapat dicoba dengan cara menggunakan analisis jangka panjang (*long term analysis*) dengan 3 *layer tank* engine dan lokasi studi kasus penelitian yang memiliki dam.

DAFTAR PUSTAKA

- Fukami, K., Sugiura, T., Magome, J. & Kawakami, T. 2009. *Integrated Flood Analysis System (IFAS Version 1.2) User's Manual*. Jepang: ICHARM.
- Hambali, R. 2008. *Analisis Ketersediaan Air dengan Model Mock*. Bahan Ajar. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Vase, J., Jordan, P., Beecham, R., Frost, A. & Summerell, G. 2011. *Guidelines for Rainfall-Runoff Modelling : Towards Best Practice Model Application*. Australia : eWater Cooperative Research Centre.