

Pemanfaatan Data ARR (*Automatic Rainfall Recorder*) Untuk Peningkatan Efektifitas Model Hujan Satelit (Studi Kasus DAS Indragiri)

Yuli Hendra¹⁾, Manyuk Fauzi²⁾, Sigit Sutikno²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : yuli.hendra18@gmail.com

ABSTRACT

The availability of data on hydrological modeling always become a problem considering the incompleteness and the imprecision of data. As the development of technology, many models of hidrology using data acquired from the satellite have emerged. The accuracy and the model correlation was still unachieved from the previous research using satellite data. This problems was caused by the unstable weather conditions thus the process of recording and downloading of the satellite data become less optimum. hence this research conducts the modeling of rainfall-runoff to improve the effectivity of satellite rainfall model by using the ground rainfall data, such as satellite rainfall data modification to improve the accuracy and the correlation of the model using IFAS program in Indragiri Watershed, Riau Province. The research conducted simulation, calibration for 2004 and verification for 2006. The result of the research showed that upon satellite rainfall modification for 2004 an increase in the effectiviness of the satellite rainfall model with increased accuracy and correlation on hydrological modeling with coefficient of correlation (R) value 0,811, volume error (VE) 0,099%, and coefficient of efficiency (CE) 0,520.

Keywords: rainfall-runoff modeling, satellite rainfall, ground rainfall, satellite rainfall modification, IFAS.

A. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai Indragiri memiliki potensi yang sangat besar mulai dari hulu sampai dengan hilir baik dalam bentuk keanekaragaman hayati, kebutuhan sumber air baku dan irigasi disepanjang Daerah Aliran Sungai Indragiri. Namun dengan tidak adanya pengelolaan yang dilakukan secara terpadu oleh Pemerintah, swasta dan masyarakat semua potensi yang ada tidak begitu maksimal dalam pemanfaatannya. Karena kurangnya sarana dan prasarana yang diperlukan untuk mengetahui informasi kondisi hidrologi.

Dimana informasi tersebut sangat penting dalam perencanaan pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Dalam perencanaan pengelolaan Daerah Aliran Sungai, untuk mengetahui informasi ketersediaan air andalan data utama yang diperlukan adalah data debit dan curah hujan.

Namun permasalahan yang sering muncul, sulitnya mendapatkan ketersediaan data dan keakuratan data tersebut, serta keterbatasan data yang ada. Analisis pengukuran tinggi muka air hujan dan data pengukuran debit telah banyak

dilakukan dengan menggunakan berbagai model hidrologi. Seiring perkembangan teknologi muncul berbagai perkembangan pemodelan hidrologi sebagai salah satu pemecahan masalah tersebut diatas, maka dalam riset ini dilakukan kajian pemodelan hidrologi dengan menggunakan metode penginderaan jauh.

Salah satu model penginderaan jauh yang digunakan untuk memprediksi dan menganalisis debit yaitu model IFAS (*Integrated Flood Analysis System*). Model IFAS dapat mengimplementasikan data berbasis satelit sehingga mempercepat proses pengumpulan data-data yang diperlukan untuk pemodelan dan juga bisa pengumpulan data dari observasi lapangan. Serta penggunaan metode IFAS diharapkan mampu menjadi salah satu solusi pemecahan permasalahan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) di masa mendatang.

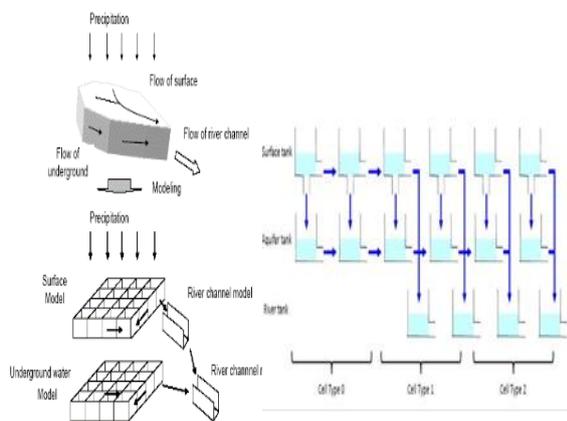
Penggunaan analisis pemodelan hidrologi dengan menggunakan aplikasi IFAS telah dilakukan oleh Hasan (2013) sebelumnya melakukan penelitian pemodelan hidrologi menggunakan data hujan satelit pada tahun 2004 dengan bantuan program IFAS pada DAS Indragiri Provinsi Riau. Dari hasil penelitian dimana model optimal setelah dilakukan kalibrasi. Walaupun hasil model telah optimal, namun perlu penyempurnaan pemodelan supaya dapat

meningkatkan efektifitas model curah hujan satelit agar terjadinya peningkatan akurasi dan korelasi terhadap hasil simulasi pemodelan hidrologi dengan data debit terukur.

Pada penelitian ini untuk mendapatkan model simulasi yang lebih akurat, maka akan dikembangkan dari penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan data curah hujan satelit untuk simulasi model hujan-aliran, selanjutnya digunakan data curah hujan lapangan untuk memodifikasi model curah hujan satelit guna mendapatkan hasil simulasi model yang lebih mendekati bentuk grafik data debit terukur dengan alat bantu *software*, yaitu aplikasi IFAS. Penelitian ini mengambil studi kasus pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Indragiri dengan tinjauan AWLR Lubuk Ambacang di Kabupaten Kuantan Singingi 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). Dalam IFAS, model tangki dimodifikasi berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan *Public Works Research Institute* (PWRI) dari Jepang menjadi *The Distributed Model of PWRI*. Dimana model ini dibagi menjadi tiga

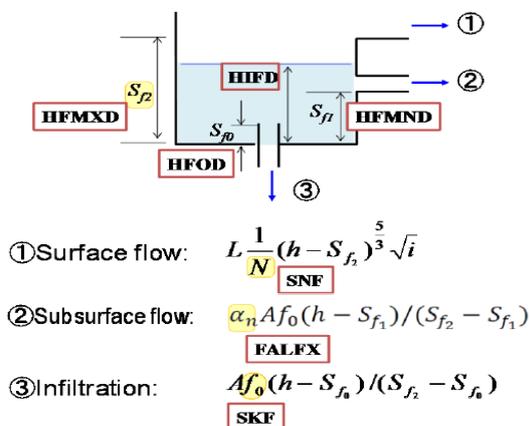
bagian, yaitu *surface model*, *underground water model*, dan *river channel model*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Model IFAS
Sumber : Fukami, 2009

a. *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.



① Surface flow:
$$L \frac{1}{N} \frac{(h - S_{f1})^{5/3} \sqrt{i}}{SNE}$$

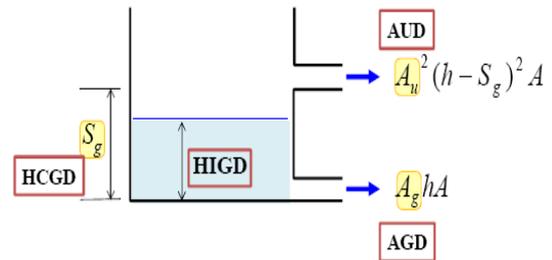
② Subsurface flow:
$$\alpha_n A f_0 (h - S_{f1}) / (S_{f2} - S_{f1})$$

③ Infiltration:
$$A f_0 (h - S_{f2}) / (S_{f2} - S_{f2})$$

Gambar 2 Konsep *Surface Model*
Sumber : Fukami, 2009

b. *Underground water model*

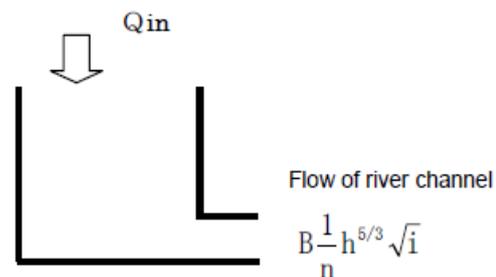
Tangki pada model ini dibagi menjadi aliran *unconfined* dan *confined*.



Gambar 3 Konsep *Underground Water Model*
Sumber : Fukami, 2009

c. *River channel model*

Model ini dihitung berdasarkan persamaan Manning.



Gambar 4 Konsep *River Channel Model*
Sumber : Fukami, 2009

1. **Evaluasi Ketelitian Model**

Pada penelitian ini, simulasi model dalam IFAS akan dilakukan dengan periode dari 1 Januari 2004 sampai 31 Desember 2004 dan pada tiga sumber data hujan yang berbeda yaitu data hujan satelit, data hujan lapangan, dan data hujan satelit modifikasi. Keandalan hasil model IFAS dievaluasi dengan menggunakan indikator statistik dalam Hambali (2008) seperti penjelasan di bawah ini.

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

$$R = \frac{\sum(Qcal_i - Qcal_{rerata})(Qobs_i - Qobs_{rerata})}{\sqrt{\sum(Qcal_i - Qcal_{rerata})^2 \times \sum(Qobs_i - Qobs_{rerata})^2}}$$

dengan:

- R = koefisien korelasi,
- Qcal_i = debit terhitung (m³/detik),
- Qcal_{rerata} = debit terhitung rerata (m³/detik),
- Qobs_i = debit terukur (m³/detik),
- Qobs_{rerata} = debit terukur rerata (m³/detik).

Koefisien korelasi memiliki beberapa kriteria seperti pada Tabel 1 berikut ini.

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)

b. 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:

$$VE = \left| \frac{\sum_{i=1}^N Qobs_i - \sum_{i=1}^N Qcal_i}{\sum_{i=1}^N Qobs_i} \right| \times 100\%$$

dengan:

- VE = selisih volume,
- Qcal_i = debit terhitung (m³/detik),
- Qobs_i = debit terukur (m³/detik).

c. 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:

$$CE = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (Qobs_i - Qcal_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Qobs_i - Qobs_{rerata})^2} \right]$$

dengan:

- CE = koefisien efisiensi,
- Qcal_i = debit terhitung (m³/detik),
- Qobs_i = debit terukur (m³/detik),
- Qobs_{rerata} = debit terukur rerata (m³/detik).

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.

Kalibrasi model hujan aliran biasanya melibatkan proses menjalankan (*running*) model berkali-kali dengan melakukan uji coba nilai parameter yang berbeda dengan tujuan untuk meningkatkan kecocokan antara model dengan data terukur kalibrasi.

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. Verifikasi Model

Verifikasi model menurut Pechlivanidis, *et al* (2011) dalam Lingasari (2015) merupakan suatu proses setelah tahap kalibrasi selesai dilakukan yang berfungsi untuk menguji kinerja model pada data diluar periode kalibrasi. Kinerja model biasanya lebih baik selama periode kalibrasi dibandingkan dengan verifikasi. Pada penelitian ini tahap verifikasi tahun 2006.

B. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian Lubuk Ambacang ini berada pada posisi antara $00^{\circ} 36' 03''$ LS / $101^{\circ} ' 23' 22''$ BT. Penelitian ini mengambil studi kasus di

DAS Indragiri pada kawasan Lubuk Ambacang. Luas Daerah Aliran Sungai Sebesar 7467 Km². Lubuk Ambacang terletak di Kecamatan Hulu Kuantan, Kabupaten Kuantan Singingi, Riau, Indonesia. Letak stasiun ini masih berada dalam satu sungai yaitu Sungai Kuantan. 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 2004 untuk simulasi model dan verifikasi tahun 2006.
- b. Data hidrologi pada DAS Rokan yang berupa data hujan harian dari dua Stasiun yaitu Stasiun Sijunjung dan Stasiun Tanjung Pati dan data debit harian dari *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) Stasiun Lubuk Ambacang tahun 2004 untuk simulasi model dan verifikasi tahun 2006.

Tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini secara garis besar 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 simulasi model tahun 2004 dan verifikasi tahun 2006.

Simulasi model dilakukan dengan bantuan program IFAS. Data-data satelit yang telah diunduh dan data curah hujan harian yang didapat disimulasi 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 tahun 2004 untuk simulasi model.

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.

Modifikasi data hujan pada penelitian ini dilakukan dengan cara memeriksa grafik *hydrograph* pada data curah hujan satelit dengan hasil kalibrasi yang terbaik, lalu dilihat dari perbandingan debit lapangan dengan debit terhitung dan hujan reratanya, jika ada perbedaan yang cukup signifikan misalnya pada waktu tertentu debit terukur sangat tinggi dan terus meningkat pada waktu berikutnya namun pada terhitung yang terjadi malah sebaliknya, maka curah hujan pada waktu tersebut akan dimodifikasi dengan curah hujan hasil kalibrasi dengan curah hujan lapangan.

Langkah-langkah modifikasi ini hampir sama seperti pada proses pemodelan kondisi awal, tetapi pada *rainfall data manager* data hujan satelit pada waktu tertentu yang kurang baik digantikan dengan data curah hujan lapangan yang telah dirata-ratakan. Data hujan yang sudah *diedit* kemudian *save*. Setelah itu, lakukan langkah *simulation manager* dan *result viewer* dilakukan kembali sampai diperoleh grafik *hydrograph*.

Verifikasi 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 2006. Dari setiap

langkah-langkah pemodelan hujan aliran, akan didapatkan pembahasan dan hasil analisis data.

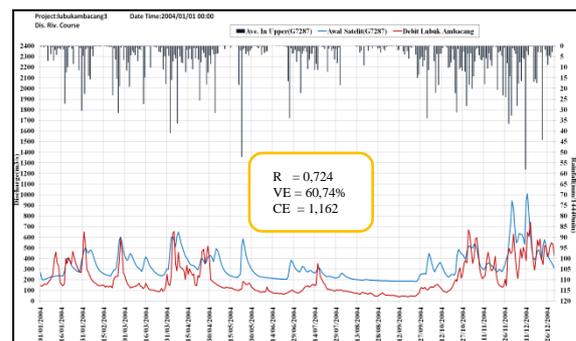
C. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Simulasi Model

Kondisi awal pada simulasi ini, digunakan nilai parameter-parameter yang telah ditentukan oleh IFAS atau tanpa kalibrasi berdasarkan data-data satelit hasil unduhan. Pada penelitian ini proses awal simulasi dilakukan pada tahun 2004, untuk curah hujan satelit dan curah hujan lapangan. Hasil perhitungan dapat dilihat dari penjelasan berikut ini.

a. Curah hujan satelit tahun 2004

Pada Gambar 5 disajikan perbandingan antara hidrograf terukur dilapangan dengan hidrograf hasil pemodelan untuk kondisi parameter tanpa kalibrasi.



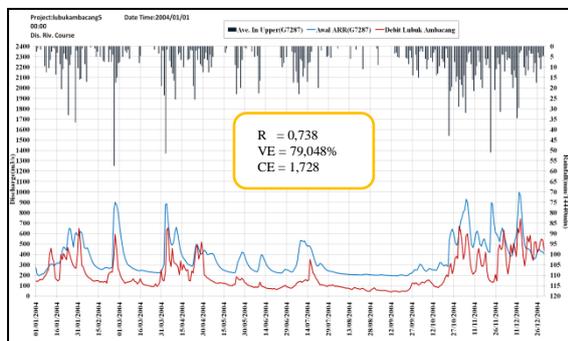
Gambar 5 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Satelit dengan Data Terukur dari AWLR Pada Kondisi Tanpa Kalibrasi Tahun 2004

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa dari perbandingan pola hidrograf hasil pemodelan sudah hampir mengikuti

pola hidrograf terukur untuk kondisi parameter tanpa kalibrasi. Namun selisih nilai debitnya masih terlalu besar. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model memerlukan kalibrasi untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih optimal.

b. Curah hujan lapangan tahun 2004

Pada Gambar 6 disajikan perbandingan antara hidrograf terukur dilapangan dengan hidrograf hasil pemodelan untuk kondisi parameter tanpa kalibrasi.



Gambar 6 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Lapangan dengan Data Terukur dari AWLR Pada Kondisi Tanpa Kalibrasi Tahun 2004

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa dari perbandingan pola hidrograf hasil pemodelan sudah hampir mengikuti pola hidrograf terukur untuk kondisi parameter tanpa kalibrasi. Namun selisih nilai debitnya masih terlalu besar. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model memerlukan kalibrasi untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih optimal

2. Kalibrasi Model

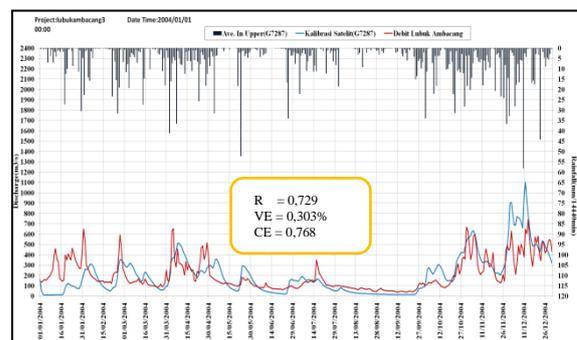
Pada tahap ini, akan digunakan nilai parameter-parameter yang dikalibrasi

dengan cara coba-coba. Program IFAS menggunakan model tangki yang di modifikasi sebagai dasar pemodelannya, yang disebut PWRI Distributed Model. Parameter-parameter pada model tersebut dapat dikalibrasi untuk memperoleh hasil simulasi yang mendekati keadaan sebenarnya.

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 di bawah ini.

a. Curah hujan satelit tahun 2004

Pada Gambar 7 disajikan perbandingan antara hidrograf terukur di lapangan dengan hidrograf hasil pemodelan untuk kondisi parameter kalibrasi.

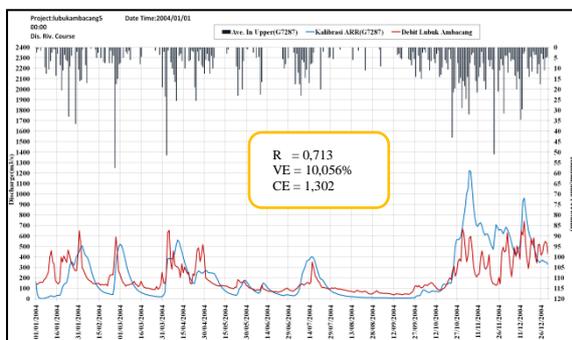


Gambar 7 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Satelit dengan Data Terukur dari AWLR Pada Tahap Setelah Kalibrasi Tahun 2004

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa dari perbandingan pola hidrograf hasil pemodelan sudah lebih mengikuti pola hidrograf terukur dengan hasil evaluasi optimal dibandingkan pada kondisi tanpa kalibrasi.

b. Curah hujan lapangan tahun 2004

Pada Gambar 8 disajikan perbandingan antara hidrograf terukur di lapangan dengan hidrograf hasil pemodelan untuk kondisi parameter kalibrasi.



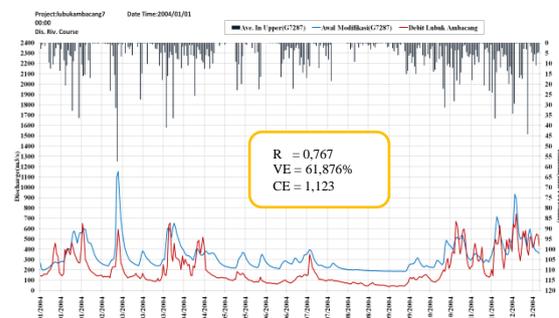
Gambar 8 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Lapangan dengan Data Terukur dari AWLR Pada Tahap Setelah Kalibrasi Tahun 2004

Berdasarkan Gambar dapat dilihat bahwa dari perbandingan pola hidrograf hasil pemodelan sudah lebih mengikuti pola hidrograf terukur dibandingkan pada tahap tanpa kalibrasi. Namun nilai selisih volume antara pola hidrograf terhitung dan terukur masih belum bisa dikatakan baik.

3. Pengaruh Pemanfaatan Data Curah Hujan Lapangan Terhadap Data Curah Hujan Satelit (Modifikasi Satelit)

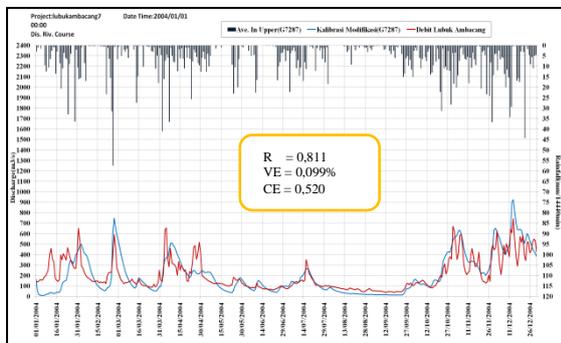
Sebelum melakukan modifikasi data curah hujan satelit telah dilakukan simulasi

kalibrasi untuk curah hujan satelit dan curah hujan lapangan pada tahun 2004. Didapat hasil yang masuk dalam batasan syarat evaluasi parameter IFAS adalah simulasi kalibrasi curah hujan satelit dengan hasil evaluasi optimal. Namun untuk mendapatkan hasil model yang lebih optimal dari tahap kalibrasi, maka dilakukan modifikasi model dengan cara mengkombinasikan data curah hujan satelit dan curah hujan lapangan yang telah direratakan yaitu data curah hujan Sijunjung dan Tanjung Pati guna meningkatkan efektifitas model yang mendekati bentuk grafik data debit terukur. Setelah di dapat data hujan modifikasi untuk tahun 2004 kemudian dilakukan proses simulasi dan kalibrasi seperti yang sudah dilakukan pada data curah hujan satelit dan lapangan. Hasil kalibrasi dari pemodelan hidrologi hujan aliran curah hujan modifikasi dapat dilihat pada Gambar 9 kondisi tanpa kalibrasi dan Gambar 10 kondisi kalibrasi.



Gambar 9 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Satelit Modifikasi dengan Data Terukur dari AWLR Pada Kondisi Tanpa Kalibrasi Tahun 2004

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa dari perbandingan pola hidrograf hasil pemodelan sudah hampir mengikuti pola hidrograf terukur untuk kondisi parameter tanpa kalibrasi. Namun selisih nilai debitnya masih terlalu besar antara pola hidrograf terhitung dengan pola hidrograf terukur. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model memerlukan kalibrasi untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih optimal.



Gambar 10 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Satelit Modifikasi dengan Data Terukur dari AWLR Pada Kondisi Setelah Kalibrasi Tahun 2004

Tabel 4. Parameter Evaluasi Kondisi Simulasi Curah Hujan Satelit Modifikasi Pada Tahap Setelah Kalibrasi Tahun 2004

No	Parameter	Batasan (Range)	Nilai	Keterangan
1.	Koefisien korelasi (R)	$0,7 < R < 1,0$	0,811	Derajat asosiasi tinggi
2.	Selisih Volume (VE)	$VE < 5 \%$	0,099%	Sesuai batasan
3.	Koefisien efisiensi (CE)	$0,36 < CE < 0,75$	0,520	Cukup efisien

Hasil evaluasi yang ditunjukkan pada Tabel 4, terlihat bahwa hasil model curah hujan satelit modifikasi pada tahap setelah dikalibrasi mengalami peningkatan efektifitas model hujan satelit dibandingkan dari parameter evaluasi

kondisi simulasi curah hujan satelit pada tahap setelah kalibrasi tahun 2004

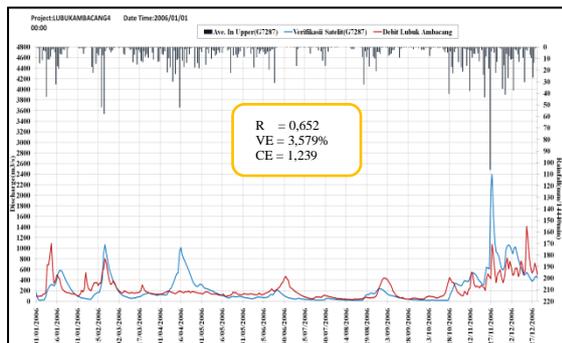
Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa dari perbandingan pola hidrograf terjadi peningkatan akurasi dan korelasi model setelah dimodifikasi pada tahun 2004, dimana hasil pemodelan sudah lebih mengikuti pola hidrograf terukur untuk kondisi parameter setelah kalibrasi. Nilai-nilai setiap parameter pada tahap kalibrasi curah hujan satelit modifikasi dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini. Maka dilanjutkan dengan proses verifikasi untuk mendapatkan tingkat kepastian parameter modelnya.

Tabel 5 Parameter-parameter Yang Dikalibrasi Pada Curah Hujan Modifikasi Satelit Pada Tahun 2004

Parameter	Parameter	Notasi	Awal	Kalibrasi1	Kalibrasi2	Kalibrasi3	Kalibrasi4	
Surface Tank	Kapasitas Infiltrasi Terakhir (Final Infiltration Capacity) f_0 (cm/s)	SKF	0.0005	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	
	Tinggi Penyimpanan Maksimum (Maximum Storage Height) S_f2 (m)	HFMD	0.1	0.09	0.09	0.05	0.05	
	Tinggi Aliran Cepat Intermediet (Rapid Intermediate flow height) S_f1 (m)	HFMD	0.01	0.005	0.009	0.005	0.005	
	Tinggi Infiltrasi Tanah (Height Where Ground Infiltration Occurs) S_f0 (m)	HFOF	0.005	0.005	0.009	0.005	0.005	
	Koefisien Kekasaran Permukaan (Surface Roughness Coefficient) $N(M-1/3)$	SNF	0.7	2	2	2	2	
Underground	Koefisien Pengaturan Aliran Cepat Intermediate (Rapid Intermediate Flow Regulation Coefficient) α_n	FALFX	0.8	0.5	0.5	0.6	0.5	
	Tinggi Penyimpanan Awal (Initial Storage Height) m	HIFD	0	0	0	0	0	
	Koefisien Pengaturan Aliran Lambat Intermediate (Slow Intermediate flow Regulation Coefficient) $(1/mm/day)^{1/2}$	AUD	0.1	0.1	0.1	0.15	0.1	
Water Tank	Koefisien Aliran Dasar (Base flow Coefficient) (1/day)	AGD	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	
	Tinggi Penyimpanan Tempat ALIRAN Lambat Intermediate (Storage height where the slow intermediate flow occurs) (m)	HCGD	2	0.3	0.1	0.3	0.1	
	Tinggi Penyimpanan Awal (Initial Storage Height) m	HIGD	2	0.3	0.1	0.3	0.1	
			R =	0.767	0.811	0.810	0.805	0.805
			VE (%) =	61.876	0.099	0.457	5.333	4.037
			CE =	1.123	0.520	0.540	0.738	0.642

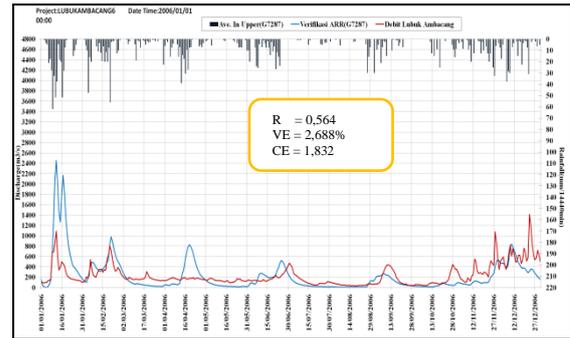
4. Verifikasi Model

Verifikasi pada penelitian ini dilakukan terhadap parameter-parameter nilai evaluasi ketelitian model dalam kalibrasi yang paling optimal diantara kalibrasi-kalibrasi yang telah dilakukan. Parameter-parameter tersebut disimulasikan dengan periode tahun yang berbeda. Verifikasi dilakukan di semua jenis data hujan, yaitu data hujan satelit, data hujan lapangan dan data hujan satelit modifikasi. Verifikasi dilakukan pada tahun 2006. Berikut akan ditampilkan hasil dari verifikasi pada tiga sumber data hujan yang berbeda. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



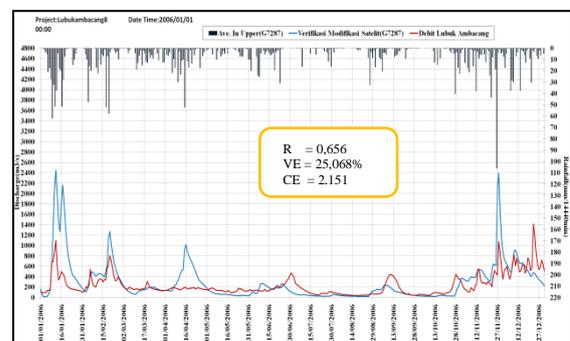
Gambar 11 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Satelit dengan Data Terukur dari AWLR Pada Tahap Verifikasi Tahun 2006

Hasil yang terlihat pada gambar, dapat dilihat bahwa dari perbandingan pola hidrograf hasil pemodelan sudah hampir mengikuti pola hidrograf terukur untuk kondisi hasil verifikasi. Namun bagian akhir memiliki perbedaan yang besar dengan bentuk grafik hidrograf data terukur atau data debit lapangan.



Gambar 12 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Lapangan dengan Data Terukur dari AWLR Pada Tahap Verifikasi Tahun 2006

Hasil yang terlihat pada gambar, dapat dilihat bahwa dari perbandingan pola hidrograf hasil pemodelan sudah hampir mengikuti pola hidrograf terukur untuk kondisi hasil verifikasi. Namun bagian awal memiliki perbedaan yang besar dengan bentuk grafik hidrograf data terukur atau data debit lapangan.



Gambar 13 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Satelit Modifikasi dengan Data Terukur dari AWLR Pada Tahap Verifikasi Tahun 2006

Hasil yang terlihat pada Gambar 4.38, dapat dilihat bahwa dari perbandingan pola hidrograf hasil pemodelan sudah hampir mengikuti pola hidrograf terukur untuk kondisi hasil verifikasi. Namun

bagian awal dan akhir memiliki perbedaan yang besar dengan bentuk grafik hidrograf data terukur atau data debit lapangan.

Ini menunjukkan bahwa parameter-parameter yang diperoleh saat kalibrasi bersifat tidak pasti. Parameter-parameter tersebut perlu dikalibrasi kembali jika diterapkan pada periode tahun yang berbeda dengan lokasi yang sama.

5. Keandalan Model Hujan Aliran

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

Periode	Pemodelan Hujan/Aliran	Parameter Evaluasi			Penjelasan	
		Korelasi (R)	Selisih Volume (VE)	Koefisien Efisiensi (CE)		
Verifikasi Untuk Tahun 2006	DATA HUJAN SATELIT	Kondisi Awal	0,724	60,74%	1,162	Kurang optimal karena nilai VE > 5%
	1 Januari 2004-31 Desember 2004	Kalibrasi	0,729	0,303%	0,768	Hasil evaluasi optimal
	Parameter satu tahun (2004) diverifikasi dengan tahun 2006	Verifikasi	0,652	3,579%	1,239	Cukup optimal karena nilai $0,4 < R < 0,7$
	DATA HUJAN LAPANGAN	Kondisi Awal	0,738	79,048%	1,728	Kurang optimal karena nilai VE > 5%
	1 Januari 2004-31 Desember 2004	Kalibrasi	0,713	10,056%	1,302	Kurang optimal karena nilai VE > 5%
	Parameter satu tahun (2004) diverifikasi dengan tahun 2006	Verifikasi	0,564	2,688%	1,832	Cukup optimal karena nilai $0,4 < R < 0,7$
	DATA HUJAN MODIFIKASI	Kondisi Awal	0,767	61,876%	1,123	Kurang optimal karena nilai VE > 5%
	1 Januari 2004- 31 Desember 2004	Kalibrasi	0,811	0,099%	0,520	Hasil evaluasi optimal
	Parameter satu tahun (2004) diverifikasi dengan tahun 2006	Verifikasi	0,656	25,068%	2,151	Kurang optimal karena nilai VE > 5%

Kesimpulan dari Tabel terlihat bahwa pemodelan hujan-aliran dengan program IFAS cukup andal dan terjadi peningkatan efektifitas model curah hujan satelit setelah dimodifikasi pada tahun 2004. Bisa dilihat dari ke-3 parameter evaluasi terjadi peningkatan efektifitas pada 2 parameter

evaluasi yaitu nilai R dan VE, dimana nilai R memiliki kenaikan peningkatan nilai korelasi, sedangkan nilai VE juga terjadi peningkatan dimana selisih volume lebih kecil dibandingkan sebelum tahap dimodifikasi dan nilai CE hanya memenuhi batasan cukup efisien. Pada verifikasi menggunakan parameter-parameter kalibrasi yang hasilnya optimal, namun parameter tersebut tidak pasti karena hanya mendapatkan hasil yang cukup optimal, maka perlu dikalibrasi kembali jika diterapkan pada periode tahun yang berbeda dengan lokasi yang sama yaitu dilakukan dengan cara coba-coba hingga menemukan parameter dengan hasil simulasi yang maksimal hal ini karena nilai parameter tersebut tergantung dari kondisi elevasi dan tata guna lahan dari hasil pencatatan satelit yang selalu berubah tiap tahunnya.

Dapat disimpulkan juga bahwa pemodelan hujan-aliran dengan program IFAS yang andal jika parameter-parameter dalam IFAS telah dikalibrasi dengan tepat. Jadi perlu berhati-hati dalam poses kalibrasi, terutama pada saat penentuan nilai parameter kalibrasi.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang berjudul Pemanfaatan Data ARR (*Automatic Rainfall Recorder*) Untuk Peningkatan Efektifitas Model Hujan

Satelit (Studi Kasus DAS Indragiri), maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Penggunaan data curah hujan satelit yang dimodifikasi dengan data curah hujan lapangan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efektifitas model curah hujan satelit dengan meningkatnya akurasi dan korelasi model setelah dikalibrasi pada tahun 2004, dengan nilai koefisien korelasi (R)= 0,811, nilai selisih volume (VE)= 0,099% dan nilai koefisien efisiensi (CE)= 0,520.
2. Dari keseluruhan tahap verifikasi 2006 menunjukkan hasil cukup optimal. Dimana data curah hujan satelit memberikan nilai koefisien korelasi (R)= 0,652, selisih volume (VE)= 3,579% dan koefisien efisiensi (CE)= 1,239. Sedangkan data curah hujan lapangan memberikan nilai koefisien korelasi (R)= 0,564, selisih volume (VE)= 2,688% dan koefisien efisiensi (CE)= 1,832. Dan data modifikasi curah hujan satelit memberikan nilai koefisien korelasi (R)= 0,656, selisih volume (VE)= 25,068% dan koefisien efisiensi (CE)= 2,151.

E. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil perhitungan dan analisa

pada pengerjaan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut :

1. Seharusnya lebih berhati-hati dalam poses kalibrasi, terutama pada saat penentuan nilai parameter kalibrasi.
2. Sebaiknya parameter-parameter pada pemodelan hujan-aliran ini perlu dikalibrasi ulang jika diterapkan pada periode tahun dan lokasi yang berbeda untuk mendapatkan hasil analisa yang maksimal.

G. 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.
- Hasan, H. 2013. *Penggunaan Data Hujan Satelit untuk Pemodelan Hidrologi DAS Indragiri*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Linggasari, S., Y. (2015). *Perbandingan Penggunaan Data Hujan Satelit dan Data Hujan Lapangan untuk Pemodelan Hidrologi Hujan Aliran*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru
- Sugiura T., Fukami T., Fujiwara N., Hamaguchi K., Nakamura S., Hironaka S., Nakamura K., Wada T., Ishikawa M., Shimizu T., Inomata K., & Itou K. 2009. *Development of Integrated Flood Analysis System (IFAS) and*

*its Applications.7th ISE& 8th
HIC.Chile.*

Vase, J., Jordan, P., Beecham, R., Frost, A.
& Summerell, G. 2011. *Guidelines
for Rainfall-Runoff Modelling :
Towards Best Practice Model
Application.* Australia : eWater
Cooprative Research Centre.