

HYBRID DATA HUJAN ARR DAN SATELIT GUNA PENINGKATAN EFEKTIFITAS MODEL IFAS

Yuli Hendra¹, Manyuk Fauzi², dan Sigit Sutikno³

^{1,2, dan 3} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
yuli.hendra18@gmail.com

ABSTRAK

Ketersediaan data yang terbatas menyebabkan kesulitan dalam hal menganalisa dan melakukan pemodelan hidrologi. Salah satu upaya untuk mengatasinya dapat menggunakan data-data bersumber dari data satelit, sehingga dapat mempercepat proses pengumpulan data-data yang diperlukan untuk pemodelan hidrologi dengan menggunakan metode penginderaan jauh. Dari penelitian sebelumnya hanya menggunakan data yang bersumber dari data-data satelit, dimana masih belum tercapainya tingkat akurasi dan korelasi model yang diinginkan. Hal ini dapat disebabkan salah satunya oleh kendala cuaca, sehingga pada saat perekaman dan pengundahan data satelit menjadi kurang optimal. Oleh karena itu penelitian akan melakukan pemodelan hujan-aliran untuk meningkatkan efektifitas model hujan satelit dengan memanfaatkan data hujan lapangan atau ARR, yaitu dengan cara *hybrid* data hujan ARR dan satelit atau memodifikasi data hujan satelit untuk meningkatkan akurasi dan korelasi model dengan menggunakan program *Integrated Flood Analysis System* (IFAS) di DAS Indragiri, Provinsi Riau. Pada penelitian akan dilakukan tahap simulasi, kalibrasi yaitu pada tahun 2004 dan verifikasi pada tahun 2006. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahap modifikasi hujan satelit tahun 2004 terjadi peningkatan efektifitas model hujan satelit dengan meningkatnya akurasi dan korelasi pada pemodelan hidrologi, dengan nilai koefisien korelasi (R) = 0,811, nilai selisih volume (VE) = 0,099% dan nilai koefisien efisiensi (CE) = 0,520.

Kata kunci: *hujan lapangan, hujan satelit, IFAS, modifikasi hujan satelit, pemodelan hujan-aliran.*

1. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Indragiri berada pada kawasan Lubuk Ambacang. Luas Daerah Aliran Sungai Sebesar 7467 Km². Letak stasiun ini masih berada dalam satu sungai yaitu Sungai Kuantan, Kabupaten Kuantan Singingi. DAS Indragiri memiliki potensi yang sangat besar mulai dari hulu sampai dengan hilir baik dalam bentuk keanekaragaman hayati, kebutuhan sumber air baku dan irigasi disepanjang DAS Indragiri. Namun dengan tidak adanya pengelolaan yang dilakukan secara terpadu oleh Pemerintah, swasta dan masyarakat semua potensi yang ada tidak begitu maksimal dalam pemanfaatannya. Hal ini disebabkan kurangnya sarana dan prasarana yang diperlukan untuk mengetahui informasi kondisi hidrologi setempat, di mana informasi tersebut sangat penting dalam kegiatan pengelolaan DAS, yaitu untuk mengetahui informasi ketersediaan air andalan seperti data debit dan data hujan.

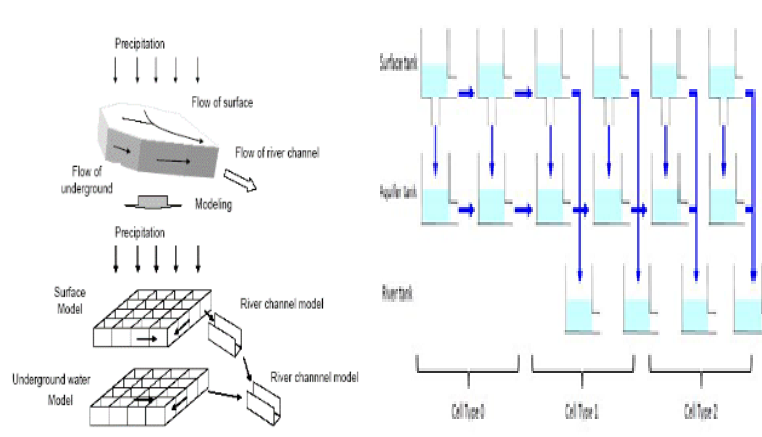
Berkaitan dengan kegiatan pengelolaan DAS, maka perlu dilakukan analisis hidrologi, namun permasalahan yang sering dihadapi adalah ketersediaan data yang terbatas menyebabkan kesulitan dalam hal menganalisa dan melakukan pemodelan hidrologi. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan data-data yang bersumber dari satelit, sehingga dapat mempercepat proses pengumpulan data-data yang diperlukan untuk 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*).

Penggunaan analisis pemodelan hidrologi dengan menggunakan aplikasi IFAS telah dilakukan oleh Hasan, H (2013) sebelumnya melakukan penelitian pemodelan hidrologi menggunakan data hujan satelit dengan bantuan program IFAS pada DAS Indragiri Provinsi Riau. Dengan periode simulasi satu tahun yaitu pada tahun 2004 pemodelan hidrologi menggunakan data hujan satelit yang dilakukan cukup optimal pada tahap

simulasi awal dengan nilai koefisien korelasi (R)= 0,714, nilai selisih volume (VE)= 65,9% dan nilai koefisien efisiensi (CE)= 1.302. Sedangkan pada tahap kalibrasi dengan nilai koefisien korelasi (R)= 0,728, nilai selisih volume (VE)= 0,285 %, dan nilai koefisien efisiensi (CE)= 0,779. Dapat dilihat dari hasil model optimal setelah dilakukan kalibrasi. Walaupun hasil model telah optimal, namun masalah yang muncul masih belum tercapainya tingkat akurasi dan korelasi model yang diinginkan, maka 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. Akan dilakukan juga cara analisis jangka panjang (long term analysis) pada tahap kalibrasi dengan program bantu IFAS.

Penelitian ini mengambil studi kasus pada DAS Indragiri dengan tinjauan AWLR Lubuk Ambacang di Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau. DAS Indragiri memiliki permasalahan dalam pengelolaan ekosistem DAS yang timbul karena pemanfaatan sumberdaya dalam DAS melebihi kemampuan daya dukungnya, seperti kerusakan yang diakibatkan dengan bertambah luasnya kerusakan hutan akibat degradasi lahan dan air di sepanjang DAS. Hal ini akibat dari pertambahan jumlah penduduk yang semakin bertambah, perubahan taraf hidup, tatanan sosial, politik dan hukum. Akibat dari degradasi lahan dan air di sepanjang DAS Indragiri menjadi salah satu penyebab terjadinya kekeringan di musim kemarau dan menurunnya pasokan ketersediaan air. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat menggunakan pemodelan hidrologi untuk menganalisis ketersediaan air di DAS Indragiri dengan menggunakan berupa data satelit dan data lapangan dengan program IFAS. Pada penelitian ini untuk mendapatkan pemodelan hidrologi 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 dengan melakukan simulasi model kembali sampai hasil pemodelan hujan satelit lebih mendekati bentuk grafik data debit terukur, sehingga diharapkan dapat membantu dalam menentukan tindakan pengelolaan pada DAS Indragiri di Provinsi Riau.

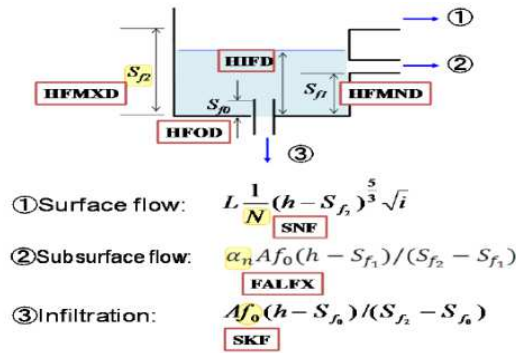
IFAS merupakan salah satu program penginderaan jauh yang dikembangkan oleh Public Work Research Institute (PWRI) dari Jepang yang bernama International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM). Dalam IFAS, model tangki dimodifikasi berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan Public Works 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

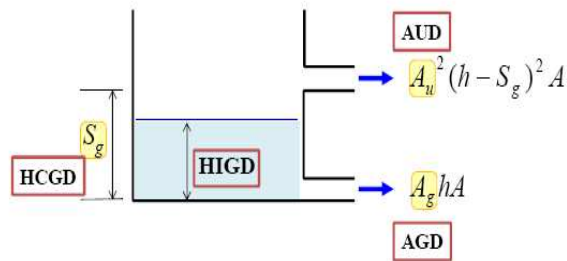
a. *Surface model*

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.



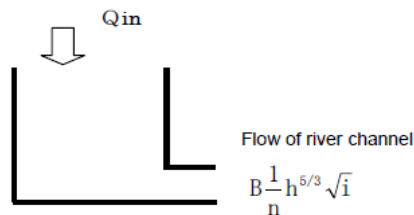
Gambar 2 Konsep Surface Model
 Sumber: Fukami, 2009

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

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:

$$R = \frac{\sum(Qcal_i - Qcal_{rerata})(Qobs_i - Qobs_{rerata})}{\sqrt{\sum(Qcal_i - Qcal_{rerata})^2 \times \sum(Qobs_i - Qobs_{rerata})^2}} \quad (1)$$

dengan:

R = koefisien korelasi,
 Qcali = debit terhitung (m³/detik),
 Qcalrerata = debit terhitung rerata (m³/detik),
 Qobsi = debit terukur (m³/detik),
 Qobsrerata = 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:

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

dengan:

VE = selisih volume,
 Qcali = debit terhitung (m³/detik),
 Qobsi = 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:

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

dengan:

CE = koefisien efisiensi,
 Qcali = debit terhitung (m³/detik),
 Qobsi = debit terukur (m³/detik),
 Qobsrerata = 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)

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

(Sumber: Hambali, 2008)

Verifikasi Model

Verifikasi model menurut Pechlivanidis, et al (2011) dalam Linggasari (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.

2. METODOLOGI

Lokasi penelitian Lubuk Ambacang ini berada pada posisi antara 00° 36' 03" LS / 101° ' 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 terukur dengan debit terhitung satelit, jika ada perbedaan yang cukup signifikan misalnya pada waktu tertentu debit terukur sangat tinggi dan terus meningkat pada waktu berikutnya namun pada debit terhitung yang terjadi malah sebaliknya, maka curah hujan pada waktu tersebut akan dimodifikasi dengan curah hujan hasil kalibrasi dari curah hujan lapangan dari dua stasiun yang telah dirata-ratakan dengan metode rata-rata aljabar. Kemudian data hujan satelit yang diganti dengan data hujan lapangan merupakan data hujan lapangan yang memiliki nilai korelasi (R) lebih besar terhadap debit terukur atau AWLR.

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.

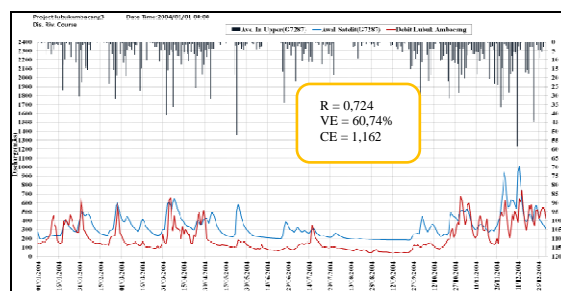
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

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.

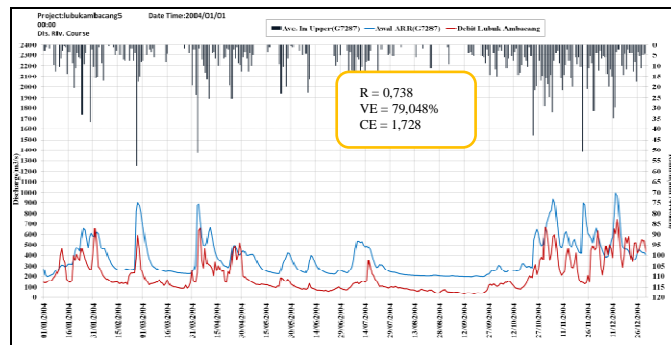


Gambar 5 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Satelit dengan Data Terukur dari AWLR Pada Kondisi Tanpa Kalibrasi Tahun 2004

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

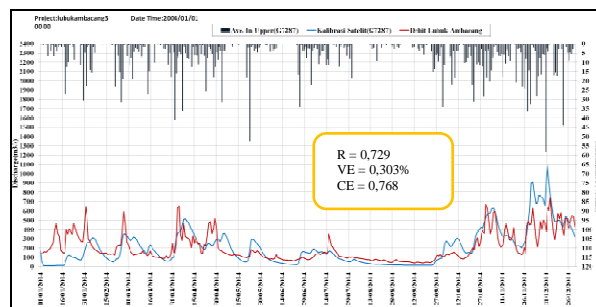
Kalibrasi Model

Pada tahap ini, akan digunakan nilai parameter-parameter yang dikalibrasi dengan cara coba-coba. Program IFAS menggunakan model tangki yang dimodifikasi 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.

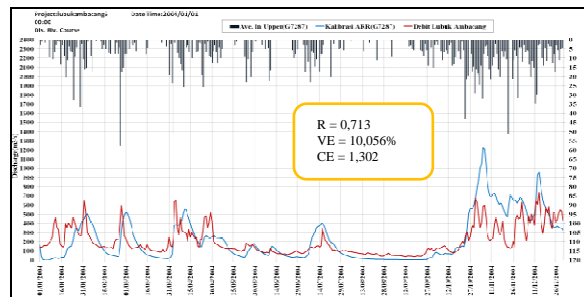


Gambar 7 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Satelit dengan Data Terukur dari AWLR Pada Tahap Setelah Kalibrasi Tahun 2004.

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.

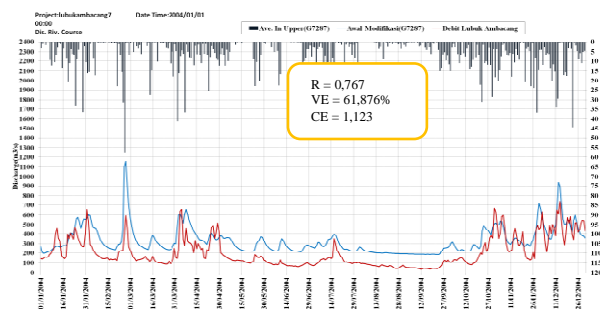


Gambar 8 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Lapangan dengan Data Terukur dari AWLR Pada Tahap Setelah Kalibrasi Tahun 2004.

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.

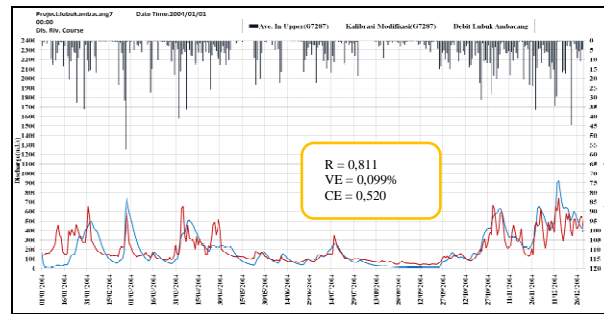
Pengaruh Pemanfaatan Data Curah Hujan Lapangan Terhadap Data Curah Hujan Satelit (Modifikasi Satelit)

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.

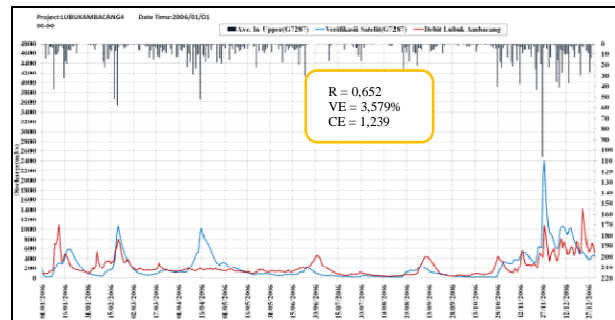
Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa dari perbandingan pola hidrograf terjadi peningkatan akurasi dan korelasi model setelah dimodifikasi pada tahun 2004, dimana hasil pemodelan sudah lebih mengikuti pola hidrograf terukur untuk kondisi parameter setelah kalibrasi. Nilai-nilai setiap parameter pada 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	Kalibrasi 3	Kalibrasi 4	
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_2 (m)	HPMXD	0.1	0.09	0.09	0.05	0.05	
	Tinggi Aliran Cepat Intermediet (Rapid Intermediate flow height) S_1 (m)	HPMND	0.01	0.005	0.009	0.005	0.005	
	Tinggi Infiltrasi Tanah (Height Where Ground Infiltration Occurs) S_0 (m)	HFOD	0.005	0.005	0.009	0.005	0.005	
	Koefisien Kekasaran Permukaan (Surface Roughness Coefficient) N (M-1/3/s)	SNF	0.7	2	2	2	2	
	Koefisien Pengaturan Aliran Cepat Intermediet (Rapid Intermediate Flow Regulation Coefficient) α_1	FALFX	0.8	0.5	0.5	0.6	0.5	
	Tinggi Penyimpanan Awal (Initial Storage Height) m	HIFD	0	0	0	0	0	
Underground	Koefisien Pengaturan Aliran Lambat Intermediet (Slow Intermediate flow Regulation Coefficient) $(U \text{ mm/day})^{1/2}$	AUD	0.1	0.1	0.1	0.15	0.1	
	Koefisien Aliran Dasar (Base flow Coefficient) (1/day)	AGD	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	
	Water Tank	Tinggi Penyimpanan Tempat ALIRAN Lambat Intermediet (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

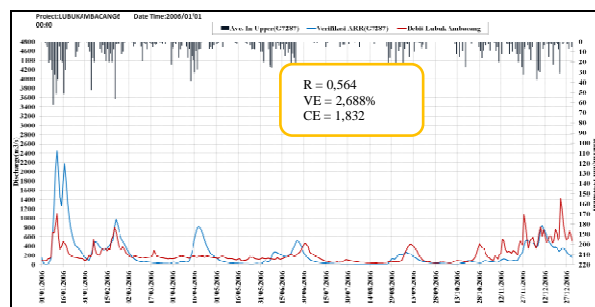
Verifikasi Model

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.



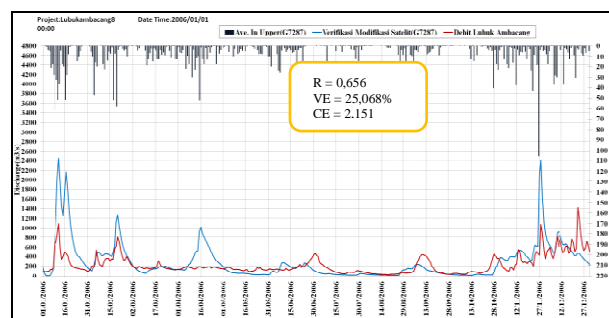
Gambar 11 Perbandingan Grafik Hidrograf Hasil Simulasi Data Satelit dengan Data Terukur dari AWLR Pada Tahap Verifikasi Tahun 2006.

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.

Keandalan Model Hujan Aliran

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

Tabel 6 Hasil Keseluruhan Evaluasi Pemodelan Hujan-Aliran Program IFAS

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 6 Tabel terlihat bahwa pemodelan hujan-aliran dengan cara memodifikasi data hujan satelit dengan data hujan lapangan menunjukkan bahwa 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.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang berjudul *Hybrid Data Hujan ARR dan Satelit Guna Peningkatan Efektifitas Model IFAS*, 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.

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.

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 Cooperative Research Centre.