

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN DATA HUJAN SATELIT DAN DATA HUJAN
LAPANGAN UNTUK PEMODELAN HIDROLOGI HUJAN-ALIRAN
(Studi Kasus DAS Tapung Kiri)**

Rahma Setya Linggasari¹⁾, Sigit Sutikno²⁾, Yohanna Lilis Handayani²⁾

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 : rahmasetya.l@gmail.com

Abstract

Data availability for hidrologic modeling usually become a problem because of incompleteness and imprecision data. The development of advanced technology recently encourage the development of hydrological modeling by using remote sensing data. This research conducted rainfall-runoff modeling using remote sensing data and ground rainfall data with Integrated Flood Analysis System (IFAS) tools and took a case study in Tapung Kiri sub-watershed in Riau Province. This model was simulated and calibrated with rainfall-runoff periode of forward verification (2005-2006) and backward verification (2006-2005). The results of this research shows that the model to be optimal after calibration process in rain satellite data backward verification period from 1 January to 31 December 2005 by corellation value (R) 0.75, volume error (VE) of 3.22%, and coefficient of efficiency (CE) 0.9. It means that this model has a high degree of association with measurement data ($0,7 < R < 1,0$), the difference of volume can be tolerated ($VE < 5\%$), and efficiency of this modeling with measurement discharge is highly efficient ($CE > 0,75$).

Key words : rainfall-runoff modeling, satellite data, ground rainfall data, IFAS Model

A. PENDAHULUAN

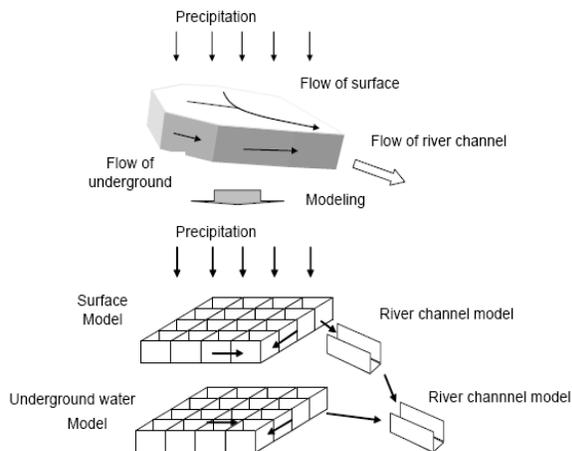
Menurut Direktorat Irigasi (1980) dalam Triadmojo (2009), ketersediaan air adalah jumlah air (debit) yang diperkirakan terus menerus ada di suatu lokasi (bendung atau bangunan air lainnya) di sungai dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu (periode) tertentu. Air yang tersedia dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti air minum dan keperluan rumah tangga, irigasi dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Pada PLTA, air hanya dilewatkan untuk memutar turbin setelah itu dapat digunakan untuk keperluan lainnya. Dengan kata PLTA tidak mengkonsumsi air, sedangkan untuk keperluan lainnya air dikonsumsi sehingga mengurangi air yang tersedia. Oleh sebab itu, perlu direncanakan

pengelolaan ketersediaan air yang salah satu caranya dengan membuat bangunan air. Kegiatan pengelolaan dan pengendalian ketersediaan air selalu memerlukan informasi yang menyangkut data pengukuran debit dan data pengukuran tinggi muka air hujan. Permasalahan yang sering muncul adalah ketidak-lengkapan dan ketidak-akuratan data-data tersebut. Dengan adanya keterbatasan inilah mendorong pengembangan pemodelan.

Penggunaan teknik pemodelan saat ini terlihat dengan digunakannya data-data yang bersumber dari satelit. Tersedianya banyak program penginderaan jauh yang terhubung langsung ke satelit mempercepat proses pengumpulan data-data yang diperlukan untuk pemodelan Daerah Aliran Sungai

(DAS). Hamiduddin (2013) melakukan pemodelan hujan-aliran menggunakan data-data satelit dengan alat bantu *software*, yaitu *Integrated Flood Analysis System* (IFAS), dan mengambil studi kasus pada Sub-DAS Tapung Kiri di Provinsi Riau. Pada penelitian ini menambahkan data hujan lapangan guna membandingkan model untuk memberikan hasil yang lebih baik.

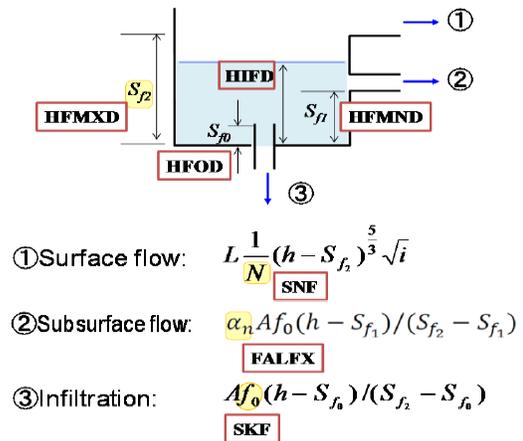
IFAS merupakan salah satu program penginderaan jauh yang dikembangkan oleh *Public Work Research Institute* (PWRI) dari Jepang yang bernama *International Centre for Water Hazard and Risk Management* (ICHARM). IFAS dikembangkan seperti fungsi SIG untuk membuat jaringan saluran sungai yang ditampilkan 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 di lapangan. Perhitungan simulasi model dalam IFAS dilakukan dengan menggunakan model tangki yang dimodifikasi berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan PWRI dari Jepang menjadi *The Distributed Model of PWRI*. 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

1. Surface Model

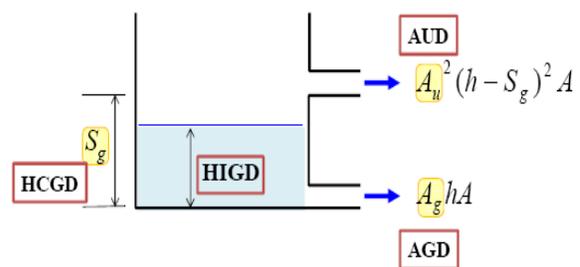
Surface Model merupakan tangki yang membagi curah hujan menjadi aliran permukaan (*flow of surface*), aliran intermediet (*rapid intermediate outflow*), dan aliran infiltrasi (*ground infiltration flows*). Aliran permukaan dan intermediet dihitung berdasarkan Hukum Manning. Aliran infiltrasi dihitung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



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

2. Underground Water Model

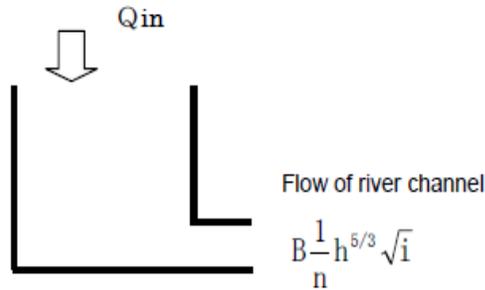
Tangki pada model ini dibagi menjadi aliran *unconfined* dan *confined*.



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, pemodelan akan dilakukan dengan verifikasi maju (2005-2006) dan verifikasi mundur (2006-2005). Keandalan hasil model IFAS dievaluasi dengan menggunakan indikator statistik (Hambali, 2008 dalam Hamiduddin, 2013) seperti :

1. Koefisien korelasi (R) adalah harga yang menunjukkan besarnya keterkaitan antara nilai observasi dengan nilai simulasi. Berikut ini rumus perhitungan koefisien korelasi dan tabel yang menunjukkan kriteria nilai koefisien korelasi.

$$R = \frac{\sum (Q_{cal_i} - Q_{cal_{rerata}})(Q_{obs_i} - Q_{obs_{rerata}})}{\sqrt{\sum (Q_{cal_i} - Q_{cal_{rerata}})^2 \times \sum (Q_{obs_i} - Q_{obs_{rerata}})^2}}$$

dengan :

- R = koefisien korelasi,
- Q_{cal_i} = debit terhitung ($m^3/detik$),
- $Q_{cal_{rerata}}$ = debit terhitung rerata ($m^3/detik$),
- Q_{obs_i} = debit terukur ($m^3/detik$),
- $Q_{obs_{rerata}}$ = debit terukur rerata ($m^3/detik$).

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%. Berikut ini rumus perhitungan selisih volume.

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

dengan :

VE = selisih volume.

3. Koefisien efisiensi (CE) adalah nilai yang menunjukkan efisiensi model terhadap debit terukur, cara objektif yang paling baik dalam mencerminkan kecocokan hidrograf secara keseluruhan. Berikut ini rumus perhitungan koefisien efisiensi dan tabel yang menunjukkan kriteria nilai koefisien efisiensi.

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

dengan :

CE = koefisien efisiensi.

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) dalam Wibowo (2013) 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. Sedangkan Bloschl and Grayson (2000) dalam Indarto (2010) mengemukakan 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.

IFAS memiliki beberapa parameter yang awalnya ditetapkan dengan nilai parameter standar berdasarkan data-data unduhan dari satelit. Parameter ini kemudian dikalibrasi dengan menggunakan referensi dari data hidrologi daerah yang diamati (data terukur). Jika tidak memiliki data terukur maka harus menggunakan nilai parameter standar. Penjelasan mengenai cara memilih parameter yang akan dikalibrasi berdasarkan ketersediaan data terukur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaturan Parameter IFAS Berdasarkan Ketersediaan Data Terukur

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

(Sumber : Fukami, 2009)

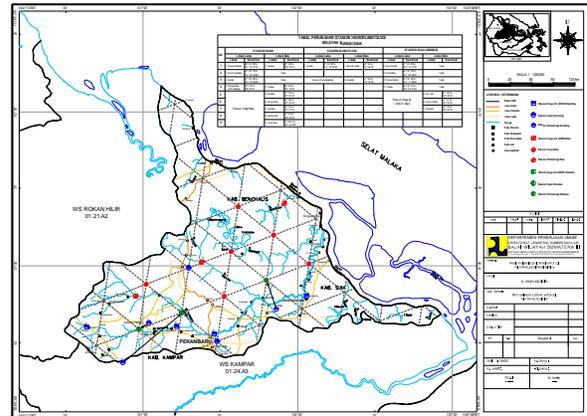
3. Verifikasi Model

Verifikasi model menurut Pechlivanidis, *et al* (2011) dalam Suprayogi, dkk (2013) 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. Verifikasi pada penelitian ini dilakukan pada tahun 2005 dan 2006.

B. METODOLOGI PENELITIAN

1. Umum

Lokasi tugas akhir ini di di Sub-DAS Tapung Kiri stasiun AWLR Pantai Cermin yang masuk pada kawasan DAS Siak bagian hulu. Secara administrasi stasiun Pantai Cermin terletak di Kecamatan Tapung Kiri, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau dengan letak geografis 00° 35' 24" LS dan 101° 11' 46" BT.



Gambar 5. Peta DAS Siak

Sumber : Badan Wilayah Sungai Sumatera (BWSS) III

2. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang diambil dalam prosedur penelitian ini, yaitu :

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan studi kepustakaan untuk mendapatkan dasar-dasar teori serta langkah-langkah penelitian yang berkaitan terhadap perbandingan penggunaan data hujan

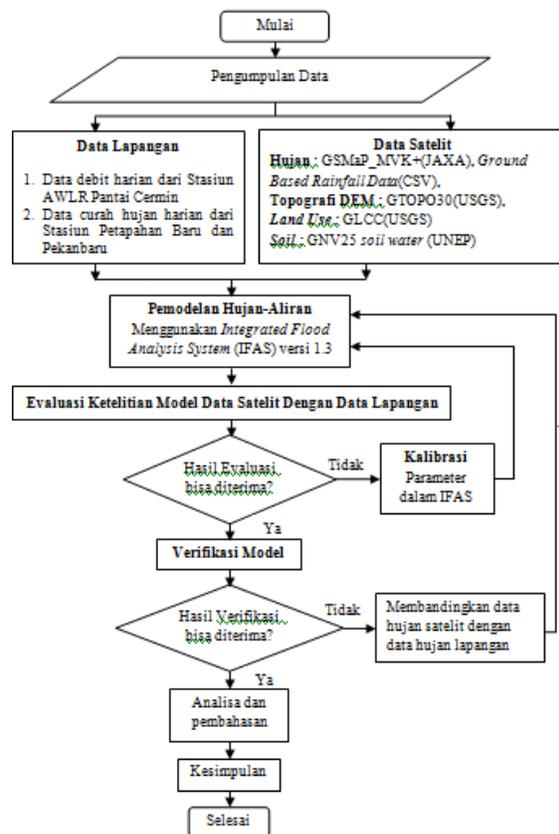
satelit dan data hujan lapangan untuk pemodelan hidrologi hujan-aliran dengan menggunakan analisa model IFAS dan untuk mencari referensi penelitian yang sejenis.

2. Pengumpulan Data

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 2005 dan 2006.
- b. Data hidrologi pada Sub-DAS Tapung Kiri yang berupa data debit harian dari *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) Stasiun Pantai Cermin tahun 2006 dan 2005. Dan data curah hujan harian tahun 2006 dan 2005 dari dua stasiun, yaitu Stasiun Pekanbaru dan Stasiun Petapahan Baru.

Adapun bagan penelitian tugas akhir dapat dilihat dalam bagan alir penelitian pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 6 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 2005 sampai 31 Desember 2006 dan validasi untuk periode 1 Januari 2005 sampai 31 Desember 2005 dan 1 Januari 2006 sampai 31 Desember 2006.

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 harian dari AWLR periode 1 Januari 2005 – 31 Desember tahun 2006.

Kalibrasi parameter dilakukan dengan cara kombinasi, yang kemudian dilakukan simulasi kembali. Sehingga hasil simulasi 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.

Verifikasi 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 2005 dan 2006.

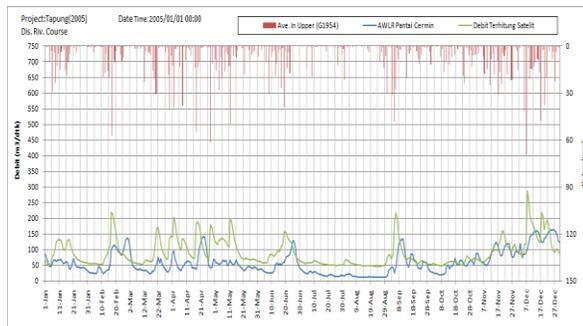
C. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Simulasi Model

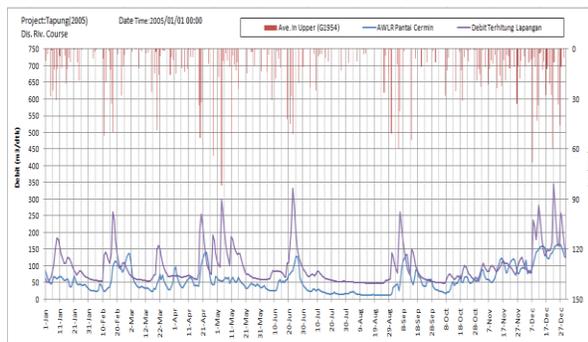
Pada simulasi ini, digunakan nilai parameter-parameter awal yang ditentukan oleh IFAS (tanpa kalibrasi).

a. Verifikasi maju (2005-2006)

Dengan memasukkan periode simulasi satu tahun, yaitu dari 1 Januari 2005 jam 00.00 sampai dengan 31 Desember 2005 jam 23.00, didapat hasil simulasi berupa hidrograf hujan aliran yang dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Grafik Hasil Simulasi Tanpa Kalibrasi Data Curah Hujan Satelit

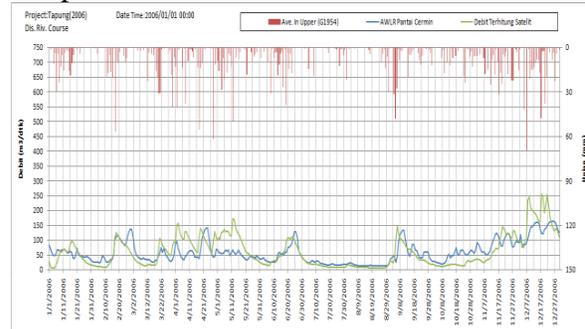


Gambar 8. Grafik Hasil Simulasi Tanpa Kalibrasi Data Curah Hujan Lapangan

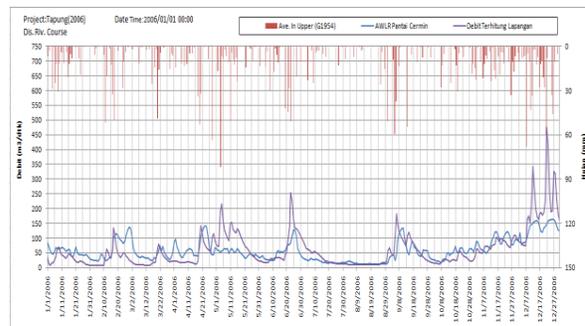
b. Verifikasi mundur (2006-2005)

Dengan memasukkan periode simulasi satu tahun, yaitu dari 1 Januari 2006 jam 00.00 sampai dengan 31 Desember 2006

jam 23.00, didapat hasil simulasi berupa hidrograf hujan aliran yang dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Grafik Hasil Simulasi Tanpa Kalibrasi Data Curah Hujan Satelit



Gambar 10. Grafik Hasil Simulasi Tanpa Kalibrasi Data Curah Hujan Lapangan

Berdasarkan Gambar 7-10, debit hasil simulasi sudah mengikuti bentuk *trend* dari debit terukur di lapangan. Namun besar nilainya masih terlalu besar, sehingga perlu dilakukan proses kalibrasi untuk memperkecil volume debitnya.

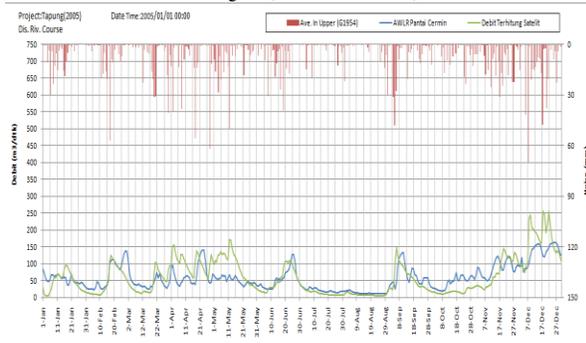
2. Proses Kalibrasi

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, diperoleh nilai parameter-parameter yang optimal untuk kalibrasi pada penelitian

ini yang terlihat pada Tabel 4 – Tabel 7. Dari parameter-parameter yang telah dikalibrasi tersebut, maka diperoleh hasil simulasi berupa hidrograf hujan-aliran yang dapat dilihat pada Gambar 11 – Gambar 14.

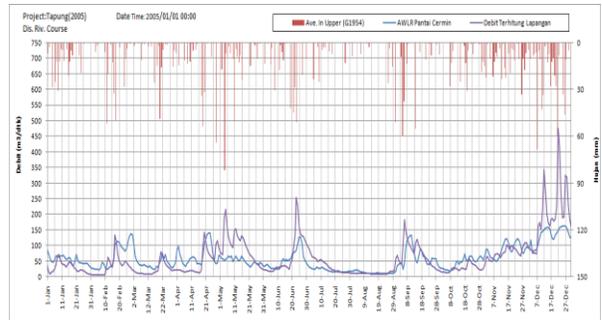
a. Verifikasi maju (2005-2006)



Gambar 11. Grafik Hasil Kalibrasi Data Curah Hujan Satelit

Tabel 4. Parameter-Parameter yang Dikalibrasi

Parameter	Nilai Awal	Nilai Kalibrasi	Penjelasan
SKF	0,0005	0,000001	Nilai ditentukan berdasarkan tata guna lahan yang tercantum pada Tabel 2.2 untuk areal persawahan dan perumahan penduduk.
HFMXD	0,1	0,01	Dilakukan perubahan nilai menjadi lebih kecil untuk memperkecil volume aliran puncak.
HFMND	0,01	0,0052	Dilakukan perubahan nilai menjadi lebih kecil untuk memperkecil bentuk seluruh gelombang.
HFOD	0,005	0,005	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup besar untuk memperkecil bentuk seluruh gelombang.
SNF	0,7	0,3	Berdasarkan Tabel 2.1 untuk areal bukit, padang rumput, taman, lapangan golf, lahan pertanian.
FALFX	0,8	0,5	<i>Trial and error</i> antara 0,5 dan 0,65 berdasarkan Tabel 2.2.
HIFD	0	0	Tidak dilakukan perubahan nilai sesuai dengan ketentuan dari IFAS.
AUD	0,1	0,001	Terjadi perubahan nilai karena untuk memperkecil sebagian bentuk gelombang.
AGD	0,003	0,003	Tidak diubah karena nilai ini sudah cukup untuk memperbesar nilainya agar volume <i>base flow</i> menjadi besar.
HCGD	2	1,15	<i>Trial and error</i> dengan memperkecil nilainya agar volume bisa menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah.
HIGD	2	1,1	<i>Trial and error</i> dengan memperkecil nilainya karena menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah.

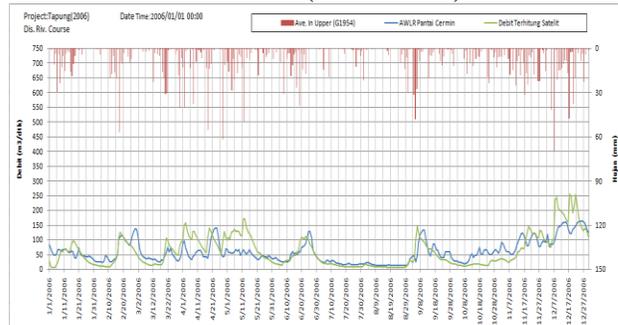


Gambar 12. Grafik Hasil Kalibrasi Data Curah Hujan Lapangan

Tabel 5. Parameter-Parameter yang Dikalibrasi

Parameter	Nilai Awal	Nilai Kalibrasi	Penjelasan
SKF	0,0005	0,000001	Nilai ditentukan berdasarkan tata guna lahan yang tercantum pada Tabel 2.2 untuk areal persawahan dan perumahan penduduk.
HFMXD	0,1	0,1	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup besar untuk memperkecil volume aliran puncak.
HFMND	0,01	0,01	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup besar untuk memperkecil sebagian bentuk gelombang.
HFOD	0,005	0,005	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup besar untuk memperkecil bentuk seluruh gelombang.
SNF	0,7	0,3	Berdasarkan Tabel 2.1 untuk areal bukit, padang rumput, taman, lapangan golf, lahan pertanian.
FALFX	0,8	0,65	<i>Trial and error</i> antara 0,5 dan 0,65 berdasarkan Tabel 2.2.
HIFD	0	0	Tidak dilakukan perubahan nilai sesuai dengan ketentuan dari IFAS.
AUD	0,1	0,1	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup kecil untuk memperkecil sebagian bentuk gelombang.
AGD	0,003	0,001	<i>Trial and error</i> dengan memperkecil nilainya agar volume <i>base flow</i> menjadi kecil.
HCGD	2	3,5	<i>Trial and error</i> dengan memperbesar nilainya agar volume bisa menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah.
HIGD	2	3,3	<i>Trial and error</i> dengan memperbesar nilainya karena menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah.

b. Verifikasi mundur (2006-2005)



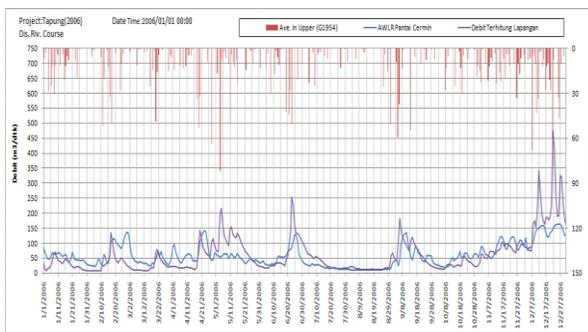
Gambar 13. Grafik Hasil Kalibrasi Data Curah Hujan Satelit

Tabel 6. Parameter-Parameter yang Dikalibrasi

Parameter	Nilai Awal	Nilai Kalibrasi	Penjelasan	
Surface Tank	SKF	0,0005	0,00001	Nilai ditentukan berdasarkan tata guna lahan yang tercantum pada Tabel 2.2 untuk areal persawahan dan perumahan penduduk.
	HFMXD	0,1	0,1	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup besar untuk memperkecil volume aliran puncak.
	HFMND	0,01	0,01	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup besar untuk memperkecil sebagian bentuk gelombang.
	HFOD	0,005	0,005	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup besar untuk memperkecil bentuk seluruh gelombang.
	SNF	0,7	0,3	Berdasarkan Tabel 2.1 untuk areal bukit, padang rumput, taman, lapangan golf, lahan pertanian.
	FALFX	0,8	0,65	Trial and error antara 0,5 dan 0,65 berdasarkan Tabel 2.2.
Underground Water Tank	HIFD	0	0	Tidak dilakukan perubahan nilai sesuai dengan ketentuan dari IFAS.
	AUD	0,1	0,1	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup kecil untuk memperkecil sebagian bentuk gelombang.
	AGD	0,003	0,001	Trial and error dengan memperkecil nilainya agar volume base flow menjadi kecil.
	HCGD	2	0,5	Trial and error dengan memperkecil nilainya agar volume bisa menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah.
	HIGD	2	0,5	Trial and error dengan memperkecil nilainya karena menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah.

Tabel 7. Parameter-Parameter yang Dikalibrasi

Parameter	Nilai Awal	Nilai Kalibrasi	Penjelasan	
Surface Tank	SKF	0,0005	0,00001	Nilai ditentukan berdasarkan tata guna lahan yang tercantum pada Tabel 2.2 untuk areal persawahan dan perumahan penduduk.
	HFMXD	0,1	0,01	Dilakukan perubahan nilai menjadi lebih kecil untuk memperkecil volume aliran puncak.
	HFMND	0,01	0,0052	Dilakukan perubahan nilai menjadi lebih kecil untuk memperkecil bentuk seluruh gelombang.
	HFOD	0,005	0,005	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup besar untuk memperkecil bentuk seluruh gelombang.
	SNF	0,7	0,3	Berdasarkan Tabel 2.1 untuk areal bukit, padang rumput, taman, lapangan golf, lahan pertanian.
	FALFX	0,8	0,65	Trial and error antara 0,5 dan 0,65 berdasarkan Tabel 2.2.
Underground Water Tank	HIFD	0	0	Tidak dilakukan perubahan nilai sesuai dengan ketentuan dari IFAS.
	AUD	0,1	0,1	Tidak diubah karena nilainya sudah cukup kecil untuk memperkecil sebagian bentuk gelombang.
	AGD	0,003	0,001	Trial and error dengan memperkecil nilainya agar volume base flow menjadi kecil.
	HCGD	2	1	Trial and error dengan memperkecil nilainya agar volume bisa menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah.
	HIGD	2	0,8	Trial and error dengan memperkecil nilainya karena menyesuaikan dengan hasil dari parameter lain yang telah diubah.



Gambar 14. Grafik Hasil Kalibrasi Data Curah Hujan Lapangan

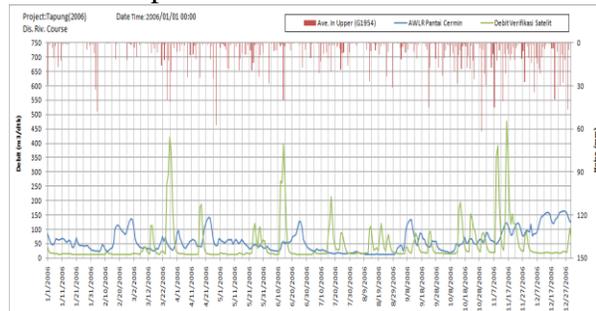
Berdasarkan Gambar 11-14 menunjukkan bahwa debit hasil kalibrasi sudah mendekati bentuk *trend* dari debit terukur, dan besar nilainya juga sudah mendekati besar debit terukur. Maka dilanjutkan dengan proses verifikasi untuk mendapatkan tingkat kepastian parameter modelnya.

3. Verifikasi Model

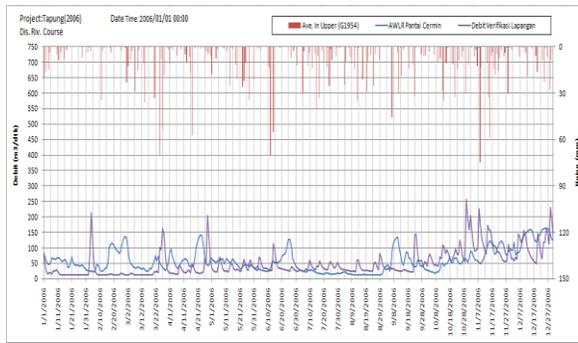
Verifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan parameter pada kalibrasi yang hasilnya optimal.

a. Verifikasi maju (2005-2006)

Parameter yang mempunyai hasil optimal pada kalibrasi akan digunakan untuk mensimulasikan data periode tahun 2006 pada Sub-DAS Tapung Kiri. Adapun grafik hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 15-16.

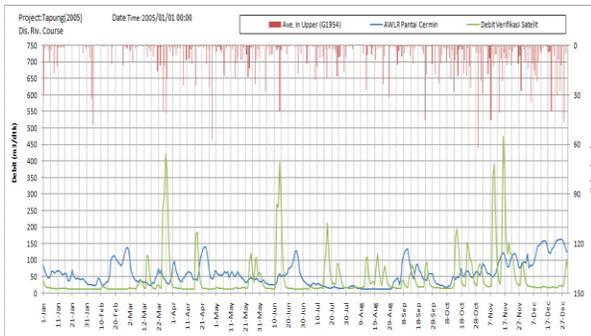


Gambar 15. Grafik Hasil Verifikasi Data Curah Hujan Satelit

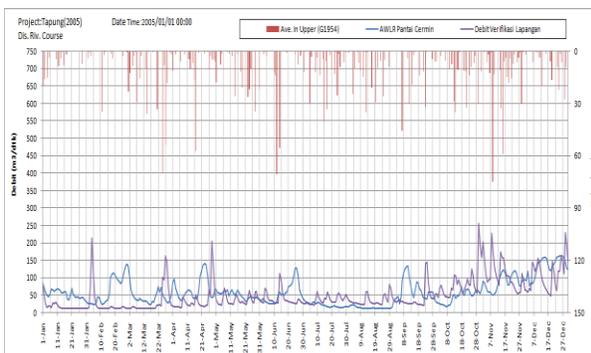


Gambar 16. Grafik Hasil Verifikasi Data Curah Hujan Lapangan

- b. Verifikasi mundur (2006-2005)
 Parameter yang mempunyai hasil optimal pada kalibrasi akan digunakan untuk mensimulasikan data periode tahun 2005 pada Sub-DAS Tapung Kiri. Adapun grafik hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 17-18.



Gambar 17. Grafik Hasil Verifikasi Data Curah Hujan Satelit



Gambar 18. Grafik Hasil Verifikasi Data Curah Hujan Lapangan

Berdasarkan Gambar 15 - Gambar 18 dapat terlihat bahwa pada bagian-bagian

tertentu 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 8 berikut.

Tabel 8. Hasil evaluasi pemodelan hujan-aliran program IFAS

Periode	Pemodelan Hujan-Aliran	Parameter Evaluasi			Penjelasan	
		Korelasi (R)	Selisih Volume (VE)	Koefisien Efisiensi (CE)		
Verifikasi Mundur	DATA SATELIT	Kondisi Awal	0,58	52,58%	1,65	Kurang optimal karena nilai VE > 5%
	1 Januari 2006-31 Desember 2006	Kalibrasi	0,75	3,22%	0,90	Hasil evaluasi optimal
	Parameter satu tahun (2006) divalidasi dengan tahun 2005	Verifikasi	0,30	13,23%	1,72	Kurang optimal karena nilai VE > 5%
	DATA TERUKUR DI LAPANGAN	Kondisi Awal	0,62	66,40%	2,38	Kurang optimal karena nilai VE > 5%
	1 Januari 2006-31 Desember 2006	Kalibrasi	0,71	3,96%	1,53	Hasil evaluasi optimal
	Parameter satu tahun (2006) divalidasi dengan tahun 2005	Verifikasi	-0,02	24,27%	4,50	Kurang optimal karena nilai R < 0,2 dan nilai VE > 5%
Verifikasi Maju	DATA SATELIT	Kondisi Awal	0,44	38,52%	1,54	Kurang optimal karena nilai VE > 5%
	1 Januari 2005-31 Desember 2005	Kalibrasi	0,22	1,83%	3,07	Hasil evaluasi optimal
	Parameter satu tahun (2005) divalidasi dengan tahun 2006	Verifikasi	0,06	21,31%	5,16	Kurang optimal karena nilai R < 0,2 dan nilai VE > 5%
	DATA TERUKUR DI LAPANGAN	Kondisi Awal	0,07	43,66%	2,88	Kurang optimal karena nilai R < 0,2 dan nilai VE > 5%
	1 Januari 2005-31 Desember 2005	Kalibrasi	0,06	3,62%	4,46	Kurang optimal karena nilai R < 0,2
	Parameter satu tahun (2005) divalidasi dengan tahun 2006	Verifikasi	-0,02	35,93%	8,34	Kurang optimal karena nilai R < 0,2 dan nilai VE > 5%

Kesimpulan dari Tabel 8. bahwa pemodelan hujan-aliran dengan program IFAS cukup andal pada verifikasi mundur dengan nilai R, VE, CE pada kondisi kalibrasi data satelit berturut-turut adalah 0,75;3,22%;0,90 dan data lapangan bernilai 0,71;3,96%;1,53. Sedangkan pada verifikasi maju hasil pemodelan belum bisa dikatakan andal dengan nilai R, VE, CE pada kondisi kalibrasi data satelit berturut-turut adalah 0,22;1,83%;3,07 dan data lapangan bernilai 0,06;3,62%;4,46. Hal ini karena data pencatatan di lapangan pada tahun 2005

memiliki perbedaan yang jauh dengan data hasil satelit.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Penggunaan data yang terbaik pada penelitian ini adalah dengan menggunakan data hujan satelit yang mana menghasilkan nilai R lebih besar dari pada hasil pengolahan data hujan lapangan. Uji kehandalan pemodelan hidrologi hujan-aliran dapat dilihat dari parameter koefisien korelasi, selisih volume, dan koefisien efisiensi yang telah optimal. Pada verifikasi maju (2005-2006) nilai koefisien korelasi (R), selisih volume (VE) dan koefisien efisiensi (CE) berturut-turut dengan menggunakan data satelit memberikan hasil 0,22; 1,83%; 3,07, dengan menggunakan data lapangan memberikan hasil 0,06; 3,62%; 4,46. Sedangkan pada verifikasi mundur (2006-2005) nilai koefisien korelasi (R), selisih volume (VE), dan nilai koefisien efisiensi (CE) berturut-turut dengan menggunakan data satelit memberikan hasil 0,75; 3,22%; 0,90 dan dengan menggunakan data lapangan memberikan hasil 0,71; 3,96%; 1,53.
2. Nilai R pada pemodelan penggunaan data hujan satelit lebih baik dibandingkan pada penggunaan data hujan lapangan karena data satelit merupakan suatu data yang terdistribusi penuh menggambarkan proses hidrologi menggunakan *grid* atau *pixel (picture element)*.

E. SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditulis saran yaitu:

1. Dapat dicoba dengan perbandingan data hujan lapangan yang berada di dalam batasan DAS.
2. Bagi mahasiswa yang ingin mengembangkan penelitian menggunakan program IFAS, dapat menggunakan cara modifikasi data hujan, analisis jangka panjang (*long term analysis*) dengan *3 layer tank engine* untuk lokasi studi kasus penelitian yang memiliki dam.

F. DAFTAR PUSTAKA

- Fukami, K., Sugiura, T., Magome, J. & Kawakami, T.** (2009). *Integrated Flood Analysis System (IFAS Version 1.2) User's Manual*. Jepang: ICHARM.
- Hamiduddin.** (2013). *Pemodelan Hidrologi Hujan-Aliran Dengan Menggunakan Data Satelit Hasil Pengindraan Jauh (Studi Kasus DAS Tapung Kiri)*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Indarto.** (2010). *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Suprayogi, I., Handayani, Y. L., Darmayanti, L., Trimajon.** (2013). *Analisis Hujan Debit Pada DAS Indragiri Menggunakan Pendekatan Model Ihacres (231A)*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7), Universitas Sebelas Maret (UNS), Surakarta.
- Triatmodjo, B.** (2010). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Wibowo, R. A.** (2013). *Analisis Hujan Aliran Menggunakan Model IHACRES (Studi Kasus Das Lubuk Ambacang Dan Pulau Berhalo)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Universitas Riau, Pekanbaru.