

PERBANDINGAN PENGGUNAAN DATA HUJAN LAPANGAN DAN DATA HUJAN SATELIT UNTUK ANALISIS HUJAN-ALIRAN MENGGUNAKAN MODEL IHACRES

Reza Ahmad Fadhli¹, Bambang Sujatmoko², dan Sigit Sutikno³

^{1 2 dan 3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Email: rezahmadf@yahoo.co.uk

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pemanfaatan data hujan satelit sebagai alternatif untuk pemodelan hidrologi. Keandalan data hujan satelit untuk pemodelan hidrologi dibandingkan dengan penggunaan data hujan lapangan. Pemodelan hujan-aliran yang digunakan adalah IHACRES dengan mengambil studi kasus di DAS Rokan, Provinsi Riau. *Output* model IHACRES dibandingkan dan dianalisis dengan *output* IFAS. Panjang data yang digunakan adalah empat tahun (2003 – 2006) dengan variasi panjang data skema 1 (tiga tahun kalibrasi), skema 2 (dua tahun kalibrasi) dan skema 3 (satu tahun kalibrasi). Hasil penelitian menunjukkan penggunaan data curah hujan satelit untuk pemodelan hujan-aliran IHACRES lebih baik, dibandingkan menggunakan data curah hujan lapangan berdasarkan evaluasi ketelitian model koefisien efisiensi (CE). Hal ini ditinjau dengan menilai parameter CE yang memiliki nilai lebih baik, sedangkan parameter R dan VE memiliki hasil yang relatif sama. Nilai CE data hujan lapangan skema 1, skema 2 dan skema 3 adalah 0,659; 0,715 dan 1,003. Nilai CE data hujan satelit 0,924 dan 0,875. Secara umum berdasarkan nilai CE dari parameter evaluasi ketelitian tahap simulasi, pemodelan hujan-aliran IFAS yang menggunakan data hujan satelit lebih andal dibandingkan pemodelan hujan-aliran IHACRES yang menggunakan data hujan lapangan dan satelit, dengan nilai CE pemodelan hujan-aliran IFAS 1,652.

Kata kunci: data hujan lap, data hujan satelit, IFAS, IHACRES, pemodelan hujan-aliran

1. PENDAHULUAN

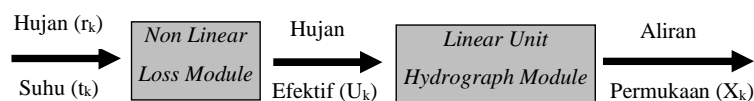
Ketersediaan air suatu Daerah Aliran Sungai (DAS), mencerminkan proses pergerakan air dari vegetasi, tanah dan sungai yang berlangsung secara tetap. Pergerakan air ini dapat dideteksi dan didekati dengan beberapa persamaan matematika. Persamaan tersebut mencerminkan proses pengalihragaman dari hujan menjadi aliran yang dapat ditiru dan disederhanakan serta diwujudkan dalam bentuk model, yang disebut dengan model hujan-aliran. Model hujan-aliran (*rainfall-runoff*) digunakan untuk memprediksi nilai *runoff* harian maupun bulanan yang didasarkan pada data hujan, penguapan serta karakteristik parameter DAS.

Keterbatasan terhadap kelengkapan, keakuratan data menjadi penyebab kesulitan untuk menganalisis suatu model hidrologi, maka dirasa perlu menggunakan data satelit (data hujan satelit) sebagai alternatif untuk pemodelan hidrologi. Dalam upaya memperoleh data satelit ini, dibantu dengan *software* IFAS. Penggunaan data hujan satelit sebagai data alternatif untuk pemodelan hidrologi perlu dibandingkan dan dianalisis dengan penggunaan data hujan lapangan pada model hujan-aliran IHACRES. Hal ini dilakukan agar mengetahui apakah data hujan satelit sebagai data alternatif dapat dijadikan data cadangan dalam pemodelan hidrologi. Kemudian dibandingkan dan dianalisis dengan debit keluaran model hujan-aliran lainnya, yakni *Integrated Flood Analysis System* (IFAS) v.1.3.0 dengan *2 layer tank engine* (Mardhotillah, 2013).

IHACRES

Salah satu model hujan-aliran yang cukup dikenal dan banyak diaplikasikan negara di dunia oleh para praktisi dan peneliti adalah model IHACRES. Model *Identification of Unit Hydrograph and Component Flow from Rainfall, Evaporation and Stream Flow Data* (IHACRES) dikembangkan di Inggris, dengan mendeskripsikan hujan-aliran menjadi dua sub proses yakni sub proses vertikal yang digambarkan oleh *Non Linear Loss Module* dan sub proses lateral yang diimplementasikan melalui *Linear Unit Hydrograph Module* (Indarto, 2010). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Indarto (2006), bahwa model IHACRES

yang pada awalnya dikembangkan di Inggris, telah berhasil dalam menyelidiki respon hidrologi di DAS Bedadung, Jawa Timur. Dengan adanya keberhasilan tersebut, maka dirasa perlu untuk mencoba keandalan model IHACRES di daerah lain di Indonesia. Proses hidrologi menurut konsep IHACRES disederhanakan sebagai berikut:



Gambar 1. Deskripsi Proses Hujan Aliran Menurut IHACRES

Berdasarkan Gambar 1, siklus hidrologi menurut IHACRES dibedakan menjadi dua. Sub proses vertikal yang digambarkan oleh *Non Linear Loss Module* dan sub proses lateral yang diimplementasikan melalui *Linear Unit Hydrograph Module*. *Non linear loss module* berfungsi untuk mengkonversi hujan menjadi hujan efektif. Proses *non linear loss module* merupakan proses perubahan hujan menjadi aliran permukaan pada skala DAS diasumsikan bersifat *non linear*. Kinerja *non linear loss module* ditentukan oleh kondisi DAS atau kadar air pada permukaan tanah. Perhitungan curah hujan efektif (u_k) menurut Ye *et al* dalam Sriwongsitanon dan Taesombat (2011) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$u_k = [c(\phi_k - l)]^p r_k \quad (1)$$

$$\phi_k = r_k + \left(1 - \frac{1}{\tau_k}\right) \phi_{k-1} \quad (2)$$

$$\tau_k = \tau_w e^{(0,062 f (t_r - t_k))} \quad (3)$$

Dengan u_k adalah curah hujan efektif (mm), r_k adalah curah hujan terukur (mm), c adalah keseimbangan massa (mm^{-1}), l adalah indeks ambang batas kelembaban tanah untuk menghasilkan aliran, p adalah respon jangka waktu *non linear*. Parameter l dan p hanya digunakan untuk DAS yang bersifat sementara (*ephemeral*), ϕ_k adalah kelembaban tanah (mm), τ_k adalah laju pengeringan, t_k adalah temperatur terukur ($^{\circ}\text{C}$), τ_w adalah laju pengeringan pada saat suhu referensi. Parameter ini mempengaruhi variasi drainase tanah dan laju infiltrasi, f adalah modulasi temperatur ($^{\circ}\text{C}^{-1}$). Parameter ini berkaitan dengan variasi evapotranspirasi musiman yang dipengaruhi oleh iklim, tata guna lahan dan penutup lahan, dan t_r adalah temperatur referensi ($^{\circ}\text{C}$).

Dalam modul linear, curah hujan efektif diubah menjadi limpasan menggunakan hubungan linear. Ada dua komponen yang berpengaruh di dalam aliran yakni aliran cepat (*quick flow*) dan aliran lambat (*slow flow*). Konfigurasi paralel dari kedua komponen dalam kondisi waktu k untuk aliran cepat ($x_k^{(q)}$) dan aliran lambat ($x_k^{(s)}$) yang dikombinasikan untuk menghasilkan limpasan (x_k) disajikan dalam rumusan berikut (Sriwongsitanon, 2011; Taesombat, 2011) :

$$x_k = x_k^{(q)} + x_k^{(s)} \quad (4)$$

$$x_k^{(q)} = -\alpha_q x_{k-1}^{(q)} + \beta_q u_k \quad (5)$$

$$x_k^{(s)} = -\alpha_s x_{k-1}^{(s)} + \beta_s u_k \quad (6)$$

dengan x_k adalah limpasan atau debit (mm), $x_k^{(q)}$ adalah aliran cepat (mm), $x_k^{(s)}$ adalah aliran lambat (mm), α_q adalah angka resesi untuk aliran cepat, α_s adalah angka resesi untuk aliran lambat, β_q adalah respon puncak untuk aliran cepat, dan β_s adalah respon puncak untuk aliran lambat.

Evaluasi Ketelitian Model

Evaluasi ketelitian model IHACRES dalam Croke *et al* (2004) menggunakan fungsi objektif yang terdiri dari:

$$\text{Bias} = \frac{\sum(Q_o - Q_m)}{n} \quad (7)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Q_o - Q_m)^2}{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2} \quad (8)$$

Dengan Q_o adalah debit terukur ($m^3/detik$), Q_m adalah debit terhitung ($m^3/detik$) dan n adalah jumlah sampel. Dalam penelitian ini, indikator statistik yang paling utama dalam menentukan keandalan model adalah R^2 dan bias. Kedua indikator statistik tersebut dirasa cukup dalam mengevaluasi kinerja model dalam hal membandingkan antara hasil model dengan data yang diamati. Nilai optimal untuk R^2 mendekati satu dan bias mendekati nol. Berdasarkan Tabel 1, R^2 memiliki beberapa kriteria.

Tabel 1. Kriteria Nilai R^2

Nilai R^2	Interpretasi
$R^2 > 0,75$	Baik
$0,36 < R^2 < 0,75$	Memenuhi
$R^2 < 0,36$	Tidak memenuhi

Selain evaluasi ketelitian model R^2 dan Bias pada penelitian ini menggunakan evaluasi ketelitian model tambahan, yakni R, VE dan CE. Koefisien korelasi (R) adalah nilai yang menunjukkan besarnya keterkaitan antara nilai debit terukur dengan debit model.

$$R = \frac{\sum(Qm_i - \bar{Q}_m)(Qo_i - \bar{Q}_o)}{\sqrt{\sum(Qm_i - \bar{Q}_m)^2 \times \sum(Qo_i - \bar{Q}_o)^2}} \quad (9)$$

Dengan \bar{Q}_o adalah rerata debit terukur ($m^3/detik$) dan \bar{Q}_m adalah rerata debit terhitung ($m^3/detik$). Koefisien korelasi (R) memiliki beberapa kriteria seperti pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Kriteria Nilai Koefisien Korelasi

Nilai 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

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

$$VE = \left(\frac{\sum_{i=1}^N Qo_i - \sum_{i=1}^N Qm_i}{\sum_{i=1}^N Qo_i} \right) \times 100\% \quad (10)$$

Koefisien Efisiensi (CE) adalah nilai yang menunjukkan efisiensi model terhadap debit terukur. Perhitungan CE dirumuskan persamaan 11 dan kriteria CE pada Tabel. 3.

$$CE = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (Qo_i - Qm_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Qo_i - \bar{Q}_o)^2} \right) \quad (11)$$

Tabel 3. Kriteria Nilai Koefisien Efisiensi

Nilai Koefisien CE	Interpretasi
$CE > 0,75$	Optimasi sangat efisien
$0,36 < CE < 0,75$	Optimasi cukup efisien
$CE < 0,36$	Optimasi tidak efisien

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. Dalam penelitian ini, pada tahap kalibrasi dilakukan pemilihan periode kalibrasi dan periode *warm up*. Menurut Littlewood, *et al* (1999). *Warm-up* adalah periode untuk inisiasi dan dicari dengan coba-coba. Pemilihan periode *warm up* bertujuan untuk mengisi kondisi awal DAS. Selama proses kalibrasi dilakukan, perlu adanya pengecekan kriteria statistik yaitu R^2 dan bias sebagai indikator baik atau tidaknya hasil kalibrasi yang dihasilkan. Selain melihat nilai R^2 dan bias, untuk mengontrol nilai parameter yang dihasilkan pada tahap kalibrasi, maka parameter yang dihasilkan disesuaikan *rangennya* berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sriwongsitanon dan Taesombat (2011). Adapun *range* parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Range* Parameter Model IHACRES

Parameter Model	Range Parameter Model
Keseimbangan massa (c)	0,003 – 0,011
Modulasi temperatur (f)	1 – 9
Laju pengeringan pada saat suhu referensi (τ_w)	1 – 9
Konstanta waktu respon cepat (τ_q)	0,5 – 15
konstanta waktu respon lambat (τ_s)	2 – 200
Volume perbandingan untuk aliran lambat (v_s)	0,02 – 0,95

Verifikasi Model

Verifikasi model menurut Pechlivanidis, *et al* (2011) 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, fenomena seperti ini disebut dengan divergensi model.

Simulasi Model

Simulasi model menurut Refsgaard (2000) merupakan upaya memvalidasi penggunaan model untuk memperoleh pengetahuan atau wawasan dari suatu realita dan untuk memperoleh perkiraan yang dapat digunakan oleh para pengelola sumberdaya air. Tahap simulasi merupakan proses terakhir setelah proses kalibrasi dan verifikasi dilaksanakan. Dalam tahap ini keseluruhan data hujan dan temperatur digunakan sebagai data masukan untuk menghitung aliran.

2. METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Lokasi pada penelitian ini adalah Sungai Rokan Sub-DAS Rokan Hulu Stasiun Lubuk Bendahara, Kecamatan Rokan IV Koto, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau.

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini didapat dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III (BWSS III) Provinsi Riau Bagian Hidrologi di Kota Pekanbaru. Data yang diperoleh antara lain:

1. Data curah hujan harian stasiun hujan Lubuk Bendahara tahun 2003, 2004, 2005 dan 2006.
2. Data kilmatologi stasiun hujan Lubuk Bendahara tahun 2003, 2004, 2005 dan 2006.
3. Data debit harian dari AWLR stasiun Lubuk Bendahara DAS Rokan tahun 2003, 2004, 2005 dan 2006.

Tabel 5. Skema Persentase Panjang Data Tahap Kalibrasi, Verifikasi dan Simulasi Sta Lubuk Bendahara

Skema	Kalibrasi	Verifikasi	Simulasi
1	75,017% (1-1-2003 – 31-12-2005)	24,983% (1-1-2006 – 31-12-2006)	
2	50,034% (1-1-2003 – 31-12-2004)	49,966% (1-1-2005 – 31-12-2006)	100% (1-1-2003 – 31-12-2006)
3	24,983% (1-1-2003 – 31-12-2003)	75,017% (1-1-2004 – 31-12-2006)	

Data hujan satelit menggunakan data dari GsMaP_MVK+ periode 1 Januari 2003 – 31 Desember 2006. Dipilih karena hanya GsMap_MVK+ yang menyediakan data curah hujan harian tahun 2003, 2004, 2005 dan 2006. Data satelit ini diunduh menggunakan IFAS. Penelitian ini menggunakan tiga variasi skema yang

berkaitan dengan pemilihan persentase panjang data yang digunakan dalam tahap kalibrasi, verifikasi dan simulasi. Adapun skema yang digunakan diperlihatkan pada Tabel 5.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pemodelan Debit dengan Metode IHACRES

Pada penelitian ini, proses kalibrasi dilakukan dengan program IHACRES v.2.1.2 untuk mendapatkan parameter dan variabel yang digunakan pada tahap selanjutnya (verifikasi dan simulasi). Proses verifikasi dan simulasi menggunakan bantuan *Microsoft Excel*.

Kalibrasi Model. Proses kalibrasi dilakukan dengan program IHACRES v.2.1.2. Adapun hasil nilai R^2 dan bias pada tahap kalibrasi dengan variasi *warm up* untuk masing-masing skema ditunjukkan pada Tabel 4 berikut. Hasil kalibrasi skema 1 data hujan lapangan dan data hujan satelit yang paling optimum pada *warm up* 500 dan ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai R^2 dan Bias Kalibrasi Skema 1 Data Hujan Lapangan dan Hujan Satelit

<i>Warm Up</i>	100	200	300	400	500	600
Data Hujan Lapangan						
R^2	0,464	0,507	0,529	0,560	0,617	0,597
Bias	79,694	48,992	97,022	194,106	128,640	152,501
Data Hujan Satelit						
R^2	0,155	0,189	0,351	0,660	0,706	0,697
Bias	369,962	394,301	6,990	150,995	116,186	119,702

Penentuan hasil kalibrasi yang digunakan pada tahapan verifikasi dan simulasi dipilih berdasarkan nilai R^2 yang optimum. Berdasarkan Tabel 6 hasil kalibrasi data hujan lapangan dan data hujan satelit yang diperoleh skema 1, maka hasil kalibrasi dengan menggunakan data hujan satelit lebih baik, yakni R^2 sebesar 0,706 dengan nilai bias sebesar 116,186 mm/tahun. Kalibrasi data hujan satelit memiliki tingkat kesesuaian antara debit terukur dan model lebih baik dibandingkan dengan kalibrasi data hujan lapangan berdasarkan nilai R^2 . Parameter dan variabel ditampilkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Parameter Kalibrasi Skema 1 Data Hujan Lapangan dan Data Hujan Satelit

Parameter Hasil Kalibrasi	Data Hujan Lapangan (500)	Data Hujan Satelit (500)	Range Parameter
<i>Non Linear Module</i>			
Keseimbangan massa (c)	0,004697	0,004143	0,003 - 0,011
Laju pengeringan pada saat suhu referensi (τ_w)	7,000	9,000	1 - 9
Modulasi temperatur (f)	1,000	1,000	1 - 9
<i>Linear Module</i>			
Konstanta waktu respon lambat ($\tau^{(s)}$)	27,600	18,582	2 - 200
Konstanta waktu respon cepat ($\tau^{(q)}$)	2,014	1,812	0,5 - 15
Volume ratio untuk aliran lambat ($v^{(s)}$)	0,837	0,749	0,02 - 0,95

Tabel 8. Variabel Kalibrasi Skema 1 Data Hujan Lapangan dan Data Hujan Satelit

Variabel	Data Hujan Lapangan (500)	Data Hujan Satelit (500)
Temperatur referensi (t_r)	34,000	34,000
Indeks ambang batas kelembaban tanah untuk menghasilkan aliran (l)	0,000	0,000
Respon jangka waktu non linear (p)	1,000	1,000
Angka resesi untuk aliran lambat ($\alpha^{(s)}$)	-0,964	-0,948
Angka resesi untuk aliran cepat ($\alpha^{(q)}$)	-0,609	-0,576
Respon puncak untuk aliran lambat ($\beta^{(s)}$)	0,030	0,039
Respon puncak untuk aliran cepat ($\beta^{(q)}$)	0,064	0,106
Volume perbandingan untuk aliran cepat ($v^{(q)}$)	0,163	0,251

Hasil nilai R^2 dan bias pada tahap kalibrasi dengan variasi *warm up* untuk skema 2 dan skema 3 ditunjukkan pada Tabel 9. Pada Tabel 9 memberikan pemahaman bahwa variasi *warm up* yang memberikan nilai R^2 optimal untuk masing – masing skema tidaklah sama, sehingga dari *warm up* dengan R^2 optimal tersebut memberikan parameter hasil kalibrasi dan variabel seperti yang ditampilkan pada Tabel 10 dan Tabel 11. Selanjutnya parameter hasil kalibrasi dan variabel tersebut digunakan untuk perhitungan debit harian dengan metode IHACRES untuk tahap verifikasi dan simulasi pada masing – masing skema.

Tabel 9. Nilai R^2 dan Bias dengan Variasi *Warm Up* Masing – Masing Skema

Uji Statistik	Data Hujan Lapangan		Data Hujan Satelit	
	Skema 2	Skema 3	Skema 2	Skema 3
	200	100	500	900
R^2	0,508	0,315	0,806	NaN
Bias	-15,541	65,061	186,674	NaN

Tabel 10. Parameter Hasil Kalibrasi Masing – Masing Skema

Parameter Hasil Kalibrasi	Data Hujan Lapangan		Data Hujan Satelit		Range Parameter
	Skema 2	Skema 3	Skema 2	Skema 3	
Non Linear Module					
Keseimbangan massa (c)	0,006674	0,004310	0,004182	0,000000	0,003-0,011
Laju pengeringan saat suhu ref. (τ_w)	8,000	9,000	9,000	0,000	1-9
Modulasi temperatur (f)	1,000	4,500	1,000	0,000	1-9
Linear Module					
Konstanta waktu respon lambat ($\tau^{(s)}$)	198,005	630,493	12,854	0,000	2-200
Konstanta waktu respon cepat ($\tau^{(q)}$)	4,159	5,345	1,864	0,000	0,5-15
Volume ratio untuk aliran lambat ($v^{(s)}$)	0,671	0,790	0,568	0,000	0,02-0,95

Tabel 11. Variabel Masing – Masing Skema

Variabel	Data Hujan Lapangan		Data Hujan Satelit	
	Skema 2	Skema 3	Skema 2	Skema 3
Temperatur referensi (t_r)	32,000	34,000	34,000	0,000
Indeks ambang batas kelembaban tanah untuk menghasilkan aliran (l)	0,000	0,000	0,000	0,000
Respon jangka waktu non linear (p)	1,000	1,000	1,000	0,000
Angka resesi untuk aliran lambat ($\alpha^{(s)}$)	-0,995	-0,998	-0,925	0,000
Angka resesi untuk aliran cepat ($\alpha^{(q)}$)	-0,786	-0,829	-0,585	0,000
Respon puncak untuk aliran lambat ($\beta^{(s)}$)	0,003	0,001	0,042	0,000
Respon puncak untuk aliran cepat ($\beta^{(q)}$)	0,070	0,036	0,179	0,000
Volume perbandingan untuk aliran cepat ($v^{(q)}$)	0,329	0,210	0,432	0,000

Verifikasi Model. Setelah parameter hasil kalibrasi dan variabel diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan debit harian untuk masing – masing skema dengan menggunakan *MS. Excel* dengan panjang data yang digunakan sesuai dengan persentase panjang data pada tahap verifikasi untuk masing – masing skema.

Simulasi Model. Pada simulasi model, parameter dan variabel yang digunakan dalam perhitungan sama dengan parameter dan variabel yang digunakan dalam verifikasi, namun dalam perhitungannya menggunakan keseluruhan data yang ada yaitu data dari tanggal 1 Januari 2003 sampai 31 Desember 2006 dengan menggunakan *MS. Excel*.

Perbandingan output IHACRES Data Hujan Lapangan dan Satelit dengan output IFAS

Hasil perbandingan evaluasi simulasi pemodelan hujan-aliran program IHACRES dengan data hujan lapangan dan data hujan satelit pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 12. Berdasarkan Tabel 12, secara umum penggunaan data hujan satelit pada pemodelan IHACRES lebih baik.

Tabel 12. Hasil Pemodelan Hujan-Aliran Program IHACRES (Data Hujan Lapangan dan Satelit)

Panjang Data	Pemodelan Hujan-Aliran	Parameter Evaluasi		
		Korelasi (R)	Selisih Volume (VE)	Koefisien Efisiensi (CE)
Data Hujan Lapangan Skema 1	IHACRES	0,642	16,630%	0,659
Data Hujan Satelit Skema 1	IHACRES	0,533	6,821%	0,924
Data Hujan Lapangan Skema 2	IHACRES	0,569	1,071%	0,715
Data Hujan Satelit Skema 2	IHACRES	0,559	28,762%	0,875
Data Hujan Lapangan Skema 3	IHACRES	0,495	33,218%	1,033
Data Hujan Satelit Skema 3	IHACRES	0	0	0

Perbandingan Output IHACRES (Hujan Lapangan) dengan Output IFAS (Hujan Satelit)

Hasil perbandingan evaluasi simulasi pemodelan hujan-aliran program IHACRES dengan data hujan lapangan dengan IFAS data hujan satelit pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 13. Berdasarkan Tabel 13, secara umum penggunaan data hujan satelit pada pemodelan IFAS lebih baik, berdasarkan CE.

Tabel 13. Hasil Pemodelan Hujan-Aliran IHACRES (Hujan Lapangan) dengan IFAS (Hujan Satelit)

Panjang Data	Pemodelan Hujan-Aliran	Parameter Evaluasi		
		Korelasi (R)	Selisih Volume (VE)	Koefisien Efisiensi (CE)
Data Hujan Lapangan Skema 1	IHACRES	0,642	16,630%	0,659
Data Hujan Satelit Empat tahun	IFAS	0,250	9,443%	1,652
Data Hujan Lapangan Skema 2	IHACRES	0,569	1,071%	0,715
Data Hujan Satelit Empat tahun	IFAS	0,250	9,443%	1,652
Data Hujan Lapangan Skema 3	IHACRES	0,495	33,218%	1,033
Data Hujan Satelit Empat tahun	IFAS	0,250	9,443%	1,652

Perbandingan Output IHACRES (Hujan Satelit) dengan Output IFAS (Hujan Satelit)

Tabel 14. Hasil Pemodelan Hujan-Aliran IHACRES (Hujan Satelit) dengan IFAS (Hujan Satelit)

Panjang Data	Pemodelan Hujan-Aliran	Parameter Evaluasi		
		Korelasi (R)	Selisih Volume (VE)	Koefisien Efisiensi (CE)
Data Hujan Satelit Skema 1	IHACRES	0,533	6,821%	0,924
Data Hujan Satelit Empat tahun	IFAS	0,250	9,443%	1,652
Data Hujan Satelit Skema 2	IHACRES	0,559	28,762%	0,875
Data Hujan Satelit Empat tahun	IFAS	0,250	9,443%	1,652
Data Hujan Satelit Skema 3	IHACRES	0	0	0
Data Hujan Satelit Empat tahun	IFAS	0,250	9,443%	1,652

Hasil perbandingan evaluasi simulasi pemodelan hujan-aliran program IHACRES dengan data hujan satelit dan IFAS dengan data hujan satelit pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 14. Berdasarkan Tabel 14, secara umum penggunaan data hujan satelit pada pemodelan IFAS lebih baik. Hal ini terjadi karena data satelit merupakan suatu data yang terdistribusi penuh menggambarkan proses hidrologi menggunakan *grid* atau *pixel* (*picture element*). Suatu *grid* atau kotak segiempat, pada prinsipnya adalah idealita yang menggambarkan satuan luas terkecil yang digunakan untuk pemodelan, yang diartikan hujan satelit diukur hanya pada batasan Sub-DAS. Sedangkan data hujan lapangan merupakan hujan rerata wilayah yang mana lokasi stasiun hujan berada di luar batasan Sub-DAS. Data hujan lapangan pada penelitian ini hanya menggunakan satu stasiun hujan dengan menganggap curah hujan pada Sub-DAS seragam. Ketidakberhasilan pemodelan IHACRES menggunakan data hujan satelit skema 3 ini sulit untuk dianalisis lebih dalam. Karena pemodelan ini juga sering mengasumsikan DAS sebagai kotak hitam (*black box*). Model ini hanya didasarkan pada analisis *input* dan *output* dari sistem DAS, tidak berusaha untuk lebih dalam mengamati yang terjadi di dalam DAS tersebut.

4. KESIMPULAN

- a. Penggunaan data curah hujan satelit untuk pemodelan hidrologi hujan-aliran IHACRES lebih baik, jika dibandingkan pemodelan hidrologi hujan-aliran IHACRES menggunakan data curah hujan lapangan berdasarkan evaluasi ketelitian model koefisien efisiensi (CE). Nilai CE pada tahap simulasi data curah hujan skema 1 dan skema 2 adalah 0,924 dan 0,875. Nilai CE untuk tahap simulasi data curah hujan lapangan skema 1 dan skema 2, yakni 0,659 dan 0,715. Hal ini ditinjau dengan menilai parameter CE yang memiliki nilai lebih baik, sedangkan parameter R dan VE memiliki hasil yang relatif sama,
- b. Secara umum dari parameter evaluasi ketelitian tahap simulasi, pemodelan hidrologi hujan-aliran IFAS yang menggunakan data hujan curah satelit lebih baik dengan nilai CE 1,652 dibandingkan pemodelan hidrologi hujan-aliran IHACRES yang menggunakan data curah hujan lapangan dan satelit. Nilai CE untuk data curah hujan lapangan IHACRES skema 1, skema 2 dan skema 3 berturut-turut adalah 0,659; 0,715 dan 1,033. Nilai CE untuk data curah hujan satelit IHACRES skema 1 dan skema 2 adalah 0,924 dan 0,875; dan
- c. Semakin panjang data yang digunakan, maka tingkat akurasi kinerja model hidrologi hujan-aliran IHACRES yang dihasilkan semakin baik, sebaliknya semakin pendek data yang digunakan, maka tingkat akurasi kinerja model hidrologi hujan-aliran IFAS yang dihasilkan semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Croke, B.F.W, Andrews, F., Jakeman, A.J., Cuddy, S. & Luddy, A. (2005). Redesign of the IHACRES Rainfall- Runoff. Makalah dalam 29th *Hydrology and Water Resources Symposium*. Canberra, 21 – 23 Februari 2005.
- Indarto. (2006). “Kalibrasi Model IHACRES untuk Simulasi Neraca Air Harian di DAS Bedadung, Jawa Timur, Indonesia”. *Media Teknik Sipil*. Juli 2006 : 111-122.
- Littlewood, I.G., Down, .K, Parker, J.R. & Post, D.A. (1999). *IHACRES V1.0 User Guide*. ICAM Centre dan The Australian National University, Australia.
- Mardhotillah, Mutia. (2013). *Pemodelan Hujan-aliran Daerah Aliran Sungai Rokan Dengan Menggunakan Data Penginderaan*. Skripsi S-1. Program Studi Teknik Sipil, FT-Universitas Riau
- Pechlivanidis, I.G., Jackson, B.M., Mcintyre, N.R., & Wheeler, H.S. (2011). Catchment Scale Hydrological Modelling : A Review of Model Types, Calibration Approaches and Uncertainty Analysis Methods in the Context Of Recent Developments in Technology and Applications. *Global Nest Journal*. 13: 193–214.
- Refsgaard, J.C. (2000). *Towards a Formal Approach to Calibration and Validation of Models Using Spatial Data, Dalam R. Grayson & G. Blöschl. Spatial Patterns in Catchment Hydrology: Observations and Modelling*. Cambridge University Press, Cambridge, 329 – 354.
- Sriwongsitanon, N. & Taesombat, W. (2011). “Estimation of the IHACRES Model Parameters for Flood Estimation of Ungauged in the Upper Ping River Basin”. *Kasetsart J (Nat. Sci.)* 45. Juni 2011 : 917-931.
- 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.