

APLIKASI MODEL HIDROLOGI KONSEPTUAL IHACRES UNTUK PENGALIHHRAGAMAN HUJAN DEBIT PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI

Imam Suprayogi, Yohanna Lilis Handayani, Lita Darmayanti, Trimajon

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

e-mail: drisuprayogi@yahoo.com

Abstract: The transformation process of rain fall into run-off can be copied and simplified into the rain fall-run off model. The main purpose of this research is applying the rain fall-run off model, instead the lack of run-off data, to predict the amount of water reservoir in a catchment area. This research apply the IHACRES model, which developed in England (U.K.) based on rain fall data from several rain-stations (Tanjung Pati, Sijunjung and Sentajo) and climatology data of Sentajo Climatology Station in the 1995-2004 period, to predict the amount of water reservoir in a catchment area. The result showed that IHACRES model that apply in Lubuk Ambacang water-prediction-station is not robbust (R^2 score in simulation stage: 0,245 – 0,485), but it still worth to applied as long as no other model show a better result.

Keywords: catchment area, model, rain fall – run off, IHACRES

Abstrak: Proses transformasi hujan menjadi debit dapat ditiru dan disederhanakan dalam bentuk model yang lazim disebut model hujan debit. Tujuan utama penelitian ini adalah mengaplikasikan model guna mengatasi keterbatasan akan data debit untuk kebutuhan prediksi akan ketersediaan air di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Metode pendekatan yang digunakan untuk memprediksi kebutuhan ketersediaan air suatu DAS adalah menggunakan model IHACRES yang dikembangkan di Inggris berdasarkan data curah hujan pada stasiun hujan Tanjung Pati, Sijunjung dan Sentajo periode 1995-2004 serta data klimatologi pada stasiun klimatologi Sentajo periode 1995-2004. Hasil utama penelitian membuktikan bahwa Model IHACRES yang diterapkan di stasiun duga air Lubuk Ambacang dapat dikatakan masih kurang handal karena nilai R^2 yang dihasilkan pada tahap simulasi berkisar antara 0,245 – 0,485. Namun dalam hal penggunaannya di lapangan masih dapat diaplikasikan selama pemodelan hujan debit yang memberikan hasil yang lebih baik belum ditemukan.

Kata kunci: daerah aliran sungai, model, hujan-debit, IHACRES

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.

Salah satu model hujan aliran yang cukup dikenal dan banyak diaplikasikan di beberapa negara di dunia oleh para praktisi dan peneliti adalah model IHACRES. IHACRES telah dan

berhasil diterapkan untuk menyelidiki respon hidrologi di berbagai DAS di seluruh dunia seperti di Australia (Carlile, *et al*, 2004), Afrika Selatan (Dye dan Croke, 2003), Amerika Serikat (Anderson dan Goodall, 2006), Inggris (Croke dan Littlewood, 2005), Thailand (Sriwongsitanon dan Taesombat, 2011) dan Indonesia (Indarto, 2006).

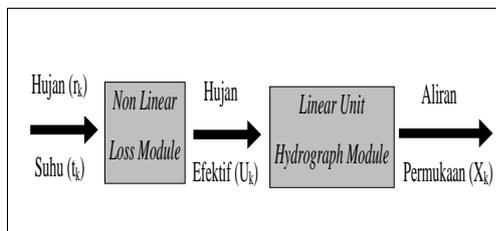
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Indarto (2006), bahwa model IHACRES yang pada awalnya dikembangkan di Inggris, telah berhasil dalam menyelidiki respon hidrologi di DAS Bedadung, Jawa Timur. Dengan adanya keberhasilan tersebut, maka dirasa perlu untuk mencoba keandalan model IHACRES di daerah lain di Indonesia

khususnya DAS di Luar Pulau Jawa. Adapun lokasi penelitian ini berada pada DAS Indragiri yakni pada stasiun duga air Lubuk Ambancang dan Pulau Berhalo.

Tujuan utama penelitian adalah menganalisa keandalan model IHACRES dalam memodelkan hujan aliran pada DAS Indragiri dengan data debit pengukuran di Stasiun Lubuk Ambancang dan stasiun Pulau Berhalo.

KONSEP MODEL IHACRES

Menurut Wheeler et al (2008) bahwa model *Identification of Unit Hydrograph and Component Flows from Rainfall, Evaporation and Stream Flow Data* atau yang lazim dikenal IHACRES merupakan gabungan dari model konseptual dan model matrik dengan melakukan penyederhanaan terhadap model matrik untuk mengurangi ketidakpastian parameter yang melekat dalam model hidrologi, sementara pada saat yang sama berusaha mewakili proses internal lebih detail dibandingkan dengan model matrik. Proses hidrologi menurut konsep IHACRES disederhanakan seperti pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Deskripsi Proses Hujan Aliran Menurut IHACRES

Berdasarkan Gambar 1 di atas, bahwa 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. Menurut Sriwongsitanon dan Taesombat (2011) bahwa perhitungan curah hujan efektif (u_k) dapat dihitung menggunakan Persamaan 1, 2 dan 3 sebagai berikut:

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

$$W_k = r_k + \left(I - \frac{I}{\ddagger_k} \right) W_{k-1} \quad (2)$$

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

dengan u_k adalah curah hujan efektif dalam mm, r_k adalah curah hujan terukur dalam mm, c adalah keseimbangan massa dalam 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 dalam 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 temperature dalam $^{\circ}\text{C}^{-1}$. Parameter ini berkaitan dengan variasi evapotranspirasi musiman yang dipengaruhi oleh iklim, tata guna lahan dan penutup lahan, dan t_r adalah temperatur referensi dalam $^{\circ}\text{C}$.

IHACRES versi 2.1 lebih umum dibandingkan versi aslinya yaitu versi 1.0. Namun pengguna dapat beralih dari versi 2.1 ke versi 1.0 dengan mengganti parameter l dan p masing-masing menjadi nol dan satu.

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*). Kedua komponen tersebut dapat dihubungkan baik secara paralel maupun seri. Direkomendasikan menggunakan dua komponen tersebut secara paralel, kecuali untuk daerah semi kering ataupun sungai *ephemeral* dimana salah satu komponen biasanya memadai (Sriwongsitanon dan Taesombat, 2011).

Masih dikatakan Sriwongsitanon dan Taesombat (2011) bahwa 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:

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

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

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

dengan x_k adalah limpasan atau debit dalam mm, $x_k^{(q)}$ adalah aliran cepat dalam mm, $x_k^{(s)}$ adalah aliran lambat dalam 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.

Karakteristik respon dinamis (*Dynamic Response Characteristics*, DRCs) merupakan ukuran numerik yang berasal dari curah hujan, evapotranspirasi (ataupun suhu) dan debit sungai dari serangkaian DAS. Masih dikatakan Sriwongsitanon dan Taesombat, (2011) adapun karakteristik respon dinamis untuk aliran cepat dan lambat dapat dihitung menggunakan Persamaan 7 dan 8 sebagai berikut :

$$\dagger_q = \frac{-U}{\ln(-r_q)} \quad (7)$$

$$\dagger_s = \frac{-U}{\ln(-r_s)} \quad (8)$$

dengan Δ adalah kurun waktu, τ_q adalah konstanta waktu respon cepat dalam hari dan τ_s adalah konstanta waktu respon lambat dalam hari.

Masih dikatakan Sriwongsitanon dan Taesombat (2011) bahwa volume perbandingan untuk aliran cepat dan aliran yang lambat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 9 sebagai berikut :

$$v_q = \frac{S_q}{I + r_q} = I - v_s = I - \frac{S_s}{I + r_s} \quad (9)$$

dengan v_q adalah volume perbandingan untuk aliran cepat dan v_s adalah volume perbandingan untuk aliran lambat.

Model IHACRES memiliki enam parameter model tiga diantaranya berkaitan dengan *non linear loss module* yaitu τ_w , f dan c serta tiga parameter berikutnya berkaitan dengan *linear unit hydrograph module* yaitu τ_q , τ_s dan v_s . Keenam parameter model tersebut dianggap

sebagai upaya karakterisasi yang unik dan efisien dari proses hidrologi pada sebuah DAS.

Evaluasi Ketelitian Model

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

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Q_o - Q_m)^2}{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2} \quad (10)$$

$$Bias = \frac{\sum(Q_o - Q_m)}{n} \quad (11)$$

dengan Q_o adalah debit terukur dalam m^3/dt , Q_m adalah debit terhitung dalam m^3/dt 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 bisa mendekati nol. Perumusan persamaan R^2 didasarkan pada indikator efisiensi model Nash-Sutcliffe (Croke, *et al*, 2005). NSE memiliki range antara $-\infty$ sampai dengan 1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Motovilov *et al* (1999), NSE memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara Nilai *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) terhadap Interpretasi Model

Nilai <i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i> (NSE)	Interpretasi Model
$NSE > 0.75$	Baik
$0.36 < NSE < 0.75$	Memuaskan
$NSE < 0.36$	Tidak Memuaskan

Sumber : Motovilov, *et al*, 1999

Kalibrasi Model

Menurut Vase, *et al* (2011) bahwa kalibrasi model 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), pemilihan periode kalibrasi diawali dan diakhiri pada keadaan debit relatif kecil sehingga perubahan penyimpanan air di DAS selama periode kalibrasi dapat diasumsikan mendekati nol. *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 bagus 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 *rangeny* berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sriwongsitanon dan Taesombat (2011). Adapun hubungan antara Parameter Model terhadap Nilai Range Parameter Model IHACRES disajikan seperti pada Tabel 2.

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.

Validasi Model

Menurut Soemarno (2003), validasi model pada hakekatnya merupakan usaha untuk menyimpulkan apakah model sistem tersebut di atas merupakan perwakilan yang sah dari realitas yang dikaji sehingga dapat dihasilkan kesimpulan yang meyakinkan. Pada penelitian ini, validasi model dilakukan di stasiun Pulau Berhalo dengan panjang data selama 10 tahun (1994 – 2004).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada DAS Indragiri dengan dua lokasi stasiun duga air yang berbeda yaitu stasiun Lubuk Ambacang dan stasiun Pulau Berhalo. Stasiun duga air Lubuk Ambacang memiliki luas daerah aliran sebesar 7467 km². Stasiun duga air Pulau Berhalo memiliki luas daerah aliran sebesar 8526 km². Adapun lokasi penelitian ditunjukkan seperti pada Gambar 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hubungan antara Parameter Model terhadap Nilai Range Parameter Model IHACRES

Parameter Model	Nilai Range Parameter Model
Keseimbangan massa	0.003-0.011
Modulasi Temperatur	1-9
Laju pengeringan pada saat suhu referensi	1-9
Konstanta waktu respon cepat	0.5 – 1.5
Konstanta waktu respon lambat	2 - 200
Volume perbandingan untuk aliran lambat	0.02 – 0.95

Sumber : Sriwongsitanon dkk, 2011



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Kebutuhan Data Penelitian

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah meliputi sebagai berikut: (a) Data curah hujan pada stasiun hujan Tanjung Pati, Sijunjung dan Sentajo periode 1995-2004. (b) Data klimatologi pada stasiun klimatologi Sentajo periode 1995-2004. (c) Data debit pada pos duga air Lubuk Ambacang dan Pulau Berhalo periode 1995-2004.

Tahapan analisis menggunakan Model IHACRES

Secara garis besar tahapan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut: (a) Melakukan uji konsistensi pada data hujan dan debit dengan metode RAPS. (b) Menentukan skema yang berkaitan dengan pemilihan persentase panjang data yang akan digunakan dalam tahap kalibrasi, verifikasi dan simulasi. Ketiga tahap tersebut dilakukan di stasiun duga air Lubuk Ambacang.

Adapun skema yang akan digunakan diperlihatkan pada Tabel 3. (c) Melakukan *input* data yang telah diuji konsistensinya ke program IHACRES v.2.1 untuk selanjutnya dilakukan proses kalibrasi. Pada proses kalibrasi ini dilakukan pengisian periode kalibrasi dan durasi *warm up*. Pengisian periode kalibrasi disesuaikan dengan skema yang telah disusun sedangkan durasi *warm up* diisi secara bertingkat dengan kelipatan 100. (d) Melakukan keseluruhan proses kalibrasi untuk skema 1 dan *warm up* percobaan pertama (durasi 100)

hingga diperoleh parameter dengan nilai R^2 dan bias yang paling optimal. Nilai optimal untuk R^2 mendekati satu dan bias mendekati nol. (e) Mengulangi keseluruhan proses kalibrasi skema 1 untuk durasi *warm up* berikutnya (200, 300, 400,.. dst). Proses ini berakhir apabila nilai R^2 yang dihasilkan telah mengalami penurunan dibandingkan dengan durasi *warm up* sebelumnya. (f) Mengulangi langkah nomor 5 hingga nomor 7 untuk skema 2 hingga 8. (g) Tahapan verifikasi, yaitu suatu proses untuk menguji kinerja model pada data diluar periode kalibrasi. Proses verifikasi dilakukan dengan menggunakan variabel dan parameter yang memberikan nilai R^2 yang tertinggi dalam tahap kalibrasi untuk masing-masing skema. Selanjutnya hasil verifikasi masing-masing skema dihitung nilai R^2 dan biasnya. (h) Tahapan simulasi, yaitu proses terakhir setelah proses kalibrasi dan verifikasi dilaksanakan. Proses simulasi dilakukan dengan menggunakan variabel dan parameter yang sama yang digunakan dalam tahap verifikasi dan dihitung untuk masing-masing skema namun menggunakan keseluruhan data yang ada. Selanjutnya hasil simulasi masing-masing skema dihitung nilai R^2 dan biasnya. (i) Proses validasi dilakukan dengan menggunakan variabel dan parameter yang dihasilkan masing-masing skema. Proses validasi ini dilakukan di stasiun duga air Pulau Berhalo. Selanjutnya hasil validasi dari masing-masing skema dihitung nilai R^2 dan biasnya. (j) Hasil dan pembahasan, yaitu membahas tentang hasil analisis data.

Tabel 3. Skema Persentase Panjang Data Tahap Kalibrasi, Verifikasi dan Simulasi Stasiun Duga Air Lubuk Ambacang

Skema	Kalibrasi	Verifikasi	Simulasi
1	10,0192% (1-7-1995 – 1-7-1996)	84,9713% (2-7-1996 – 31-12-2004)	
2	20,0110% (1-7-1995 – 1-7-1997)	74,9795% (2-7-1997 – 31-12-2004)	
3	30,0027% (1-7-1995 – 1-7-1998)	64,9877% (2-7-1998 – 31-12-2004)	
4	39,9945% (1-7-1995 – 1-7-1999)	54,9959% (2-7-1999 – 31-12-2004)	100% (1-1-1995 – 31-12-2004)
5	50,0137% (1-7-1995 – 1-7-2000)	44,9763% (2-7-2000 – 31-12-2004)	
6	60,0055% (1-7-1995 – 1-7-2001)	34,9849% (2-7-2001 – 31-12-2004)	
7	69,9973% (1-7-1995 – 1-7-2002)	24,9932% (2-7-2002 – 31-12-2004)	
8	79,9891% (1-7-1995 – 1-7-2003)	15,0014% (2-7-2003 – 31-12-2004)	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi Data

Data hujan yang akan diuji konsistensi datanya diambil dari tiga stasiun penakar hujan diantaranya stasiun Tanjung Pati, stasiun Sijunjung dan stasiun Sentajo dengan masing – masing stasiun memiliki panjang data selama 10 (sepuluh) tahun. Untuk kepercayaan 99%, stasiun Tanjung Pati menunjukkan

$$Q_{hitung} < Q_{kritik} = 0,727 < 1,290$$

dan $R_{hitung} < R_{kritik} = 0,727 < 1,380$. Hasil pengujian dengan metode RAPS menunjukkan untuk data dari ketiga stasiun hujan tersebut adalah panggah atau konsisten.

Data debit yang akan diuji konsistensi datanya diambil dari dua stasiun duga air diantaranya stasiun Lubuk Ambacang dan stasiun Pulau Berhalo dengan masing – masing stasiun memiliki panjang data selama 10 (sepuluh) tahun. Untuk kepercayaan 99%, stasiun Lubuk Ambacang menunjukkan

$$Q_{hitung} < Q_{kritik} = 0,559 < 1,290 \quad \text{dan}$$

$R_{hitung} < R_{kritik} = 0,559 < 1,380$. Hasil pengujian dengan metode RAPS menunjukkan untuk data dari kedua stasiun duga air tersebut adalah panggah atau konsisten.

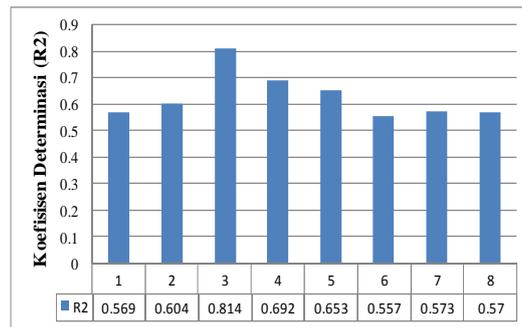
Proses Pemodelan Debit dengan Metode IHACRES

Pada penelitian ini, proses kalibrasi dilakukan dengan program bantu IHACRES v.2.1 untuk mendapatkan parameter dan variabel yang akan digunakan pada tahap selanjutnya (verifikasi, simulasi dan validasi). Proses verifikasi, simulasi dan validasi menggunakan bantuan *Microsoft Excel*. Adapun proses kalibrasi, verifikasi dan simulasi adalah sebagai berikut:

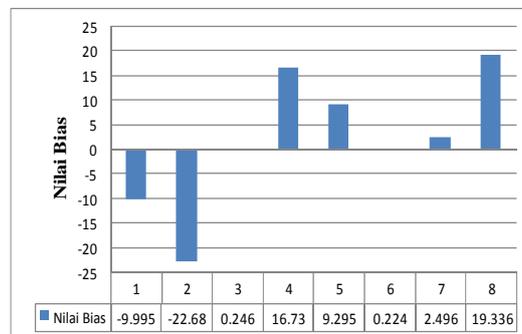
Kalibrasi Model

Proses kalibrasi dilakukan dengan program bantu IHACRES v.2.1. Adapun hasil nilai R^2 dan bias pada tahap kalibrasi dengan variasi *warm up* untuk masing-masing skema disajikan seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Pada Gambar 3 dan Gambar 4 di atas memberikan pemahaman bahwa variasi *warm up* yang memberikan nilai R^2 optimal untuk masing-masing skema tidaklah sama, langkah selanjutnya parameter hasil kalibrasi dan variabel tersebut digunakan untuk perhitungan debit harian dengan metode IHACRES untuk tahap verifikasi dan simulasi pada masing-masing skema



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Nilai Koefisien Determinasi (R^2) Untuk Berbagai Variasi Skema (Sumber : Hasil *Running Program*)



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Nilai Bias Untuk Berbagai Variasi Skema (Sumber : Hasil *Running Program*)

Verifikasi Model

Setelah parameter hasil kalibrasi dan variabel diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan debit harian untuk masing-masing skema dengan metode IHACRES. Adapun panjang data yang digunakan dalam tahap ini, disesuaikan dengan persentase panjang data pada tahap verifikasi untuk masing-masing skema.

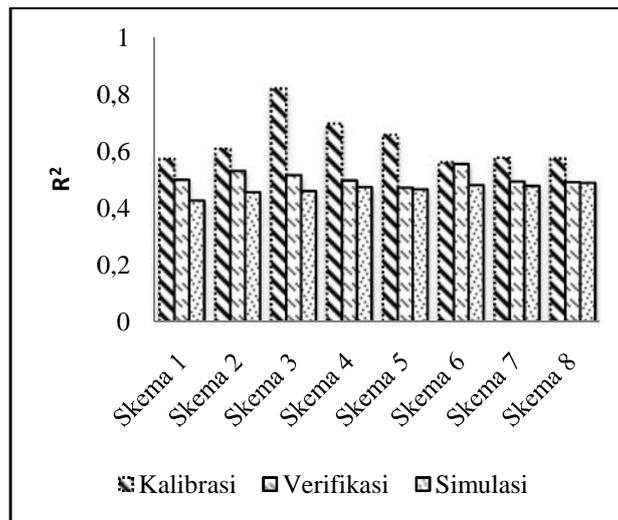
Simulasi Model

Pada simulasi model, parameter dan variabel yang akan digunakan dalam perhitungan sama dengan parameter dan variabel yang digunakan dalam verifikasi masing-masing skema, namun dalam perhitungannya menggunakan keseluruhan data yang ada yaitu data dari tanggal 1 Januari 1995 sampai 31 Desember 2004.

Rekomendasi Penggunaan Model IHACRES

Rekomendasi penggunaan model IHACRES merupakan kelanjutan dari tahap kalibrasi, verifikasi dan simulasi, dengan membandingkan masing-masing skema sehingga diperoleh skema yang memberikan estimasi terbaik dalam memodelkan hujan aliran pada stasiun duga air Lubuk Ambacang. Adapun hasil uji statistik skema 1 hingga skema 8 ditunjukkan seperti pada Gambar 4 di bawah ini.

Berdasarkan Gambar 4 di atas, yang memberikan estimasi terbaik dalam memodelkan hujan aliran di stasiun Lubuk Ambacang pada tahap kalibrasi adalah skema 3 dengan nilai R^2 sama dengan 0,8140 dan tahap verifikasi adalah skema 6 dengan nilai R^2 sebesar 0,5508. Selanjutnya untuk tahap validasi, menggunakan parameter dan variabel yang dihasilkan dalam skema 1 hingga skema 8



Gambar 4. Rekomendasi Penggunaan Model IHACRES

Validasi Model

Validasi model bertujuan untuk mengetahui keandalan model apabila parameter yang telah diperoleh sebelumnya diterapkan pada stasiun duga air yang berbeda. Pada penelitian ini, validasi dilakukan pada pada Stasiun Duga Air Pulau Berhalo yang memiliki luas daerah aliran 8526 km².

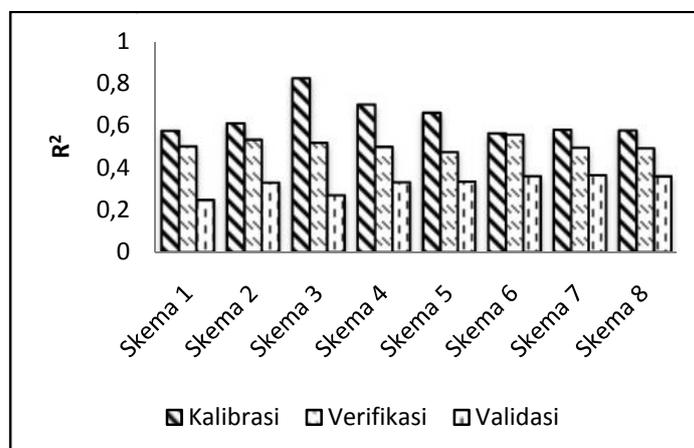
Proses validasi model pada masing – masing skema dilakukan dengan menggunakan parameter dan variabel dari Tabel 5 dan Tabel 6 dan proses yang sama seperti simulasi model, untuk kemudian dilakukan analisis hujan aliran berdasarkan data debit dari pengukuran di

stasiun duga air Pulau Berhalo dengan metode IHACRES.

Hasil Uji Statistik Validasi Stasiun Pulau Berhalo

Adapun hasil uji statistik untuk masing– masing tahap (kalibrasi, verifikasi dan validasi) diperlihatkan pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa nilai R² optimal pada tahap validasi diberikan pada skema 7 yang menunjukkan kinerja model yang memenuhi ($0,36 < R^2 < 0,75$) dalam memodelkan hujan aliran pada stasiun Pulau Berhalo.



Gambar 5. Hasil Uji Statistik Validasi Stasiun Pulau Berhalo

Hasil ini berbeda dengan hasil yang diberikan pada Skema 3 (R^2 tertinggi pada tahap kalibrasi), walaupun pada tahap kalibrasi dan verifikasi secara keseluruhan menunjukkan kinerja model yang memenuhi, namun hasil yang berbeda diperlihatkan ketika parameter dan variabel model divalidasi. Hasilnya menunjukkan bahwa kinerja model Skema 3 tidak memenuhi ($R^2 < 0,36$) apabila digunakan pada stasiun Pulau Berhalo. Hasil yang sama juga diberikan pada Skema 6 (R^2 tertinggi pada tahap verifikasi), walaupun nilai R^2 yang dihasilkan pada tahap validasi lebih tinggi dibandingkan Skema 3, namun nilai tersebut masih berada dalam rentang kinerja model tidak memenuhi ($R^2 < 0,36$) apabila diterapkan di stasiun Pulau Berhalo.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan hasil penelitian di atas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (a) Pada tahap kalibrasi, verifikasi dan simulasi di stasiun duga air Lubuk Ambacang, skema terbaik pada tahap kalibrasi dan verifikasi adalah Skema 3 dan Skema 6. Skema 3 memberikan nilai R^2 tertinggi pada tahap kalibrasi yaitu sebesar 0,8140. Sedangkan Skema 6 memberikan nilai R^2 tertinggi pada tahap verifikasi yaitu sebesar 0,5508. (b) Pada tahap validasi di Stasiun Duga Air Pulau Berhalo, Skema 7 menunjukkan kinerja model yang lebih baik dibandingkan dengan Skema 3 dan skema 6 yang merupakan skema terbaik pada tahap kalibrasi dan verifikasi. Skema 7 memberikan nilai R^2 sebesar 0,361 dan bisa 17,155 mm/tahun. Hal tersebut memberikan gambaran bahwa semakin panjang data yang digunakan, maka tingkat akurasi kinerja model yang dihasilkan akan semakin baik. (c) Model IHACRES yang diterapkan di stasiun duga air Lubuk Ambacang dan Pulau Berhalo dapat dikatakan masih kurang handal karena nilai R^2 yang dihasilkan

pada tahap simulasi dan validasi berkisar antara 0,245 – 0,485.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada pengerjaan penelitian ini antara lain sebagai berikut: (a) Sebaiknya lebih berhati-hati dalam penggunaan Model IHACRES pada proses kalibrasi terutama pada saat penentuan durasi *warm up*. Hal ini didasarkan pada adanya perbedaan durasi *warm up* yang memberikan nilai R^2 optimal untuk masing-masing skema. (b) Sebaiknya lebih berhati-hati dalam penggunaan model IHACRES karena keberhasilan yang diperoleh tahap kalibrasi tidak menjamin keberhasilan pada tahap verifikasi. (c) Diperlukan penelitian yang berkelanjutan dalam hal regionalisasi parameter model sehingga diperoleh *range* parameter model yang sesuai untuk karakteristik kondisi hidrologi di Indonesia. (d) Perlunya kajian lebih lanjut mengenai analisis hujan aliran selain menggunakan model IHACRES untuk dapat diterapkan di lokasi pada studi stasiun duga air Lubuk Ambacang dan Pulau Berhalo

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai Sumatera III Provinsi Riau, Dinas Pemukiman dan Prasarana Wilayah Provinsi Riau Proyek Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Riau serta Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Kuantan Indragiri Provinsi Sumatera Barat yang telah memberikan informasi dan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini serta kepada Rafik Fajar Yunansyah, SPSi, MSi atas saran perbaikan dalam penulisan abstrak serta Ryan Wibowo, ST yang telah membantu dalam penyajian data dan pengoperasian program bantu IHACRES.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, R.M. & Goodall, J.L. 2006. Regionalization of IHACRES model parameters for integrated assessment across the Lake Erie, northern Ohio basin USA. *Proceedings of the 3rd Biennial Meeting of the International Environmental Modeling and Software Society (iEMSs)*. Burlington, Vermont, 2006.
- Carlile, P.W., Croke, B.F.W., Jakeman, A.J. & Lees, B.G. 2004. Development of a semidistributed catchment hydrology model for simulation of land-use change streamflow and groundwater recharge within the Little river catchment. In I.C. Roach (ed.). *Regolith*, 2004. CRC LEME : 54–56.
- Croke, B.F.W., Andrews, F., Spate, J. & Cuddy, S. 2004. *IHACRES User Guide, Software Version Classic Plus – V2.0*. Australia : ICAM Centre dan The Australian National University.
- Croke, B.F.W. & Littlewood, I.G. 2005. Comparison of Alternative Loss Modules in the IHACRES Model: An Application to 7 Catchments in Wales. *International Congress on Modeling and Simulation Society of Australia and New Zealand*. Melbourne, Australia 2005.
- Dye, P.J. & Croke, B.F.W. 2003. Evaluation of Streamflow Predictions by the IHACRES Rainfall-Runoff Model in Two South African Catchments. *Environ. Mod and Soft.* 18 : 705-712.
- 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*. Australia : ICAM Centre dan The Australian National University.
- Motovilov, Y.G., Gottschalk, L., Engeland, K. & Rodhe, A. 1999. Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observations. *Elsevier Agricultural and Forest Meteorology*. 98 : 257-277.
- 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.
- Soemarno. 2003. *Pendekatan dan Pemodelan Sistem*. Bahan Ajar. Malang : Program S2 Pemodelan.
- 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.
- Wheeler, H., Sorooshian, S. & Sharma, K.D. 2008. *Hydrological Modelling in Arid and Semi – Arid Areas*. Cambridge: Cambridge University Press.