

ANALISIS PREDIKSI ALIRAN SUNGAI INDRAGIRI MENGGUNAKAN MODEL GR3J (*Genie Rural a 3 parametres Journalie*)

Mifta Khairiah¹⁾, Manyuk Fauzi²⁾, Imam Suprayogi²⁾

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 : mifta.khairiah@yahoo.com

ABSTRACT

Development of water resources in the Indonesian Provinces of Riau in particular require a simplification in the form of a model is needed to transform rain into rate of flow. This study examines the rainfall-runoff modeling methods GR3J on Indragiri watershed. In this modeling input data including the data used daily rainfall and potential evapotranspiration data is that the results are calibrated using discharge data daily observations. In this modeling sought optimum value of the parameter modeling GR3J which produces deviation or the smallest error. There are two stages in this model, namely: Model calibration and verification flow model based on the data recording station Lubuk Ambacang guess water for 10 years (1995-2004). To calculate the deviation that occurs used method of Nash-Sutcliffe Coefficient. This modeling to optimize four free parameters such as Maximum Capacity Production Store (X1), Coefficient Changes in Groundwater (X2) and the unit hydrograph (X3). The results of this study concluded that the model can represent from DAS GR3J Indragiri by obtaining the value of the text are very good at this stage of the model calibration and verification phase. After calibration phase texts most excellent value that the scheme 9 at 36.89. And at the verification stage Nash value and the value of the greatest correlation coefficient is also shown in the schematic 9 of 0.77% and a correlation coefficient of 0.61%.

Key Word : Indragiri, Rain-Flow, model GR3J.

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 pengalihan dari hujan menjadi aliran yang dapat ditiru dan disederhanakan serta diwujudkan dalam bentuk model, yang disebut dengan model hujan aliran (*rainfall-runoff*) digunakan untuk memprediksi nilai *runoff* harian maupun bulanan yang

didasarkan pada data hujan, penguapan serta karakteristik parameter DAS. (Ryan, 2013)

Hubungan hujan-debit merupakan fenomena hidrologi yang kompleks dan tidak mudah untuk dijelaskan. Kombinasi sifat alami dan non alami dalam suatu sistem Daerah Aliran Sungai (DAS) menimbulkan kesulitan dalam memperkirakan perilaku DAS terhadap masukan tertentu. Seperti halnya sifat dari hujan sebagai masukan, sistem DAS juga mengandung variabilitas yang tinggi terutama sekali terkait dengan sifat unsur penyusun DAS dalam menerima, menampung dan meluluskan air yang sifatnya *time dependent*.

Salah satu model hujan aliran yang cukup dikenal dan banyak diaplikasikan di beberapa negara di dunia oleh para praktisi dan peneliti adalah model GR3J (*Genie Rural a 3 parametres Journalie*).

Model GR3J (Edijatno, 1999) merupakan model konseptual untuk transformasi hujan-debit menggunakan parameter X1, X2, dan X3, dengan ketiga parameter tersebut tidak dapat ditakrifkan secara fisik. Pendekatan model dilakukan berdasarkan karakteristik *soil moisture reservoir* dan *unit hydrograph*. *Soil moisture reservoir* merupakan kemampuan tanah menampung air, yang besarnya tergantung pada sifat-sifat tanah dan struktur geologi. Nilai *soil moisture reservoir* dipengaruhi oleh perubahan neraca air yaitu hujan dan evapotranspirasi. Model GR3J (*Génie Rural à Three Parametres Journalier*) yang pada awalnya dibangun didaerah non tropis yaitu sebanyak 114 sungai di Perancis. Pada penelitian tersebut memperoleh hasil yang sangat bagus. Dengan adanya keberhasilan tersebut, maka dirasa perlu untuk mencoba keandalan model GR3J di daerah tropis seperti Indonesia yaitu di DAS Indragiri.

LANDASAN TEORI

Pemodelan *Génie Rural* menggunakan prinsip model tangki (*tank model*). Dasar pemikiran model tangki adalah meniru (*simulate*) sistem daerah aliran sungai dengan menggantinya oleh sejumlah tampungan yang digambarkan sebagai sederet tangki. Model tangki dikembangkan oleh Sugawara (1977). Model *Génie Rural* diawali dari konsep model hujan-debit *Génie Rural à 2 Parametres*, GR2V1 hingga GR2V6 (Edijatno, 1989). *Génie Rural à 2 Parametres* berkembang menjadi GR3J. GR4J merupakan versi modifikasi terbaru. Secara berurutan yang bekerja pada model ini dimulai oleh Edijatno & Michel (1989),

Nascimento (1995) dan Edijatno *et. al.* (1999) dan Perrin (2000).

Model GR3J (Edijatno, 1999) merupakan model konseptual untuk transformasi hujan-debit menggunakan parameter X1, X2, dan X3, dengan ketiga parameter tersebut tidak dapat ditakrifkan secara fisik. Pendekatan model dilakukan berdasarkan karakteristik *soil moisture reservoir* dan *unit hydrograph*. *Soil moisture reservoir* merupakan kemampuan tanah menampung air, yang besarnya tergantung pada sifat-sifat tanah dan struktur geologi. Nilai *soil moisture reservoir* dipengaruhi oleh perubahan neraca air yaitu hujan dan evapotranspirasi.

Karakteristik yang ditetapkan dalam model GR3J untuk kedua unsur tersebut adalah :

- i) jika $P > E$, maka $P_n = P - E$ dan $E_n = 0$
- ii) jika $P < E$, maka $E_n = E - P$ dan $P_n = 0$

dengan :

P_n = curah hujan netto (mm/hr),

E_n = evapotranspirasi natural (mm/hr),

P = curah hujan (mm/hr)

E = evapotranspirasi potensial (mm/ hr).

Hujan yang jatuh ke permukaan bumi sebagian akan menjadi aliran permukaan dan sebagian akan meresap ke dalam tanah yang akan mengisi atau menambah *reservoir*.

Operasi selanjutnya adalah menghubungkan perhitungan tampungan kelembaban tanah yang mempunyai kapasitas konstan $A = 330$ mm, dengan S adalah sebagai perubahan nilai tampungan. Perubahan yang terus menerus pada masukan P_s dan keluaran E_s dari tampungan diberikan persamaan sebagai berikut :

$$\text{a. Jika } P_n > 0 \text{ maka } P_s = \frac{P_n \left(1 - \left(\frac{S}{A}\right)^2\right)}{1 + \frac{P_n}{A} \left(1 + \frac{S}{A}\right)}$$

$$\text{b. Jika } E_n > 0 \text{ maka } E_s = \frac{E_n \frac{S}{A} \left(2 - \frac{S}{A}\right)}{1 + \frac{E_n}{A} \left(2 - \frac{S}{A}\right)}$$

Perbedaan nilai ($P_n - P_s$) dibagi dalam dua bagian yaitu :

1. bagian pertama, sebesar 90% dari ($P_n - P_s$) diubah ke dalam hidrograf satuan per-hari (*1-day unit hydrograph*) yang diturunkan dari kurva S , yang diekspresikan dalam fungsi $SH1$, dimana :

- $0 < j < x_3$, maka $SH1(j) = \left(\frac{j}{x_3}\right)^3$

- $j > x_3$, maka $SH1(j) = 1$

2. bagian kedua, sebesar 10% dari ($P_n - P_s$) diubah ke dalam hidrograf satuan per-hari yang diturunkan dari kurva S , dan disebut dengan fungsi $SH2$, dimana :

- $0 < j \leq x_3$, maka $SH2(j) = \frac{1}{2} \left(\frac{j}{x_3}\right)^3$

- $x_3 < j < 2x_3$, maka $SH2(j) = 1 - \frac{1}{2} \left(2 - \frac{j}{x_3}\right)^3$

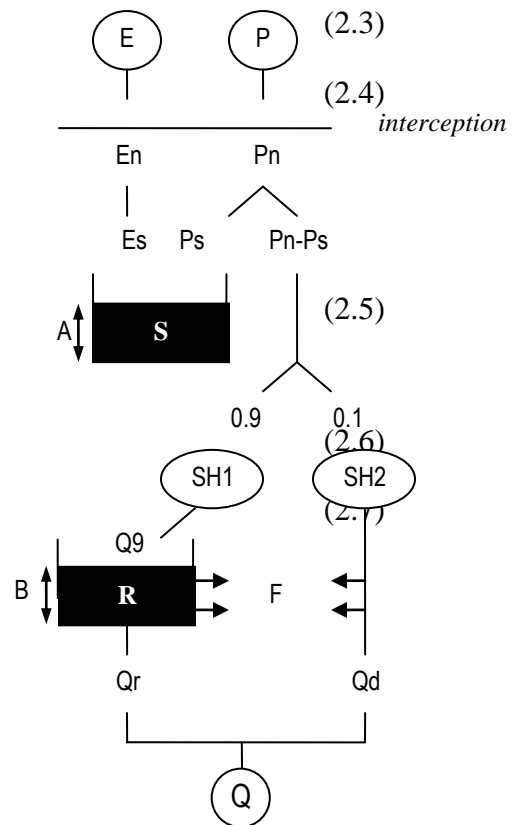
- $j > 2x_3$, maka $SH2(j) = 1$

Bagian pertama setelah ditelusuri dengan $SH1$ akan masuk ke tampungan R . Tampungan ini merupakan subyek pertukaran (aliran keluar-masuk) F , yang dinyatakan dengan persamaan

$$F = x_1 \left(\frac{R}{x_2}\right)^4$$

Nilai F tergantung dari perhitungan isi tampungan pada akhir tahap dan tahap sebelumnya serta melibatkan parameter x_1 . F akan keluar dari tampungan R ketika x_1 bernilai negatif. F akan masuk ke tampungan R ketika F bernilai positif. R yang baru disebut R^* dihitung dengan menjumlahkan nilai R sebelumnya, nilai F dan keluaran dari $SH1$. Jika hasilnya negatif, maka nilai R^* yang baru disamakan dengan nol. Perubahan harga F juga ditambahkan dalam perubahan sepanjang aliran yang lain [10% dari ($P_n - P_s$)] yang menghasilkan Q_d .

Nilai Q_d juga memiliki kemungkinan sama dengan nol apabila penambahan nilai F hasilnya negatif. Tampungan R mempunyai laju aliran Q_r dengan persamaan $Q_r = R^* - (R^* + x_2^{-4})^{-1}$. Akhirnya laju aliran Q merupakan penjumlahan nilai Q_r dan Q_d .

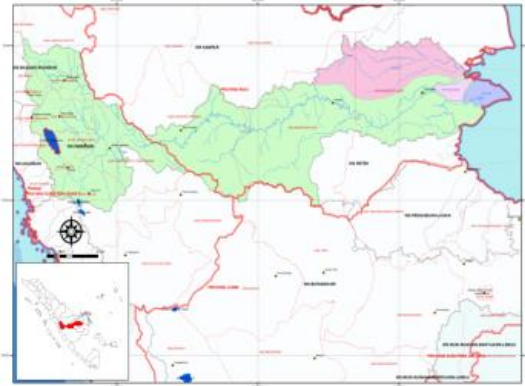


Gambar : 1 Struktur Model GR3J

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada sub DAS Indragiri yaitu stasiun Lubuk Ambacang. Lokasi tersebut dipilih didasarkan pada ketersediaan data yang cukup memadai untuk dilakukan analisis model hujan aliran. Stasiun duga air Lubuk Ambacang secara administrasi terletak di Provinsi Riau, Kabupaten Kuantan Singingi, Kecamatan Hulu Kuantan dengan lokasi geografis $00^{\circ} 36' 03''$ LS dan $101^{\circ} 23' 22''$ BT. Stasiun ini memiliki memiliki luas

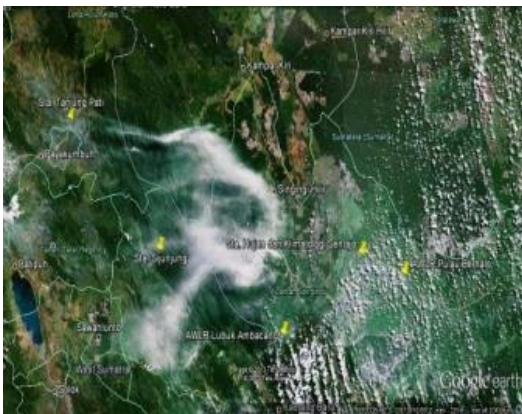
daerah aliran sebesar 7467 km². Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar : 2 Peta Lokasi Penelitian

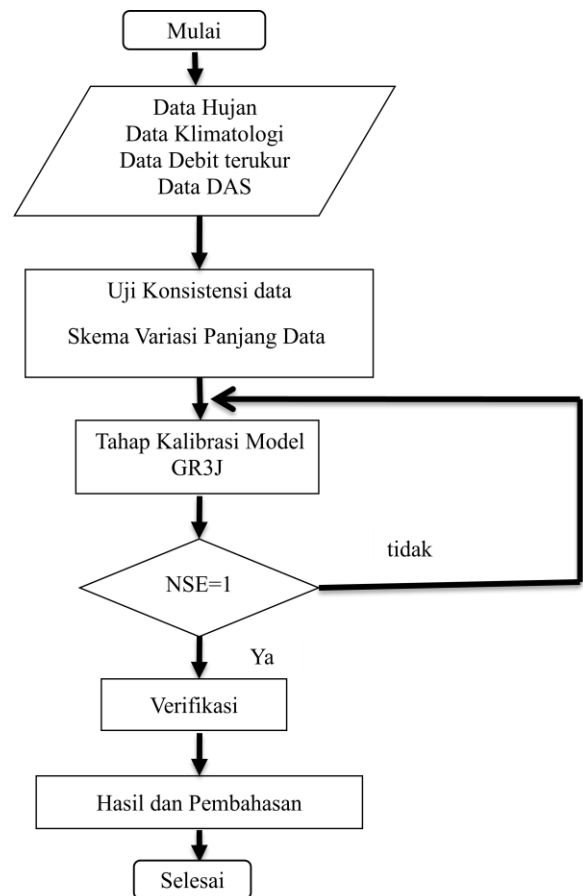
Secara garis besar tahapan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. mempersiapkan data – data yang dibutuhkan seperti data curah hujan, data temperatur, data debit serta luas DAS.
2. Untuk data klimatologi dihitung dengan bantuan softwer cropwhat.
3. Menentukan skema yang berkaitan dengan pemilihan persentase panjang data yang akan digunakan dalam tahap kalibrasi dan verifikasi. Kedua tahap tersebut dilakukan di stasiun duga air Lubuk Ambacang.



Gambar : 3 Stasiun AWLR Lubuk Ambacang

4. melakukan *input* data yang telah diuji konsistensinya ke program GR3J untuk selanjutnya dilakukan proses kalibrasi.
5. verifikasi, yaitu suatu proses untuk menguji kinerja model pada data diluar periode kalibrasi. Proses verifikasi dilakukan dengan menggunakan variabel dan parameter yang memberikan nilai R² yang tertinggi dalam tahap kalibrasi untuk masing – masing periode. Selanjutnya hasil verifikasi masing – masing periode dihitung nilai R² dan korelasinya.
6. mengulangi langkah nomor 3 dan nomor 4 untuk skema 2 hingga 9.
7. hasil dan pembahasan, yaitu membahas tentang hasil analisis data.



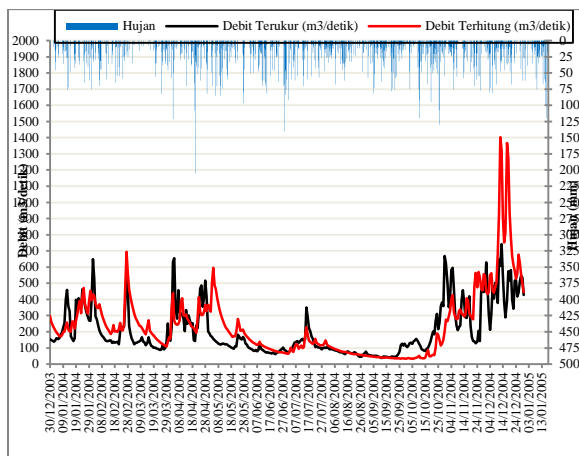
Gambar : 4 Bagan alir penelitian

Tabel 1 Nilai Nash dan Koefisien korelasi

NO	Kalibrasi (Tahun)	Verifikasi (Tahun)	Nilai nash		Koefisien Korelasi
			Kalibrasi	Verifikasi	Verifikasi
1	1	9	28.04	0.10	0.34
2	2	8	27.26	0.32	0.34
3	3	7	23.38	0	0.32
4	4	6	23.03	0.29	0.31
5	5	5	26.38	0.32	0.34
6	6	4	30.72	0.39	0.39
7	7	3	26.40	0.36	0.37
8	8	2	32.57	0.46	0.42
9	9	1	36.89	0.77	0.61

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Running menghasilkan performa model hubungan antara nilai hasil perhitungan dan data pengamatan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar : 5 Hidrograf Banjir DAS Indragiri

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat hubungan antara debit terukur dan terhitung, dimana grafik yang dihasilkan dari perhiungan dapat menirukan grafik dari dabit yang terukur dilapangan. Selain itu untuk menilai performa model dalam kajian ini Kriteria yang digunakan yaitu Nash dan Koefisien korelasi.

Pada skema 1, dimana data yang digunakan adalah 1 tahun untu kalibrasi dan 9 tahun untuk tahap verifikasi. Skema satu

menunjukkan nilai nash yang tidak memenuhi syarat yang telah ditetapkan. Untuk skema 2 sampai skema 8, nilai yang dihasilkan sama dengan skema 1 yaitu tidak memenuhi syarat nilai Nash tidak boleh ≤ 036 . Berdasarkan Nash Sutcliffe dan nilai koefisien korelasi. Pada skema 9 Tabel 1 terlihat bahwa pada tahap kalibrasi memiliki nilai Nash cukup baik ($0,36 < NSE \leq 0,75$) dan pada tahap verifikasi dan nilai Nash yang dihasilkan menunjukkan kinerja model yang sangat memuaskan / handal. Ini menunjukkan bahwa pemodelan dengan bantu program GR3J pada DAS Indragiri bisa diaplikasikan dilapangan selama pemodelan hujan aliran yang memberikan hasil yang lebih baik belum ditemukan. Nilai korelasi pada tahap verifikasi dan sudah cukup bagus dalam memodelkan hujan aliran.

KESIMPULAN

1. pada tahap kalibrasi, dan verifikasi di stasiun duga air Lubuk Ambacang, verifikasi adalah skema 9. Periode 9 memberikan nilai Nash tertinggi pada tahap kalibrasi yaitu sebesar 36.89. Sedangkan nilai Nash tertinggi pada tahap verifikasi yaitu sebesar 0.77.
2. model GR3J yang diterapkan di DAS Indragiri dapat dikatakan handal karena nilai Nash yang dihasilkan pada tahap Kalibrasi dan Verifikasi berkisar telah memenuhi syarat nilai nash yaitu tidak oleh kecil dari 0,36.
3. keberhasilan yang diperoleh tahap kalibrasi tidak menjamin keberhasilan pada tahap verifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Edijatno, Nilo de Oliveira, Xiaoliu Yang, Zoubir Makhlof, and Michel Claude,1999. GR3J: a Dayli watershed model with free

- parameters. *Hidrologi sciences* 44(2), pp. 263-277
- Harto, S. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Indarto, 2006. Kalibrasi Model IHACRES untuk Simulasi Neraca Air Harian di DAS Bedadung, Jawa Timur, Indonesia. *Media Teknik Sipil*. Juli 2006 : 111-122.
- Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta : Bumi Aksara
- Manyuk Fauzi, S.H. Hasibuan, 2011. Variasi kapasitas tampungan kelembaban tanah untuk peningkatan performa model gr3j-ann. *Jurnal Sains dan Teknologi* 10 (1)
- 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.
- Ryan Ardhi, Imam Suprayogi, Yohanna L. H. 2013. Analisis Hujan Aliran Menggunakan Model Ihacres, Universitas Riau.
- Triatmodjo, B. 2009. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Wheater, H., Sorooshian, S. & Sharma, K.D. 2008. *Hydrological Modelling in Arid and Semi – Arid Areas*. Cambridge : Cambridge University Press.