

**ANALISIS KETERSEDIAAN AIR DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) ROKAN
MENGUNAKAN *Genie Rural a 4 parametres Journalier* (GR4J)
(Studi Kasus: AWLR Pasir Pengaraian)**

Rafit Mahendra¹⁾, Sigit Sutikno²⁾, Manyuk Fauzi²⁾,

¹⁾ Mahasiswa Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil,

²⁾ Dosen Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil
Pascasarjana Universitas Riau, Pekanbaru 28293

E-mail: rafit.mahendra@gmail.com

ABSTRACT

This research studied about hidrologie modeling for water availability analysis using the GR4J (Ge'nie Rural a` 4 parame`tres Journalier) method of the Rokan River Basin (DAS). The GR4J model uses data input in the form of daily rain data on Rambah Utama station and daily potential evapotranspiration data, climatological data on Rambah Utama station. The result of this modeling was tested using daily observation flow data at AWLR Pasir Pengaraian station. This model optimized four free parameters in the form of Maximum Production Store Capacity (X_1) with value 217,74 mm, Coefficient of Ground Water Change (X_2) with value -0,25 mm, Maximum Capacity of Routing Store (X_3) with value 663,66 mm, and Peak Time Ordinate Unit Hydrograf (X_4) with value 0,91 day. In the second method, calibration was carried out in a given year and verified in the following year. As a determinant of model success, the Nash Sutcliffe Coefficient (NS) equation and Correlation Coefficient (R) method are used to calculate the deviation.

Keywords: GR4J, Calibration, verification.

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pemodelan hidrologi untuk analisis ketersediaan air menggunakan metode GR4J (Ge'nie Rural a` 4 parame`tres Journalier) pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Rokan. Pemodelan GR4J ini menggunakan input data berupa data hujan harian pada stasiun Rambah Utama dan data evapotranspirasi potensial harian, data klimatologi pada stasiun Rambah Utama. Hasil pemodelan ini diuji menggunakan data debit pengamatan harian pada stasiun AWLR stasiun Pasir Pengaraian. Pemodelan ini mengoptimasi empat parameter bebas berupa Kapasitas Maksimum Production Store (X_1) dengan nilai 217,74 mm, Koefisien Perubahan Air Tanah (X_2) dengan nilai -0,25 mm, Kapasitas Maksimum Routing Store (X_3) dengan nilai 663,66 mm, dan Waktu Puncak Ordinat Unit Hidrograf (X_4) dengan nilai 0,91 hari. Pada metode kedua, dilakukan kalibrasi pada tahun tertentu dan verifikasi pada tahun setelahnya. Sebagai penentu keberhasilan model, digunakanlah persamaan Nash Sutcliffe Coefficient (NS) dan metode Koefisien Korelasi (R) untuk menghitung simpangan yang terjadi.

Kata kunci : GR4J, kalibrasi, verifikasi.

PENDAHULUAN

Air merupakan komponen penting dari siklus kehidupan. Dewasa ini, masalah lingkungan sering terjadi apalagi masalah sumber daya air. Permasalahan sumber daya air masih bertumpu ketersediaan. Distribusi ketersediaan air sepanjang waktu sangat dipengaruhi oleh distribusi hujan sepanjang tahun. Ketersediaan air dapat dideteksi dengan persamaan matematika dalam bentuk model seperti model hujan aliran (*rainfall-runoff*).

Model-model yang muncul saat ini kebanyakan adalah hasil pengembangan dari model terdahulu melalui proses yang panjang dan mengalami banyak penyempurnaan. Pemodelan GR4J (*Genie Rural a 4 parametres Journalier*) ini merupakan pengembangan dari model sebelumnya yaitu GR3J (*Genie Rural a 3 parametres Journalier*). GR3J dan GR4J adalah pemodelan *rainfall-runoff* diukur berdasarkan parameter-parameter bebas yang diperoleh dari data curah hujan harian yang pertama kali dikenalkan oleh Edijatno dan Mitchel (1989) kemudian disempurnakan oleh Nascimento (1995) dan Edijatno

(1999). Kedua model ini menyederhanakan konsep - konsep sebelumnya, debit yang masuk ke *reservoir* diharapkan dapat mewakili karakteristik DAS. Kesederhanaan program yang hanya terfokus pada keempat parameter menjadikan program ini sangat cocok untuk aplikasi permasalahan yang bersifat operasional.

Pemodelan hujan-debit (*rainfall-runoff modelling*) memiliki sejarah yang panjang dan merupakan usaha pertama dari ahli hidrologi untuk meramalkan aliran (*flows*) yang diharapkan terjadi dari suatu kejadian hujan. Thomas James Mulvaney (1822-1892) [lihat Beven (2001)], ahli hidrologi dari Irlandia, pertama kali mempublikasikan model hujan-debit pada tahun 1851.

Telah banyak dilakukan pengembangan-pengembangan pengalih ragam hujan menjadi debit, seperti yang telah dilakukan oleh ahli hidrologi terdahulu, *rainfall-runoff* yang sudah dikembangkan diantaranya: Tank model (Sugawara, 1995), IHACRES (Ye, 1997), HBV (Lindstrom, 1997), SMAR (Tan dan O'Connor, 1996), TOPMODEL (Beven, 1986), Xinanjiang (Jayawardena dan Zhou, 2000) dan lain-lain.

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 hidrologi yang dikembangkan oleh Perrin et al. (2003) yang berbasis pada empat parameter *rainfall-runoff* adalah model *Genie Rural a 4 parametres Journalier* (GR4J). 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 GR4J (*Genie Rural a 4 parametres Journalier*) diukur berdasarkan 4 parameter bebas yang diperoleh dari data curah hujan harian. Model GR4J dikembangkan dari model sebelumnya yaitu GR3J (*Genie Rural a 3 parametres Journalier*) yang dikembangkan dari metode aslinya yang ditemukan oleh Edijatno dan Michel (1989) kemudian disempurnakan oleh Nascimento (1995) dan Edijatno (1999). Model GR4J mengoptimasi empat parameter bebas yaitu :

- X_1 :Kapasitas maksimum dari *production store* (mm)
- X_2 :Koefisien perubahan *groundwater* (mm)
- X_3 :Kapasitas maksimum *routing store* (mm)
- X_4 :Waktu saat debit puncak unit hidrograf UH1 (hari)

Production Store (X_1) adalah tampungan dipermukaan tanah yang bisa menampung air dari hujan yang terjadi. Tampungan ini mengalami proses *evapotranspirasi* dan *perkolasi*. Besarnya tampungan ini sangat dipengaruhi oleh jenis tanah yang ada pada suatu DAS, semakin kecil porositas tanah maka semakin besar *production store* yang ada.

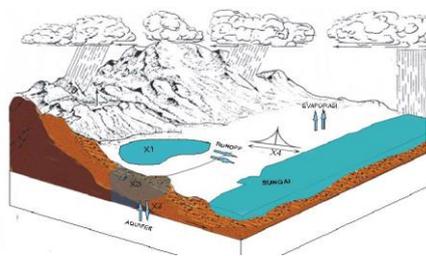
KoefisienPerubahan *Groundwater* (X_2) adalah fungsi dari perubahan air tanah yang mempengaruhi besarnya *routing store*. Ketika memiliki nilai negatif maka air masuk ke *aquifer* dalam dan ketika memiliki nilai positif maka air dari *aquifer* keluar dan masuk ke tampungan (*routing storage*).

Routing storage (X_3) adalah kapasitas air yang bias ditampung dalam pori-pori tanah. Besarnya nilai *routing store* ini tergantung dari jenis dan kelembaban tanah.

Time Peak (X_4) adalah waktu saat puncak ordinat unit hidrograf banjir yang dihasilkan pada pemodelan GR4J. Ordinat unit hidrograf ini dihasilkan dari *runoff* yang terjadi, dimana 90% aliran merupakan aliran lambat yang masuk ke dalam tanah dan 10% aliran merupakan aliran cepat yang mengalir

di permukaan tanah. Berikut adalah gambaran fisik dari pemodelan GR4J dari mulai proses turunnya hujan sampai dengan debit yang terkumpul di sungai.

Seperti terlihat pada Gambar 2.4 seluruh perhitungan kuantitas air diekspresikan dalam satuan mm dengan cara membagi volume air dengan luas catchment area.



Gambar 1 Gambaran fisik model *rainfall-runoff* GR4J.

Adapun langkah perhitungan pemodelan GR4J pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Input* data curah hujan harian (P) dan evapotranspirasi potensial (E). Kemudian definisikan P menjadi Net *rainfall* Pn dan E menjadi Net evapotranspirasi En.
2. Memperoleh nilai Pn dan En.
Jika $P \geq E$ maka
 $P_n = P - E$ dan $E_n = 0$ (1)
Jika $P < E$ maka
 $E_n = E - P$ dan $P_n = 0$ (2)
3. Mencari nilai Ps dari Pn yaitu nilai Pn yang mengisi *production store*, dirumuskan sebagai berikut:

$$P_s = \frac{X_1 \left(1 - \left(\frac{S}{X_1} \right)^2 \right) \tanh \left(\frac{P_n}{X_1} \right)}{1 + \frac{S}{X_1} \tanh \left(\frac{P_n}{X_1} \right)} \quad (3)$$

Kasus lain jika $P < E$ maka Es dirumuskan sebagai berikut:

$$E_s = \frac{S \left(2 - \frac{S}{X_1} \right) \tanh \left(\frac{E_n}{X_1} \right)}{1 + \left(1 - \frac{S}{X_1} \right) \tanh \left(\frac{E_n}{X_1} \right)} \quad (4)$$

4. En mengurangi jumlah *production store*, Dalam pemodelan ini *production store* S tidak pernah melebihi X1. sehingga *production store* dirumuskan sebagai berikut:

$$S = S - E_s + P_s \quad (5)$$

5. Di dalam *production store*, perkolasi dirumuskan sebagai berikut:

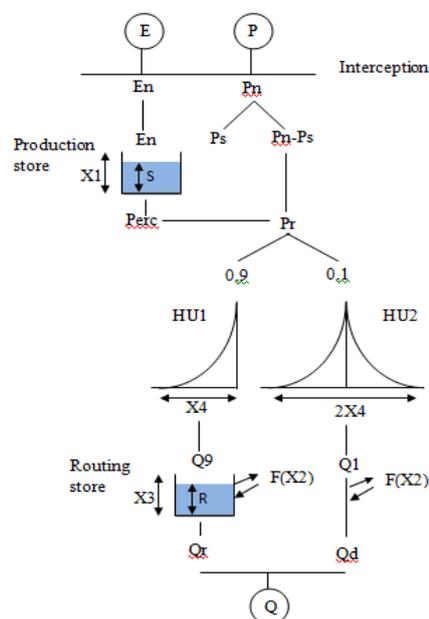
$$Perc = S \left\{ 1 - \left[1 + \left(\frac{4S}{9X_1} \right)^4 \right]^{-\frac{1}{4}} \right\} \quad (6)$$

6. Perc dianggap selalu lebih rendah dari S. Sehingga nilai tampungan bias dirumuskan sebagai berikut:

$$S = S - Perc \quad (7)$$

7. Sebagian Pn - Ps dari Pn dan sebagian perkolasi dari *production store* bergabung dan mencapai *routing store*.

$$Pr = Perc + (P_n - P_s) \quad (8)$$



Gambar 2. Diagram model *rainfall-runoff* GR4J (Perrin, 2003)

8. Jumlah air yang mencapai routing store dibagi menjadi aliran cepat dan aliran lambat. Aliran cepat di routing dengan unit hidrograf UH1 dan aliran lambat dengan UH2. 90% dari Pr dirouting oleh unit hidrograf UH1 dan sisanya di routing dengan UH2. UH1 didefinisikan berdasarkan waktu, t sebagai berikut:

$$\text{untuk } t \leq 0, SH1(t) = 0 \quad (9)$$

$$0 < t < X_4, SH1(t) = \left(\frac{t}{X_4} \right)^{\frac{5}{2}} \quad (10)$$

$$\text{untuk } t \geq X_4, SH1(t) = 1 \quad (11)$$

$$\text{Seperti } SH1, SH2 \text{ dicari sebagai berikut:} \\ t \leq 0, SH2(t) = 0 \quad (12)$$

$$0 < t < X_4, SH2(t) = \frac{1}{2} \left(\frac{t}{X_4} \right)^{\frac{5}{2}} \quad (13)$$

$0 < t < 2X_4$ maka :

$$SH2(t) = 1 - \frac{1}{2} \left(2 - \frac{t}{X_4} \right)^{\frac{5}{2}} \quad (14)$$

$$t \geq X_4, SH2(t) = 1 \quad (15)$$

UH1 dan UH2 dirumuskan sebagai berikut

$$UH1 = SH1_j - SH1_{j-1} \quad (16)$$

$$UH1 = SH1_j - SH1_{j-1} \quad (17)$$

9. Perubahan groundwater, F dirumuskan sebagai berikut:

$$F = X_2 \left(\frac{R}{X_2} \right)^{7/2} \quad (18)$$

10. Dimana R adalah ketinggian dari routing store, dengan catatan R tidak pernah melebihi X3, ketinggian routing store berubah seiring bertambahnya Q9 dari UH1 dan F, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R = \max(0; R + Q9 + F) \quad (19)$$

Debit Qr dari tampungan dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_r = R \left\{ 1 - \left[1 + \left(\frac{R}{X_3} \right)^4 \right]^{-\frac{1}{4}} \right\} \quad (20)$$

11. Dimana Qr selalu lebih rendah dari R. Ketinggian tampungan kemudian dapat dihitung dengan persamaan

$$R = R - Q_r \quad (21)$$

12. Air yang berasal dari routing (penelusuran) disebut Qd dan dihitung dengan persamaan:

$$Q_d = \max(0; Q1 + F) \quad (22)$$

13. Debit total, Q bisa dihitung dengan persamaan :

$$Q = Q_r + Q_d \quad (23)$$

14. Mengevaluasi penyimpangan perhitungan dengan menggunakan metode *Nash-Sutcliffe Coefficient* (R^2) dengan persamaan :

$$E_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} - Q_{Mi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{Mi} - Q_m)^2} \quad (24)$$

Dengan :

R^2 = Koefisien Nash-Sutcliffe

QSi = Nilai Simulasi Model

QMi = Nilai observasi

Qm = Rata-rata nilai observasi

N = Jumlah data

NSE memiliki *range* antara $-\infty$ sampai dengan 1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Motovilov *et al* (1999), R^2 memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1 berikut.

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

Sumber : Motovilov, *et al*(1999)

Selain kriteria performa model yang telah disebutkan sebelumnya yang dapat digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan model adalah koefisien korelasi yang ditulis sebagai R, dengan bentuk persamaan :

$$R = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}} \quad (25)$$

Dimana

$$x = X - X_m \quad (26)$$

X = Debit observasi

X_m = Rata-rata nilai Debit observasi

$$y = Y - Y_m \quad (26)$$

Y = Debit kalkulasi

Y_m = Rata-rata nilai Debit kalkulasi

R memiliki *range* antara 0 sampai dengan 1.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sugiyono (2003:216), NSE memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2 Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe *Efficiency* (NSE)

Nilai (R)	Interpretasi
0 sampai dengan 0,19	Sangat Rendah
0,20 sampai dengan 0,39	Rendah
0,40 sampai dengan 0,59	Sedang
0,60 sampai dengan 0,79	Kuat
0,80 sampai dengan 1	Sangat Kuat

Sumber : Sugiyono(2003:216)

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah Sungai batang lubuk atau dikenal dengan sungai rokan kanan DAS Rokan Stasiun di stasiaun AWLR Pasir Pengaraian. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 seperti di bawah ini.

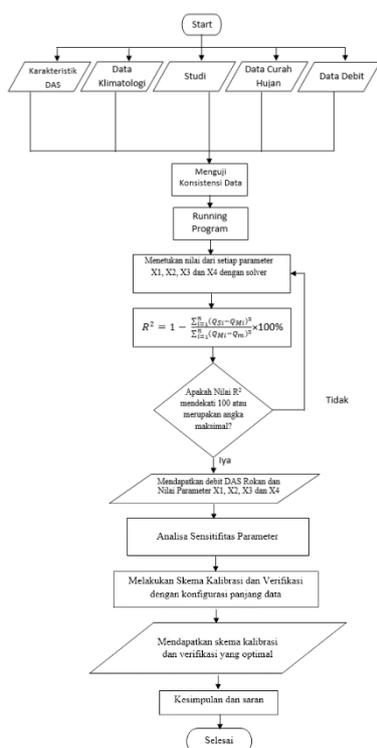


Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

Analisis yang dimaksud adalah menganalisis perilaku dari tiap parameter dan memperhatikan perilaku kalibrasi dan verifikasi dari elaborasi panjang data. Input data pada GR4J yang diperlukan adalah curah hujan harian, evapotranspirasi, dan *rainfall* yang

diperoleh dari data debit sungai yang sudah memiliki persamaan liku kalibrasi (*rating curve*). Melakukan input parameter X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4 dengan cara coba-coba (*solver*) hingga nilai *Nash-Sutcliffe* mendekati angka 100 atau mencapai nilai maksimal yang mungkin didapat dari *running* program tersebut.

Penelitian ini menganalisa sensitifitas pada setiap parameter dan menganalisa kalibrasi dan verifikasi (konfigurasi panjang tahun). Menguji kekuatan model dengan persamaan *Nash Sutcliffe* (R^2) dan koefisien korelasi (R). Tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penyelesaian tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model GR4J pada penelitian ini mencakup data curah hujan, debit, klimatologi (harian) tahun 2002 sampai tahun 2007. Untuk mendapatkan hasil yang paling optimum, tiap nilai parameter harus dievaluasi dengan memilih parameter yang menghasilkan nilai yang paling optimum, apabila didapat parameter baru dari hasil iterasi yang menghasilkan nilai yang lebih baik, maka parameter terdahulu diganti dengan yang baru. Sehingga apabila tidak ada nilai parameter yang lebih baik lagi, maka nilainya tidak akan berubah.

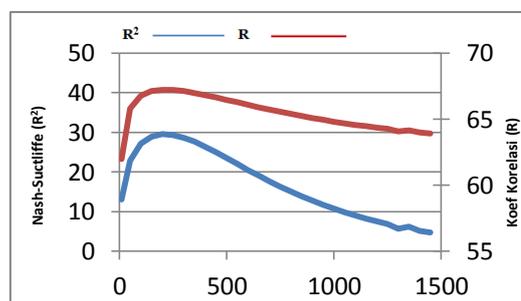
Hasil dari solver untuk parameter X_1 sampai parameter X_4 dapat dilihat dalam tabel pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Parameter

Parameter	Nilai	Uji Ketelitian (%)	
		R^2	R
X_1	217,74 mm	44,03%	66,39 %
X_2	0,25 mm		
X_3	663,66 mm		
X_4	0,91 hari		

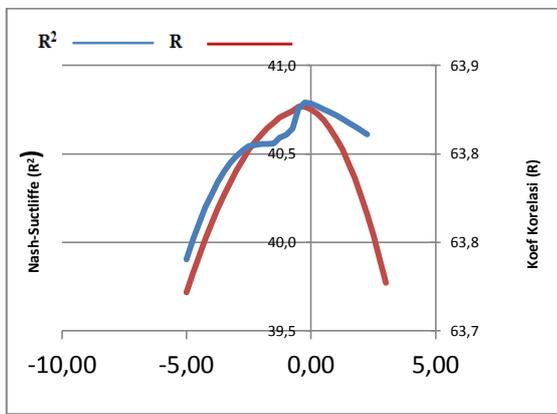
Sumber : hasil penelitian, 2014

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa nilai parameter X_1 berada pada *range* 100 s/d 1200, parameter X_1 menunjukkan angka 217,74 mm. Nilai parameter X_2 berada pada *range* -5 s/d 3 mm, parameter X_2 menunjukkan angka 0,25 mm. Nilai parameter X_3 berada pada *range* 20 s/d 300, parameter X_3 menunjukkan angka 663,66 mm. Nilai parameter X_4 tidak berada pada *range* 1,1 s/d 2,9 hari, parameter X_4 menunjukkan angka tidak dalam *range* yaitu 0,91 hari. Perilaku dari setiap parameter X_1 dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 3.



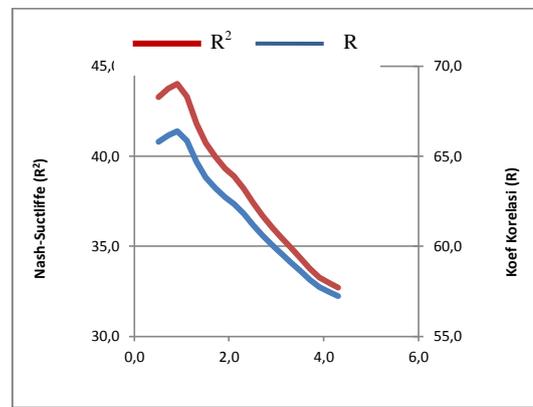
Gambar 5. Grafik perilaku parameter X_1

Grafik pada Gambar 5 terlihat nilai Nash Sutcliffe cenderung menunjukkan nilai positif pada batasan bawah, hal ini menunjukkan kapasitas tampungan disurface yang cukup rendah, Kapasitas ini tergantung dari jenis tanah dan kelembapan tanah, hal ini dipengaruhi oleh besarnya curah hujan dan evapotranspirasi. Angka kapasitas tampungan yang rendah menunjukkan bahwa jenis tanah pada DAS Rokan memiliki porositas yang cukup kecil. memiliki tampungan dipermukaan yang cukup besar ketika hujan mulai turun.



Gambar 6. Grafik perilaku parameter X2

Grafik pada Gambar 6 terlihat parameter X_2 memiliki nilai -5 sampai dengan 3, Namun dapat dilihat pada tabel 4.3 terlihat nilai Nash Sutcliffe cenderung menunjukkan nilai positif pada batasan -1,25 sampai dengan 0,25, hal ini menunjukkan bahwa air yang terdapat pada lapisan tanah, akan keluar dari tampungan (storage) dan masuk ke aquifer.



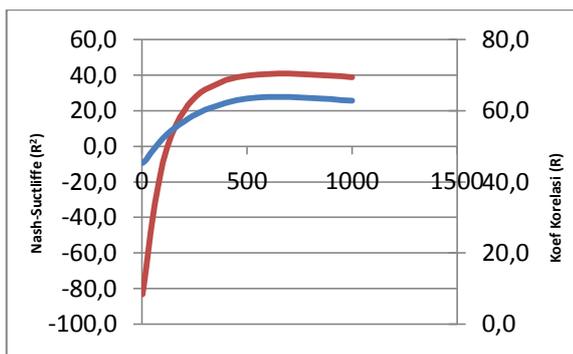
Gambar 8. Grafik perilaku parameter X4

Grafik pada Gambar 8 memperlihatkan nilai Nash Sutcliffe yang selalu bernilai negative pada batasan 1.1 sampai 2.9 terlihat nilai Nash Sutcliffe menunjukkan nilai positif pada nilai X_4 yang diluar batasan, oleh sebab itu pada penelitian ini parameter X_4 Waktu saat debit puncak unit hidrograf UHI (hari) tidak dilakukan, bercermin pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dhemi Harlan (2009) membatasi X_4 tidak kurang dari 0,5.

Pada penelitian ini juga membahas kalibrasi dan verifikasi data dengan memanfaatkan panjang data, Skema dari banyak data dapat dilihat dalam tabel pada Tabel 4.

Tabel 4. Skema Percobaan Kalibrasi dan Verifikasi

Skema	Kalibrasi	Verifikasi	R^2 (%)	r (%)
1.a	2008	2009	44.03	66.39
1.b	2008	2009 - 2010	29.27	57.00
1.c	2008	2009 - 2011	13.07	54.10
1.d	2008	2009 - 2012	6.40	50.19
1.e	2008	2009 - 2013	-12.35	39.08
1.f	2008	2009 - 2014	-23.63	34.48
1.g	2008	2009 - 2015	-30.57	34.06
1.h	2008	2009 - 2016	-33.61	32.98
2.a	2008 - 2009	2010	-89.41	17.30
2.b	2008 - 2009	2010 - 2011	-62.16	48.32
2.c	2008 - 2009	2010 - 2012	-59.92	40.09
2.d	2008 - 2009	2010 - 2013	-73.09	22.37
2.f	2008 - 2009	2010 - 2014	-74.03	19.63
2.g	2008 - 2009	2010 - 2015	-79.22	21.04
2.h	2008 - 2010	2010 - 2016	-74.39	21.03
3.a	2008 - 2010	2011	-50.33	61.95
3.b	2008 - 2010	2011 - 2012	-51.44	46.68
3.c	2008 - 2010	2011 - 2013	-71.26	22.95
3.d	2008 - 2010	2011 - 2014	-75.10	19.92
3.e	2008 - 2010	2011 - 2015	-80.81	21.86
3.f	2008 - 2010	2011 - 2016	-74.64	22.11
4.a	2008 - 2011	2012	-58.22	4.84



Gambar 7. Grafik perilaku parameter X3

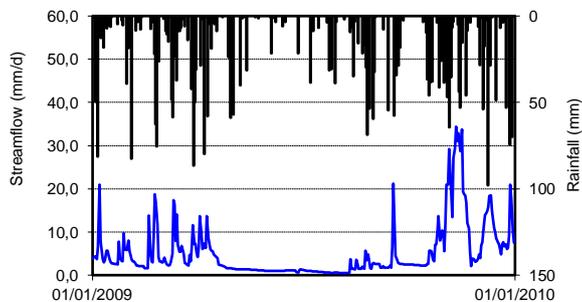
Grafik pada Gambar 7 terlihat nilai Nash Sutcliffe cenderung menunjukkan nilai positif diluar batasan, yaitu pada range 550 sampai dengan 850, ini menunjukkan bahwa DAS siak hulu memiliki *routing storage* yang besar, karena pori-pori tanah yang cukup gembur. Kapasitas maksimum *routing storage* ini ditentukan oleh 90% dari total runoff yang terjadi pada aliran lambat, sehingga besarnya tampungan dari runoff yang masuk kedalam tanah ditentukan oleh jenis tanah. Hal ini juga menunjukkan bahwa batasan parameter X_3 tidak berlaku pada Sub Das Rokan ini.

4.b	2008	-	2011	2012	-	2013	-83.59	12.68
4.c	2008	-	2011	2012	-	2014	-86.44	7.85
4.d	2008	-	2011	2012	-	2015	-91.61	14.94
4.e	2008	-	2011	2012	-	2016	-80.48	17.16
5.a	2008	-	2012			2013	-	-
							122.37	12.25
5.b	2008	-	2012	2013	-	2014	121.69	21.33
5.c	2008	-	2012	2013	-	2015	115.89	25.93
5.d	2008	-	2012	2013	-	2016	-90.84	26.75
6.a	2008	-	2013			2014	-	-
							131.35	30.69
6.b	2008	-	2013	2014	-	2015	112.62	34.92
6.c	2008	-	2013	2014	-	2016	-80.88	32.93
7.a	2008	-	2014			2015	-	-
							116.81	37.41
7.b	2008	-	2014	2015	-	2016	-76.29	27.19
8	2008	-	2016			2017	-60.99	13.19

Sumber : hasil penelitian, 2014

Dapat dilihat dari Tabel 4.6 bahwa nilai R^2 tertinggi pada skema 1.a kalibrasi terletak pada kalibrasi 1 tahun dengan verifikasi 1 tahun dengan nilai nash Sutcliffe sebesar 44,03% dan nilai korelasi 66,39 %

Dapat dilihat pada grafik hidrogram pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik hidrogram kalibrasi skema 3

Debit andalan adalah debit yang diharapkan selalu tersedia sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang diperhitungkan sekecil mungkin. Untuk keperluan irigasi, debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80 %. Agar mendapatkan perhitungan debit andalan yang baik, untuk itu diperlukan data pencatatan debit dengan jangka waktu panjang, hal ini untuk mengurangi terjadinya penyimpangan data yang terlalu besar.

Tingkat keandalan debit dapat terjadi berdasarkan probabilitas kejadian, mengikuti rumus Weibull (Sri Harto, 1993) sebagai berikut :

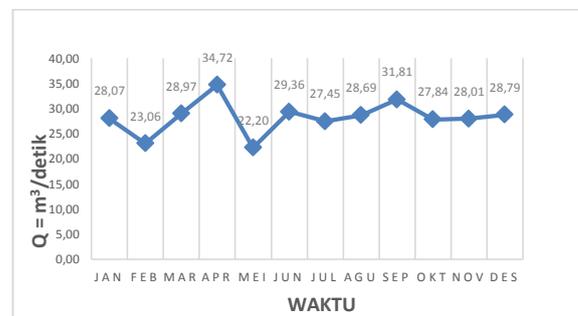
$$P\% = \frac{m_2}{n_2 + 1} \times 100\%$$

P% = Probabilitas %

m_2 = Nomor Urut Data

n_2 = Jumlah Data

Analisis ketersediaan air dilakukan dengan menggunakan GR4J dapat ditentukan, hasil dari perhitungan debit kalkulasi rata – rata bulanan dari tahun 2008 – 2016 dapat dilihat pada Gambar 10 berikut ini.



Dari Gambar 4.8 diatas bahwa ketersediaan air (debit andalan 80 %) DAS Rokan berdasarkan analisis menggunakan GR4J diperoleh nilai minimum sebesar 22,2 m³/detik pada bulan mai, nilai maximum 34,72 m³/detik pada bulan april. Secara keseluruhan ketersediaan air di lokasi DAS Rokan tersedia sepanjang tahun, namun fluktuasi debit cenderung sedang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan hasil penelitian yang berjudul Analisis Ketersediaan Air Bendungan Kaiti Menggunakan GR4J (*Genie Rural a 4 Parameters Jounalier*) Studi Kasus DAS Rokan. maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketersediaan air (debit andalan 80 %) DAS Rokan berdasarkan analisis menggunakan GR4J diperoleh nilai minimum sebesar 22,2 m³/detik

- pada bulan mai, nilai maximum 34,72 m³/detik pada bulan april.
2. Pada tahap analisa dengan metode trial and error dengan bantuan solver, performa terbaik dapat dilihat dari nilai Nash-sutcliffe tertinggi terletak pada Production Storage (X_1) sebesar 217,74 mm, Grounwater (X_2) sebesar -0,25 mm, routing storage (X_3) sebesar 663,66 mm, dan Time Peak (X_4) sebesar 0,91 hari.
 3. Pada tahap kalibrasi dan verifikasi nilai tertinggi berdasarkan R² yang ditampilkan dari pemodelan GR4J terletak pada skema 1.a dengan 3 tahun kalibrasi 1 tahun dengan nilai nash Sutcliff sebesar 44,03% dan nilai korelasi 66,39 %
 4. Parameter X_3 dan parameter X_4 tidak memenuhi batasan yang diperoleh dari penelitian terdahulu, namun parameter X_4 tidak memenuhi batasan yang ditentukan oleh peneliti sebelumnya.
 5. Perubahan dari salah satu parameter tidak mempengaruhi parameter lainnya.

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada pengerjaan penelitian ini maupun yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya adalah diperlukan penelitian yang berkelanjutan dalam hal regionalisasi parameter model sehingga diperoleh range parameter model yang sesuai untuk karakteristik kondisi hidrologi di Indonesia khususnya pada DAS pulau Sumatra. Terkhusus pada parameter X_4 , dari 3 penelitian yang dilakukan oleh peneliti yang berbeda dengan lokasi penelitian yang berbeda terdagulu (Dhemi Harlan pada DAS Citarum Hulu, Ega Tovani pada DAS Siak Hulu dan penelitian ini). Parameter X_4 yang telah ditetapkan tidak berlaku atau tidak dapat diterapkan pada penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Fauzi, Manyuk.2013. *Variasi Kapasitas Tampungan Kelembaban Tanah Untuk Peningkatan Performa Model GR3J-ANN*. Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Riau.

Harlan, Dhemi.2009. *Penentuan Debit Harian Menggunakan Pemodelan Rainfall Runoff GR4J untuk Analisa Unit Hidrograf pada DAS Citarum Hulu*. Jurnal Teknik Sipil ITB.

Ilhamsyah, Yopi. 2012. *Analisis Dampak ENSO Terhadap Debit Alirnn DAS Cisangkuy Jawa Barat Menggunakan Model Rainfall Runoff*.Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Syiah Kuala, Banda aceh.

Kheira, Medane. 2012.*Hydrologie et Modelisation Plue-Debit Cas Bassin Versant De L'oued Boumessaoud*.Faculte Sciences De La Nature Et De La Vie Et Des Sciences De La Terre Et De L'univers.

Michel, M. Claude. 2005. *Quantification des incertitudes des debit calculus par un modele pluie-debit empirique*.

Sugiyono, 2003:216, *Kriteria Koefisien korelasi*,[online],(<http://irwan.ndaru.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/16914/BAB+III+m etodologi+Penelitian.doc>, diakses tanggal 9 januari2015.

Wibowo, Ryan Ardhi. 2013. *Analisa Hujan Aliran Menggunakan Model Ihacres (Studi Kasus Das Indragiri)*. Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Riau.

Soewarno, 1991. *Hidrologi: Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Nova.Bandung.

Hallaf, H.P., 2005. *Geomorfologi Sungai dan Pantai*. Jurusan geografi FMIPA UNM. Makassar.

Sosial, D. J. B. P. D. A. S. d. P. (2013). *Pedoman identifikasi karakteristik daerah aliran sungai*: Direktorat Jendral Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial.

Sudarmadji. (2007). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Watershed Management)*.