

## MODEL GR4J (*Ge'nie Rural a' 4 Parame'tres Journalier*) UNTUK MENDUKUNG ANALISIS KETERSEDIAAN AIR DI DAS TAJUM

### GR4J (*Ge'nie Rural a' 4 Parame'tres Journalier*) MODEL TO SUPPORT ANALYSIS OF WATER AVAILABILITY IN TAJUM WATERSHED

Nur Azizah<sup>1</sup>, Purwanto Bakti Santoso<sup>1,2</sup> dan Nastain<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik,  
Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Mayjen Sungkono Km 5, Blater Purbalingga 53371

Telp. (0281) 6596700

<sup>2</sup>Email: [purwanto250@yahoo.com](mailto:purwanto250@yahoo.com)

#### Abstract

*This study aims to apply the GR4J model as rainfall-runoff modeling in Tajum watershed to get four free parameters obtained from daily rainfall data. In this study, input data is in the form of daily rainfall data and potential evapotranspiration data. The output of calculated discharged is calibrated using observations of daily discharge data. This modeling optimizes four free parameters of the Maximum Capacity of Production Store ( $X_1$ ), Groundwater Coefficient ( $X_2$ ), Maximum Capacity of Routing Store ( $X_3$ ), and Peak Time of Ordinate Unit Hydrograph ( $X_4$ ). The optimum values of the modeling parameters of GR4J are obtained from the criterion of the smallest discrepancies between calculated and observed data, which are Nash-Sutcliffe Coefficient (NS), the correlation coefficient values and methods of Relative Volume Error (RVE). There are three stages in this modeling, namely: model calibration, model verification and model validation. Model calibration is carried out by using the first five years of data and verification of models uses the second five years of data. Comparisons of GR4J with other two rainfall-runoff models, Mock and SAC-SMA Models, were also carried. Results of this study indicate that GR4J model shows better performance than the Mock models and SAC-SMA models in terms of the criterion evaluated.*

**Keywords:** *Tajum watershed, water availability, rainfall-runoff, GR4J models*

#### 1. Pendahuluan

Fenomena kelebihan air pada musim penghujan dan kekurangan air pada musim kemarau, sangat mengakar pada DAS-DAS di Indonesia. Menurut Suroso, dkk (2004; 2005) dan Nastain, dkk (2003) yang telah melakukan penelitian ketersediaan air di Daerah Aliran Sungai Logawa dan Banjaran yang lokasinya berdekatan dengan DAS Tajum menyimpulkan bahwa telah

terjadi penurunan ketersediaan air sungai terutama pada musim kemarau dan terjadi kenaikan debit pada musim penghujan, hal tersebut mendorong perlu adanya penelitian analisis ketersediaan air pada Daerah Aliran Sungai Tajum.

Menemukan model simulasi aliran sungai dengan pemodelan *rainfall-runoff* merupakan tujuan kebanyakan ahli hidrologi. Salah satu

penemuan terbesar sepanjang tiga dekade terakhir adalah pengembangan model *rainfall-runoff* yang memungkinkan menggunakan data curah hujan secara komprehensif untuk memperkirakan besarnya debit. Pemodelan *rainfall-runoff* ini sering digunakan karena keterbatasan ketersediaan - ketersediaan data debit dari aliran sungai yang ditinjau, biasanya disuatu daerah terutama di Indonesia, belum terpasang AWLR (*Automatic Water Level Recording*) sehingga data debit yang diperlukan untuk menganalisa kondisi sumber daya air di suatu sungai tidak tersedia. Contoh model hujan aliran yang relatif sederhana dan telah dikembangkan di Indonesia adalah Model Mock. Namun, berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Botti, 2009) tingkat kehandalan Model Mock tersebut kurang tepat diterapkan pada DAS Tajum karena memiliki nilai kesalahan volume yang besar pada tahap verifikasi penerapan Model Mock pada DAS Tajum dibandingkan dengan optimasi dalam kalibrasi menggunakan Model Mock.

Beberapa pendekatan digunakan untuk membangun suatu pemodelan curah hujan menjadi debit aliran sungai, pendekatan ini sangat dipengaruhi oleh tujuan utama si pemodel dalam menentukan parameter yang akan dicari. Salah satu cara yang umum dari suatu pemodelan adalah mengembangkan model dari suatu pemodelan yang telah ada kemudian memodifikasinya.

Salah satu jenis pemodelan *rainfall-runoff* harian adalah *GR4J* (*Genie Rural a 4 parametres Journalier*) yang dikembangkan oleh Perrin (2003) dan sudah terbukti memiliki dasar yang kuat dan terbukti efisien dalam

pemodelan. Pemodelan *GR4J* ini merupakan pengembangan dari model sebelumnya yaitu *GR3J* yang pertama kali dikenalkan oleh Edijatno dan Mitchel (1989) kemudian disempurnakan oleh Nascimento (1995) dan Edijatno (1999). Namun, tingkat kehandalan Model *GR4J* tersebut masih perlu diuji untuk diterapkan pada suatu DAS yang mempunyai karakteristik yang khas. Penelitian ini dilakukan untuk menguji kehandalan Model *GR4J* untuk diterapkan pada DAS Tajum dan dibandingkan dengan model *rainfall-runoff* harian lainnya yang diteliti pada DAS yang sama dalam hal ini Model Mock dan Model *Soil Moisture Accounting* (SMA) yang terdapat dalam paket program HEC-HMS .

## 2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di DAS Tajum yang berada di Kabupaten Banyumas dengan luas DAS kira-kira 252 km<sup>2</sup>. DAS Tajum ini mengairi areal pertanian di empat Kecamatan yaitu Kecamatan Ajibarang, Wangon, Jatilawang dan Rawalo. DAS Tajum yang merupakan Sub DAS dari Sungai Serayu dan hulu dari Sungai Tajum adalah Gunung Slamet sebelah barat Kecamatan Ajibarang seperti pada Gambar 3.1. DAS Tajum merupakan induk dari pertemuan beberapa anak sungai kecil di sekitar Gunung Slamet sebelah barat. Kondisi gunung inilah yang menyebabkan potensi hujan orografis dan curah hujan tinggi saat musim penghujan dan memungkinkan terjadinya banjir. Pada lokasi tersebut juga terdapat bangunan Bendung Tajum, semenjak beroperasi Bendung Tajum ini telah banyak memberikan kontribusi terhadap masyarakat sesuai dengan fungsinya yaitu penyedia air



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

En mengurangi jumlah *production store*, Dalam pemodelan ini *production store* S tidak pernah melebihi x1. sehingga *production store* dirumuskan sebagai berikut :

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

Perhitungan perkolasi

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

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

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

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

Perhitungan *routing store*

Sebagian  $P_n - P_s$  dari  $P_n$  dan sebagian perkolasi dari *production store* bergabung dan mencapai *routing store*.

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

Perhitungan UH1 dan UH2

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:

Untuk  $t < 0, SH1(t) = 0 \dots\dots\dots(9)$

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

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

Seperti SH1, SH2 dicari sebagai berikut: untuk

$$t < 0, SH2(t) = 0 \dots\dots\dots(12)$$

untuk

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

Untuk

$$0 < t < 2X_4, SH2(t) = 1 - \frac{1}{2} \left( 2 - \frac{t}{X_4} \right)^{\frac{5}{2}} \dots\dots\dots(14)$$

Untuk

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

UH1 dan UH2 dirumuskan sebagai berikut :

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

$$UH2 = SH2_j - SH2_{j-1} \dots\dots\dots(17)$$

Perhitungan *groundwater*

Perubahan *groundwater*, F dirumuskan sebagai berikut :

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

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 :

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

Perhitungan debit dari tampungan

Debit  $Q_r$  dari tampungan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_r = R \left\{ 1 - \left[ 1 + \left( \frac{R}{x_3} \right)^4 \right]^{-\frac{1}{4}} \right\} \dots\dots\dots(20)$$

Dimana  $Q_r$  selalu lebih rendah dari  $R$ . Ketinggian tampungan kemudian dapat dihitung dengan persamaan:

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

Air yang berasal dari *routing* (penelusuran) disebut  $Q_d$  dan dihitung dengan persamaan :

$$Q_d = \max (0; Q_1+F) \dots\dots\dots(22)$$

Debit total,  $Q$  bisa dihitung dengan persamaan :

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

### 5. Kalibrasi Model

Untuk mengkalibrasi model diperlukan data debit harian dari sungai Tajum di daerah outlet selama 5 tahun untuk memperoleh keempat parameter bebas dari pemodelan *GR4J* dimana pengolahan data hujan ini menggunakan Program *Excel*. Untuk menghasilkan parameter-parameter tersebut maka dilakukan cara coba-coba dengan mengkalibrasi dengan data debit harian sehingga didapat nilai parameter yang optimal yang menghasilkan penyimpangan atau error yang paling kecil.

Perhitungan penyimpangan yang terjadi dengan menggunakan metode *Nash-*

*Sutcliffe Coefficient (NS)*. Persamaan umum *Nash-Sutcliffe Coefficient* :

$$NS = 1 - \frac{MSE(Q)}{VAR(Q_{obs})} \dots\dots\dots(24)$$

Persamaan umum *Relative Volume Error* :

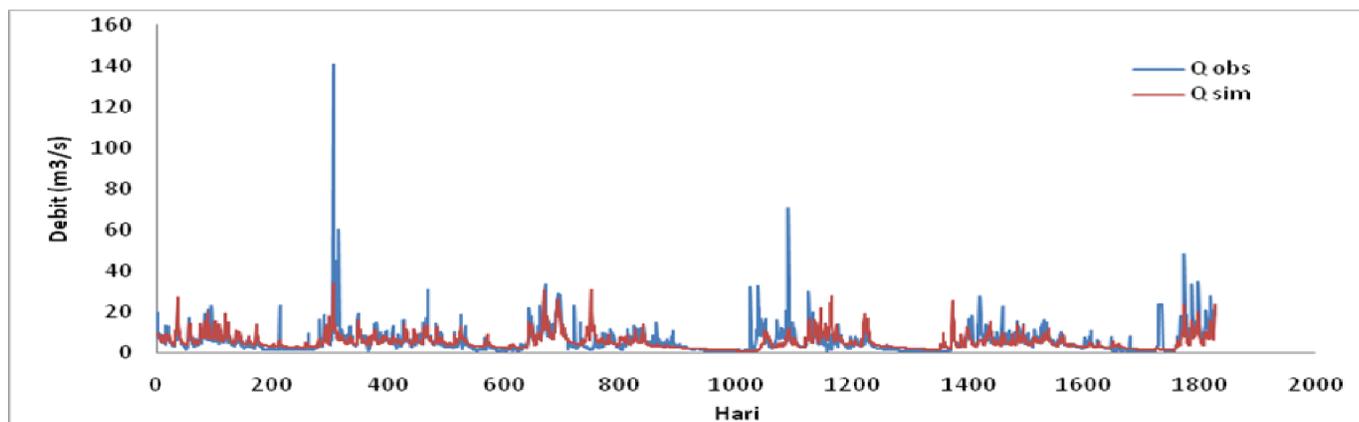
$$RVE = \frac{\sum(Q_{sim} - Q_{obs})}{\sum(Q_{obs})} \dots\dots\dots(25)$$

Dalam pemodelan ini nilai kalibrasi dari *Nash-Sutcliffe coefficient (NS)* harus mendekati 1 (satu) dan nilai kalibrasi dari *Relative Volume Error (RVE)* harus mendekati 0 (nol), dengan kata lain yang paling mendekati yang paling baik.

### 6. Hasil Pemodelan

Kalibrasi untuk mendapatkan nilai empat parameter bebas yang menghasilkan simpangan yang paling kecil, maka dilakukan cara coba-coba (*trial error*) dengan menggunakan *solver* sampai di dapat nilai yang memenuhi. Dalam perhitungan digunakan nilai batas antara tiap parameter dengan kepercayaan 80%, dimana nilai ini didapat dari penelitian-penelitian terdahulu.

Jika telah didapatkan hasil kalibrasi, kriteria nilai yang memenuhi adalah apabila dari nilai-nilai keempat parameter bebas sudah didapat nilai *Nash-Sutcliffe Coefficient (NS)* yang digunakan untuk menghitung perbedaan jumlah kuadrat dari data observasi dengan data hasil pemodelan



**Gambar 2 Grafik debit pengamatan vs debit hasil pemodelan (2000-2004).**

mendekati 1 (satu) dan metode *Relative Volume Error (RVE)* untuk menghitung volume dari data observasi dengan data hasil pemodelan lebih kecil atau sama dengan 5%.

Berdasarkan proses kalibrasi tersebut, akhirnya didapat nilai parameter-parameter kalibrasi DAS Tajum disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1 Parameter Hasil Kalibrasi DAS Tajum**

Parameter Model	Real value	Real Value
x1: Kapasitas <i>production store</i> (mm)	5431,66	5431,66
x2: Koefisien perubahan air tanah (mm)	-2,00	-2,00
x3: Kapasitas <i>routing store</i> (mm)	114,03	114,03
x4: waktu puncak unit hidrogaf (hari)	0,50	0,50

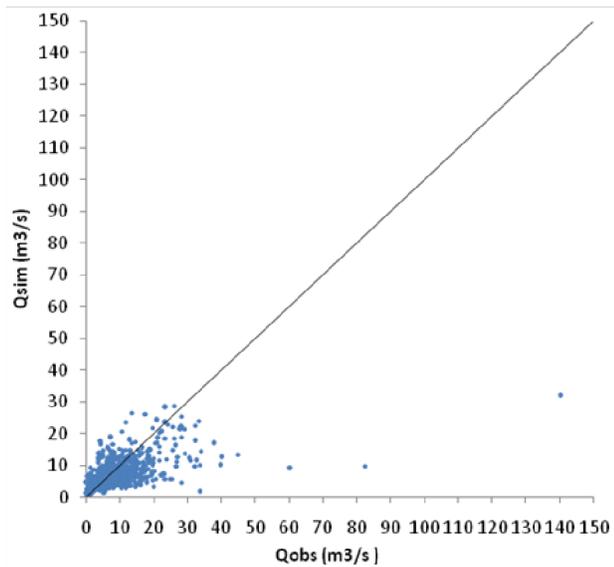
Berdasarkan data kalibrasi tersebut dapat diamati unjuk kerja model dengan melihat perbedaan debit terukur dan debit simulasi Model *GR4J*, disajikan pada Tabel 2. Perbandingan hidrograf debit simulasi dan terukur disajikan pada Gambar 2.

**Tabel 2 Unjuk Kerja Model Hasil Kalibrasi**

Kesalahan volume ( <i>RVE</i> )	oefisien orelasi	Kriteria <i>Nash Suthcliffe</i>
2,89%	0,7	0,41

Memperhatikan Gambar 2 terlihat bahwa debit aliran hasil simulasi dengan debit aliran observasi memiliki kemiripan pola. Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa simpangan dengan menggunakan metode *Nash Sutcliffe coefficient* diperoleh nilai 0,41 pada tahap kalibrasi. Kriteria uji akurasi model untuk mengetahui kemampuan model di dalam memprediksi didasarkan dengan membandingkan debit simulasi dan debit pengukuran menurut persamaan *Nash* dan *Sutcliffe*. Besarnya nilai *NS* berdasarkan metode *Nash* dan *Sutcliffe* terbagi dalam tiga kelompok : 1.) tingkat akurasi rendah jika  $NS < 0,5$ , 2.) tingkat akurasi sedang jika  $0,5 < NS < 0,7$ , dan tingkat akurasi tinggi jika  $NS > 0,7$ . Pada penelitian ini didapat nilai *Nash* sebesar 0,41 yaitu termasuk model dengan tingkat akurasi rendah. Nilai simpangan 0,41 bisa diterima karena jumlah data yang cukup banyak (1827 buah) dan proses perhitungan yang cukup kompleks (Dhemi *et.al*, 2008). Untuk nilai koefisien korelasi pada tahap kalibrasi dengan periode harian memberikan hasil unjuk kerja yang cukup baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil kalibrasi nilai koefisien korelasi sebesar 0,7 disajikan pada Tabel Gambar hubungan debit simulasi dengan debit observasi tahap kalibrasi disajikan pada Gambar 3. Memperhatikan Gambar 3 terlihat bahwa penyebaran dari hubungan

antara debit prediksi dengan debit observasi sebagian besar tersebar mendekati garis bantu representatif. Garis bantu representatif ini sebagai bantuan visual yang menunjukkan nilai debit prediksi sama dengan debit observasi. Sedangkan nilai selisih volume aliran pada tahap kalibrasi model sebesar 2,89 % disajikan pada Tabel 2. Selisih volume (RVE) aliran dikatakan baik apabila dapat menunjukkan angka tidak lebih dari 5% . Besarnya selisih volume tersebut masih dibawah batas toleransi yang telah ditetapkan dalam arti memenuhi kriteria analisis.



**Gambar 3 Hubungan debit simulasi dengan debit observasi pada tahap kalibrasi.**

## 7. Verifikasi Model

Verifikasi model dimaksudkan untuk menguji apakah nilai-nilai parameter DAS

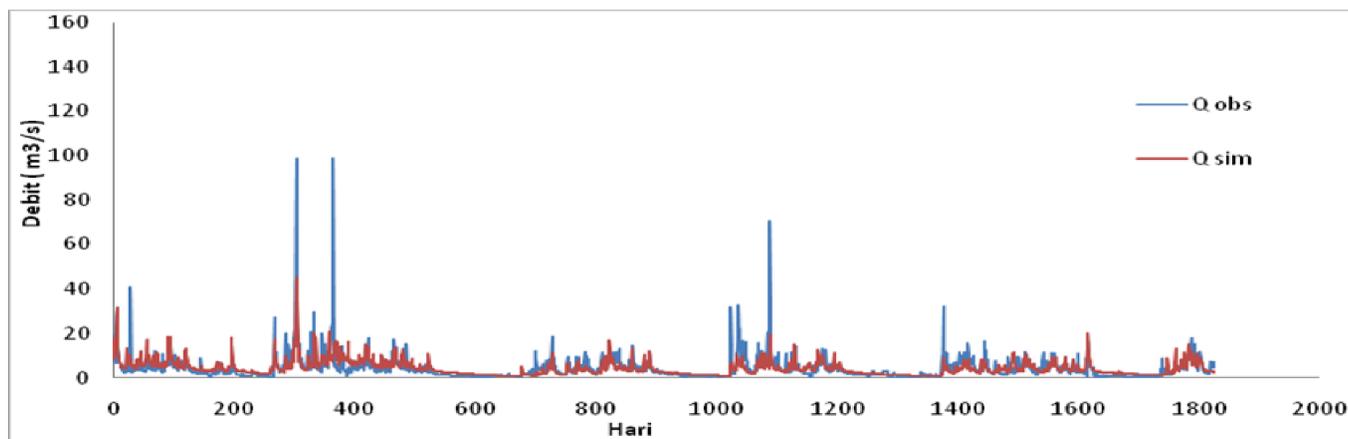
yang telah didapat pada tahap kalibrasi sudah merupakan nilai yang cukup representatif untuk DAS yang ditinjau. Pada penelitian ini, tahapan yang telah dilakukan adalah melakukan hitungan ulang dengan data tahun 2005-2009 sesuai ketersediaan data, tanpa proses iterasi perbaikan nilai parameter kalibrasi.

Sebagaimana pada tahapan kalibrasi, tahapan verifikasi, Gambar 4, memberikan hasil perhitungan yang memiliki kemiripan pola dengan hasil pengamatan walaupun tampak bahwa nilai-nilai ekstrim pengukuran tidak cukup baik diwakili oleh hasil pemodelan. Begitu pun, sebaran data hasil verifikasi mendekati garis bantu representative (Gambar 5). Berdasarkan input model yang telah dikalibrasi, hitungan pada tahap verifikasi hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini:

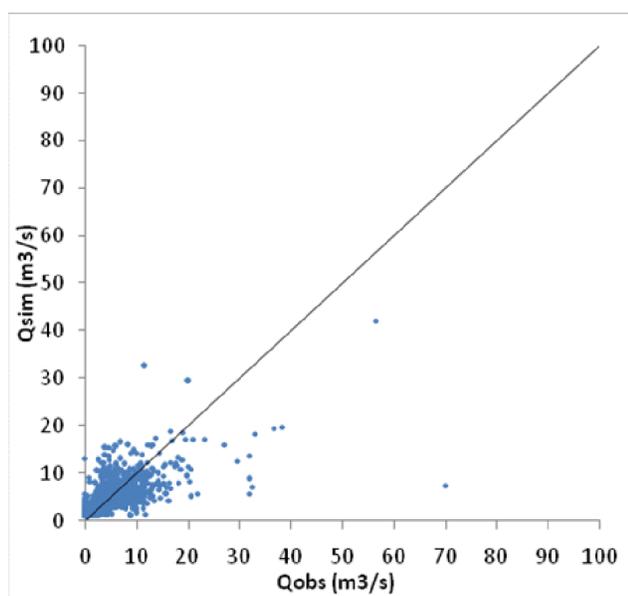
**Tabel 3 Unjuk Kerja Model Hasil Verifikasi**

Kesalahan volume (RVE)	Koefisien Korelasi (r)	Kriteria <i>Nash Suthcliffe</i>
1,35%	0,7	0,41

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa simpangan dengan menggunakan metode *Nash Sutchliffe coefficient* diperoleh nilai 0,41 pada tahap verifikasi. Untuk nilai koefisien korelasi pada tahap verifikasi dengan periode harian memberikan hasil unjuk kerja yang cukup baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil verifikasi nilai koefisien korelasi sebesar 0,7.



**Gambar 4 Grafik debit pengamatan vs debit hasil pemodelan (2005 -2009).**



**Gambar 5 Hubungan debit simulasi dengan debit observasi pada tahap verifikasi periode harian.**

Perhitungan kebutuhan air untuk irigasi atau pun air minimum umumnya menggunakan data debit setengah bulanan atau data debit bulanan. Oleh karena itu, kemampuan model GR4J perlu diuji dalam melakukan perhitungan debit setengah bulanan dan debit bulanan berdasarkan hasil perhitungan debit harian. Debit setengah bulanan dan debit bulanan didapatkan dengan cara membuat rata-rata debit harian hasil perhitungan. Berdasarkan

Tabel 4 dan Tabel 5 didapat nilai simpangan dengan menggunakan metode Nash Sutchliffe coefficient untuk periode bulanan dan setengah bulanan tahun 2009 masing-masing sebesar 0,75 dan 0,77. Hal ini menunjukkan bahwa model mempunyai kemampuan yang tinggi untuk memprediksi. Jika nilainya mendekati satu maka debit pemodelan memiliki pola yang mirip dengan debit pengamatan (Dhemi et.al, 2008). Nilai selisih volume tahun 2009 periode bulanan dan setengah bulanan masing-masing sebesar 5,99 % dan 11,72 % disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Nilai RVE sebesar 11,72 % pada periode setengah bulanan tahun 2009 bisa dianggap baik karena di bawah 15 % (Dhemi et.al, 2008).

**Tabel 4 Unjuk Kerja Model Hasil Verifikasi Tahun 2009 Periode Bulanan**

Kesalahan volume (RVE)	Koefisien Korelasi (r)	Kriteria Nash Sutchliffe
5,99%	0,8	0,75

**Tabel 5 Unjuk Kerja Model Hasil Verifikasi Tahun 2009 Periode Setengah Bulanan**

Kesalahan volume (RVE)	Koefisien Korelasi (r)	Kriteria Nash Sutchliffe
11,72%	0,95	0,77

### 8. Perbandingan Dengan Model Lain

Setelah dilakukan semua tahapan yang diperlukan dalam pemodelan *rainfall runoff GR4J*, maka dilakukan perbandingan dengan model lain. Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan dengan Model SAC-SMA dan Model Mock dilihat dari nilai koefisien korelasi, nilai *RVE* dan nilai koefisien *Nash* dengan menggunakan data debit rata-rata bulanan dan setengah bulanan pada tahun 2009.

Nilai koefisien korelasi, nilai *Nash* dan nilai *RVE* antara Model *GR4J*, Mock, dan SAC-SMA hasil verifikasi tahun 2009 periode bulanan disajikan pada Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8 memperlihatkan nilai koefisien korelasi, nilai *NS* dan nilai *RVE* dari masing-masing model dimana nilai koefisien korelasi, nilai *NS* dan nilai *RVE* yang dihasilkan pada model *GR4J* lebih baik dibandingkan dengan Model SMA dan Model Mock untuk periode bulanan Nilai koefisien *Nash* sebesar 0,75 menunjukkan bahwa Model *GR4J* memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan lebih tepat diterapkan di DAS Tajum.

**Tabel 6 Perbandingan Debit Observasi dan Debit Simulasi Model *GR4J*, Mock, dan SMA Hasil Verifikasi Tahun 2009 Periode Bulanan**

Bulan	Q obs rata-rata bulanan	Koefisien korelasi total		
		<i>GR4J</i> (Thiessen)	SMA	Mock
Janu	9.73			
Feb	17.00			
Mar	12.90			
Apr	16.54			
Mei	10.71			
Juni	9.94			
Juli	2.59			
Agust	1.77			
Sept	1.66			
Okt	1.66			

Nov	22.55			
Des	15.17	0,80	0,70	0,76

**Tabel 7 Perbandingan Nilai *RVE* antara Model *GR4J*, Mock, dan SMA Hasil Verifikasi Tahun 2009 Bulanan**

Bulan	Q obs rata-rata bulanan	<i>RVE</i>		
		<i>GR4J</i> (Thiessen)	SMA	Mock
Janu	9.73			
Feb	17.00			
Mar	12.90			
Apr	16.54			
Mei	10.71			
Juni	9.94			
Juli	2.59			
Agust	1.77			
Sept	1.66			
Okt	1.66			
Nov	22.55			
Des	15.17	0,06	0,29	0,71

**Tabel 8 Perbandingan Nilai *NS* antara Model *GR4J*, Mock, dan SMA Hasil Verifikasi Tahun 2009 Periode Bulanan**

Bulan	Q obs rata-rata bulanan	<i>NS</i>		
		<i>GR4J</i> (Thiessen)	SMA	Mock
Janu	9.73			
Feb	17.00			
Mar	12.90			
Apr	16.54			
Mei	10.71			
Juni	9.94			
Juli	2.59			
Agust	1.77			
Sept	1.66			
Okt	1.66			
Nov	22.55			
Des	15.17	0,75	-0,68	-0,67

## 9. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut ini:

1. Parameter DAS Tajum yang diperoleh dari hasil kalibrasi dengan menggunakan perhitungan curah hujan *thiessen* pada input pemodelannya yaitu :
  - Kapasitas *production store* (x1) adalah 5431,66 mm.
  - Koefisien *groundwater* (x2) adalah - 2,00 mm.
  - Kapasitas *routing store* (x3) adalah 114,03 mm.
  - Waktu puncak ordinat unit hidrograf adalah 0,50 hari.
2. Keandalan Model *GR4J* sangat baik bila diterapkan pada DAS Tajum. Hal ini dapat ditunjukkan dengan nilai  $r = 0,7$ ,  $NS = 0,41$  dan  $RVE = 0,0289$  pada tahap kalibrasi dan nilai  $r = 0,7$ ,  $NS = 0,41$  dan  $RVE = 0,0135$  pada tahap verifikasi periode harian rata-rata. Untuk periode bulanan tahun 2009 diperoleh nilai  $r = 0,8$ ,  $NS = 0,75$  dan  $RVE = 0,0599$ .
3. Hasil validasi Model *GR4J* terhadap Model Mock dan Model SMA terhadap nilai koefisien *Nash*, koefisien korelasi dan nilai *RVE*, menunjukkan bahwa Model *GR4J* lebih baik.

## 10. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, ada beberapa saran yang dapat penulis sampaikan antara lain :

1. Hasil kalibrasi model yang telah dilakukan sangat dipengaruhi oleh kualitas data yang tersedia dan masukan parameter awal hingga parameter akhir yang digunakan. Di masa yang akan datang hendaknya proses kalibrasi dilakukan dengan ketelitian dan pemahaman yang cukup

dari setiap model yang digunakan. Selain itu hasil kalibrasi juga ditentukan berdasarkan data-data maupun metode pengolahan data yang digunakan.

2. Ada kemungkinan data untuk kalibrasi kurang panjang, sehingga Model *GR4J* kesulitan untuk mendapatkan parameter-parameter DAS yang lebih mewakili. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan periode kalibrasi yang lebih panjang.
3. Referensi DAS yang digunakan dalam penelitian sebaiknya tidak hanya menggunakan satu DAS saja tetapi dilakukan untuk beberapa kasus DAS hingga diperoleh pengetahuan yang lebih luas tentang penerapan Model *GR4J* di DAS yang lain.

## 11. Daftar Pustaka

- Botti, N., 2010. *Uji Keandalan Model Mock Untuk Analisis Ketersediaan Air di DAS Tajum. Laporan Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, UNSOED, Purwokerto.
- Dhemi *et.al*, 2008. *Penentuan Debit Harian Menggunakan Pemodelan Rainfall Runoff GR4J Untuk Analisa Unit Hidrograf Pada DAS Citarum Hulu*. Departemen Teknik Sipil ITB, Bandung.
- Edijatno, Michel, C., 1989, *Un Modele Pluie-Debit Journalier a Trois Parameters*, La Houille Blanche (2), 113 – 121.
- Edijatno, 1999, *GR3J: a daily watershed model with three free parameters*, Journal of Hydrology.
- Edy, S., 2010. *Prediksi Debit Banjir Daerah Aliran Sungai Tajum Menggunakan Perangkat Lunak HEC-HMS. Laporan Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Sipil,

Fakultas Sains dan Teknik, UNSOED,  
Purwokerto.

- Nascimento, N.O., 1995, *Appreciation a L'aide D'un Modele Emirique Des Effets D'action Anthropiques Sur La Relation Pluie-Debit a L'echelle Du Bassin Versant*, PhD Thesis, CERGRENE/ENPC, Paris, France, 550 pp.
- Nastain dan Purwanto, 2003. *Pengaruh Alih Fungsi Lahan Kawasan Baturaden Terhadap Debit Alir Sungai Banjaran*. Jurnal Ilmiah Unsoed, Lembaga Penelitian Unsoed, Purwokerto.
- Perrin C., Michel, C., dan Andréassian, V., 2003. *Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation*. Journal of Hydrology, 279:275–289.
- Suroso dan Hery, 2004. *Prakiraan Banjir Sungai Logawa Hilir Untuk Peringatan Dini Bahaya Banjir di Purwokerto Bagian Selatan*. **Laporan Hasil Penelitian**, Lembaga Penelitian, UNSOED, Purwokerto.
- Suroso dan Hery, 2005. *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Studi Kasus Daerah Aliran Sungai Banjaran*. **Laporan Hasil Penelitian**, Lembaga Penelitian, UNSOED, Purwokerto.