

**ANALISIS EFEKTIVITAS PENGGABUNGAN
METODE TRANSFORMASI WAVELET-GR4J GUNA
PENGALIHAGAMAN HUJAN DEBIT
(Studi Kasus: DAS Siak Hulu)**

Zaky Ilhami¹⁾, 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 Jln. HR Soebrantas KM 12.5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: zaky.24.02@gmail.com

ABSTRACT

This research studies the rainfall-runoff modeling using variations of the model by forming joint models (hybrid model) of the Wavelet Transformation and GR4J (Génie Rural à 4 paramètres Journalier) on Watershed (DAS) Siak Hulu. Combined method of Wavelet-GR4J transformation expected can increase Nash -Sutcliffe Coefficient and Correlation Coefficient. This GR4J model use input data including daily rainfall data on new Petapahan station and daily potential evapotranspiration data which is the result of the CropWat program with climatology input data on Kampar market station. The modeling result is tested using daily observation debit data in Pantai Cermin station. This modeling optimized four free parameters such as Maximum Capacity Production Store (X1) with a value of 440.31 mm, Groundwater Changes Coefficient (X2) with a value of 2.92 mm, Maximum Capacity (X3) with a value of 20mm, and the Hydrograph Unit Ordinate's Peak Time (X4) with a value of 26.57 days. At a later stage, in particular calibration and verification in the year thereafter. Simulation of Wavelet-GR4J Transformation resulted value equation Nash-Sutcliffe Coefficient of 49.255% and the Correlation Coefficient (R) of 0,762. Combining process of Wavelet-GR4J Transformation method produces a better model performance of the model GR4J based on the Nash-Sutcliffe Coefficient and Correlation Coefficient.

Keywords: wavelet transformation, GR4J, calibration, verification, simulation.

A. PENDAHULUAN

Menemukan model simulasi aliran sungai dengan permodelan hujan debit merupakan tujuan kebanyakan ahli hidrologi. Salah satu penemuan terbesar sepanjang tiga dekade akhir adalah pengembangan model hujan debit yang memungkinkan menggunakan data curah hujan secara komprehensif untuk memperkirakan besarnya debit. Permodelan hujan debit ini sering digunakan karena keterbatasan ketersediaan data debit dari aliran sungai yang ditinjau, biasanya di suatu daerah terutama di Indonesia, belum terpasang AWLR (*Automatic Water Level Record*) (Harlan dkk, 2009).

Beberapa pendekatan digunakan untuk membangun suatu permodelan curah

hujan menjadi debit aliran sungai. Dalam suatu permodelan, banyak parameter yang berpengaruh seperti input data, nilai dari parameter yang ditetapkan, struktur permodelan dan lain-lain. Salah satu cara yang umum dari suatu permodelan adalah mengembangkan model dari suatu permodelan yang telah ada kemudian memodifikasinya. Model yang muncul saat ini kebanyakan adalah hasil pengembangan dari model terdahulu melalui proses yang panjang dan mengalami banyak penyempurnaan. Banyak model *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 (Harlan dkk, 2009).

Model yang akan diterapkan pada penelitian ini adalah jenis permodelan *raifall-runoff* harian adalah GR4J (*Genie Rural a 4 parameter Jurnalier*) yang dikembangkan oleh Perrin (2003) dan sudah terbukti memiliki dasar yang kuat dan terbukti efisien dalam permodelan. Permodelan 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) (Harlan dkk, 2009).

Model GR4J telah diaplikasikan di kawasan Riau pada DAS Siak Hulu Stasiun Pantai Cermin dengan nilai *Nash-Sutcliffe* sebesar 48,942 % dan koefisien korelasi sebesar 0,758 dapat dikategorikan “efektif” (Ega, 2015).

Rendy Fadly (2015) mengaplikasikan model *Artificial Neural Network* (ANN) untuk peramalan debit sungai Siak pada Stasiun Pantai Cermin dan mendapatkan hasil yang kuat dalam kriteria uji parameter statistik koefisien korelasi (R). Edi (2014) mencoba membuat variasi model dengan membentuk model gabungan (*hybrid model*) dari Transformasi Wavelet dan *Artificial Neural Network* untuk peramalan debit sungai Siak pada Stasiun Pantai Cermin dan mendapatkan hasil terbaik berdasarkan uji parameter statistik koefisien korelasi (R). Kemudian pada penelitian lainnya, Fadly (2014) mengaplikasikan model *IHACRES* untuk analisis debit aliran sungai di Sub DAS Lubuk Bendahara dan mendapatkan nilai koefisien korelasi yang kuat. Keberhasilan penelitian perihal penerapan model gabungan, Ardi (2015) mengaplikasikan metode gabungan Transformasi Wavelet-*IHACRES* pada Sub DAS Lubuk Bendahara dan menghasilkan peningkatan performa model berdasarkan nilai koefisien korelasi yang lebih baik.

Berdasarkan pada keberhasilan hasil penelitian dalam menggunakan metode gabungan di atas, maka dirasa perlu

dikembangkan lagi suatu pendekatan dengan menggunakan metode gabungan Transformasi Wavelet-GR4J yang diharapkan dapat meningkatkan *Nash-Sutcliffe* dan koefisien korelasi pada DAS Siak Hulu untuk Stasiun Pantai Cermin (Sungai Tapung Kiri).

1. Transformasi Wavelet

Menurut Irwandinata (2010), transformasi wavelet adalah perubahan suatu fungsi matematika menjadi bentuk yang lebih sederhana yang membagi data menjadi beberapa komponen frekuensi yang berbeda-beda dan menganalisis setiap komponen tersebut dengan menggunakan resolusi yang sesuai dengan skalanya. Seperti halnya Transformasi Fourier yang memberitahu informasi frekuensi dari sebuah sinyal, Transformasi Wavelet juga dapat mempresentasikan informasi waktu. Oleh karena itu Transformasi Wavelet mempunyai keuntungan apabila dibandingkan dengan Transformasi Fourier dalam menganalisis suatu sinyal yang non-stasioner (sinyal yang informasi frekuensinya berubah menurut waktu). Transformasi wavelet dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu transformasi wavelet kontinu (TWK) dan transformasi wavelet diskrit (TWD). Transformasi Wavelet Kontinu (TWK) mempunyai cara kerja dengan menghitung konvolusi sebuah sinyal dengan sebuah jendela modulasi pada setiap waktu dengan setiap skala yang diinginkan. Jendela modulasi yang mempunyai skala fleksibel inilah yang biasa disebut induk wavelet atau fungsi dasar wavelet. Menurut Reza (2013), dibandingkan dengan TWK, Transformasi Wavelet Diskrit (TWD) dianggap relatif lebih mudah dalam pengimplementasiannya. Prinsip dasar dari TWD adalah bagaimana cara mendapatkan representasi waktu dan skala dari sebuah sinyal menggunakan teknik pemfilteran digital dan operasi *sub-sampling*. Bentuk dari TWD dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\text{TWD}(m,n) = \sum (a_0^m)^{-0.5} f(k) \left[\frac{\psi(n-ka_0^m)}{a_0^m} \right]$$

dengan :

- $\psi(k)$ = fungsi wavelet (wavelet induk),
- $f(k)$ = sinyal asli,
- a_0^m = konstanta skala,
- ka_0^m = konstanta translasi,
- k,m = variabel integer.

Sutarno (2010) dan Listyaningrum (2007) menjelaskan, pada proses *sub-sampling* sinyal pertama-tama dilewatkan pada rangkaian filter *high-pass* dan *low-pass*, kemudian setengah dari masing-masing keluaran diambil sebagai sample melalui operasi *sub-sampling*. Proses ini disebut sebagai proses dekomposisi satu tingkat. Keluaran dari filter *low-pass* digunakan sebagai masukan di proses dekomposisi tingkat berikutnya. Proses ini diulang sampai tingkat proses dekomposisi yang diinginkan. Gabungan dari keluaran-keluaran filter *high-pass* dan satu keluaran filter *low-pass* yang terakhir, disebut sebagai koefisien wavelet, yang berisi informasi sinyal hasil transformasi yang telah terkompresi. Pasangan filter *high-pass* dan *low-pass* yang digunakan harus memenuhi persamaan berikut:

$$h(L-1-n) = (-1)^n \cdot g(n)$$

Dengan :

- $h[n]$ = filter *high-pass*,
- $g[n]$ = filter *low-pass*,
- L = panjang masing-masing filter.

Teknik pemfilteran TWD memiliki persamaan dengan pendekatan klasik untuk *denoising time series* yang berasal dari analisis Fourier yang mengasumsikan bahwa *noise* merupakan bentuk lain dari getaran pada frekuensi tinggi (Irwandinata, 2010). Dengan pemikiran ini, suatu *time series* pada dasarnya dapat didekomposisi kedalam bentuk gelombang sinus dari frekuensi berbeda dan apabila dilakukan proses penghilangan *noise*, maka hanya data frekuensi rendah yang akan

ditinggalkan dalam pola *time series*. Transformasi Wavelet untuk penghilangan *noise (denoising)* mengasumsikan bahwa analisis *time series* pada resolusi yang berbeda mungkin dapat memisahkan antara bentuk sinyal asli (pola data sebenarnya) dengan *noise*-nya. Proses penghilangan *noise (denoised)* pada Transformasi Wavelet dapat dilakukan dengan cara menggunakan nilai *threshold* tertentu untuk melakukan filter terhadap data koefisien detail kemudian direkonstruksi kembali menjadi bentuk awal (polanya).

Ada beberapa keluarga dari Transformasi Wavelet Diskrit diantaranya Haar, Daubechies, Symlets, Coiflets. Wavelet Daubechies merupakan salah satu jenis Transformasi Wavelet Diskrit yang paling terkenal dan banyak dipergunakan dalam bidang citra digital, audio, kelistrikan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan penggunaan sinyal. Wavelet Daubechies merupakan penyempurnaan dari Wavelet Haar yang memiliki panjang Wavelet dua kali dari ordenya (2N). Wavelet Daubechies disingkat dengan db diikuti dengan jumlah ordenya, misalnya db5 untuk wavelet daubechies yang mempunyai orde 5. Dalam setiap orde, wavelet daubechies memiliki level dalam tingkatan dekomposisinya. Angka level dari wavelet daubechies menunjukkan berapa kali sinyal akan melakukan proses dekomposisi.

2. Model GR4J

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. Telah banyak dilakukan pengembangan-pengembangan pengalih ragaman 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:

- X1 : Kapasitas maksimum dari *production store* (mm)
- X2 : Koefisien perubahan *groundwater* (mm)
- X3 : Kapasitas maksimum *routing store* (mm)
- X4 : Waktu saat debit puncak unit hidrograf UHI (hari)

Production Store (X1) adalah tampungan dipermukaan tanah yang bisa menampung air dari hujan yang terjadi.

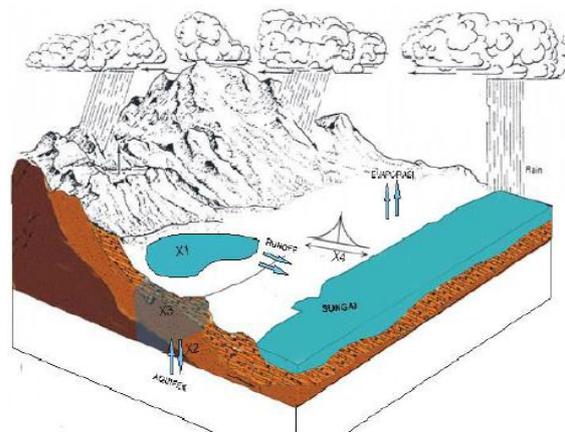
Tampungan ini mengalami proses evapotranspirasi dan perkolasi. Besarnya tampungan ini sangat dipengaruhi oleh jenis tanah yang ada pada suatu DAS, semakin kecil porositas tanah maka semakin besar *production store* yang ada.

Koefisien Perubahan *Groundwater* (X2) 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 (X3) adalah kapasitas air yang bias ditampung dalam pori-pori tanah. Besarnya nilai *routing store* ini tergantung dari jenis dan kelembaban tanah.

Time Peak (X4) 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.

Berikut adalah gambarn fisik dari pemodelan GR4J dari mulai proses turunnya hujan sampai debit yang terukur di sungai.



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

Sumber : Jurnal Dhemi Harlan (2009)

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

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

Seperti SH1, SH2 dicari sebagai berikut:

$$\text{untuk } t \leq 0, SH2(t) = 0 \quad (12)$$

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

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

$$\text{untuk } t \geq X_4, SH2(t) = 1 \quad (15)$$

UH1 dan UH2 dirumuskan sebagai berikut

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

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

Perubahan groundwater, F dirumuskan sebagai berikut:

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

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:

$$R_0 = \max(0; R + Q_9 + F) \quad (19)$$

Debit Q_r dari tampungan dapat dihitung dengan persamaan:

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

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

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

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

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

Debit total, Q bisa dihitung dengan persamaan :

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

3. Evaluasi Ketelitian Model

Untuk Mengevaluasi model diperlukan data debit harian dari sungai untuk membandingkan dengan debit yang diperoleh dari model. Dalam menghitung

penyimpangan yang terjadi metode *Nash-Sutcliffe Coefficient* (R^2) digunakan untuk menghitung perbedaan jumlah kuadrat dari data observasi dengan data hasil pemodelan dan koefisien korelasi (R).

Persamaan umum *Nash-Sutcliffe Coefficient* adalah sebagai berikut.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} - Q_{Mi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{Mi} - Q_m)^2} \times 100\% \quad (24)$$

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Motovilov *et al* (1999), R^2 memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kriteria Nilai *Nash-Sutcliffe* (R^2)

Nilai R^2	Interpretasi
$R^2 > 75$	Baik
$36 < R^2 < 75$	Memenuhi
$R^2 < 36$	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

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

$$y = Y - Y_m \quad (27)$$

R memiliki *range* antara 0 sampai dengan 1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sugiyono (2003:216), R memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kriteria Nilai Koefisien Korelasi (R)

Nilai Koefisien Korelasi (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)

4. Konfigurasi Panjang Data

Konfigurasi panjang data merupakan persentase data yang akan digunakan dalam

tahap kalibrasi dan verifikasi. Konfigurasi ini digunakan untuk memberikan gambaran konfigurasi yang memiliki hasil yang paling baik pada tahap kalibrasi dan verifikasi didasarkan pada evaluasi ketelitian model. Skema kalibrasi dan verifikasi yang merupakan berapa panjang data yang digunakan untuk kalibrasi dan berapa panjang data yang digunakan untuk tahapan verifikasi. Pada penelitian ini, skema kalibrasi dan verifikasi yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Skema kalibrasi dan verifikasi

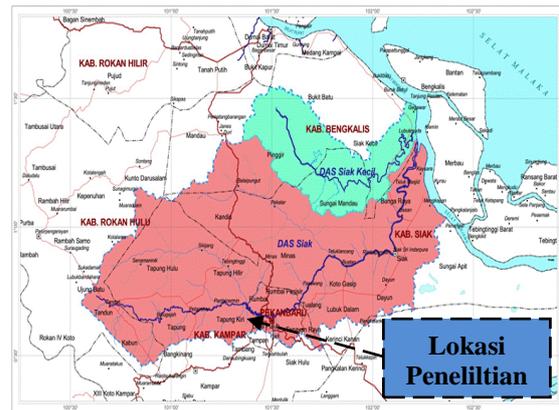
Skema	Kalibrasi (tahun)	Verifikasi (tahun)
1	2002	2003
2	2002	2003-2004
3	2002	2003-2005
4	2002	2003-2006
5	2002	2003-2007
6	2002-2003	2004
7	2002-2003	2004-2005
8	2002-2003	2004-2006
9	2002-2003	2004-2007
10	2002-2004	2005
11	2002-2004	2005-2006
12	2002-2004	2005-2007
13	2002-2005	2006
14	2002-2005	2006-2007
15	2002-2006	2007

B. METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

DAS Siak bagian hulu terbagi menjadi 2 bagian, yaitu sub DAS tapung kiri dan tapung kanan, namun pada penelitian ini hanya meneliti sub DAS tapung kiri saja. Hal ini dilakukan karena keterbatasannya data luas DAS Siak Hulu, data yang tersedia hanya luas sub DAS tapung kiri, sementara pada sub DAS tapung kanan tidak terdapat alat ukur *Automatic Water Level Record* (AWLR) sebagai penghitung debit dan untuk mengetahui luas DAS.

Lokasi wilayah penelitian terlihat pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

(Sumber: BPPT)

2. Pengumpulan dan Pengelompokan Data

Data – data yang dipergunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Wilayah Sungai III, data-data yang diperlukan dalam penelitian berupa data curah hujan harian, data klimatologi dan data debit DAS Siak Hulu. Data yang telah diperoleh sebagai berikut:

1. Data curah hujan DAS Siak Hulu Stasiun Petapahan Baru tahun 2002-2007.
2. Data debit DAS Siak Hulu Stasiun Pantai Cermin tahun 2002-2007.
3. Data Klimatologi Stasiun Pasar Kampar tahun 2002-2007.

Metode Transformasi Wavelet dikerjakan terlebih dahulu karena hasil data yang dikeluarkannya digunakan untuk data masukkan pada model GR4J. Metode dari Transformasi Wavelet ini berfungsi untuk menghilangkan *noise* (*denoise*) pada data yang akan menghasilkan pola data yang lebih sederhana.

Setelah data dimodifikasi oleh Transformasi Wavelet, data yang dihasilkannya digunakan sebagai *input* dan target pada model GR4J.

Secara garis besar tahapan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. *Input* data yang diperlukan adalah curah hujan harian, data evapotranspirasi dihitung dengan menggunakan program *cropwat 8.0*, input dari program *cropwat 8.0* ini adalah data klimatologi, dan input

terakhir adalah *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.
- Melakukan analisa sensitivitas pada setiap parameter.
- Melakukan uji kekuatan model dengan persamaan *Nash-Sutcliffe* (R^2) dan koefisien korelasi (R).
- Melakukan kalibrasi dan verifikasi (konfigurasi panjang tahun).
- Menentukan nilai setiap parameter dan konfigurasi panjang tahun yang menampilkan performa yang paling handal.
- Memberikan kesimpulan dan saran.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembangunan Model

Metode Transformasi Wavelet dikerjakan terlebih dahulu karena hasil data yang digunakan untuk model GR4J.

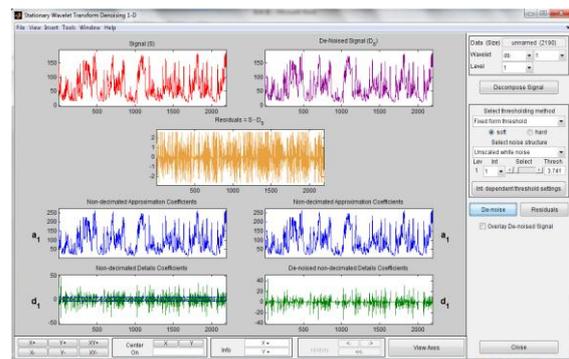
Dalam penelitian ini menggunakan metode *Transformasi Wavelet Daubechies 1 Level 1* karena hanya *output* data yang dihasilkan dari wavelet ini yang bisa digunakan sebagai *input* permodelan GR4J.

2. Pra-Proses Pembangunan Metode Transformasi Wavelet

Sebelum membangun model data yang akan digunakan untuk proses pembangunan model GR4J dilakukan proses dekomposisi dan rekonstruksi terlebih dahulu. Adapun penggunaan proses dekomposisi dan rekonstruksi tersebut diharapkan dapat membangun model yang lebih baik daripada dengan yang tidak menggunakannya. Transformasi wavelet dapat memodifikasi data menjadi bentuk yang lebih sederhana, dengan cara menghilangkan *noise* (*denoise*) pada data kemudian membangun kembali menjadi bentuk semula (pola data sebenarnya).

Metode Transformasi Wavelet yang digunakan yaitu Transformasi Wavelet Daubechies 1 level 1. Transformasi Wavelet Daubechies ini terdiri dari beberapa level dimana pada setiap level menggunakan tahapan penyederhanaan sesuai dengan angka levelnya. Misalnya Transformasi Wavelet Daubechies 1 level 1 menggunakan 1 kali proses penyederhanaan, untuk level 2 menggunakan 2 kali proses penyederhanaan, begitu seterusnya. Pada penelitian ini, data yang akan digunakan hanya bisa dilakukan penyederhanaan sampai level 1.

Proses Transformasi Wavelet menggunakan *software* Matlab. Berikut ini adalah contoh hasil dari Transformasi Wavelet db1 level 1 dengan menggunakan data debit tahun 2002 - 2007).



Gambar 4. Hasil Transformasi Wavelet db1 Level 1

Pada Gambar 4 di atas menunjukkan data yang mengalami proses penyederhanaan dengan metode Transformasi Wavelet db1 level 1 menggunakan *software* Matlab. Pada grafik berwarna merah adalah grafik dari data asli. Proses penyederhanaan (dekomposisi) dilakukan satu kali yang nilainya ditunjukkan pada grafik d_1 (kiri). Setelah nilai dekomposisi ditentukan, data akan dibangun kembali (rekonstruksi) seperti pola awalnya yang ditunjukkan pada grafik a_1 (kiri). Untuk proses *denoise* pada data, digunakan suatu nilai *threshold* tertentu. Disini menggunakan nilai *threshold default* dari Matlab untuk level satu yaitu 3.741.

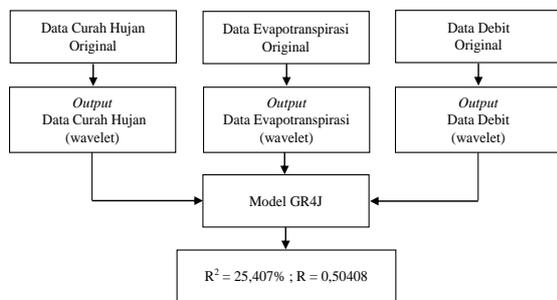
Setelah nilai *threshold* ditentukan, selanjutnya data kembali melakukan rekonstruksi yang ditunjukkan pada grafik a1 (kanan). Data pada grafik a1 (kanan) inilah yang akan digunakan pada input model GR4J.

3. Proses Pembangunan Model GR4J

Sebelum membangun model data-data harus disiapkan terlebih dahulu agar memudahkan dalam pembangunan model. Kemudian tentukan nilai evapotranspirasi dengan bantuan program *Cropwat* yang menggunakan metode *Penman Montheith*.

Tahap selanjutnya, membandingkan data menggunakan metode Transformasi Wavelet dengan data original.

Dalam proses ini, data curah hujan, evapotranspirasi dan debit mengalami proses (Transformasi Wevelet). Dan nilai *Nash-Suctliffe* (R^2) dan koefisien korelasi (R) yang diperoleh dari hasil permodelan GR4J yaitu R^2 sebesar 25,407% dan R sebesar 0,50408. Hasil yang diperoleh pada proses ini adalah nilai R^2 dan R yang paling optimal dalam membangun model GR4J yang diperlihatkan pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5 Diagram model GR4J yang mengalami Transformasi Wavelet

4. Hasil Program GR4J

Permodelan GR4J ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. Penentuan nilai setiap parameter dengan menggunakan bantuan *solver* untuk mendapatkan nilai parameter yang optimum dengan nilai *Nash* yang maksimum. Hasil dari *solver* untuk parameter X1 sampai X4 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Koefisien Parameter

Koefisien Parameter	R^2 (%)	R
X1 440,31 mm		
X2 2,92 mm	25,407	0,504
X3 20 mm		
X4 26,57 hari		

5. Analisa Konfigurasi Panjang Data

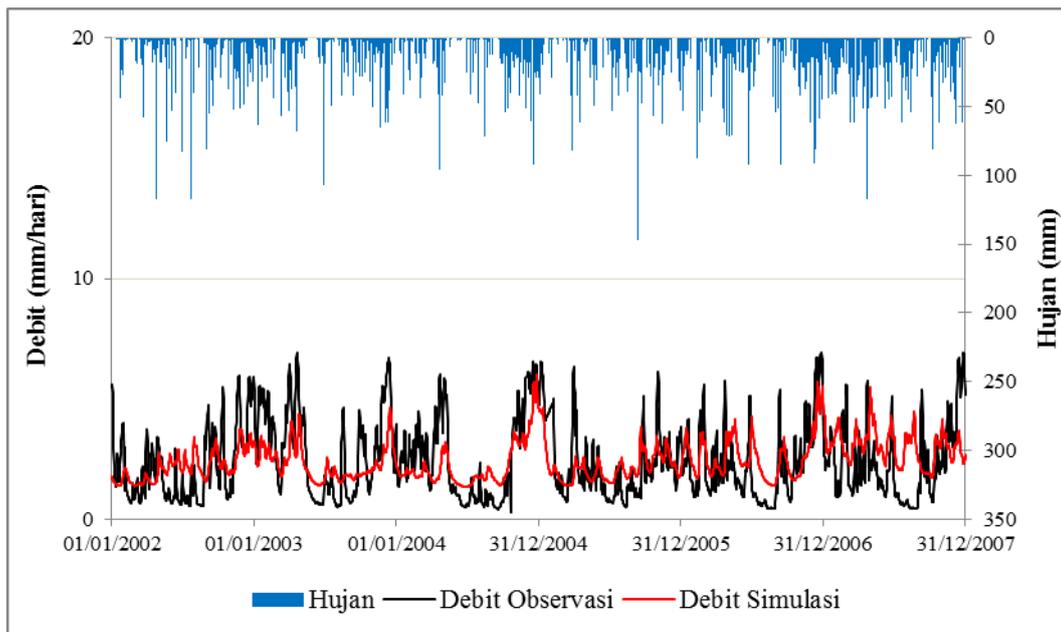
Setelah melakukan kalibrasi dan verifikasi dari skema yang telah ditentukan, hasil dari perhitungan kalibrasi dan verifikasi dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Skema percobaan kalibrasi dan verifikasi

Skema	Kalibrasi (tahun)	Verifikasi (tahun)	R^2 (%)		R	
			Kalibrasi	Verifikasi	Kalibrasi	Verifikasi
1	2002	2003		31,546		0,719
2	2002	2003-2004		41,005		0,737
3	2002	2003-2005	14,076	39,560	0,376	0,698
4	2002	2003-2006		38,879		0,652
5	2002	2003-2007		25,407		0,504
6	2002-2003	2004		49,255		0,762
7	2002-2003	2004-2005	27,843	42,743	0,588	0,693
8	2002-2003	2004-2006		40,488		0,647
9	2002-2003	2004-2007		22,077		0,482
10	2002-2004	2005		31,774		0,578
11	2002-2004	2005-2006	35,735	33,791	0,657	0,587
12	2002-2004	2005-2007		9,098		0,387
13	2002-2005	2006		35,474	0,641	0,623
14	2002-2005	2006-2007	35,227	-0,545		0,343
15	2002-2006	2007	35,342	-36,663	0,616	0,009

Nilai R^2 tertinggi pada tahap kalibrasi terletak pada kalibrasi 3 tahun, sementara itu nilai R tertinggi juga terletak pada kalibrasi 3 tahun. Pada tahap verifikasi, nilai R^2 tertinggi terletak pada verifikasi 1 tahun dengan kalibrasi 2 tahun, sementara itu nilai R tertinggi juga terletak pada verifikasi 1 tahun dengan kalibrasi 2 tahun.

Hasil simulasi model GR4J yang memiliki nilai R^2 dan R tertinggi dapat dilihat pada grafik hidograf pada Gambar 6. Pada Gambar 6 terdapat grafik dengan garis hitam yang merupakan garis untuk menandakan debit observasi dari data debit pada Stasiun Pantai Cermin, sementara itu garis yang berwarna merah yang merupakan debit simulasi dari pemodelan GR4J dan garis biru yang merupakan hujan harian dari data hujan harian Stasiun Petapahan Baru.



Hasil simulasi Transformasi Wavelet-GR4J menghasilkan nilai *Nash-Suctliffe* (R^2) dan koefisien korelasi (R) yang paling optimal yaitu R^2 sebesar 49,255% dan R sebesar 0,762.

Proses penggabungan metode Transformasi Wavelet-GR4J menghasilkan kinerja model yang lebih baik dari model GR4J berdasarkan nilai *Nash-Suctliffe* (R^2) dan koefisien korelasi (R).

D. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian pada tahap kalibrasi nilai tertinggi berdasarkan *Nash-Suctliffe* (R^2) dan koefisien korelasi (R) yang ditampilkan dari penggabungan metode Transformasi Wavelet-GR4J terletak pada 3 tahun kalibrasi dengan nilai R^2 sebesar 35,735 % dan R sebesar 0,657. Nilai yang didapatkan dikategori kan “memenuhi” dan “kuat” sehingga model GR4J dapat dikatakan efektif.
2. Pada tahap verifikasi nilai tertinggi berdasarkan *Nash-Suctliffe* (R^2) dan koefisien korelasi (R) yang ditampilkan dari penggabungan metode Transformasi Wavelet-GR4J terletak pada 1 tahun verifikasi dengan kalibrasi 2 tahun. R^2

sebesar 49,255 % dan R sebesar 0,762. Nilai yang didapatkan dapat dikategori kan “memenuhi” dan “kuat” sehingga model GR4J dapat dikatakan efektif.

3. Proses penggabungan metode Transformasi Wavelet-GR4J menghasilkan kinerja model yang lebih baik dari model GR4J berdasarkan nilai *Nash-Suctliffe* (R^2) dan koefisien korelasi (R).

E. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada pengerjaan penelitian ini adalah diperlukan pengembangan penelitian dengan menggunakan *catchment area* yang kecil untuk mengukur peningkatan kinerja model.

F. DAFTAR PUSTAKA

- Harlan, Dhemi.** 2009. *Penentuan Debit Harian Menggunakan Pemodelan Rainfall Runoff GR4J untuk Analisa Unit Hidrograf pada DAS Citarum Hulu*. Jurnal Teknik Sipil ITB.
- Harto, S.** 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Indarto.** 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta : Bumi Aksara

- Irwandinata.** 2010. *Teory Wavelet*. Available at: <URL: <http://irwandinata.wordpress.com/2010/07/08/teori-wavelet.html>> [Accessed 10 Juni 2016].
- 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.
- Listyaningrum, R.** 2007. Analisis Tekstur Menggunakan Metode Transformasi Paket Wavelet. *Makalah Seminar Tugas Akhir*. Semarang, Januari 2007
- Marta, J. dan Adidarma, W.** 1997. *Mengenal Dasar-dasar Hidrologi*. Bandung: Nova.
- Perrin, M dan Andre'assian.** 2003. *Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation*. Journal of Hydrology.
- Reza, C.** 2013. Teknik Potensi Diferensial pada Transformator Daya Tiga Fasa dengan Menggunakan Transformasi Wavelet. Skripsi. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sugiyono,** 2003:216, Kriterion Koefisien Korelasi, [online], (<http://irwan.ndaru.staff.gunadarma.ac.id/Download/files/16914/BAB+III+metodologi+Penelitian.doc>), diakses tanggal 9 Januari 2016.
- Sutarno.** 2010. *Analisis Perbandingan Transformasi Wavelet Pada Pengenalan Citra Wajah*. Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya.
- Tovani, Ega Riana.** 2015. *Analisis Efektivitas Model GR4J Guna Pengalihragaman Hujan Menjadi Debit (Studi Kasus DAS Siak Hulu)*. Skripsi Teknik Sipil Universitas Riau.