

# PREDIKSI POTENSI DEBIT BERDASARKAN DATA HUJAN MAKSIMUM BULANAN DENGAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION DI DAS ALANG

Jonas Eratika Ginting<sup>1)</sup>, Rintis Hadiani<sup>2)</sup>, Setiono<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: [jonas.ginting@gmail.com](mailto:jonas.ginting@gmail.com)

## Abstract

*The data flow is important information in the management of water resources. Water resources management has many aspects such as flood control purposes, and so on electrical energy potential. For water resources management and watershed planning Alang long-term infrastructure, flow of data needed in the future. So we need an approach to the provision of discharge data with neural network models. The purpose of this study is (1) Determine the coefficient of ANN parameters, (2) Determine the discharge prediction years 2013-2016 and (3) Determine the reliability of the model.*

*This research is descriptive quantitative research, where data used are secondary data. The secondary data used were obtained from the office. Stages of the research is to collect data year 2001-2012 rainfall and discharge as well as topographic maps. Perform calculations using the area rain Thiessen polygon method. Results rainfall areas converted into discharge using the Rational method with the help of software Backpropagation ANN Matlab (R2010b). Then perform simulations until the results obtained are at the limits set and simultaneously obtain discharge predictions. Furthermore, to test the reliability of the model.*

*The results showed that the ANN parameters : Period = 4 years, Hidden Layer = 2 pieces (2 each neuron), Epoch = 150000, Goal Momentum = 0.6 and = 0.02. Then for discharge predictions for the year 2013-2016 Alang DAS can be seen in table 5. Reliability models 58.17% derived from the analysis of reliability. The model has achieved 58.17% reliability and 95% Confidence qualify, but the parameters of the model need to be modified to apply to other watersheds.*

**Key words :** prediction of potential discharge, rainfall, neural networks

## Abstrak

Data debit aliran merupakan informasi penting dalam pengelolaan sumber daya air. Pengelolaan sumber daya air memiliki berbagai aspek keperluan seperti pengendalian banjir, potensi energi listrik dan sebagainya. Untuk pengelolaan sumber daya air dan perencanaan infrastruktur DAS Alang jangka panjang, dibutuhkan data debit aliran dimasa yang akan datang. Sehingga perlu dilakukan pendekatan untuk penyediaan data debit dengan model JST. Tujuan penelitian ini adalah (1) Mengetahui koefisien parameter JST, (2) Mengetahui debit prediksi tahun 2013-2016 dan (3) Mengetahui keandalan model.

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif, dimana data yang dipakai merupakan data sekunder. Data sekunder yang digunakan diperoleh dari instansi terkait. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah mengumpulkan data hujan dan debit tahun 2001-2012 serta peta topografi. Melakukan perhitungan hujan wilayah menggunakan metode poligon Thiessen. Hasil hujan wilayah diubah menjadi debit menggunakan metode Rasional pada JST Backpropagation dengan bantuan Software Matlab (R2010b). Kemudian melakukan simulasi sampai hasil yang diperoleh berada pada batas yang ditetapkan dan sekaligus memperoleh debit prediksi. Selanjutnya melakukan uji keandalan model.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter JST : Periode = 4 tahun, Hidden Layer = 2 buah (masing-masing 2 neuron), Epoch = 150000, Momentum = 0,6 dan Goal = 0,02. Kemudian untuk debit prediksi DAS Alang pada tahun 2013-2016 dapat dilihat pada tabel 5. Keandalan model 58,17% yang diperoleh dari analisis reliabilitas. Model telah mencapai keandalan 58,17% dan memenuhi syarat Confidence 95%, tetapi parameter model perlu dimodifikasi untuk mengaplikasikannya ke DAS lain.

**Kata kunci :** prediksi potensi debit, hujan, jaringan syaraf tiruan

## PENDAHULUAN

Data debit aliran merupakan informasi penting dalam pengelolaan sumber daya air. Pengelolaan sumber daya air memiliki berbagai aspek keperluan seperti pengendalian banjir, potensi energi listrik dan sebagainya. Indonesia mempunyai banyak pulau dan daerah aliran sungai. Daerah aliran sungai tidak seluruhnya mempunyai stasiun debit sehingga perlu dilakukan pendekatan teknis untuk mengatasi pengabsahan data yang dapat dipertanggung jawabkan.

Hujan yang mempunyai hubungan erat terhadap debit sehingga perlu kiranya melakukan penelitian untuk memprediksi potensi debit berdasarkan data hujan maksimum bulanan dengan metode jaringan syaraf tiruan. Untuk

pengembangan dan pemeliharaan infrastruktur serta jaringan sungai, perlu diketahui seberapa besar potensi debit yang akan terjadi dimasa yang akan datang.

Wonogiri mempunyai beberapa daerah aliran sungai (DAS) yang bermuara ke waduk Gajah Mungkur. DAS Alang adalah salah satu DAS yang terletak di Wonogiri dan bermuara ke waduk Wonogiri. DAS ini merupakan sub DAS Bengawan Solo Hulu 3 dengan luas wilayah 14769,50 Ha.

Model ini telah diaplikasikan pada DAS Kali Asem sub DAS Bondoyudo (Rintis, 2009). Sehingga berdasarkan parameter model sebelumnya, maka model tersebut diaplikasikan kembali pada DAS Alang. Prediksi debit tahun 2013-2016 diharapkan dapat memberi solusi untuk pengambilan keputusan dalam perencanaan infrastruktur di DAS Alang. Untuk mengetahui debit prediksi maka terlebih dahulu diketahui parameter JST. Dan seberapa besar keandalan model yang diaplikasikan pada DAS Alang tersebut.

**Tinjauan Pustaka**

Hujan merupakan komponen utama dalam siklus hidrologi, dapat digambarkan bahwa hujan mempunyai hubungan dengan aliran. Oleh sebab itu, karakteristik hujan dan DAS sangat berhubungan erat dengan debit aliran yang terjadi.

Data hujan dapat diperoleh dari instansi yang melakukan pengamatan terhadap data hujan melalui stasiun hujan. Instansi tersebut seperti Pengelola Bandara, Dinas Pengairan, Dinas Pertanian, Balai Besar Wilayah Sungai, Balai Pengelola Sumber Daya Air, Balai Penelitian dan Teknologi Pengelola Daerah Aliran Sungai, Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), dan Jasa Tirta (Sobriyah, 2012).

Data debit merupakan informasi penting bagi pengelola sumber daya air. Informasi ini akan untuk pengambilan keputusan kelayakan pembangunan atau rekonstruksi infrastruktur dan jaringan sungai. Pengembangan sumber daya air merupakan bagian dari kebutuhan irigasi yang erat kaitannya dengan sifat tanah sekitar, kondisi iklim, jenis tanaman yang dikembangkan dan efisiensi irigasi tersebut. Air irigasi berfungsi memenuhi kebutuhan tanaman untuk berkembang dengan baik. Kebutuhan air tergantung curah hujan, jenis tanaman, pengolahan tanah dan cara penyalurannya (Vicky Tri Jayanti, 2013).

**Analisis Hujan Wilayah**

Perhitungan hujan wilayah menggunakan metode poligon *Thiessen*. Metode poligon *Thiessen* memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari setiap stasiun. Metode poligon *Thiessen* banyak digunakan untuk menghitung hujan rerata kawasan (Bambang Triatmojo, 2009). Persamaan poligon Thiessen seperti berikut ini [1] :

$$\bar{P} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + A_3 p_3 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \times p_i}{A_i} \dots \dots \dots [1]$$

Dengan :

- $\bar{P}$  = hujan wilayah (mm),
- $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  = tinggi curah hujan di pos 1,2,3,....n,
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = luas daerah pengaruh pos 1,2,3,....n.

**Analisis Debit**

Debit di suatu lokasi yang ditinjau dapat diperkirakan berdasarkan data hujan. Debit aliran di sungai berasal dari hujan yang jatuh di DAS, sehingga dengan mengetahui kedalaman hujan dan kehilangan air seperti penguapan dan infiltrasi. Untuk memperkirakan besarnya air aliran puncak (*peak runoff*, Qp), metode Rasional adalah salah satu teknik yang dianggap baik. Persamaan matematik metode rasional untuk memperkirakan besarnya air aliran (Asdak, 1995 : 150), adalah sebagai berikut [2] :

$$Q = 0,00278CiA \dots \dots \dots [2]$$

Dengan :

- Q = air aliran (debit) puncak (m<sup>3</sup>/detik)
- C = koefisien air aliran
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas wilayah DAS (Ha)

Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air.

**Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation***

Menurut Hermawan (2006) Jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) adalah sistem komputasi yang arsitektur dan operasinya diilhami dari pengetahuan tentang sel syaraf biologis di dalam otak manusia. Jaringan syaraf tiruan dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi aproksimasi non-linear, klasifikasi data *cluster* dan regresi non-parametrik atau sebuah simulasi dari koleksi model jaringan syaraf biologi. JST terbentuk dari 3 bagian yakni : 1) Perancangan Arsitektur Jaringan, 2) Algoritma dan Pelatihan, dan 3) Fungsi Aktivasi.

Menurut Puspaningrum (2006) Pelatihan pada jaringan syaraf *backpropagation*, *feedforward* (umpan maju) dilakukan dalam rangka perhitungan bobot sehingga pada akhir pelatihan akan diperoleh bobot-bobot yang baik. Selama proses pelatihan, bobot-bobot diatur secara iteratif untuk meminimumkan *error* (kesalahan) yang terjadi. Sebagian besar pelatihan untuk jaringan *feedforward* (umpan maju) menggunakan gradien dari fungsi aktivasi untuk menentukan bagaimana mengatur bobot-bobot dalam rangka meminimumkan kinerja. Ada 3 fase pelatihan *backpropagation* adalah sebagai berikut : 1) propagasi maju, 2) propagasi mundur, dan 3) perubahan bobot.

**Analisis Keandalan Model**

Keandalan model dapat diukur dengan korelasi (r) dan analisis reliabilitas (α<sub>r</sub>). Korelasi merupakan teknik analisis yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan dua variabel. Interpretasi koefisien korelasi akan menghasilkan makna kekuatan, signifikansi dan arah hubungan kedua variabel yang diteliti. Untuk melihat kekuatan koefisien korelasi didasarkan pada jarak yang berkisar antara 0 – 1 (Jonathan Sarwono, 2006). Berikut adalah persamaan korelasi [3] :

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\{n(\sum x^2) - (\sum x)^2\} \{n(\sum y^2) - (\sum y)^2\}}} \dots\dots\dots[3]$$

Dengan :

- r = Koefisien korelasi
- x = Debit simulasi (m<sup>3</sup>/s)
- n = Jumlah data
- y = Debit lapangan (m<sup>3</sup>/s)

Selain uji korelasi, keandalan model juga dapat di ukur dengan metode lain, seperti analisis *reliabilitas* (Zulganef, 2006). Keandalan *reliabilitas* (α<sub>r</sub>) menggunakan persamaan umum Cronbach [4] :

$$\alpha_r = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_i^2 + 2(\sum \sigma_{ij})} \right] \dots\dots\dots[4]$$

Dengan :

- α<sub>r</sub> = Keandalan
- n = Jumlah data
- σ<sub>ij</sub> = Kovarian item i dan j,
- σ<sub>i</sub><sup>2</sup> = Jumlah varian i
- σ<sub>i</sub><sup>2</sup> + 2(∑σ<sub>ij</sub>) = Total varian

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang menggunakan data sekunder. Data diperoleh dari BPSDA Bengawan Solo dan BPTKPDAS Bengawan Solo.

Penelitian ini menggunakan alat *Microsoft Excel*, *Software Matlab* dan *Software AutoCad*. Dalam pengolahan data terlebih dahulu menyiapkan data hujan dan debit tahun 2001-2012, kemudian melakukan uji pangkah untuk data hujan berdasarkan data hujan kumulatif tahunan, selanjutnya menghitung hujan wilayah menggunakan metode poligon *Thiessen*. Setelah memperoleh hujan wilayah, maka dilakukan prediksi debit tahun 2013-2016 menggunakan jaringan syaraf tiruan algoritma *Backpropagation* dengan *software Matlab*. Dan tahap selanjutnya melakukan uji korelasi ( $r$ ) dan analisis *reliabilitas* ( $\alpha_c$ ) terhadap debit hasil simulasi dan debit observasi untuk memperoleh keandalan model.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Hujan

Contoh perhitungan uji pangkah data hujan menggunakan metode lengkung massa ganda berdasarkan kumulatif hujan tahunan (tahun 2001-2002) dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

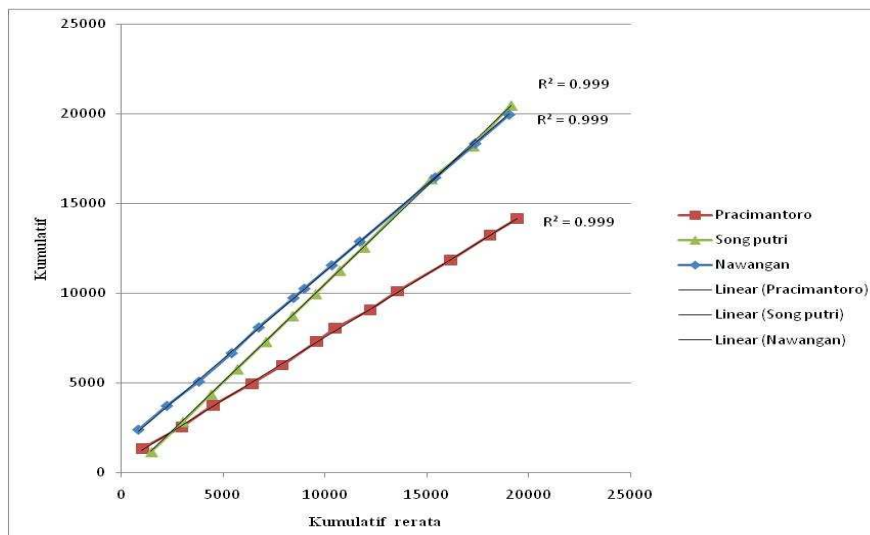
Tabel 1. Hasil Uji Pangkah Hujan Kumulatif DAS ALang Tahun 2001-2012 (mm)

Tahun	Data Hujan (mm)			Rerata Stasiun		
	Nawangan	Pracimantoro	Song Putri	Nawangan	Pracimantoro	Song Putri
2001	1644,00	1323,50	428,00	875,75	1036,00	1483,75
2002	2076,00	992,00	1805,00	1398,50	1940,50	1534,00

Tabel 2. Lanjutan Hasil Uji Pangkah Hujan Kumulatif DAS ALang Tahun 2001-2012 (mm)

Tahun	Kumulatif rerata (X)			Kumulatif (Y)		
	Nawangan	Pracimantoro	Song Putri	Nawangan	Pracimantoro	Song Putri
2001	875,75	1036,00	1483,75	2390,85	1323,50	1168,82
2002	2274,25	2976,50	3017,75	3720,00	2524,29	2847,02

Tabel 1 - 2 merupakan hasil tabel uji pangkah dengan metode Lengkung Massa Ganda (*Double Mass Curve*). Kemudian akan diplot pada kurva Massa Ganda, absis X (kumulatif rerata) dan absis Y (kumulatif) pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Uji Kepangghaan Metode Lengkung Massa Ganda

Gambar 1, data hujan pada stasiun Nawangan, Pracimantoro dan Song Putri sudah dapat digunakan serta dianggap pangkah karena data pada masing-masing stasiun sudah mendekati/ segaris dengan garis *trendline*.

Berikut ini merupakan contoh hasil perhitungan hujan wilayah tahun 2001-2012 dengan menggunakan metode poligon *Thiessen* yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Curah Hujan Wilayah Bulanan pada bulan Januari dan Februari tahun 2001-2012 (mm)

Curah Hujan Bulanan	Tahun											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Januari	43,672	47,558	66,038	42,742	46,924	60,337	2,755	32,871	39,765	25,991	67,777	36,106
Februari	40,200	71,747	46,535	24,569	20,132	24,534	6,061	40,832	57,501	51,900	52,738	67,488

### Data Debit

Data debit berfungsi sebagai verifikasi model. Berikut ini adalah contoh debit observasi tahun 2001-2012 bulan Januari dan Februari.

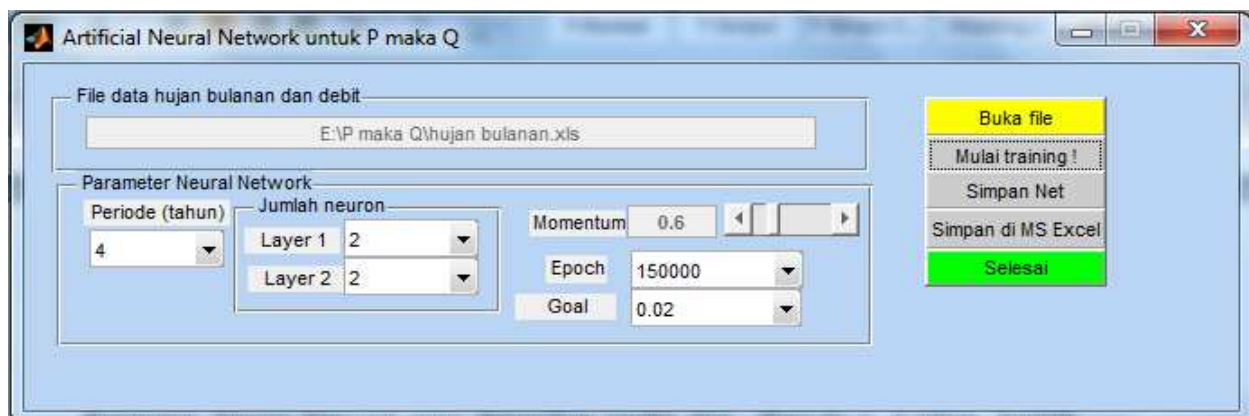
Tabel 4. Data Debit Bulanan pada Bulan Januari dan Februari Tahun 2001-2012 (m<sup>3</sup>/dt)

Debit Bulanan	Tahun											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Januari	0,000	17,530	7,879	1,011	14,817	32,961	0,000	17,067	22,467	0,000	12,829	4,102
Februari	0,000	1,130	0,361	5,315	1,973	24,557	0,134	18,660	24,396	2,304	3,241	0,134

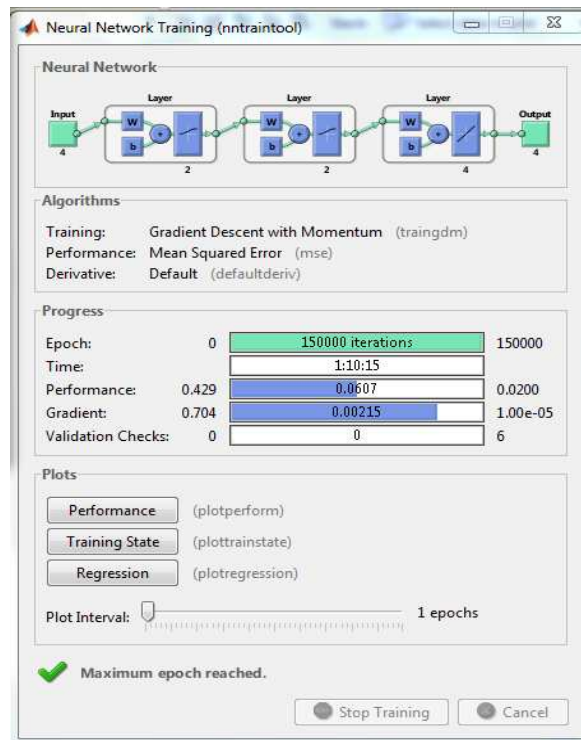
Setelah data hujan diperoleh, maka tahapan selanjutnya melakukan prediksi debit dengan *input* data hujan wilayah yang dikali dengan koefisien limpasan, luas wilayah serta faktor waktu dan data debit observasi sebagai objek *training* kedalam *software Matlab*. Hasil prediksi debit dapat dilihat pada tabel 5.

### Prediksi Debit Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Dalam memprediksi debit dimasa yang mendatang, tahapan-tahapan yang akan dilakukan seperti berikut ini. 1) Melakukan perancangan jaringan dengan menambahkan luas wilayah ( $A=14769,50$  Ha), koefisien limpasan DAS ( $C=0,414$ ). 2) Input dan penentuan pola dengan membagi data keseluruhan menjadi 3 bagian yaitu : 1/3 menjadi input, 1/3 jadi target training, dan 1/3 observasi. 3) Data *input* disimpan dalam format *Microsoft Excel* (.xls) dengan nama "hujan bulanan". Data hujan dan debit terdiri dari baris dan kolom dengan matriks 12x12. 4) Validitas ditentukan dari 2 hal, yaitu : Grafik hasil *training* cenderung menyerupai grafik observasi dan nilai simulasi (4,6545) berada diantara batas atas (5,2059) dan batas bawah (4,4747).

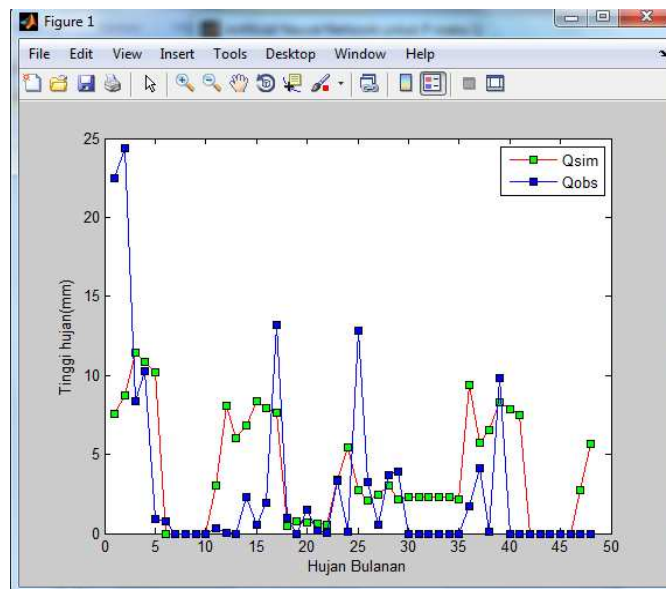
Gambar 2. *Artificial Neural Network* untuk Prediksi Debit (TRAINING)

Gambar 2 merupakan proses untuk pengambilan data dan menentukan parameter model yang digunakan sehingga proses dapat dilakukan.



Gambar 3. Neural Network Training (nntraintool)

Gambar 3 menunjukkan bahwa model sedang melakukan proses simulasi seperti ketentuan yang telah ditetapkan pada gambar 1.



Gambar 4. Grafik Simulasi Debit DAS Alang

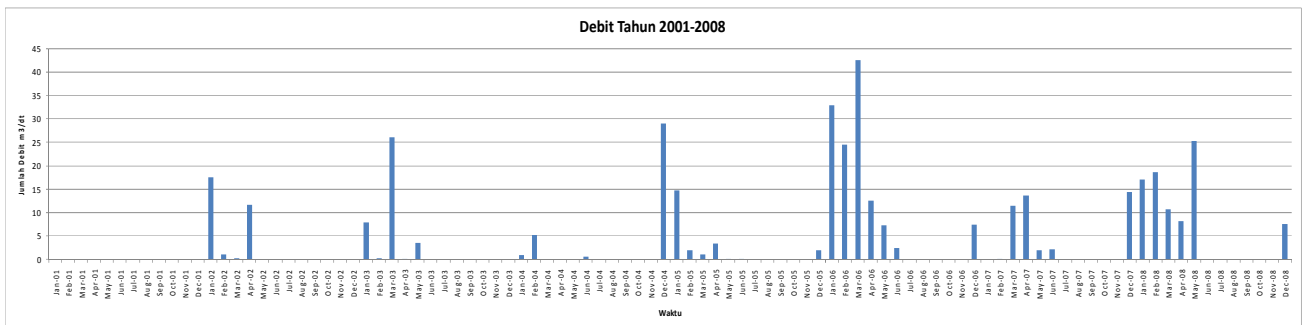
Gambar 4 yang diperoleh dari hasil *software Matlab*, menunjukkan bahwa grafik yang berwarna hijau cenderung menyerupai grafik berwarna biru (observasi) sehingga untuk uji validitas sudah memenuhi syarat.

Setelah uji validitas terpenuhi maka secara bersamaan debit prediksi dan parameter model akan diperoleh. Parameter tersebut adalah sebagai berikut : Periode = 4 tahun, *Hidden Layer* = 2 buah (masing-masing 2 neuron), *Momentum* = 0,6, *Epoch* = 150000, dan *Goal* = 0,02. Hasil prediksi debit tahun 2013-2016 dapat dilihat pada tabel 5.

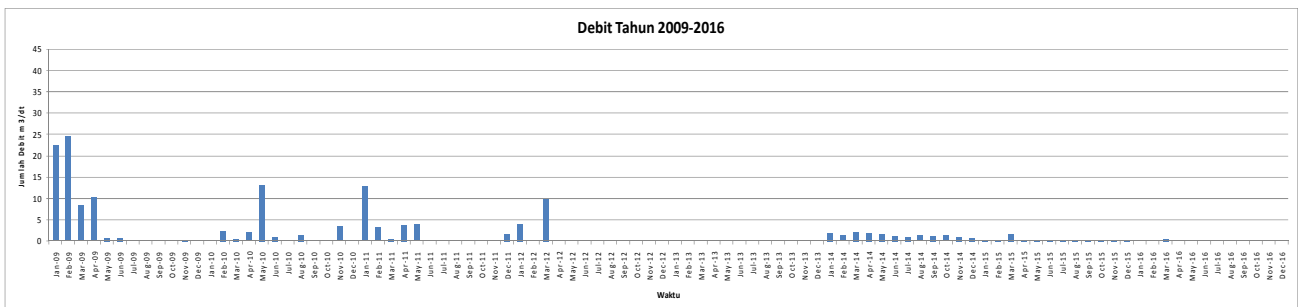
Tabel 5. Debit Prediksi Tahun 2013-2016 (m<sup>3</sup>/dt)

Debit Bulanan	Tahun			
	2013	2014	2015	2016
Januari	0,030	1,910	0,282	0,179
Februari	0,000	1,289	0,288	0,034

Debit prediksi tahun 2013-2016 yang sudah diperoleh pada tabel 5. Sehingga debit 2001-2016 diplot pada gambar 5 dan 6 berikut ini.



Gambar 5. Grafik Debit Tahun 2001-2008

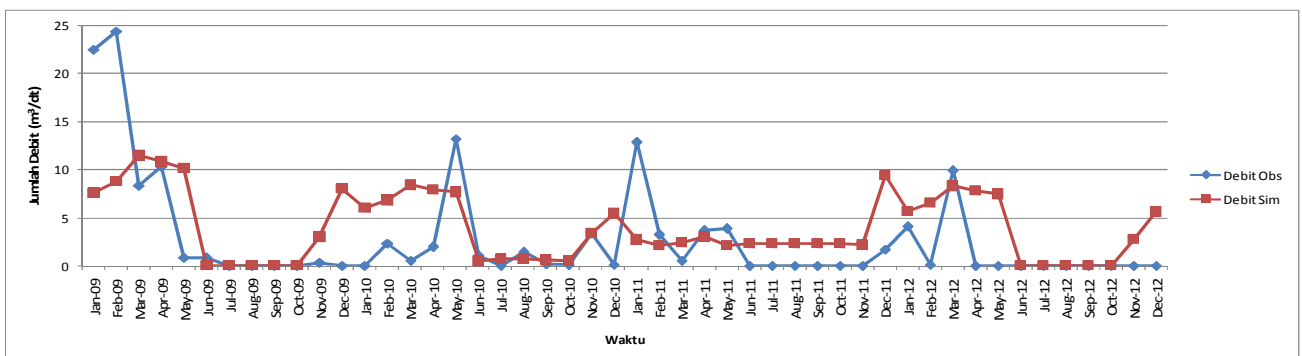


Gambar 6. Grafik Debit Tahun 2009-2016

Gambar 5 dan gambar 6 merupakan gambar grafik debit dari tahun 2001-2016 dengan debit maksimum terdapat pada bulan Maret 2006 sebesar 42,570 m<sup>3</sup>/dt.

**Analisis Keandalan Model**

Analisis keandalan perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar keakuratan hasil simulasi terhadap observasi. Metode yang untuk menganalisis keandalan adalah metode koefisien korelasi ( $r$ ) dan analisis *reliabilitas* ( $\alpha_r$ ).



Gambar 7. Grafik Debit Observasi dan Debit Simulasi

Berdasarkan hasil debit simulasi yang diperoleh dan debit observasi yang ada, dengan jumlah total data debit ( $n=48$ ), jumlah total debit simulasi ( $x=188,547$ ), jumlah total debit observasi ( $y=131,793$ ), jumlah total kuadrat debit simulasi ( $x^2=1330,020$ ), jumlah total kuadrat debit observasi ( $y^2=1797,167$ ) dan jumlah total debit simulasi dikali debit observasi ( $x.y = 936,235$ ). Maka perhitungan korelasi (persamaan [3]) dapat dilakukan sebagai berikut :

$$r = \frac{48 \times 936,235 - 188,547 \times 131,793}{\sqrt{\{48 \times 1330,020 - 188,547^2\} \times \{48 \times 1797,167 - 188,547^2\}}} = 0,4551$$

Untuk analisis *reliabilitas*, varian ( $\sigma_i^2 = 12,54025$ ) dan kovarian ( $\sigma_{ij} = 8,71964$ ). Dengan jumlah data yang sama maka perhitungan analisis *reliabilitas* (persamaan [4]) sebagai berikut.

$$\alpha_r = \frac{48}{48 - 1} \left[ 1 - \frac{12,54025}{12,54025 + 2 \times 8,71964} \right] = 0,5817$$

Dari hasil metode koefisien korelasi ( $r = 0,4551$ ) dan analisis *reliabilitas* ( $\alpha_r = 0,5817$ ), maka hasil yang terbaik diperoleh dari analisis reliabilitas dengan keandalan model sebesar 0,5817 atau 58,17%. Dan model ini telah memenuhi syarat *Confidence* 95% dan toleransi 5%.

Model yang telah diaplikasikan pada DAS Kali Asem sub DAS Bondoyudo mencapai keandalan 85% (Rintis, 2009) dan diaplikasikan dalam penelitian ini pada DAS Alang mencapai keandalan 58,17%. Dari kedua penelitian ini, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh parameter JST dan koefisien debit. Sehingga bila model ini sukses, maka dapat diaplikasikan pada DAS lain yang tidak memiliki stasiun debit.

## SIMPULAN

Dari penelitian ini, maka dapat kesimpulan sebagai berikut : Parameter JST adalah Periode = 4 tahun, *Hidden Layer* = 2 buah (masing-masing 2 neuron), *Momentum* = 0,6, *Epoch* = 150000, dan *Goal* = 0,02. Prediksi debit tahun 2013 – 2016 dapat dilihat pada tabel 5 dan Keandalan model sebesar 58,17% dengan menggunakan analisis *reliabilitas*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada ibu Rintis Hadiani dan bapak Setiono yang senantiasa membimbing saya sampai terselesainya penelitian ini.

## REFERENSI

- Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Bambang, Triatmodjo. 2009. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Hermawan, A. 2006. *Jaringan Syaraf Tiruan Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Jonathan, Sarwono. 2006. Teori Analisis Korelasi Mengenal Analisis Korelasi.  
<http://www.jonathansarwono.info/korelasi/korelasi.htm> (Selasa, 01 Oktober 2013, 22 : 05 : 03 WIB)
- Prabowo, Pudjo Widodo. Rahmadya, Trias Handayanto. 2012. *Penerapan Soft Computing Dengan Matlab*. Bandung : Rekayasa Sains
- Puspaningrum, D. 2006. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta : Andi Offset
- Rr Rintis, Hadiani. 2009. *Analisis Kekeringan Berdasarkan Data Hidrologi*. Malang : Universitas Brawijaya Malang.
- Sobriyah, 2012. Model Hidrologi. Surakarta : UNS Press.
- Vicky, Tri Jayanti. 2013. *Prediksi Neraca Air Pertanian Dengan Metode Mock Pada Daerah Aliran Sungai Keduang* (Skripsi). Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Zulganef, 2006. *Pemodelan Persamaan Struktur & Aplikasinya Menggunakan Amos 5*. Bandung: Penerbit Pustaka.