

# Penerapan Metode *Artificial Neural Network* untuk Meramalkan *Inflow* Debit Air Waduk Gajah Mungkur di Kabupaten Wonogiri

Agustin Adhitya Hafsari<sup>1\*</sup>, Virgania Sari<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Statistika, Akademi Statistika (AIS) Muhammadiyah Semarang

\*Email: agustin.adhitya@gmail.com

---

## Abstrak

### Keywords:

Forecasting; Inflow;  
Artificial Neural  
Network (ANN);  
Conjugate Gradient  
Fletcher-Reeves  
Updates

*Forecasting the amount of inflow discharge is very necessary in the preparation of the operating pattern of water building so, as to maximize the function of the building is as a shelter to accommodate water for the purposes of hydropower, irrigation, raw water supply, ground water supply and tourism. Therefore it is necessary to find the right method to produce the best forecast with a small error by using Artificial Neural Network (ANN) method which is one of artificial intelligence. This method is the network of a group of small processing unit that are modelled based on human neural network consist of the input layer, the hidden layer and the output layer. In the training process, the data is divided into 2 parts, namely data to build the network (training) and data for forecasting (testing) and next done trial and error simulation to determine the many neurons needed on the hidden layer that produces the smallest Mean Square Error (MSE). In this research, Conjugate Gradient Fletcher-Reeves Updates algorithm is used to accelerate backpropagation training to obtain the best result consisting of 1 input layer, 2 hidden layers and 1 output layer or can be called architecture 1 - 2 - 1 with MSE value 0.2336 from October 2015 to February 2017 period.*

---

## 1. PENDAHULUAN

Waduk Wonogiri atau disebut juga Bendungan Gajah Mungkur merupakan waduk terbesar se-Jawa Tengah dengan membendung sungai terpanjang di Pulau Jawa yaitu Sungai Bengawan Solo yang terletak di Desa Danuarjo, Kabupaten Wonogiri dengan luas tangkapan air (*catchment area*) 1.350 km<sup>2</sup>. Pembangunan Waduk Wonogiri dimulai pada bulan Juli 1976 dan selesai dibangun pada tahun 1981 [16]. Berdasarkan fungsinya maka Waduk Gajah Mungkur diklasifikasikan sebagai waduk multi guna, dengan fungsi sebagai pengendalian banjir, penyedia air irigasi, PLTA, perikanan dan pariwisata [4].

Oleh karenanya perlu dilakukan peramalan (*forecasting*) terhadap besarnya debit air yang masuk (*inflow*) untuk mengatasi masalah banyaknya debit air yang keluar (*outflow*) sebagai akibat dari kesalahan pengoperasian sehingga metode yang tepat digunakan pada beberapa tahun terakhir adalah *Artificial Neural Network* (ANN) [15]. Metode *Artificial Neural Network* merupakan representasi tiruan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut [20]. Metode *learning* yang paling banyak digunakan saat ini adalah model *Backpropagation* (BP) yang mampu

menghasilkan prediksi dengan hasil yang memuaskan karena kemampuannya dalam mengenali pola yaitu dengan menambahkan satu/beberapa layar tersembunyi diantara layar masukan dan keluaran dibandingkan dengan layar tunggal yang memiliki keterbatasan dalam pengenalan pola [18].

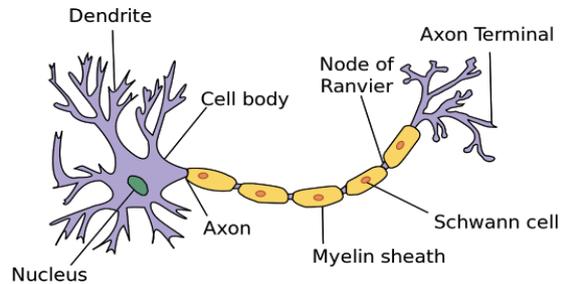
Salah satu keberhasilan suatu jaringan apabila dapat menentukan algoritma pelatihan yang tepat dan efisien sehingga dapat mencapai target yang diinginkan. Salah satu algoritma yang bekerja lebih cepat dibandingkan dengan algoritma pembelajaran *Resilient Backpropagation* (Trainrp/Rprop) adalah *Conjugate Gradient Algorithm* (CGA), dimana yang menjadikan algoritma ini berbeda dari algoritma yang lain adalah pencarian nilai negatif dari gradien dalam jaringan sejak iterasi pertama [7].

Penelitian terdahulu mengenai algoritma *Conjugate Gradient* pernah dilakukan oleh Marleny & Vincent (2013) mengenai prediksi Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dan diperoleh hasil bahwa algoritma *Conjugate Gradient Backpropagation Fletcher-Reeves Updates* (Traincgf) mendapatkan akurasi tertinggi dibandingkan dengan algoritma *Conjugate Gradient* yang lainnya, sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan peramalan *inflow* bulan Oktober 2015–Februari 2017 dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network* untuk mengetahui seberapa akurat antara hasil ramalan dengan data targetnya.

## 2. METODE

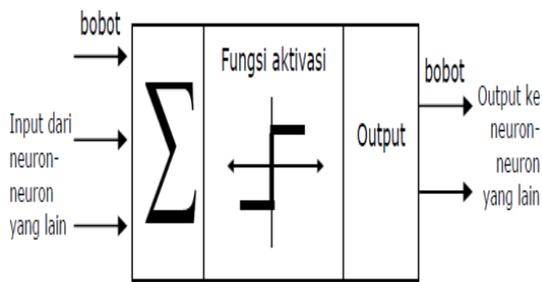
*Artificial Neural Network* merupakan jaringan dari sekelompok unit pemroses kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan syaraf manusia. Dalam syaraf biologis, setiap sel syaraf (*neuron*) akan memiliki satu inti sel yang bertugas untuk melakukan pemrosesan informasi yang diterima oleh dendrit. Selain menerima informasi, dendrit juga menyertai axon sebagai keluaran dari suatu pemrosesan

informasi. Informasi hasil olahan ini menjadi masukan bagi neuron lain [8]. Berikut adalah gambar jaringan syaraf manusia:



**Gambar 1.** Jaringan Syaraf Manusia

Seperti halnya otak manusia, ANN juga terdiri dari beberapa neuron yang berhubungan untuk mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya. Hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Informasi (*input*) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan. *Input* ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan nilai suatu ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Apabila neuron tersebut diaktifkan maka neuron tersebut akan mengirimkan *output* melalui bobot-bobot *output* nya ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Informasi akan dirambatkan mulai dari lapisan *input* sampai ke lapisan *output* melalui lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan perambatannya tergantung algoritma pembelajarannya yang dijelaskan melalui gambar dibawah ini [8]:



**Gambar 2.** Struktur Syaraf Tiruan

Data yang digunakan dalam karya ilmiah ini adalah data sekunder *inflow* debit air Waduk Gajah Mungkur dari bulan Januari 2010–Februari 2017 yang diperoleh dari Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta 1 . *Inflow* adalah aliran air yang masuk ke dalam waduk, dimana aliran air yang masuk ke waduk dapat terdiri dari aliran air yang masuk dari sungai, dari daerah sekelilingnya, dan dari curah hujan yang jatuh langsung pada permukaan waduk [13].

Berikut adalah analisis ANN:

a. Pembagian Data

Data dibagi menjadi 2 (dua) yaitu data *training* dan *testing*. Data *training* merupakan data yang dipergunakan untuk melakukan pengenalan pola yang nantinya dipakai untuk peramalan. Sedangkan data *testing* merupakan data uji yang akan dipakai untuk menghitung hasil ramalan dan kesalahan ramalan. Dalam penelitian ini menggunakan komposisi data *training* sebesar 80% dan untuk data *testing* 20%.

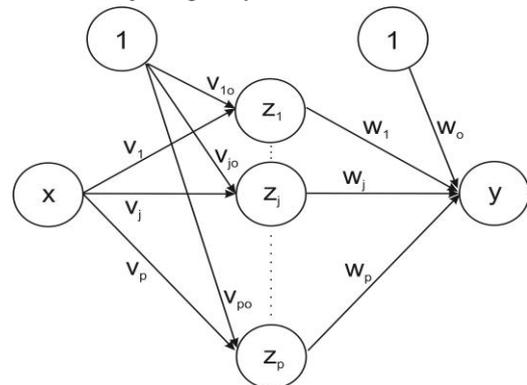
b. Normalisasi Data

Data yang dinormalisasi sesuai dengan fungsi aktivasi yang digunakan, dalam penelitian ini digunakan fungsi aktivasi sigmoid biner sehingga data yang dinormalisasi nantinya berada dalam range 0 hingga 1.

c. Desain Arsitektur Jaringan

Arsitektur yang akan digunakan dalam jaringan ini terdiri dari 3 layer yaitu dimana pada *input layer* terdiri dari 1 node yaitu data aktual debit *inflow*, *hidden layer* terdiri dari  $Z_j$  ( $j = 1, 2, \dots, p$ ) dan untuk

*output layer* terdiri dari 1 node yaitu *forecast* debit *inflow*. Berikut desain arsitektur jaringannya:



**Gambar 3.** Desain Arsitektur Jaringan

Secara umum dalam jaringan syaraf tiruan, mengaktifasi p unit tersembunyi di *layer hidden* melalui fungsi aktivasi  $f$  dan menghasilkan unit aktivasi tersembunyi  $z_j$ . Kemudian mengaktifasi unit output melalui fungsi aktivasi untuk menghasilkan *output* jaringan  $y$ .

Secara simbolis *output* (keluaran) di unit  $y$  adalah sebagai berikut:

$$y = f \left( w_o + \sum_{j=1}^p (f(v_{jo} + x v_j) w_j) \right) = f \left( w_o + \sum_{j=1}^p z_j w_j \right)$$

Dimana:

$x$  = unit pada lapisan masukan (*input*)

$y$  = unit pada lapisan keluaran (*output*)

$z_j$  = unit ke- $j$  pada lapisan tersembunyi (*hidden*)

$f$  = fungsi aktivasi

$p$  = banyak unit lapisan tersembunyi (*hidden*)

$v_j$  = nilai penimbang bobot sambungan dari *input* ke *hidden*

$w_j$  = nilai penimbang bobot sambungan dari *hidden* ke *output*

$v_{jo}$  = nilai penimbang sambungan pada bias untuk lapisan *hidden*

$w_o$  = nilai penimbang sambungan pada bias untuk lapisan *output*

d. Pelatihan Jaringan

Dalam metode ANN terdapat 3 fase pelatihan model *backpropagation*

yaitu propagasi maju (*feedforward*), propagasi mundur (*backpropagation*) dan perubahan bobot (*weight update*). Di fase propagasi maju awalnya dihitung keluaran *hidden* dengan mengkalikan *input* dengan bobot kemudian ditambah bias, dan berlaku untuk unit *output*. Kemudian di fase propagasi mundur menghitung *gradient*, *direction* dan ditetapkan algoritma pelatihan *Conjugate Gradient Backpropagation with Fletcher-Reeves Updates* (Traincgf) untuk menghitung parameter  $\beta$  di unit *hidden* dan *output*, namun sebelumnya ditentukan terlebih dahulu fungsi objektif (*error/MSE*), fungsi objektif adalah fungsi *error* (MSE) yaitu :

$$f(w) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (t_n - y_n(w))^2$$

Dimana :

N = jumlah pola pada data *training*

W = matriks bobot

$(t_n - y_n(w))$  = data target dan *output neuron* untuk n pola

Selanjutnya di fase perubahan bobot dilakukan pembaharuan bobot yang menuju unit *hidden* dan *output*.

e. Denormalisasi Data

Denormalisasi atau mengembalikan data dilakukan untuk mengkonversikan kembali hasil normalisasi (*output*) yang dihasilkan oleh jaringan berkisar antara 0 hingga 1 menjadi harga material normal yang sebenarnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan menggunakan program MATLAB R2013a sesuai dengan arsitektur jaringan yang telah dibahas sebelumnya. Sebelum dilakukan pengolahan data dibagi menjadi 2 bagian yakni data *training* untuk membangun jaringan (periode Januari 2010–September 2015) dan data

testing untuk forecasting (periode Oktober 2015–Februari 2017).

Berikut adalah hasil simulasi trial dan error dari pemilihan neuron yang telah dilakukan:

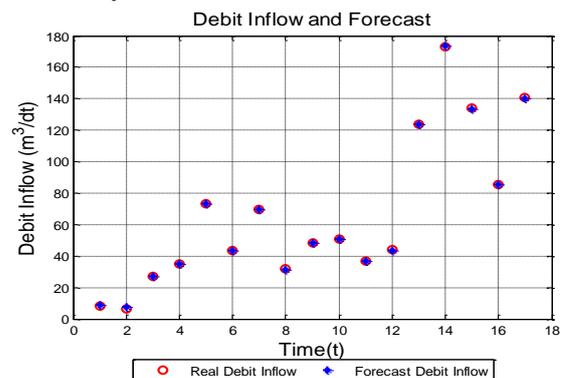
**Tabel 1.** MSE dari Jaringan Syaraf Tiruan

Arsitektur	MSE
1 – 1 – 1	0.7765
1 – 2 – 1	0.2336
1 – 3 – 1	17.5063
1 – 4 – 1	23.1036
1 – 5 – 1	11.4183
1 – 6 – 1	12.9464
1 – 7 – 1	5.8755
1 – 8 – 1	5.3989
1 – 9 – 1	3.6521
1 – 10 – 1	4.2258

Sumber: Output Program MATLAB

Hasil yang diperoleh dari simulasi tidak konstan (berubah-ubah). Hanya hasil terbaik yang ditampilkan pada bagian ini. Kemudian dari hasil ini dipilih banyak neuron *hidden* yang menghasilkan Mean Square Error (MSE) terkecil untuk selanjutnya digunakan sebagai batasan nilai MSE pada simulasi selanjutnya.

Hasil MSE dari berbagai tipe arsitektur di atas menunjukkan bahwa arsitektur jaringan yang memberikan hasil terbaik terdapat pada konfigurasi 1 – 2 – 1 dengan nilai MSE sebesar 0,2336 dan selanjutnya akan disajikan hasil forecast untuk arsitektur jaringan dengan MSE terkecil tersebut yaitu:



**Gambar 4.** Hasil Forecast Debit Inflow dari Arsitektur Jaringan 1 – 2 – 1.

#### 4. KESIMPULAN

Dalam penelitian untuk meramalkan *inflow* debit air Waduk Gajah Mungkur menggunakan metode *Artificial Neural Network* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Data debit *inflow* Waduk Gajah Mungkur selama periode Januari 2010 sampai Februari 2017 mengalami fluktuasi di setiap tahunnya dengan jumlah debit *inflow* tertinggi terjadi pada bulan Januari tahun 2013 sebesar 181,98 m<sup>3</sup>/dt dan untuk jumlah debit *inflow* terendah terjadi pada bulan Oktober tahun 2011 sebesar 3,96 m<sup>3</sup>/dt.
2. Dengan pembagian data yaitu 80% untuk data *training* dan 20% untuk data *testing* serta dari hasil *trial* dan *error* diperoleh hasil terbaik untuk meramalkan *inflow* debit air Waduk Gajah Mungkur dengan arsitektur yang terdiri dari 1 *layer input*, 2 *layer hidden* dan 1 *layer output* atau bisa disebut dengan arsitektur 1 – 2 – 1 dengan besar nilai MSE yaitu 0.2336 untuk periode Oktober 2015 sampai Februari 2017.

#### REFERENSI

- [1] Ardhiyanta D. Prediksi Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Backpropagation. Universitas Sanata Dharma; 2016.
- [2] Asiyanto. *Metode Konstruksi Bendungan*. Jakarta: UI-PRESS; 2013.
- [3] Aziz MS, Adiwijaya, Bayu Munajat. Deteksi Anomaly pada Intrusion Detection System (IDS) dengan Backpropagation Termodifikasi. Seminar Nasional Ilmu Komputasi & Teknik Informatika. 2015; 182-188.
- [4] Balai Besar Sungai Bengawan Solo. Profil Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Bengawan Solo. BBWS Bengawan Solo; 2012.
- [5] Corris W, Retno ND, Tjokorda ABW. Peramalan Nilai Tukar Mata Uang Menggunakan Algoritma Gradien Conjugate Dengan Metode Fletcher-Reeves. Universitas Telkom; 2009.
- [6] Dahria M. Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence). *Jurnal SAINTIKOM*. 2008; 5(2):185-196.
- [7] Demuth H, Mark Beale. *Neural Network Toolbox, User's Guide Version 4*. USA: The MathWork, Inc; 2000.
- [8] Hadjaratie L. Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prediksi Tingkat Kelulusan Mahasiswa Diploma Program Studi Manajemen Informatika Universitas Negeri Gorontalo. Institut Pertanian Bogor; 2011.
- [9] Hestenes MR, Eduard Stiefel. Methods of Conjugate Gradient for Solving Linier Systems. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*. 1952; 49(6):409-436.
- [10] Kusumaningtyas EM. Kecerdasan Buatan. Modul Pembelajaran Politeknik Elektronika Negeri Surabaya; 2011.
- [11] Liliana, Togar AN. Artificial Neural Network Application in Gross Domestic Product Forecasting an Indonesia Case. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2012; 45(2): 410-415.
- [12] Nafik FK. Peramalan Inflow Debit Air Waduk Menggunakan Backpropagation Neural Network dengan Input Variabel Lag Study Kasus di Waduk Sengguruh-Kabupaten Malang. 2014; 409-412.
- [13] Raharjo P. Simulasi Sedimentasi dan Analisis Umur Waduk Studi Kasus pada Waduk Saguling. Institut Teknologi Bandung; 2008.
- [14] Resi VR. Analisis Perbandingan Metode Backpropagation dan Radial Basis Function untuk Memprediksi Curah Hujan dengan Jaringan Syaraf Tiruan. Universitas Dian Nuswantoro; 2014.

- [15] Rosyadi I. Peramalan Aliran Masukan Waduk Mrica Menggunakan Model Thomas-Fiering dan Jaringan Syaraf Tiruan ANFIS. *Dinamika Rekayasa*, 2011; 7(2):48-53.
- [16] Samosir CS, Widandi S, Emma Y. Optimasi Pola Operasi Waduk untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Pembangkit Listrik Tenaga Air (Studi Kasus Waduk Wonogiri). *Jurnal Teknik Pengairan*. 2015; 6(1):108-115.
- [17] Sari Y. Optimasi Conjugate Gradient pada Algoritma Backpropagation Neural Network untuk Prediksi Kurs Time Series. *Gema Aktualita*. 2016; 5(1):86-90.
- [18] Siang JJ. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemograman Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Andi Offset; 2005.
- [19] Sukamto. *Penerapan Konsep Jaringan Syaraf Tiruan untuk Peramalan Aliran Inflow pada Waduk Selorejo dan Waduk Lahor di Kabupaten Malang*. Universitas Muhammadiyah Semarang; 2012.
- [20] Susanti I. Sistem Peramalan Kenaikan Permukaan Air dengan Artificial Neural Network Backpropagation (Studi Kasus Desa Tanjung Jaya, Kelurahan Surabaya, Kecamatan Sungai Serut, Kota Bengkulu). Universitas Bengkulu; 2014.
- [21] Widyastuti W. Aplikasi Algoritma Conjugate Gradient pada Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik. Universitas Gadjah Mada; 2004.
- [22] Wirawan RS. *Perbandingan Peramalan Permintaan Antara Artificial Neural Network dan Support Vector Regression dengan Metode Tradisional*. Universitas Indonesia; 2011.
- [23] Yunanto A, Adiwijaya, Untari NW. *Peningkatan Performansi Learning Backpropagation Menggunakan Fletcher Reeves Pada Peramalan Temperatur Dan Kelembaban Udara*. Universitas Telkom; 2012.