

## PERAMALAN KETINGGIAN MUKA AIR DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PERAMBATAN-BALIK

Herry Dharma Setyawan\*, Budi Setiyono\*\*, R. Rizal Isnanto\*\*  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang  
e-mail : herry\_dharma\_se@yahoo.com

### Abstrak

Banjir erat kaitannya dengan ketinggian muka air pada suatu daerah aliran sungai. Banjir bisa diantisipasi apabila diketahui tinggi permukaan air di waktu yang akan datang. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian untuk memprediksi tinggi permukaan air sehingga dapat digunakan untuk meramalkan terjadinya banjir.

Dalam penelitian ini, sistem yang digunakan adalah sistem Jaringan Syaraf Tiruan Umpan-maju (*Feedforward*) dengan pelatihan Perambatan-balik (*Backpropagation*). Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah model sistem komputasi yang berkembang sangat pesat yang dapat bekerja seperti sistem syaraf biologis yaitu dapat mengenali pola-pola yang telah diajarkan. Langkah-langkah penelitian meliputi analisis kebutuhan sistem, pengumpulan data, perancangan perangkat lunak, dan pengujian sistem. Pada penelitian ini, sebagai masukan JST adalah tinggi permukaan air dan curah hujan selama dua hari, sedangkan sebagai keluaran JST adalah tinggi permukaan air untuk satu dan dua jam kemudian. Perancangan perangkat lunak ini menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7.0. Pengujian dilakukan untuk mencari arsitektur dan nilai parameter JST yang paling optimal pada proses pelatihan. Selain itu, pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa besar sistem mengenali data yang dimasukkan setelah melewati tahap pelatihan.

Dari penelitian yang telah dilakukan, Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan-balik yang sudah dilatih dengan data tinggi permukaan air dan curah hujan, dapat digunakan untuk memprediksikan tinggi permukaan air dengan rata-rata persentase kesalahan 1,97 % untuk prediksi satu jam ke depan dan 1,98 % untuk prediksi 2 jam ke depan. Pada pengujian arsitektur dan parameter pelatihan, didapatkan bahwa sistem akan optimal dengan 2 lapis tersembunyi dengan jumlah neuron 30 dan 25, laju pembelajaran 0,1 dan momentum 0,6.

**Kata Kunci :** Tinggi muka air (*Water level*), Curah hujan (*Rainfall*), Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*), Umpan-maju (*Feedforward*), Perambatan-balik (*Backpropagation*)

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Banjir dapat diprediksi dengan melakukan peramalan tinggi permukaan air di suatu tempat tertentu yang dianggap sebagai tempat terjadinya banjir. Proses naik turunnya tinggi muka air di suatu daerah aliran sungai secara teoritis dapat dijelaskan, tetapi karena terdapat banyak variabel yang terkait dan kompleksnya ketergantungan antar variabel maka model matematikanya sulit untuk dibuat. Jaringan Syaraf Tiruan merupakan salah satu kecerdasan buatan yang merupakan representasi tiruan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Model ini merupakan model kotak hitam (*black box model*), sehingga dalam penerapannya tidak membutuhkan pengetahuan yang kompleks antar berbagai aspek dalam melakukan proses pemodelan faktor-faktor tersebut.

### 1.2 Tujuan

Tugas akhir ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk meramalkan terjadinya banjir dengan cara memprediksi tinggi permukaan air berdasarkan pola curah hujan dan tinggi permukaan air sebelumnya dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan metode pelatihan Perambatan-balik.

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, pembahasan dibatasi pada:

1. Data yang digunakan sebagai parameter masukan adalah pola curah hujan dan tinggi permukaan air.
2. Data masukan yang digunakan pada pemrograman diambil dari basis-data yang menggunakan MySQL.
3. Metode yang digunakan adalah Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) dengan metode pembelajaran Perambatan-balik (*Backpropagation*).
4. Penelitian tidak ditekankan pada aspek perangkat keras.
5. Proses untuk mendapatkan data pola curah hujan dan tinggi permukaan air di lapangan tidak dibahas secara mendalam.
6. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Borland Delphi 7.0.

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Bencana Banjir

Banjir adalah aliran/genangan air yang menimbulkan kerugian ekonomi atau bahkan menyebabkan kehilangan jiwa. Aliran/genangan air ini dapat terjadi karena adanya luapan-luapan pada daerah di kanan atau kiri sungai/saluran akibat alur sungai tidak memiliki kapasitas yang cukup bagi debit aliran yang lewat.

\* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro

\*\* Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

### 2.1.1 Curah Hujan

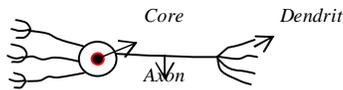
Curah hujan adalah tinggi genangan air total yang terjadi dalam suatu kurun waktu tertentu pada suatu bidang datar, dengan anggapan bahwa limpasan permukaan, infiltrasi (perembesan), dan evaporasi (penguapan) tidak terjadi.

### 2.1.2 Tinggi Permukaan Air

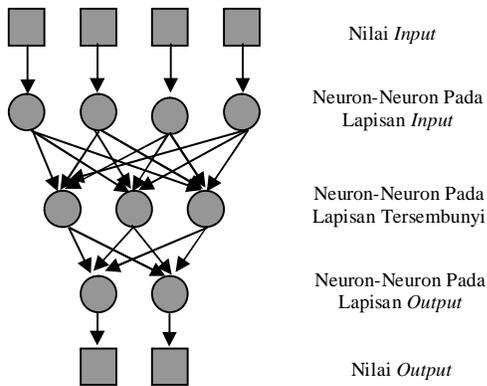
Perhitungan titik muka air ini dimulai dari bahagian hilir ke hulu dengan menetapkan suatu titik tertentu sebagai titik awal perhitungan. Titik ini dapat berupa :

1. Badan air, seperti laut, danau, dan waduk.
2. Bangunan di sungai, seperti bendungan atau bendungan penahan sedimen.
3. Pos duga air yang mempunyai lengkung aliran dan berada di hilir daerah perhitungan.
4. Titik awal sembarang, jika tidak ada titik acuan dengan memperhatikan :
  - a. Tinggi muka air awal sembarang tidak boleh lebih rendah daripada tinggi muka air kritis.
  - b. Jarak antara titik awal sembarang dengan daerah hitungan harus cukup jauh.

## 2.2 Jaringan Syaraf Tiruan



Gambar 1. Model sel saraf manusia



Gambar 2. Jaringan syaraf tiruan dengan 3 lapisan

### 2.2.1 Perambatan-balik (Backpropagation)

Proses pelatihan perambatan balik meliputi tiga tahap, yaitu : prosedur umpan maju, perhitungan serta perambatan balik kesalahan, dan penyesuaian bobot.

Algoritma perambatan balik diuraikan dalam langkah-langkah atau alur prosedur sebagai berikut.

Langkah 1: Setiap unit masukan ( $X_n$ ,  $n = 1, \dots, n$ ) menerima sinyal-sinyal masukan  $x_n$  dan mengirimkan sinyal-sinyal ini ke unit-unit selanjutnya (unit-unit tersembunyi).

Langkah 2: Setiap unit tersembunyi ( $I_h$ ,  $h = 1, \dots, h$ ) menjumlahkan sinyal-sinyal terbobotnya :

$$i\_in_h = \theta_{hm} + \sum_n x_n w_{hn} \quad (1)$$

Kemudian menerapkan fungsi aktifasinya untuk menghitung sinyal keluarannya :

$$I_h = f(i\_in_h) \quad (2)$$

lalu mengirimkannya pada semua unit lapis lapis keluaran.

Langkah 3: Setiap unit keluaran ( $O_k$ ,  $k = 1, \dots, k$ ) menjumlahkan sinyal masukan terbobotnya :

$$o\_in_k = \theta_{kh} + \sum_h i_h w_{kh} \quad (3)$$

Kemudian menerapkan fungsi aktifasi untuk menghitung sinyal keluarannya :

$$o_k = f(o\_in_k) \quad (4)$$

Perhitungan dan perambatan balik kesalahan

Langkah 4: Pada setiap unit keluaran ( $O_k$ ,  $k = 1, \dots, k$ ) menerima sebuah pola keluaran target yang berhubungan dengan pola masukan pelatihan, untuk menghitung informasi kesalahannya,

$$\delta_k = (t_k - o_k) f'(o_k) \quad (5)$$

Lalu dihitung besar koreksi bobotnya (untuk memperbaiki  $w_{kh}$ ).

$$\Delta w_{kh} = \alpha \delta_k I_h \quad (6)$$

Selanjutnya dihitung besar koreksi biasnya (yang akan digunakan untuk memperbaiki  $\theta_{kh}$ ).

$$\Delta \theta_{kh} = \alpha \delta_k \quad (7)$$

dan mengirimkan  $\delta_k$  ke unit-unit lapis tersembunyi.

Langkah 5: Pada setiap unit tersembunyi ( $I_h$ ,  $h = 1, \dots, h$ ) masukan deltanya (dari unit-unit lapis keluaran) dijumlahkan.

$$\delta\_in_h = \sum_k \delta_k w_{kh} \quad (8)$$

Kemudian hasil ini akan digunakan untuk menghitung besar informasi kesalahannya,

$$\delta_h = \delta\_in_h f'(i_h) \quad (9)$$

Lalu dihitung besar koreksi bobotnya (untuk memperbaiki  $w_{hn}$ ),

$$\Delta w_{hn} = \alpha \delta_h x_n \quad (10)$$

Dan dihitung koreksi biasnya (untuk memperbaiki  $\theta_{hn}$ ),

$$\Delta \theta_{hn} = \alpha \delta_h \quad (11)$$

Perbaiki bobot dan bias

Langkah 6: Masing-masing unit keluaran  $O_k$ , ( $k = 1, \dots, k$ ) diperbaiki bobot dan biasnya.

$$w_{kh}(\text{baru}) = w_{kh}(\text{lama}) + \Delta w_{kh} \quad (12)$$

$$\theta_{kh}(\text{baru}) = \theta_{kh}(\text{lama}) + \Delta \theta_{kh} \quad (13)$$

Langkah 7: Masing-masing unit tersembunyi ( $I_h$ ,  $h = 1, \dots, h$ ) diperbaiki bobot dan biasnya.

$$w_{hn}(\text{baru}) = w_{hn}(\text{lama}) + \Delta w_{hn} \quad (14)$$

$$\theta_{hn}(\text{baru}) = \theta_{hn}(\text{lama}) + \Delta \theta_{hn} \quad (15)$$

Langkah 8: Proses berhenti pada saat koreksi kesalahan mencapai minimum.

Konvergen akan lebih cepat dicapai bila menggunakan penambahan metode momentum untuk perbaikan bobot. Perumusan bobot unit keluaran perambatan balik dengan momentum terlihat dalam persamaan berikut.

$$w_{kh}(t+1) = w_{kh}(t) + \alpha \delta_k i_h + \mu [w_{kh}(t) - w_{kh}(t-1)] \quad (16)$$

atau,

$$\Delta w_{kh}(t+1) = \alpha \delta_k i_h + \mu \Delta w_{kh}(t) \quad (17)$$

perbaiki pada unit tersembunyi :

$$w_{hn}(t+1) = w_{hn}(t) + \alpha \delta_n x_h + \mu [w_{hn}(t) - w_{hn}(t-1)] \quad (18)$$

atau,

$$\Delta w_{hn}(t+1) = \alpha \delta_n x_h + \mu \Delta w_{hn}(t) \quad (19)$$

Setelah pelatihan, sebuah JST perambatan-balik hanya menggunakan tahap umpan-maju untuk prosedur peramalan. Hasil perhitungan aktivasi  $Y_k$  dari proses umpan-maju peramalan merupakan keluaran akhir jaringan. Untuk inisialisasi bobot awalnya digunakan bobot-bobot hasil pelatihan.

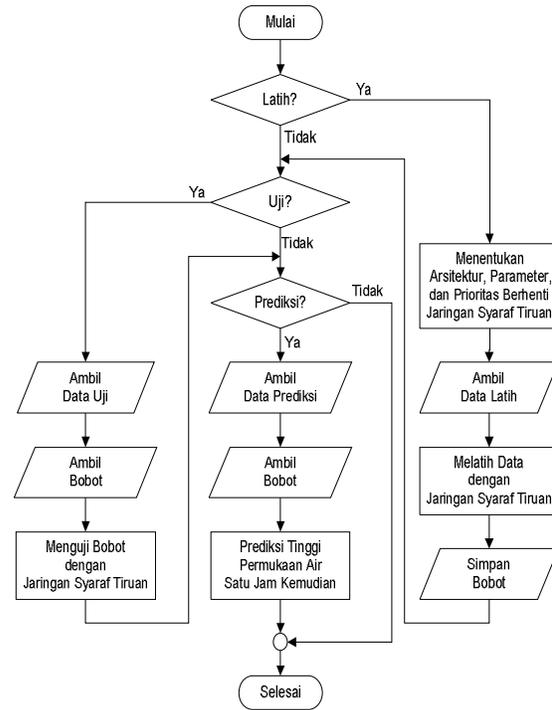
### 2.3 Peramalan dengan Deret Waktu (Time Series Prediction)

Peramalan dengan deret waktu berarti memprediksikan apa yang akan terjadi di masa datang berdasarkan pola deret data masa lalu dan mengekstrapolasikan pola itu, serta kemudian mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan. Oleh karena itu peramalan deret waktu bertujuan memprediksikan apa yang akan terjadi, tanpa mengetahui mengapa hal itu terjadi. Sebab pada dasarnya peramalan ini memperlakukan sistem sebagai kotak hitam (*black box*) yang tidak diketahui mekanisme didalamnya.

## III. PERANCANGAN SISTEM DAN PERANGKAT LUNAK

### 3.1 Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan

Perancangan JST perambatan-balik meliputi penentuan ukuran jaringan, yaitu jumlah lapis dan simpul jaringan yang diperlukan, penentuan parameter-parameter, penentuan jenis fungsi aktivasi dan terakhir mengimplementasikannya dalam bahasa pemrograman. Diagram alir untuk perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

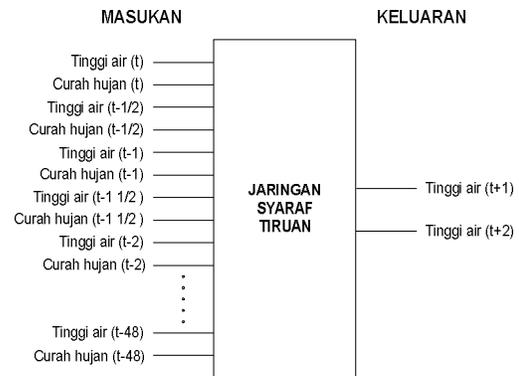


Gambar 3. Diagram alir perancangan perangkat lunak

### 3.1.1 Ukuran Jaringan (Network Size)

Jumlah simpul pada lapis masukan tergantung pada jumlah data yang akan diumpungkan pada jaringan. Dalam perancangan ini terdapat 192 buah data masukan untuk setiap prosesnya sehingga jumlah simpul pada lapis masukan berjumlah 192 simpul.

Simpul pada lapis keluaran ada dua buah yaitu prediksi untuk satu dan dua jam ke depan, sehingga ukuran JST perambatan balik yang dirancang dalam tugas akhir ini seperti terlihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Blok diagram sistem peramalan tinggi permukaan air dengan Jaringan Syaraf Tiruan

### 3.2 Perancangan Senarai Program Jaringan Syaraf Tiruan

Dalam tugas akhir ini semua Senarai program dibuat menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.0. Secara garis besar Senarai program dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian utama, yaitu :

1. Prosedur Pelatihan
2. Prosedur Pengujian
3. Prosedur Peramalan/Prediksi

#### IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

##### 4.1 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada aplikasi jaringan syaraf tiruan ini antara lain data untuk pelatihan, data untuk pengujian, data untuk prediksi, dan data bobot. Data untuk pelatihan dan data untuk pengujian adalah berupa data tinggi air dan data curah hujan dalam jangka waktu tertentu. Data yang digunakan pada proses pelatihan adalah data tinggi air dan curah hujan selama 3 bulan dengan selang waktu 30 menit sehingga jumlah datanya adalah 4.320 data tinggi air dan 4.320 data curah hujan.

##### 4.4 Pengujian Pengaruh Arsitektur dan Parameter JST pada Pelatihan

###### 4.3.1 Pengujian Pengaruh Arsitektur JST pada Pelatihan

###### a. Pengaruh Jumlah Simpul pada JST dengan 1 Lapis Tersembunyi

TABEL 1. PENGUJIAN PENGARUH JUMLAH SIMPUL LAPIS TERSEMBUNYI 1 DENGAN  $\alpha = 0,1$  DAN  $\mu = 0,25$

No.	Simpul	Epoch	Waktu
1	10	269	5 jam 38 menit
2	15	254	5 jam 26 menit
3	20	497	10 jam 59 menit
4	25	171	3 jam 55 menit
5	30	110	2 jam 39 menit
6	35	154	3 jam 52 menit
7	40	180	4 jam 59 menit

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa dengan bertambahnya jumlah simpul pada lapis tersembunyi 1 maka jumlah *epoch* kadang bertambah terkadang berkurang (fluktuatif), berbeda halnya dengan rata-rata lamanya waktu tiap *epoch* yang semakin bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah simpul. Berdasarkan pada banyak sedikitnya jumlah *epoch* dan waktu yang diperlukan, jumlah simpul yang terbaik dari 7 percobaan adalah dengan 30 simpul.

###### b. Pengaruh Jumlah Simpul pada JST dengan 2 Lapis Tersembunyi

TABEL 2. PENGUJIAN PENGARUH JUMLAH SIMPUL LAPIS TERSEMBUNYI 2 DENGAN  $\alpha = 0,1$  DAN  $\mu = 0,25$

No.	Simpul	Epoch	Waktu
1	10	257	7 jam 15 menit
2	15	213	6 jam 49 menit
3	20	348	11 jam 59 menit
4	25	71	2 jam 37 menit
5	30	197	7 jam 51 menit
6	35	215	9 jam 31 menit
7	40	120	5 jam 26 menit

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa dengan bertambahnya jumlah simpul pada lapis tersembunyi 2 maka jumlah *epoch* kadang bertambah terkadang berkurang (fluktuatif), berbeda halnya dengan rata-rata lamanya waktu tiap *epoch* yang semakin bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah simpul. Berdasarkan pada banyak sedikitnya jumlah *epoch* dan waktu yang diperlukan, jumlah simpul yang terbaik dari 7 percobaan adalah dengan 25 simpul.

###### c. Pengaruh Jumlah Simpul pada JST dengan 3 Lapis Tersembunyi

TABEL 3. PENGUJIAN PENGARUH JUMLAH SIMPUL LAPIS TERSEMBUNYI 3 DENGAN  $\alpha = 0,1$  DAN  $\mu = 0,25$

No.	Simpul	Epoch	Waktu
1	10	374	15 jam 49 menit
2	15	394	17 jam 24 menit
3	20	300	14 jam 15 menit
4	25	215	10 jam 38 menit
5	30	294	15 jam 7 menit
6	35	259	13 jam 51 menit
7	40	245	13 jam 44 menit

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa dengan bertambahnya jumlah simpul pada lapis tersembunyi 2 maka jumlah *epoch* kadang bertambah terkadang berkurang (fluktuatif), berbeda halnya dengan rata-rata lamanya waktu tiap *epoch* yang semakin bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah simpul. Berdasarkan pada banyak sedikitnya jumlah *epoch* dan waktu yang diperlukan, jumlah simpul yang terbaik dari 7 percobaan adalah dengan 25 simpul.

###### 4.3.2 Pengujian Pengaruh Parameter JST pada Pelatihan

###### a. Pengaruh Parameter Laju Pembelajaran ( $\alpha$ )

TABEL 4. PENGUJIAN PENGARUH PARAMETER LAJU PEMBELAJARAN DENGAN  $\mu = 0,25$  DAN JUMLAH SIMPUL 30

No.	$\alpha$	Epoch	Waktu
1	0,01	441	9 jam 59 menit
2	0,05	203	4 jam 42 menit
3	0,1	110	2 jam 37 menit
4	0,2	60	1 jam 19 menit
5	0,4	57	1 jam 15 menit
6	0,6	81	1 jam 45 menit
7	0,9	61	1 jam 20 menit

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa makin besar laju pembelajaran maka galat makin cepat turun atau makin cepat JST belajar. Hasil ini sesuai dengan yang diharapkan, karena laju pembelajaran memang merupakan laju dari JST dalam belajar. Hanya saja, sebagai kosekuensinya, tingkat ketelitian JST dalam perhitungan penyesuaian bobot menjadi berkurang.

b. Pengaruh Parameter Momentum ( $\mu$ )

TABEL 5. PENGUJIAN PENGARUH PARAMETER MOMENTUM DENGAN  $\alpha = 0,1$  DAN JUMLAH SIMPUL 30

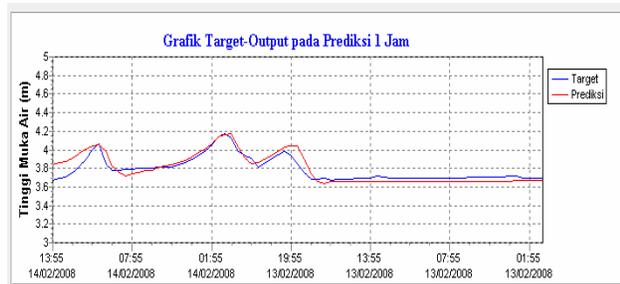
No.	Momentum	Epoch	Waktu
1	0,01	328	7 jam 21 menit
2	0,05	180	4 jam 10 menit
3	0,1	176	3 jam 50 menit
4	0,2	149	3 jam 16 menit
5	0,4	66	1 jam 29 menit
6	0,6	31	41 menit
7	0,9	40	52 menit

Dari Tabel 5 terlihat bahwa semakin besar momentum maka secara umum akan semakin cepat proses pelatihan. Penambahan momentum dimaksudkan untuk menghindari perubahan yang mencolok akibat adanya data yang sangat berbeda dengan yang lain (*outlier*). Apabila beberapa data terakhir yang diberikan ke jaringan memiliki pola serupa (berarti arah gradien sudah benar), maka perubahan bobot dilakukan secara cepat. Namun apabila data terakhir yang dimasukkan memiliki pola yang berbeda dengan pola sebelumnya, maka perubahan dilakukan secara lambat.

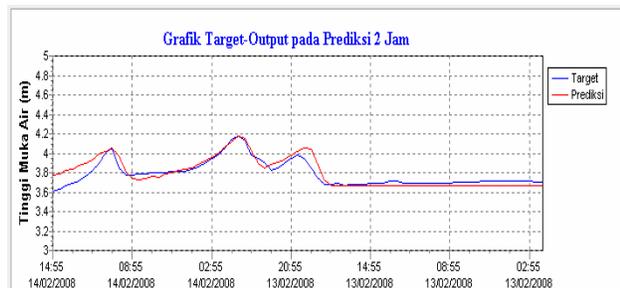
4.4 Pengujian Perangkat Lunak

4.4.1 Peramalan Tinggi Air Dengan Data yang pernah Dilatihkan

Pada pengujian ini, JST diuji sejauh mana kemampuan memorisasinya yaitu kemampuan dalam mengingat pola-pola berdasarkan data-data yang pernah dilatihkan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Hasil pengujian pada JST terhadap data yang pernah dilatihkan untuk prediksi 1 jam

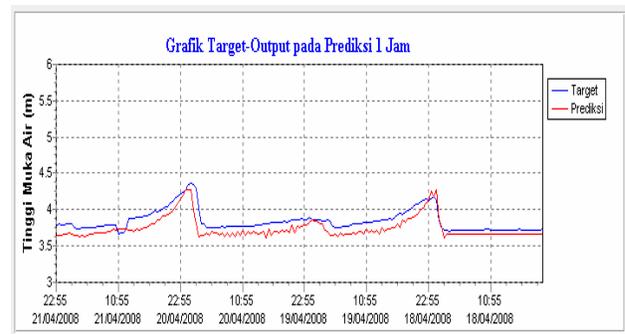


Gambar 6. Hasil pengujian pada JST terhadap data yang pernah dilatihkan untuk prediksi 2 jam

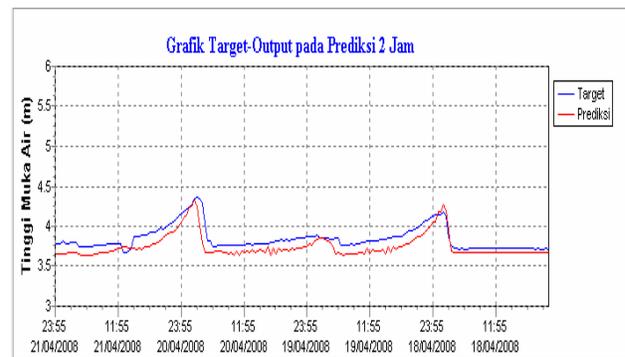
Pada pengujian dengan data yang telah dilatihkan menunjukkan bahwa pelatihan yang dilakukan oleh jaringan syaraf tiruan dengan perambatan balik dapat memprediksi tinggi air satu jam kemudian dengan rata-rata persentase kesalahan sebesar 1,10 % dan dapat memprediksi tinggi air dua jam kemudian dengan rata-rata persentase kesalahan sebesar 1,21 %.

4.4.2 Peramalan Tinggi Air Dengan Data yang belum pernah Dilatihkan

Pada pengujian ini, jaringan syaraf tiruan diuji sejauh mana kemampuan generalisasinya yaitu kemampuan dalam mengenali pola-pola berdasarkan data-data yang belum pernah dilatihkan. Hasil pengujian dengan data yang belum pernah dilatihkan dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Hasil pengujian pada JST terhadap data yang belum pernah dilatihkan untuk prediksi 1 jam



Gambar 8. Hasil pengujian pada JST terhadap data yang belum pernah dilatihkan untuk prediksi 2 jam

Pada pengujian dengan data yang telah dilatihkan menunjukkan bahwa pelatihan yang dilakukan oleh jaringan syaraf tiruan dengan perambatan balik dapat memprediksi tinggi air satu jam kemudian dengan rata-rata persentase kesalahan sebesar 1,97 % dan dapat memprediksi tinggi air dua jam kemudian dengan rata-rata persentase kesalahan sebesar 1,98 %.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dalam mengenali data masukan yang diberikan ke sistem karena rata-rata persentase kesalahan cukup kecil.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, mulai dari perancangan sampai pengujian dan analisis sistem, dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Jaringan syaraf tiruan perambatan-balik yang sudah dilatih dengan data tinggi permukaan air dan curah hujan, dapat digunakan untuk memprediksikan tinggi permukaan air untuk satu dan dua jam kemudian.
2. Jumlah simpul tiap lapis mempunyai pengaruh terhadap kecepatan program dalam melakukan pelatihan. Setelah dilakukan 7 percobaan untuk masing-masing lapisan diperoleh bahwa :
  - a. Lapis tersembunyi kesatu, sistem akan optimal dengan jumlah simpul 30
  - b. Lapis tersembunyi kedua, sistem akan optimal dengan jumlah simpul 25
  - c. Lapis tersembunyi ketiga, sistem akan optimal dengan jumlah simpul 25
3. Pelatihan untuk mendapatkan tingkat akurasi dalam peramalan dengan jaringan syaraf tiruan yang terbaik adalah sebagai berikut.
  - a. Laju pembelajaran : 0,1
  - b. Momentum : 0,6
  - c. Toleransi MSE :  $10^{-4}$
  - d. Maksimal iterasi : 5000
4. Dengan bertambahnya jumlah simpul baik pada JST dengan 1 lapis tersembunyi, 2 lapis tersembunyi, maupun 3 lapis tersembunyi, jumlah *epoch* kadang bertambah terkadang berkurang (fluktuatif).
5. Semakin besar laju pemahaman maka galat akan semakin cepat turun atau dengan kata lain semakin cepat JST belajar. Hanya saja, sebagai konsekuensinya, tingkat ketelitian JST dalam perhitungan penyesuaian bobot menjadi semakin berkurang karena semakin tidak konvergen.
6. Semakin besar momentum maka secara umum akan semakin cepat proses pelatihan. Penambahan momentum dimaksudkan untuk menghindari perubahan yang mencolok apabila ada pola data yang sangat berbeda dengan yang lain (*outlier*)
7. Hasil pengujian data yang pernah dilatihkan dan data yang belum pernah dilatihkan adalah sebagai berikut.
  - a. Pengujian dengan data yang pernah dilatihkan  
Untuk prediksi satu jam kemudian, rata-rata persentase kesalahannya adalah 1,10 %.  
Untuk prediksi dua jam kemudian, rata-rata persentase kesalahannya adalah 1,21 %.
  - b. Pengujian dengan data yang belum pernah dilatihkan  
Untuk prediksi satu jam kemudian, rata-rata persentase kesalahannya adalah 1,97 %.  
Untuk prediksi dua jam kemudian, rata-rata persentase kesalahannya adalah 1,98 %.

### 5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melatih sistem JST dengan berbagai tipe data simulasi dan data nyata, juga untuk membandingkan dengan teknik-teknik klasifikasi data yang lain (misalnya: pohon keputusan, *bayesian belief networks*, dan sebagainya) sehingga diharapkan kinerja dari JST menjadi lebih baik dan optimal.
2. Perlu dilakukan pengujian terhadap kombinasi arsitektur dan parameter untuk jaringan syaraf tiruan selain dari pengujian yang telah dilakukan. Dengan mengujinya lebih banyak, diharapkan dapat ditemukan parameter jaringan syaraf tiruan yang paling optimal.
3. Perlu dipelajari lebih lanjut waktu yang optimal pada peramalan dalam kaitannya dengan waktuantisipasi atau persiapan terhadap terjadinya banjir.
4. Perancangan perangkat lunak perlu memperhatikan kondisi alat di lapangan baik berupa format data, kemungkinan tidak bekerja dengan baik, perbedaan waktu kirim antara sensor tinggi air dan curah hujan, letak penempatan sensor, dan sebagainya.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bahri dan Kusnassriyanto, *Pemrograman Delphi*, Informatika Bandung, 2005.
- [2] Chow, V.T., *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1964.
- [3] Ed. I. dan F. Aziz, *Aplikasi Program PHP dan MySql*, MADCOMS, Yogyakarta, 2004.
- [4] Hermawan, A., *Jaringan Syaraf Tiruan Teori dan Aplikasinya*, Andi, Yogyakarta, 2006.
- [5] Kristanto, Andri, *Jaringan Syaraf Tiruan (Konsep Dasar, Algoritma, dan Aplikasi)*, Gava Media, Yogyakarta, 2004.
- [6] Kusumadewi, S., *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003.
- [7] Loebis, J., Soewarno, dan Suprihadi, *Hidrologi Sungai*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1993.
- [8] Nasution, I.R., *Hidrologi untuk Perencanaan Jembatan*, USU Repository, Medan, 2006.
- [9] Pham, D.T., and X. Liu, *Neural Network for Identification, Prediction and Control*, Springer, New York, 1995.
- [10] Puspitaningrum, D., *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*, ANDI, Yogyakarta, 2006.
- [11] Ritung, S., Wahyunto, F. Agus, dan H. Hidayat, *Panduan Evaluasi Kesesuaian Lahan*, Balai Penelitian Tanah dan ICRAF, Bogor, 2007.
- [12] Schalkoff, R.J., *Pattern Recognition : Statistical, Struktural and Neural Approaches*, John Wiley & Sons, Inc., 1992.
- [13] Siang, J.J., *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya menggunakan Matlab*, ANDI, Yogyakarta, 2005.

**Herry Dharma Setyawan (L2F003506)**



Penulis lahir di Jakarta Selatan, 29 Maret 1985. Menempuh pendidikan di TK Dharma Wanita Bengkulu, SDN 603 Palembang, SLTPN 2 Pekalongan, dan SMUN 1 Pekalongan. Saat ini masih menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Semarang, dengan mengambil konsentrasi Elektronika Telekomunikasi.

Menyetujui dan Mengesahkan,

Pembimbing I

Budi Setiyono, S.T., M.T.  
NIP. 132 283 184

Pembimbing II

R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.  
NIP. 132 288 515