



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERAMALAN KECEPATAN ANGIN JANGKA PENDEK  
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU  
MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN  
PROPAGASI BALIK**

**TESIS**

**ADEK PURNAMA**

**08 06 42 41 12**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
MARET 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERAMALAN KECEPATAN ANGIN JANGKA PENDEK  
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU  
MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN  
PROPAGASI BALIK**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister  
Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Elektro**

**ADEK PURNAMA**

**08 06 42 41 12**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
KEKHUSUSAN TENAGA LISTRIK DAN ENERGI  
DEPOK  
MARET 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Adek Purnama

NPM : 0806424112

Tanda tangan : 

Tanggal : 31 Maret 2011

## LEMBAR PENGESAHAN

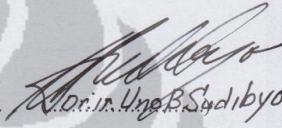
Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Adek Purnama  
NPM : 0806424112  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Tesis : Peramalan Kecepatan Angin Jangka Pendek Untuk  
Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Menggunakan  
Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

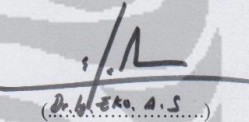
### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Uno Bintang Sudibyo, I.P.M.



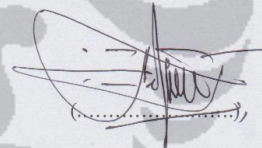
(Dr. Ir. Uno B. Sudibyo)

Pembimbing II : Dr. Ing. Eko Adi Setiawan, ST, MT



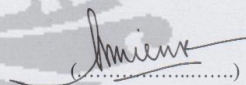
(Dr. Ing. Eko A. S.)

Penguji : Dr. Ir. Ridwan Gunawan, M.T.



(Dr. Ir. Ridwan Gunawan)

Penguji : Ir. Amien Rahardjo, M.T.



(Ir. Amien Rahardjo)

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 4 Mei 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan Semesta Alam, karena hanya dari-Nya-lah segala berkah dan rahmat yang membuat saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Kekhususan Teknik Tenaga Listrik, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Uno Bintang Sudibyó, selaku pembimbing pertama dan Bapak Dr-Ing. Eko Adi Setiawan, ST, MT, selaku dosen pembimbing kedua karena telah memberikan kesempatan, arahan, waktu, dan pikirannya untuk membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.



Depok, Maret 2011

Penulis

## **HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Adek Purnama  
NPM : 0806424112  
Program Studi : Teknik Tenaga Listrik  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-Exclusive-royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### **Peramalan Kecepatan Angin Jangka Pendek Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik**

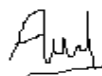
Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 12 Mei 2011

Yang menyatakan,



(Adek Purnama)

## ABSTRAK

Nama : Adek Purnama  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Peramalan Kecepatan Angin Jangka Pendek Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik

Peramalan kecepatan angin menggunakan jaringan saraf tiruan propagasi balik merupakan salah satu metoda peramalan kecepatan angin jangka pendek (dalam orde jam) yang cukup efektif untuk diterapkan. Metoda ini mampu memberikan hasil peramalan kecepatan angin yang baik dengan error peramalan terkecil adalah 0.0017. Parameter *output* dari peramalan kecepatan angin sangat adaptif terhadap perubahan-perubahan yang terjadi pada parameter *inputnya*, sehingga hasil peramalan akan lebih mendekati kondisi sebenarnya. Parameter *input* yang digunakan meliputi temperatur udara, kelembaban udara, arah angin dan curah hujan.

Kata kunci:

Peramalan Jangka Pendek, Jaringan Saraf Tiruan, Propagasi Balik

## ABSTRACT

Name : Adek Purnama  
Study Program : Electrical Engineering  
Title : Short-Term Wind Speed Forecasting for Wind Power Generation Using Backpropagation Neural Networks

Wind speed forecasting using backpropagation artificial neural network is one of the short-term wind speed forecasting method (in the ordre of hours) which is quite effective to be applied. This method provides the good wind speeds forecasting result with the smallest error is 0.0017. The output parameters of wind speed forecast is very adaptive to the changes of the input parameters, so the forecast results will be closer to the real conditions. The input parameters that being used are air temperature, air humadity, wind direction and rainfall.

Keywords :

Short-Term Forecasting, Neural Networks, Backpropagation

## DAFTAR ISI

	HALAM
AN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang dan Permasalahan .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Pembahasan.....	3
<b>2. TEORI DASAR.....</b>	<b>4</b>
2.1 Angin .....	4
2.1.1 Penyebab Terjadinya Angin .....	4
2.1.2 Kecepatan Angin Terhadap Ketinggian .....	5
2.1.3 Kecepatan Angin Rata-Rata .....	6
2.2 Peramalan .....	6
2.2.1 Prosedur Peramalan.....	7
2.2.2 Ukuran Galat Peramalan .....	7
2.3 Koefisien Korelasi.....	8
2.4 Jaringan Saraf Tiruan.....	9
2.4.1. Model <i>Neuron</i> .....	10
2.4.2 Konsep Dasar Jaringan Saraf Tiruan.....	11
2.4.3 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan... ..	11
2.4.4 Metode Pembelajaran/ Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan... ..	13
2.4.5 Fungsi Aktifasi.....	14
2.4.6 Pelatihan Propagasi Balik.....	15
<b>3. MODEL PERAMALAN KECEPATAN ANGIN DENGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK .....</b>	<b>18</b>
3.1 Pengumpulan Data .....	18
3.2 Transformasi Data (Normalisasi Data).....	18
3.3 Perancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan.....	19
3.4 Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik .....	20
3.5 Pengujian Jaringan Saraf Tiruan .....	24
3.6 Denormalisasi Data .....	24
3.7 Diagram Alir Peramalan Kecepatan Angin Jangka Pendek Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik .....	24



<b>4.</b>	<b>SIMULASI DAN ANALISIS .....</b>	<b>26</b>
4.1	Data Parameter <i>Input/Output</i> Simulasi JST Propagasi Balik .....	26
4.2	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan JST Propagasi Balik .....	26
4.2.1	Hasil Simulasi Menggunakan Data Satu Bulan.....	27
4.2.2	Hasil Simulasi Menggunakan Data Dua Bulan.....	28
4.2.3	Hasil Simulasi Menggunakan Data Tiga Bulan.....	28
4.2.4	Hasil Simulasi Menggunakan Data Satu Tahun.....	29
4.2.5	Hasil Simulasi Menggunakan Data Dua Tahun.....	29
4.2.6	Hasil Simulasi Menggunakan Data Tiga Tahun.....	30
4.2.7	Hasil Simulasi Menggunakan Data Empat Tahun.....	31
4.2.8	Hasil Simulasi Menggunakan Data Lima Tahun.....	31
4.2.9	Hasil Simulasi Menggunakan Data Enam Tahun.....	32
4.2.10	Hasil Simulasi Menggunakan Data Tujuh Tahun.....	32
4.2.11	Hasil Simulasi Menggunakan Data Delapan Tahun.....	33
4.2.12	Hasil Simulasi Menggunakan Data Sembilan Tahun.....	33
4.3	Analisis Hasil Simulasi .....	34
4.3.1	Jumlah Dan Variasi Data Yang Digunakan Untuk Peramalan.....	34
4.3.2	Jumlah <i>Neuron</i> Setiap <i>Layer</i> Dan Jumlah <i>Neuron</i> <i>Hidden Layer</i> .....	42
4.3.3	Pengaruh Parameter <i>Input</i> Terhadap Hasil Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan JST Propagasi Balik.....	42
4.3.4	Potensi Tenaga Angin.....	43
<b>5.</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>47</b>
	<b>DAFTAR REFERENSI.....</b>	<b>48</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pola Profil Angin Vertikal Terhadap Jenis Tutupan Lahan .....	6
Gambar 2.2	Model <i>Neuron</i> .....	10
Gambar 2.3	Arsitektur Lapis Tunggal .....	12
Gambar 2.4	Arsitektur Lapis Jamak.....	13
Gambar 2.5	Arsitektur Lapis Kompetitif....	13
Gambar 2.6	Blok Diagram Pelatihan Propagasi Balik.....	15
Gambar 2.7	Arsitektur Propagasi Balik Berbasis Jaringan Saraf Tiruan.....	15
Gambar 3.1	Model Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan Untuk Peramalan Kecepatan Angin Jangka Pendek.....	20
Gambar 3.2	Diagram Alir Algoritma Pembelajaran JST Propagasi Balik.....	21
Gambar 3.3	Diagram Alir Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik.....	25
Gambar 4.1	Perbandingan Nilai <i>Error</i> Pembelajaran Dan Pengujian Menggunakan Data Satu Bulan Sampai Dengan Sembilan Tahun .....	35
Gambar 4.2	Hasil Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan Data Dua Bulan .....	39



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Kondisi Angin Yang Dapat Digunakan Untuk Menghasilkan Energi Listrik.....	4
Tabel 4.1	Parameter <i>Input/ Output</i> Simulasi Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan JST Propagasi Balik.....	26
Tabel 4.2	Parameter Pembelajaran JST Propagasi Balik .....	27
Tabel 4.3	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Satu Bulan...	27
Tabel 4.4	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Dua Bulan ...	28
Tabel 4.5	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Tiga Bulan...	29
Tabel 4.6	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Satu Tahun ..	29
Tabel 4.7	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Dua Tahun...	30
Tabel 4.8	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Tiga Tahun ..	30
Tabel 4.9	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Empat Tahun.....	31
Tabel 4.10	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Lima Tahun.	31
Tabel 4.11	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Enam Tahun.....	32
Tabel 4.12	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Tujuh Tahun.....	32

Tabel 4.13	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Delapan Tahun.....	33
Tabel 4.14	Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data <i>Input/Output</i> Sembilan Tahun.....	33
Tabel 4.15	Hasil Simulasi Proses Pengujian Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan JST Propagasi Balik.....	34
Tabel 4.16	Karakteristik Data <i>Input</i> Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data Satu Bulan.....	36
Tabel 4.17	Hasil Peramalan Kecepatan Angin menggunakan Data Dua Bulan.....	36
Tabel 4.18	Karakteristik Data <i>Input</i> Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data Dua Bulan .....	39
Tabel 4.19	Hasil Simulasi Peramalan Tahun 2001 Sampai Dengan Tahun 2009 Menggunakan Data Satu Bulan Sampai Dengan Satu Tahun.....	40
Tabel 4.20	Pengaruh Setiap Parameter Input Terhadap Hasil Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan JST Propagasi Balik.....	43
Tabel 4.21	Daya Total.....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Listing Program Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik  
Menggunakan Data *Input/ Output* Dua Bulan
- Lampiran 2 Hasil *Running* Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik  
Menggunakan Data *Input/Output* Dua Bulan



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang dan Permasalahan**

Kebutuhan akan sumber daya energi alternatif merupakan suatu keharusan untuk mengantisipasi peningkatan pemakaian energi konvensional. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbarui adalah energi angin. Konversi energi angin menjadi energi listrik dilakukan dengan aliran angin yang menggerakkan baling-baling yang memutar generator sehingga dihasilkan energi listrik.

Besarnya energi listrik yang dihasilkan tergantung pada kecepatan angin. Kecepatan angin akan selalu berubah-ubah dalam periode waktu yang singkat, sehingga energi listrik yang dibangkitkan juga akan berubah-ubah. Hal ini mengakibatkan sulitnya menentukan besarnya energi listrik yang dibangkitkan dimasa yang akan datang. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka diperlukan peramalan kecepatan angin.

Kecepatan angin sangat dipengaruhi oleh parameter meteorologi seperti temperatur udara, tekanan udara, kelembaban, curah hujan serta topografi suatu wilayah. Hubungan antara kecepatan angin dengan faktor yang mempengaruhinya (parameter meteorologi) bersifat nonlinier, sehingga peramalan kecepatan angin akan sulit dilakukan dengan cara normal. Untuk itu dibutuhkan suatu metoda peramalan yang dapat mencari hubungan antara kecepatan angin dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya sehingga diperoleh hasil peramalan mendekati kondisi aktual (galat peramalan kecil).

Metoda yang digunakan dalam peramalan kecepatan angin, salah satunya adalah jaringan saraf tiruan. Metoda ini dapat diterapkan untuk peramalan kecepatan angin karena sisi keluarannya sangat adaptif terhadap perubahan-perubahan yang terjadi pada sisi masukannya. Metoda peramalan ini akan mencari pola hubungan antara sisi masukan (parameter meteorologi) dengan sisi keluarannya (kecepatan angin).

## 1.2 Perumusan Masalah

Potensi energi angin di Indonesia sebagai energi alternatif cukup besar. Faktor yang sangat berpengaruh dalam pembangkitan energi listrik Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah kecepatan angin. Oleh sebab itu, diperlukan suatu model peramalan kecepatan angin berjangka pendek yang dapat meramalkan kecepatan angin dengan menggunakan parameter-parameter meteorologi.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan peramalan kecepatan angin jangka pendek (dalam orde jam) dengan membuat sebuah model simulasi Matlab berbasis jaringan saraf tiruan propagasi balik, sehingga bisa diperoleh hasil peramalan mendekati kondisi aktual (nilai galat peramalan kecil).

## 1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, masalah dibatasi pada :

1. Penelitian kecepatan angin dilakukan di provinsi Bali pada bulan Januari, April, Juli dan Oktober yang dianggap mewakili kecepatan angin pada bulan-bulan lainnya, dalam kurun waktu 9 tahun (2001-2009).
2. Model peramalan kecepatan angin menggunakan jaringan saraf tiruan propagasi balik.
3. Sinyal *input* jaringan saraf tiruan merupakan data historis parameter-parameter meteorologi yang meliputi temperatur udara, kelembaban udara, arah angin dan curah hujan.
4. Pada penelitian ini ukuran galat yang dipakai adalah *Mean Squared Error* (MSE).

## 1.5 Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilaksanakan pada penelitian ini adalah :

1. Studi literatur untuk mempelajari peramalan kecepatan angin dengan menggunakan metode jaringan saraf tiruan propagasi balik.

2. Pengumpulan data historis kecepatan angin serta parameter-parameter meteorologi yang mempengaruhi kecepatan angin di provinsi Bali dalam kurun waktu sembilan tahun (2001 -2009).
3. Perancangan arsitektur jaringan saraf tiruan yang meliputi penentuan jumlah *layer* dan jumlah *neuron* pada *layer input*, *hidden* dan *output*.
4. Melakukan simulasi pelatihan jaringan saraf tiruan, dimana proses pelatihan ini menggunakan 90% dari total data yang ada.
5. Melakukan simulasi pengujian arsitektur jaringan saraf tiruan, dimana pengujian ini menggunakan sisa 10% dari total data.
6. Menganalisis hasil dan *error* yang diperoleh dari simulasi yang dilakukan, kemudian menarik kesimpulan dari analisis tersebut.

#### **1.6 Sistematika Pembahasan**

Pada bab satu membahas tentang latar belakang penelitian, perumusan permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika pembahasan; bab dua membahas tentang konsep dasar yang meliputi karakteristik angin, analisis korelasi, teknik peramalan dan arsitektur jaringan saraf tiruan; bab tiga membahas tentang metodologi penelitian yang meliputi tahapan-tahapan yang dilakukan dalam peramalan kecepatan angin menggunakan jaringan saraf tiruan propagasi balik; bab empat pengujian dan analisis peramalan kecepatan angin menggunakan jaringan saraf tiruan propagasi balik; bab lima merupakan kesimpulan dari penelitian ini.



## **BAB 2 TEORI DASAR**

### **2.1. Angin**

#### **2.1.1 Penyebab Terjadinya Angin**

Angin yang bertiup di permukaan bumi disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Adanya perbedaan temperatur dan tekanan udara  
Pada suatu wilayah, daerah yang menerima energi matahari lebih besar akan mempunyai temperatur udara yang lebih tinggi dan tekanan udara yang lebih rendah. Sehingga akan terjadi perbedaan temperatur dan tekanan udara antara daerah yang menerima energi matahari lebih besar dengan daerah lain yang lebih sedikit menerima energi matahari, akibatnya akan terjadi aliran udara pada wilayah tersebut.
2. Adanya rotasi bumi
3. Adanya ketidakteraturan permukaan bumi seperti adanya gunung dan lembah, adanya daratan dan lautan
4. Adanya partikel-partikel yang terkandung dalam udara (seperti uap air, es, debu dan asap)

Syarat-syarat dan kondisi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.1.** Tabel kondisi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik

Kelas Angin	Kecepatan Angin (m/s)	Kondisi Alam di Daratan
<b>1</b>	<b>0,0 – 0,2</b>	-
<b>2</b>	<b>0,3 – 1,5</b>	<b>Angin tenang, asap lurus ke atas</b>
<b>3</b>	<b>1,6 – 3,3</b>	<b>Asap bergerak mengikuti arah angin</b>
<b>4</b>	<b>3,4 – 5,4</b>	<b>Wajah terasa ada angin, daun-daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak</b>

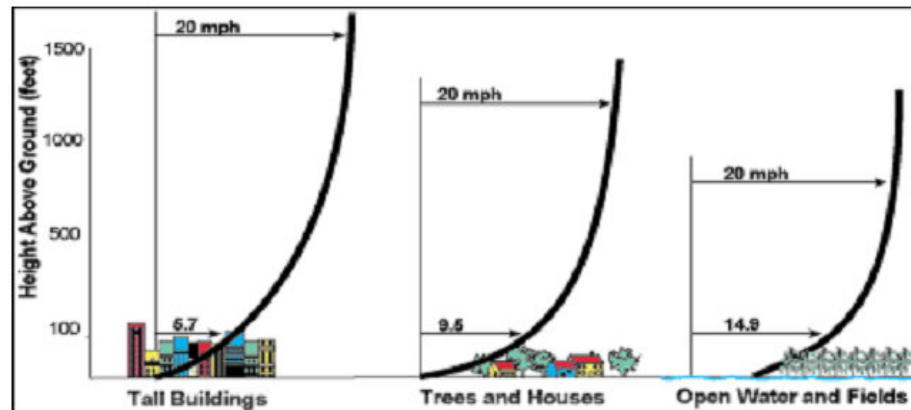
5	5,5- 7,9	Jalan berdebu, kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8,0 – 10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10,8 – 13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air plampung berombak kecil
8	13,9 – 17,1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa ditelinga
9	17,2 – 20,7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan angin
10	20,8 – 24,4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24,5 – 28,4	Dapat merubuhkan pohon, dan menimbulkan kerusakan
12	28,5 – 32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32,7 – 36,9	Tornado

Sumber : <http://www.kincirangin.info/pdf/kondisi-angin.pdf>

Angin kelas tiga adalah batas minimum dan angin kelas delapan adalah batas maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Di Indonesia batas kecepatan angin minimum adalah angin kelas satu dan batas maksimum adalah angin kelas tujuh.

### 2.1.2 Kecepatan Angin Terhadap Ketinggian

Tingkat kecepatan angin terhadap ketinggian tergantung pada dua faktor yaitu pencampuran udara dan kekasaran permukaan bumi<sup>[1]</sup>. Pencampuran udara dipengaruhi oleh pemanasan matahari, sehingga kecepatan angin bertambah pada siang hari dan berkurang pada malam hari. Kekasaran permukaan menentukan kecepatan angin dekat permukaan. Di area dengan kekasaran tinggi, seperti hutan atau kota, kecepatan angin dekat permukaan cenderung lambat dan sebaliknya kecepatan angin cukup tinggi pada area kekasaran rendah seperti daerah datar dan lapangan terbuka. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini:



**Gambar 2.1** Pola profil angin vertikal terhadap jenis tutupan lahan  
 Sumber : <http://www.energy.iastate.edu/Renewable/wind/wem/windpower>

### 2.1.3 Kecepatan Angin Rata-Rata

Kecepatan angin rata-rata dibutuhkan untuk mengetahui variasi harian kecepatan angin. Dengan mengetahui variasi harian kecepatan angin, dapat diketahui saat-saat dimana angin bertiup kencang dalam satu hari, sehingga dapat digunakan untuk menentukan berapa jam dalam sehari semalam energi angin di daerah tersebut dapat dipergunakan untuk menggerakkan turbin.

Kecepatan angin rata-rata dapat dihitung dengan persamaan<sup>[2]</sup>:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (2.1)$$

dengan :

$\bar{V}$  = kecepatan angin rata – rata (m/s).

$V_i$  = kecepatan angin yang terukur (m/s)

$t_i$  = lamanya angin bertiup dengan kecepatan  $V_i$  (m/s)

$n$  = banyaknya data pengukuran

## 2.2 Peramalan

Peramalan adalah perkiraan mengenai sesuatu yang akan terjadi dimasa yang akan datang<sup>[3]</sup>. Peramalan bertujuan mendapatkan hasil peramalan mendekati

kondisi aktualnya. Ada dua metode atau teknik peramalan yang dapat digunakan, yaitu teknik peramalan kualitatif dan kuantitatif. Teknik peramalan kualitatif lebih menitikberatkan pada pendapat dan intuisi manusia, sehingga data historis yang ada menjadi tidak begitu penting. Sedangkan teknik peramalan kuantitatif sangat mengandalkan data historis yang dimiliki.

### 2.2.1 Prosedur Peramalan

Dalam melakukan peramalan (khususnya metode kuantitatif) terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Definisikan tujuan peramalan  
Misalnya peramalan dapat digunakan selama masa pra-produksi untuk mengukur tingkat dari suatu permintaan.
2. Buatlah diagram pencar  
Misalnya memplot data permintaan *versus* waktu, dimana permintaan sebagai *ordinat* (Y) dan waktu sebagai *axis* (X).
3. Memilih model peramalan yang tepat  
Melihat dari kecenderungan data pada diagram pencar, maka dipilih model peramalan yang diperkirakan dapat mewakili pola tersebut.
4. Lakukan peramalan
5. Hitung galat peramalan  
Keakuratan suatu model peramalan bergantung pada seberapa dekat nilai hasil peramalan terhadap nilai data yang sebenarnya. Selisih antara nilai aktual dan nilai ramalan disebut sebagai galat peramalan (*forecast error*)
6. Lakukan verifikasi  
Untuk mengevaluasi apakah pola data menggunakan metode peramalan tersebut sesuai dengan pola data sebenarnya.

### 2.2.2 Ukuran Galat Peramalan

Hasil peramalan mempunyai kecenderungan memiliki galat (*error*). Beberapa statistik ukuran *error* yang biasa dipakai dalam peramalan, yaitu<sup>[4]</sup>:

### 1. Mean Absolute Error

Mean Absolute Error (MAE) adalah rata-rata nilai *absolute* dari galat peramalan (tidak dihiraukan tanda positif atau negatifnya)

$$MAE = \frac{\sum |y_t - \hat{y}_t|}{n} \quad (2.2)$$

dengan:

$Y_t$  = data sebenarnya

$\hat{Y}_t$  = data ramalan dihitung dari model yang digunakan pada waktu  $t$

$n$  = banyak data hasil ramalan

### 2. Mean Squared Error (MSE)

Mean squared Error (MSE) adalah kuadrat dari rata-rata galat peramalan.

$$MSE = \frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} \quad (2.3)$$

### 3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

$$MAPE = \frac{1}{n} \frac{\sum |y_t - \hat{y}_t|}{y_t} \quad (2.4)$$

## 2.3 Koefisien Korelasi

Korelasi merupakan suatu teknik untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel (kadang lebih dari dua variabel) dengan skala-skala tertentu. Kuat lemah hubungan diukur dengan kisaran 0 sampai dengan 1.

Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak<sup>[5]</sup>. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah dan sebaliknya. Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel, maka dapat diukur sebagai berikut :

#### 1. Koefisien korelasi 0

Artinya tidak ada korelasi antara dua variabel

#### 2. Koefisien korelasi antara 0 – 0,25

- Artinya korelasi antara dua variabel sangat lemah
3. Koefisien Korelasi antara 0,25 – 0,5  
Artinya korelasi antara dua variabel cukup kuat
  4. Koefisien korelasi antara 0,5 – 0,75  
Artinya korelasi antara dua variabel kuat
  5. Koefisien korelasi antara 0,75 – 0,99  
Artinya korelasi antara dua variabel sangat kuat
  6. Koefisien korelasi 1  
Artinya korelasi antara dua variabel sempurna

#### 2.4 Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan (JST) atau *neural network* adalah suatu metode komputasi yang meniru sistem jaringan saraf biologis. Metode ini menggunakan elemen dasar yang disebut *neuron* yang diorganisasikan sebagai jaringan yang saling berhubungan, sehingga mirip dengan jaringan saraf manusia.

Layaknya *neuron* biologi, JST juga merupakan sistem yang bersifat “*fault tolerant*” dalam 2 hal. Pertama, dapat mengenali sinyal *input* yang agak berbeda dari yang pernah diterima sebelumnya. Kedua, tetap mampu bekerja meskipun beberapa *neuron*nya tidak mampu bekerja dengan baik.

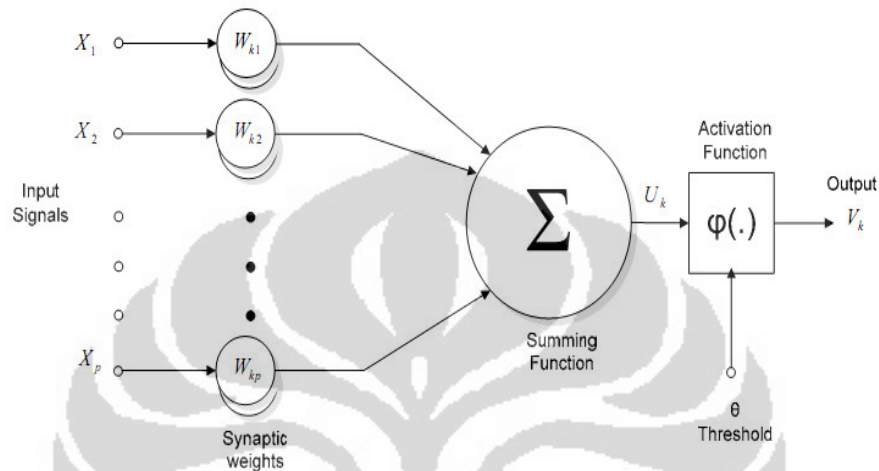
Jaringan saraf tiruan seperti manusia, belajar dari suatu contoh karena mempunyai karakteristik yang adaptif, yaitu dapat belajar dari data-data sebelumnya dan mengenal pola data yang selalu berubah. Selain itu, JST merupakan sistem yang tak terprogram, artinya semua keluaran atau kesimpulan yang ditarik oleh jaringan didasarkan pada pengalamannya selama mengikuti proses pembelajaran/pelatihan.

Hal yang ingin dicapai dengan melatih JST adalah untuk mencapai keseimbangan antara kemampuan memorisasi dan generalisasi<sup>[6]</sup>. Yang dimaksud kemampuan memorisasi adalah kemampuan JST untuk mengambil kembali secara sempurna sebuah pola yang telah dipelajari. Kemampuan generalisasi adalah kemampuan JST untuk menghasilkan respon yang bisa diterima terhadap pola-pola *input* yang serupa (namun tidak identik) dengan pola-pola yang sebelumnya telah dipelajari. Hal ini sangat bermanfaat bila pada suatu saat ke dalam JST itu

diinputkan informasi baru yang belum pernah dipelajari, maka JST itu masih akan tetap dapat memberikan keluaran yang paling mendekati.

#### 2.4.1 Model Neuron

*Neuron* terdiri dari tiga bagian, yaitu: fungsi penjumlahan (*summing function*), fungsi aktivasi (*activation function*), dan keluaran (*output*). Hal ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.2 Model Neuron <sup>[7]</sup>

Informasi (*input*) akan dikirim ke *neuron* dengan bobot tertentu. *Input* ini akan diproses oleh suatu fungsi yang akan menjumlahkan nilai-nilai bobot yang ada. Misalkan  $x_1, x_2, \dots, x_p$  adalah unit-unit input dan  $w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{kp}$  adalah bobot penghubung dari unit-unit input ke unit keluaran  $V_k$ , maka unit penjumlah akan memberikan keluaran sebesar :

$$U_k = x_1 w_{k1} + x_2 w_{k2} + \dots + x_p w_{kp} \quad (2.5)$$

Hasil penjumlahan kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap *neuron*. Apabila *input* tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka *neuron* tersebut akan diaktifkan, jika tidak, maka *neuron* tidak akan diaktifkan. Apabila *neuron* tersebut diaktifkan, maka *neuron* tersebut akan mengirimkan *output* melalui bobot-bobot *output*nya kesemua *neuron* yang berhubungan dengannya. *Output neuron* ( $V_k$ ) dapat ditulis sebagai berikut:

$$V_k = f(U_k) \quad (2.6)$$

### 2.4.2 Konsep Dasar Jaringan Saraf Tiruan

Setiap pola-pola informasi *input* dan *output* yang diberikan kedalam JST diproses dalam *neuron*. *Neuron-neuron* tersebut terkumpul di dalam lapisan-lapisan yang disebut *neuron layers*. Lapisan-lapisan penyusun JST tersebut dapat dibagi menjadi 3, yaitu :

#### 1. Lapisan *input*

Lapisan *input* adalah lapisan yang terdiri dari unit-unit (*neuron*) *input* yang langsung menerima sinyal *input* dari luar dan mengirimkan informasi (*input*) yang diterima ke setiap *neuron* yang ada pada lapisan tersembunyi di atasnya melalui bobot-bobot yang menghubungkan lapisan *input* dengan lapisan tersembunyi tersebut.

#### 2. Lapisan tersembunyi

Lapisan tersembunyi (*hidden layer*) adalah lapisan yang terdiri dari unit-unit (*neuron*) tersembunyi yang terletak antara lapisan *input* dan lapisan *output* dimana *output*nya tidak dapat secara langsung diamati. Penambahan lapisan tersembunyi ini dapat meningkatkan kemampuan jaringan dalam pengenalan pola.

#### 3. Lapisan *output*

Lapisan *output* adalah lapisan yang terdiri dari unit-unit (*neuron*) *output* dimana keluaran dari lapisan *output* ini merupakan solusi JST terhadap suatu permasalahan.

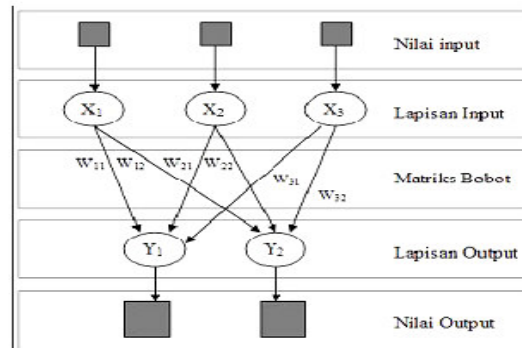
### 2.4.3 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

JST memiliki beberapa arsitektur jaringan yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi. Arsitektur JST tersebut, antara lain<sup>[8]</sup>:

#### 1. Jaringan lapis tunggal

Jaringan lapisan tunggal (*single layer network*) terdiri dari 1 lapisan *input* dan 1 lapisan *output*. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan tersembunyi.





Gambar 2.3 Arsitektur lapis tunggal<sup>[8]</sup>

Dengan :

$$X = [X_1 \quad X_2 \quad X_3]$$

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{21} & W_{22} \\ W_{31} & W_{32} \end{bmatrix}$$

$$[Y_1 \quad Y_2] = [X_1 \quad X_2 \quad X_3] \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{21} & W_{22} \\ W_{31} & W_{32} \end{bmatrix}$$

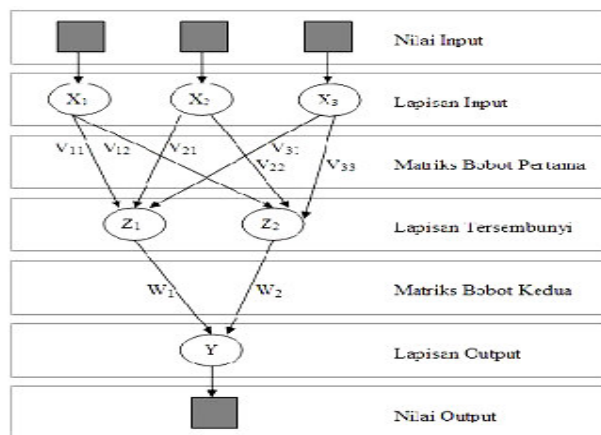
$$[Y_1 \quad Y_2] = [X_1 W_{11} + X_2 W_{21} + X_3 W_{31} \quad X_1 W_{12} + X_2 W_{22} + X_3 W_{32}]$$

$$Y_1 = X_1 W_{11} + X_2 W_{21} + X_3 W_{31}$$

$$Y_2 = X_1 W_{12} + X_2 W_{22} + X_3 W_{32}$$

## 2. Jaringan lapis jamak

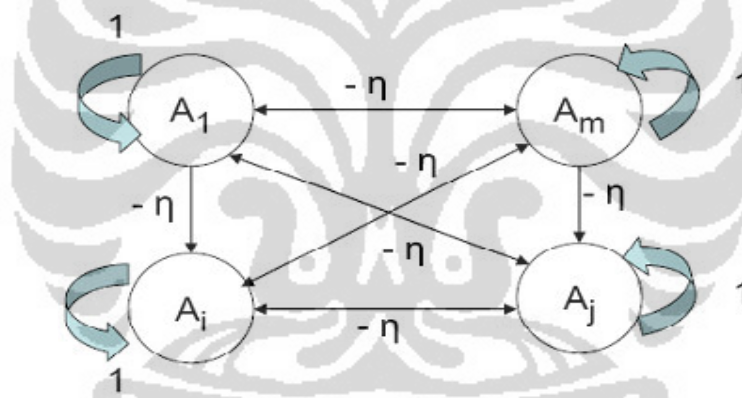
Jaringan lapisan jamak (*multi layer network*) memiliki tiga lapisan, yaitu: lapis *input*, lapis tersembunyi, dan lapis *output*. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks dibandingkan jaringan lapisan tunggal. Namun, proses pelatihan sering membutuhkan waktu yang cenderung lama.



Gambar 2.4 Arsitektur lapis jamak<sup>[8]</sup>

### 3. Jaringan lapis kompetitif

Pada jaringan lapis kompetitif (*competitive layer network*) sekumpulan *neuron* bersaing untuk mendapatkan hak menjadi aktif.



Gambar 2.5 Arsitektur lapis kompetitif<sup>[8]</sup>

#### 2.4.4 Metode Pembelajaran Jaringan Saraf Tiruan

Proses pembelajaran dilakukan untuk mengetahui hubungan *input/output*. Ada dua tipe pembelajaran yang dikenal yaitu<sup>[9]</sup> :

##### 1. Pembelajaran terawasi

Pada pembelajaran terawasi (*supervised learning*), setiap pola yang diberikan kedalam JST telah diketahui *output*nya. Selisih antara pola *output* yang dihasilkan dengan pola *output* yang dikehendaki (target) disebut *error*, yang digunakan untuk mengoreksi bobot JST sehingga JST mampu menghasilkan *output* sedekat mungkin dengan pola target.

## 2. Pembelajaran tidak terawasi

Pada pembelajaran tidak terawasi (*unsupervised learning*), tidak memerlukan target *output*. Pada metode ini tidak dapat ditentukan hasil seperti apakah yang diharapkan selama proses pembelajaran. Pembelajaran ini biasanya sangat cocok untuk klasifikasi pola.

### 2.4.5 Fungsi Aktivasi

Dalam JST, fungsi aktivasi digunakan untuk menentukan keluaran suatu *neuron*. Argumen fungsi aktivasi adalah net masukan (kombinasi linier masukan dan bobotnya)<sup>[10]</sup>. Jika :

$$net = \sum x_i w_i \quad (2.5)$$

Maka fungsi aktivasinya adalah :

$$f(net) = f(\sum x_i w_i) \quad (2.6)$$

Beberapa fungsi aktivasi yang digunakan adalah :

#### 1. Fungsi *threshold*

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \dots x \geq a \\ 0 & \dots x \leq a \end{cases} \quad (2.7)$$

Fungsi *threshold* pada persamaan (2.7) merupakan fungsi *threshold* biner. Untuk kasus bilangan bipolar, maka angka 0 diganti dengan angka -1. Sehingga persamaan (2.7) diubah menjadi :

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \dots x \geq a \\ -1 & \dots x \leq a \end{cases} \quad (2.8)$$

#### 2. Fungsi *sigmoid*

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.9)$$

Fungsi ini sering digunakan karena nilai fungsinya yang sangat mudah untuk didiferensiasikan.

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad (2.10)$$

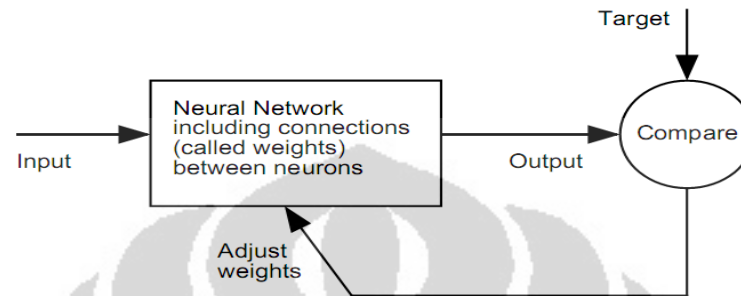
#### 3. Fungsi *identity*

$$f(x) = x \quad (2.11)$$

Fungsi ini digunakan jika keluaran yang dihasilkan oleh JST merupakan sembarang bilangan riil (bukan hanya pada kisaran [0,1] atau [1,-1]).

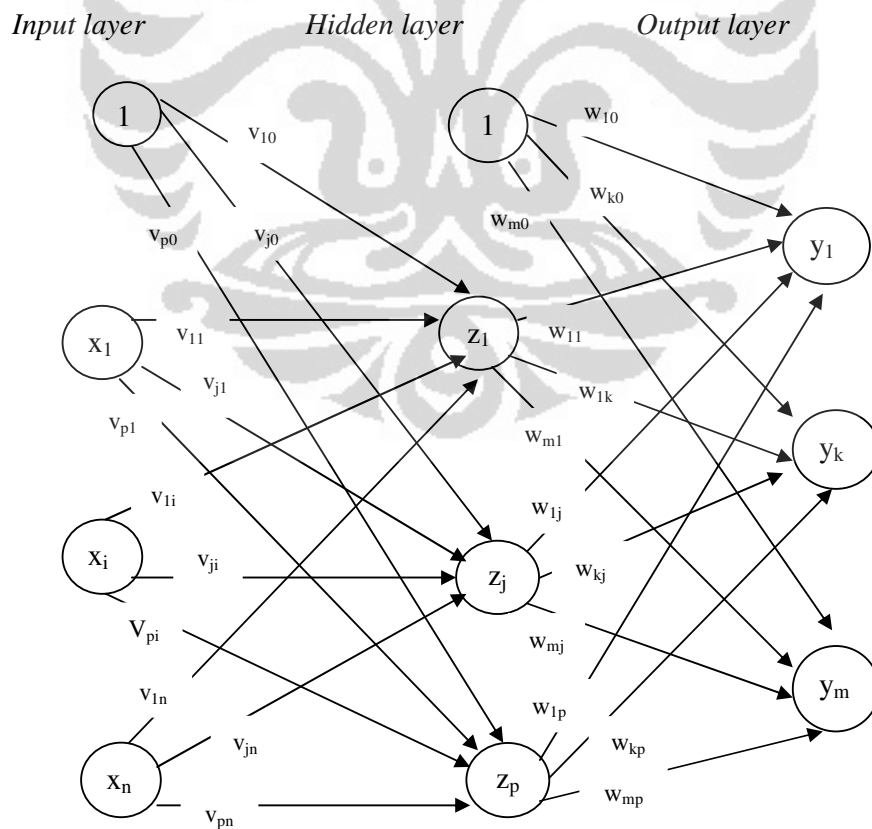
### 2.4.6 Pelatihan Propagasi Balik

Propagasi balik berbasis jaringan syaraf tiruan merupakan pembelajaran yang terawasi, yang menggunakan *output error* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dilakukan terlebih dahulu. Hal ini dapat dilihat pada blok diagram pelatihan propagasi balik berikut:



**Gambar 2.6** Blok diagram pelatihan propagasi balik<sup>[10]</sup> *error*

Arsitektur jaringan propagasi balik berbasis jaringan syaraf tiruan dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut:



**Gambar 2.7** Arsitektur propagasi balik berbasis jaringan saraf tiruan<sup>[11]</sup>

$V_{ji}$  merupakan bobot garis dari unit masukan  $x_i$  ke unit *layer* tersembunyi  $z_j$  ( $v_{j0}$  merupakan bobot garis yang menghubungkan bias di unit masukan ke unit *layer* tersembunyi  $z_j$ ). Bias merupakan sebuah unit masukan yang ditambahkan kedalam jaringan yang nilainya selalu sama dengan 1.  $W_{kj}$  merupakan bobot dari unit *layer* tersembunyi  $z_j$  ke unit keluaran  $y_k$  ( $w_{k0}$  merupakan bobot dari bias di *layer* tersembunyi ke unit keluaran  $z_k$ ).

Pelatihan propagasi balik berbasis jaringan syaraf tiruan meliputi 3 fase, yaitu<sup>[11]</sup>:

#### 1. Fase I: Propagasi Maju

Selama propagasi maju, sinyal masukan ( $x_i$ ) dipropagasikan ke *layer* tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Keluaran dari setiap unit *layer* tersembunyi ( $z_j$ ) tersebut selanjutnya dipropagasikan maju lagi ke *layer* tersembunyi di atasnya menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Demikian seterusnya hingga menghasilkan keluaran jaringan ( $y_k$ ). Berikutnya, keluaran jaringan ( $y_k$ ) dibandingkan dengan target yang harus dicapai ( $t_k$ ). Selisih dari ( $t_k - y_k$ ) adalah galat yang terjadi.

#### 2. Fase II: Propagasi Mundur

Berdasarkan galat ( $t_k - y_k$ ), dihitung faktor  $\delta_k$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ) yang dipakai untuk mendistribusikan galat di unit  $y_k$  ke semua unit tersembunyi yang terhubung langsung dengan  $y_k$ .  $\delta_k$  juga dipakai untuk mengubah bobot garis yang berhubungan langsung dengan unit keluaran. Dengan cara yang sama, dihitung faktor  $\delta_j$  ( $j = 1, 2, \dots, p$ ) di setiap unit di *layer* tersembunyi sebagai dasar perubahan bobot semua garis yang berasal dari unit tersembunyi di *layer* di bawahnya. Demikian seterusnya hingga semua faktor  $\delta$  di unit tersembunyi yang berhubungan langsung dengan unit masukan dihitung.

#### 3. Fase III: Perubahan Bobot

Setelah semua faktor  $\delta$  dihitung, bobot semua garis dimodifikasi bersamaan. Perubahan bobot suatu garis didasarkan atas faktor  $\delta$  *neuron* di *layer* atasnya. Sebagai contoh, perubahan bobot garis yang menuju ke *layer* keluaran didasarkan atas  $\delta_k$  yang ada di unit keluaran.

Ketiga fase tersebut diulang-ulang terus hingga kondisi penghentian dipenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau galat. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau jika galat yang terjadi sudah lebih kecil dari batas toleransi yang diizinkan.



### BAB 3

## MODEL PERAMALAN KECEPATAN ANGIN DENGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK

Dalam penelitian ini digunakan metode jaringan saraf tiruan propagasi balik untuk meramalkan kecepatan angin jangka pendek dengan menggunakan parameter-parameter meteorologi sebagai parameter *input*nya.

### 3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk peramalan kecepatan angin merupakan data historis karakteristik kecepatan angin di provinsi Bali pada bulan Januari, April, Juli dan Oktober yang dianggap mewakili karakteristik kecepatan angin pada bulan-bulan lainnya. Data kecepatan angin merupakan parameter *output* sinyal keluaran jaringan saraf tiruan. Parameter *input* sinyal masukan jaringan saraf tiruan meliputi temperatur udara, arah angin, kelembaban udara dan curah hujan. Penentuan parameter *input* berdasarkan faktor korelasi masing-masing parameter *input* terhadap kecepatan angin. Data parameter *input/output* yang digunakan adalah data perjam setiap harinya selama kurun waktu 2001-2009.

### 3.2 Transformasi Data

Transformasi data bertujuan untuk menyesuaikan nilai data dengan *range* fungsi aktivasi yang akan digunakan dalam jaringan saraf tiruan. Ada beberapa transformasi yang bisa digunakan, yaitu :

1. Transformasi polinomial

$$x' = \ln x \quad (3.1)$$

dengan :

$x'$  = nilai data setelah transformasi polinomial

$x$  = nilai data aktual

2. Transformasi normal

$$x_n = \frac{x_n - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (3.2)$$

dengan :

$x_n$  = nilai data normal

$x_0$  = nilai data aktual

$x_{\min}$  = nilai minimum data aktual keseluruhan

$x_{\max}$  = nilai maksimum data aktual keseluruhan

3. Transformasi linear pada selang [a , b]

$$x' = \frac{(x - x_{\min})(b - a)}{x_{\max} - x_{\min}} + a \quad (3.3)$$

dengan :

$x'$  = nilai data setelah transformasi polinomial

$x$  = nilai data aktual

$x_{\min}$  = nilai minimum data aktual keseluruhan

$x_{\max}$  = nilai maksimum data aktual keseluruhan

Dari ketiga metode transformasi data diatas, dalam penelitian ini transformasi data yang digunakan adalah transformasi normal, dimana data *input* dan target akan bernilai antara 0 sampai dengan 1.

### 3.3 Perancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

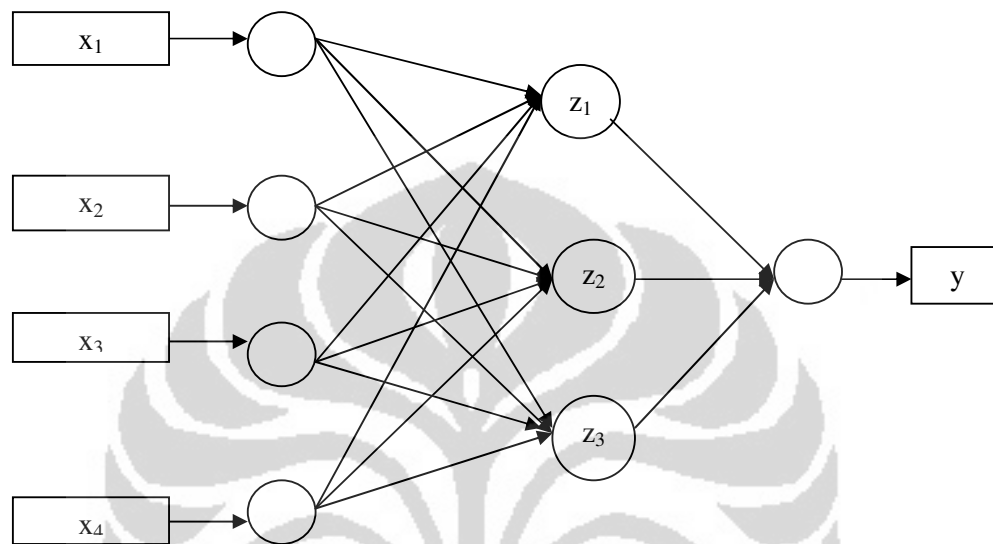
Perancangan arsitektur jaringan meliputi penentuan jumlah *layer* dan *neuron* pada *input*, *hidden* dan *output*. Perancangan arsitektur JST untuk peramalan kecepatan angin sebagai berikut:

1. Jumlah *neuron* pada *input layer* sama dengan jumlah parameter *input* yang digunakan, yaitu 4 *neuron*.
2. Jumlah *neuron* pada *output layer* sama dengan parameter keluaran yang ingin diamati (kecepatan angin), yaitu 1 *neuron*.
3. Mulai dengan satu lapisan tersembunyi dan digunakan lebih dari satu lapisan tersembunyi jika diperlukan.
4. Jika menggunakan satu lapisan tersembunyi, jumlah *neuron* pada *hidden layer* awal adalah 75% dari jumlah *neuron* pada *input layer*. Sehingga jumlah *neuron* pada *hidden layer* adalah 3 *neuron*. Jumlah *neuron* pada *hidden layer* dapat ditambah atau dikurangi sampai ditemukan jumlah *neuron* yang memberikan hasil peramalan dengan galat paling kecil.



Contoh model arsitektur jaringan saraf tiruan yang dirancang untuk peramalan kecepatan angin jangka pendek pada penelitian ini, dapat dilihat pada gambar 3.1, dengan jumlah *neuron* pada *hidden layer* sebanyak 3 *neuron*

*input layer* (4 *neuron*)      *hidden layer* (3 *neuron*)      *output layer* (1 *neuron*)



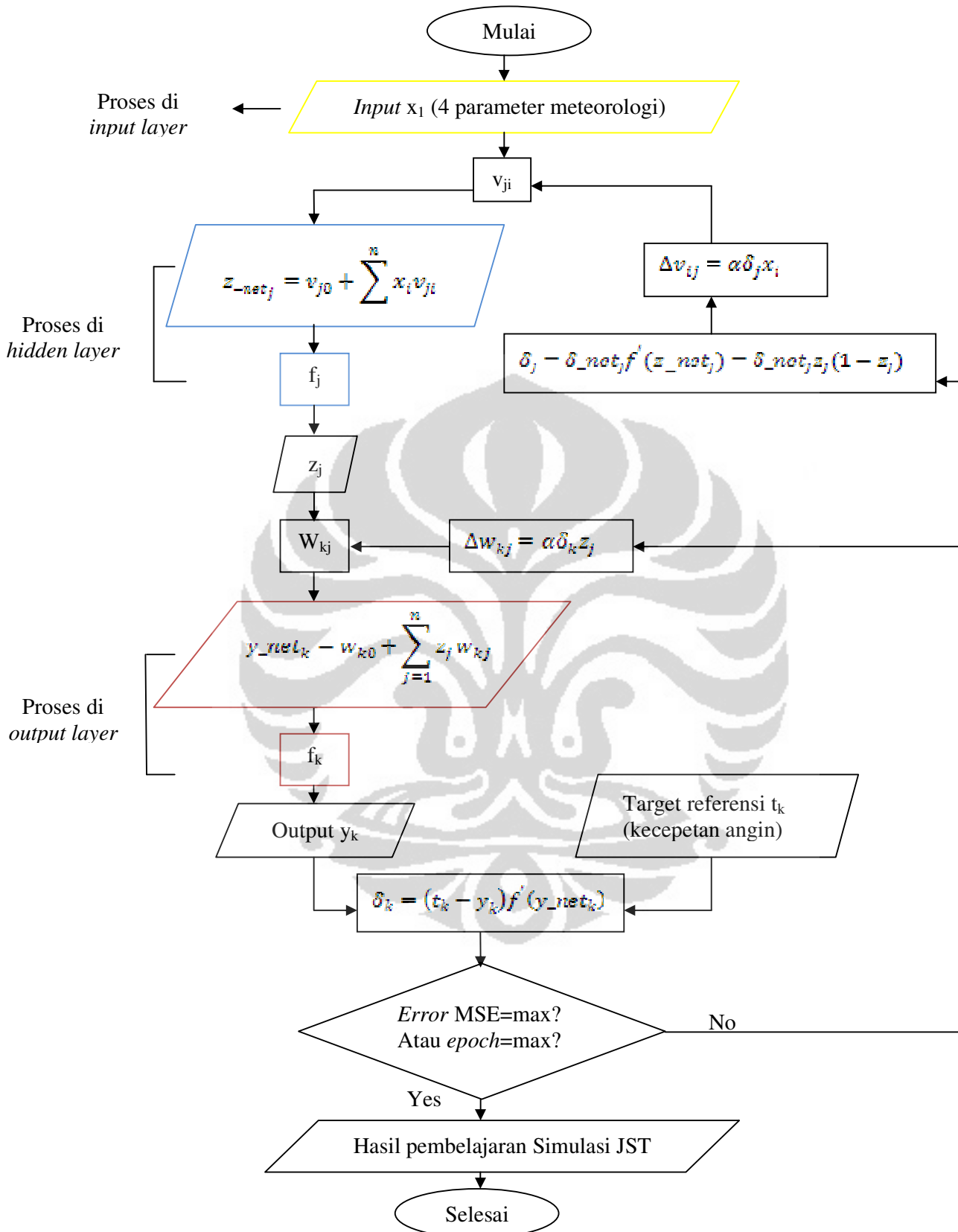
**Gambar 3.1** Model arsitektur jaringan saraf tiruan untuk peramalan kecepatan angin jangka pendek

dengan :

- $x_1$  = Temperatur udara
- $x_2$  = Kelembaban udara
- $x_3$  = Arah angin
- $x_4$  = curah hujan
- $y$  = hasil peramalan kecepatan angin

### 3.4 Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik

Proses pelatihan jaringan saraf tiruan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode propagasi balik. Jumlah data pelatihan yang digunakan adalah 90% dari total data yang ada. Diagram alir algoritma pelatihan jaringan saraf tiruan propagasi balik untuk peramalan kecepatan angin jangka pendek adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.2** Diagram alir algoritma pembelajaran JST propagasi balik

Keterangan:

$x_i$	Sinyal <i>input</i> pelatihan, berupa data historis 4 parameter meteorologi yang mempengaruhi kecepatan angin
$v_{ji}$	Bobot koneksi dari unit masukan $x_i$ ke unit layar tersembunyi $z_j$
$z_{net_j}$	Sinyal <i>output</i> unit tersembunyi sebelum teraktivasi.
$f$	Fungsi aktivasi
$z_j$	Sinyal <i>output</i> unit tersembunyi setelah teraktivasi
$w_{kj}$	Bobot koneksi dari unit layar tersembunyi ke unit keluaran $y_k$
$y_{net_k}$	Sinyal <i>output</i> pelatihan sebelum teraktivasi
$y_k$	Sinyal <i>output</i> pelatihan setelah teraktivasi
$t_k$	Sinyal <i>output</i> target, berupa data historis kecepatan angin
$\delta$	Sinyal galat ( <i>error</i> )
$\alpha$	Konstanta laju pembelajaran
$\Delta$	Koreksi bobot

21

Algoritma pelatihan adalah sebagai berikut:

- a. Langkah 0  
Inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil.
- b. Langkah 1  
Jika kondisi penghentian belum dipenuhi, lakukan langkah 2-8.
- c. Langkah 2  
Untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan langkah 3-8.
- d. Langkah 3 (langkah 3-5 merupakan fase 1)  
Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya.

- e. Langkah 4  
Hitung semua keluaran di unit tersembunyi  $z_j$  ( $j = 1, 2, \dots, p$ ).

$$z_{net_j} = v_{j0} + \sum_{i=1}^m x_i v_{ji} \quad (3.4)$$

$$z_j = f(z_{net_j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{net_j}}} \quad (3.5)$$

- f. Langkah 5  
Hitung semua keluaran jaringan di unit keluaran  $y_k$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ).

$$y_{net_k} = w_{k0} + \sum_{j=1}^n z_j w_{kj} \quad (3.6)$$

$$y_k = f(y_{net_k}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{net_k}}} \quad (3.7)$$

- g. Langkah 6 (langkah 6-7 merupakan fase 2)

Hitung faktor  $\delta$  unit keluaran berdasarkan galat di setiap unit keluaran  $y_k$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ).

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{net_k}) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \quad (3.8)$$

dengan  $t_k$  = target keluaran

$\delta$  merupakan unit galat yang akan dipakai dalam perubahan bobot layar dibawahnya. Hitung perubahan bobot  $w_{kj}$  dengan laju pemahaman  $\alpha$ .

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j \quad (3.9)$$

dengan  $k = 1, 2, \dots, m$  ;  $j = 0, 1, \dots, p$

- h. Langkah 7

Hitung faktor  $\delta$  unit tersembunyi berdasarkan galat di setiap unit tersembunyi  $z_j$  ( $j = 1, 2, \dots, p$ ).

$$\delta_{net_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj} \quad (3.10)$$

Faktor  $\delta$  unit tersembunyi :

$$\delta_j = \delta_{net_j} f'(z_{net_j}) = \delta_{net_j} z_j (1 - z_j) \quad (3.11)$$

Hitung suku perubahan bobot  $v_{ji}$  :

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i \quad (3.12)$$

dengan  $j = 1, 2, \dots, p$  ;  $i = 1, 2, \dots, n$

- i. Langkah 8 (fase 3)

Hitung semua perubahan bobot. Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran, yaitu:

$$w_{kj}(\text{baru}) = w_{kj}(\text{lama}) + \Delta w_{kj} \quad (3.13)$$

dengan  $k = 1, 2, \dots, m$  ;  $j = 0, 1, \dots, p$

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit tersembunyi, yaitu:

$$v_{ji}(\text{baru}) = v_{ji}(\text{lama}) + \Delta v_{ji} \quad (3.14)$$

dengan  $j = 1, 2, \dots, p$  ;  $i = 0, 1, \dots, n$

Parameter  $\alpha$  merupakan laju pemahaman yang menentukan kecepatan iterasi. Nilai  $\alpha$  terletak antara 0 dan 1 ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ). Semakin besar harga  $\alpha$ , semakin sedikit iterasi yang dipakai. Akan tetapi jika harga  $\alpha$  terlalu besar, maka

akan merusak pola yang sudah benar sehingga pemahaman menjadi lambat. Satu siklus pelatihan yang melibatkan semua pola disebut *epoch*. Pemilihan bobot awal sangat mempengaruhi cepat tidaknya proses pelatihan menuju kekonvergenan. Biasanya bobot awal diinisialisasi secara acak dengan nilai antara -0.5 sampai 0.5 (atau -1 sampai 1 atau interval yang lainnya).

### 3.5 Pengujian Jaringan Saraf Tiruan

Setelah proses pelatihan dilakukan, tahapan berikutnya adalah pengujian terhadap model arsitektur jaringan saraf tiruan. Jumlah data pengujian yang digunakan adalah sisa 10% dari total data. Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah model arsitektur jaringan saraf tiruan yang telah dibangun dapat memberikan hasil peramalan kecepatan angin yang akurat. Hasil peramalan dikatakan baik apabila nilai peramalan mendekati nilai aktual (*error* seminimal mungkin). Pada penelitian ini ukuran galat yang dipakai adalah MSE.

### 3.6 Denormalisasi Data

Denormalisasi data adalah pengubahan data dari hasil jaringan syaraf tiruan yang mempunyai range antara 0 sampai 1 menjadi data seperti nilai aslinya.

$$P = O \times (D_b - D_k) + D_k \quad (3.15)$$

dengan:

P = Data *postprocessing* atau data yang sudah denormalisasi

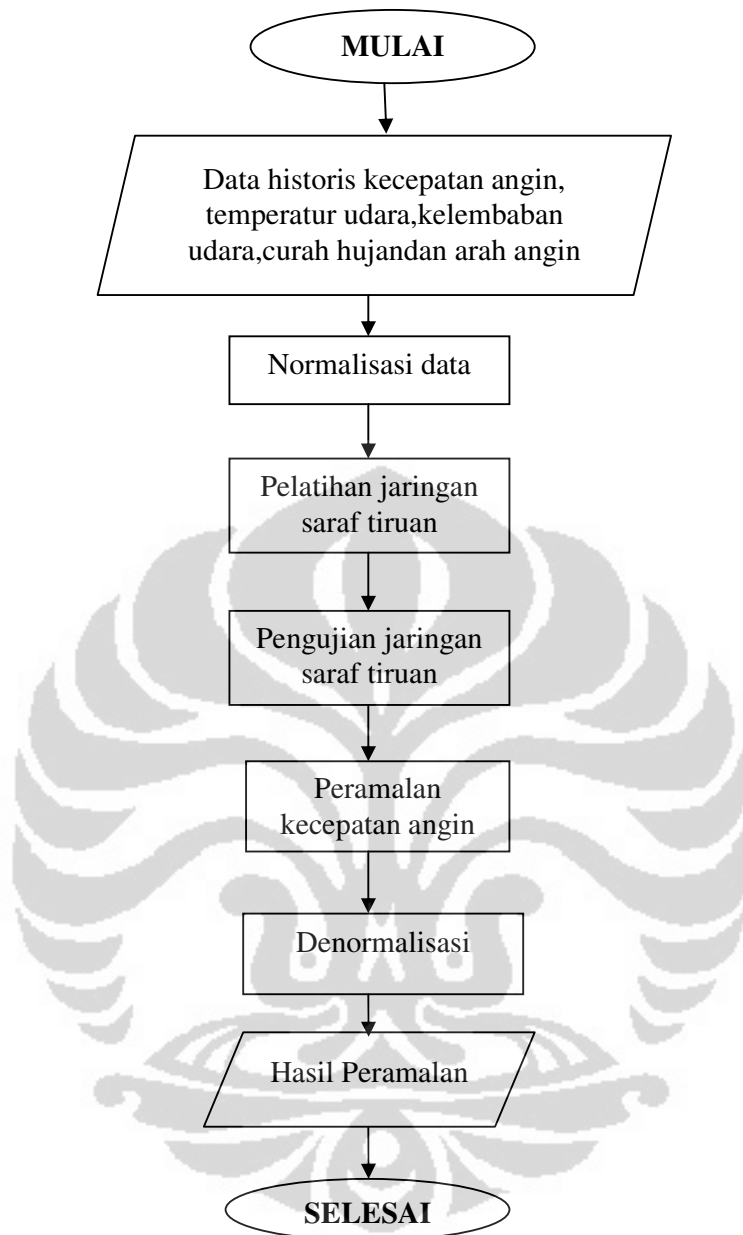
O = Data *output* jaringan,

D<sub>b</sub> = Data terbesar dari sekumpulan data,

D<sub>k</sub> = Data terkecil dari sekumpulan data

### 3.7 Diagram Alir Peramalan Kecepatan Angin Jangka Pendek Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik

Proses peramalan kecepatan angin menggunakan jaringan saraf tiruan propagasi balik dapat dilihat pada gambar diagram alir berikut:



**Gambar 3.3** Diagram alir peramalan kecepatan angin menggunakan jaringan saraf tiruan propagasi balik

## BAB 4 SIMULASI DAN ANALISIS

### 4.1 Data Parameter *Input/ Output* Simulasi JST Propagasi Balik

Parameter-parameter *input* yang digunakan pada simulasi peramalan kecepatan angin menggunakan JST propagasi balik ini sebagai berikut :

**Tabel 4.1.** Parameter *input/output* peramalan kecepatan angin menggunakan JST propagasi balik

<b>Parameter <i>Input</i></b>	<b>Satuan</b>
Arah Angin	Deg
Temperatur	<sup>o</sup> C
Kelembaban	%
Curah Hujan	mm/hr
<b>Parameter <i>Output</i></b>	
Kecepatan Angin	m/s

Data *input/output* peramalan untuk satu tahun diwakili oleh data bulan Januari, April, Juli dan Oktober. Saat melaksanakan simulasi, 90% data *input/output* digunakan untuk proses pembelajaran JST propagasi balik dan 10% sisa data digunakan untuk proses pengujian. Persentase data untuk pembelajaran jauh lebih besar dibandingkan data untuk pengujian dikarenakan peramalan yang akan dilakukan untuk jangka pendek.

Data *input/output* JST propagasi balik yang digunakan untuk peramalan harus ditransformasi dengan menggunakan transformasi normal. Normalisasi data *input/output* JST propagasi balik bertujuan untuk menyesuaikan nilai data dengan *range* fungsi aktivasi JST propagasi balik yang akan digunakan. Pada pembelajaran ini fungsi aktivasi yang akan digunakan adalah *sigmoid* sehingga data *input/output* akan bernilai antara 0 sampai dengan 1.

### 4.2 Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan JST Propagasi Balik

Simulasi proses pembelajaran dan pengujian peramalan kecepatan angin menggunakan JST propagasi balik menggunakan jumlah data yang berbeda-beda,

yaitu data 1 bulan, data 2 bulan, data 3 bulan, data 4 bulan (1 tahun), 2 tahun, 3 tahun, 4 tahun, 5 tahun, 6 tahun, 7 tahun, 8 tahun dan 9 tahun. Parameter-parameter JST propagasi balik yang digunakan untuk pelatihan adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.2.** Parameter Pembelajaran JST propagasi balik

Toleransi <i>Error</i> (MSE)	0.001
Jumlah <i>Epoch</i>	500
Laju Pemahaman	0.005

Pada penelitian ini, untuk memperoleh nilai *error* pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik terkecil, proses yang dilakukan adalah:

1. Menambah jumlah *neuron* pada *hidden layer*
2. Menambah jumlah *hidden layer*

Penambahan jumlah *neuron* pada *hidden layer* dan penambahan jumlah *hidden layer* dihentikan ketika nilai *error* proses pengujian mencapai *error* terkecil.

#### 4.2.1 Hasil Simulasi Menggunakan Data Satu Bulan

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data satu bulan (data bulan Januari 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.3.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Satu Bulan

No	Jumlah <i>Layer</i>	Jumlah <i>Neuron Input Layer</i>	Jumlah <i>Neuron Hidden Layer</i>	Jumlah <i>Neuron Output Layer</i>	<i>Error</i> Proses Pembelajaran	<i>Error</i> Proses Pengujian
1	3	4	3	1	0.0072	0.0427
2	3	4	6	1	0.00672	0.0411
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0.00638</b>	<b>0.0325</b>
4	3	4	12	1	0.00631	0.0602

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-3, dengan nilai *error* pembelajaran 0.00638 dan nilai *error* pengujian 0.0325.



#### 4.2.2 Hasil Simulasi Menggunakan Data Dua Bulan

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data dua bulan (data bulan Januari dan April 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.4.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Dua Bulan

No	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer		Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
			1	2			
1	3	4	3		1	0.0190	0.0103
2	3	4	6		1	0.0150	0.0063
3	3	4	9		1	0.0117	0.0060
4	3	4	12		1	0.0113	0.0042
5	3	4	15		1	0.00956	0.0023
<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>18</b>		<b>1</b>	<b>0.00980</b>	<b>0.0017</b>
7	3	4	21		1	0.00922	0.0019
8	4	4	18	3	1	0.00795	0.0026

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-6, dengan nilai *error* pembelajaran 0.00980 dan nilai *error* pengujian 0.0017. Pada percobaan ke-8, dilakukan penambahan jumlah *hidden layer*, sehingga jumlah *hidden layer* menjadi 2 *layer*, dengan jumlah *neuron* pada *hidden layer* pertama adalah 18 *neuron* dan jumlah *neuron* pada *hidden layer* kedua adalah 3 *neuron*.

#### 4.2.3 Hasil Simulasi Menggunakan Data Tiga Bulan

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data tiga bulan (data bulan Januari, April dan Juli 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.5.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Tiga Bulan

No	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer		Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
			1	2			
1	3	4	3		1	0.0215	0.0089
2	3	4	6		1	0.0173	0.0083
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>9</b>		<b>1</b>	<b>0.0156</b>	<b>0.0081</b>
4	3	4	12		1	0.148	0.0115
5	4	4	9	3	1	0.0141	0.0088

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-3, dengan nilai *error* pembelajaran 0.0156 dan nilai *error* pengujian 0.0081.

#### 4.2.4 Hasil Simulasi Menggunakan Data Satu Tahun

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data satu tahun (data bulan Januari, April, Juli dan Oktober 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.6.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Satu Tahun

No	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer	Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
1	3	4	3	1	0.0236	0.0178
2	3	4	6	1	0.0194	0.0138
3	3	4	9	1	0.0179	0.0128
<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>0.0179</b>	<b>0.0094</b>
5	3	4	15	1	0.0162	0.0119

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-4, dengan nilai *error* pembelajaran 0.0179 dan nilai *error* pengujian 0.0094.

#### 4.2.5 Hasil Simulasi Menggunakan Data Dua Tahun

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data dua tahun (data dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.7.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Dua Tahun

NO	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer		Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
			1	2			
1	3	4	3		1	0.0211	0.0155
2	3	4	6		1	0.0186	0.0096
3	3	4	9		1	0.0172	0.0097
4	4	4	6	3	1	<b>0.0169</b>	<b>0.0087</b>
5	4	4	6	6	1	0.0159	0.0091

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-4, dengan nilai *error* pembelajaran 0.0169 dan nilai *error* pengujian 0.0087.

#### 4.2.6 Hasil Simulasi Menggunakan Data Tiga Tahun

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data tiga tahun (data dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.8.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Tiga Tahun

No	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer		Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
			1	2			
1	3	4	3		1	0.0241	0.0186
2	3	4	6		1	0.0211	0.0169
3	3	4	9		1	0.0198	0.0161
4	3	4	12		1	0.0184	0.0152
5	3	4	15		1	0.0184	0.0148
6	3	4	30		1	0.0166	0.0135
7	3	4	60		1	0.016	0.0129
8	3	4	90		1	0.0152	0.0121
9	3	4	120		1	0.0148	0.0119
10	4	4	120	30	1	0.0115	0.0103
11	4	4	120	60	1	<b>0.0109</b>	<b>0.0101</b>
12	4	4	120	90	1	0.0106	0.0103

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-11, dengan nilai *error* pembelajaran 0.0109 dan nilai *error* pengujian 0.0103.

#### 4.2.7 Hasil Simulasi Menggunakan Data Empat Tahun

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data empat tahun (data dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.9.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Empat Tahun

No	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer		Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
			1	2			
1	3	4	3		1	0.0242	0.0221
2	3	4	6		1	<b>0.021</b>	<b>0.021</b>
3	3	4	9		1	0.0202	0.0211
4	4	4	6	3	1	0.0195	0.0215

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-2, dengan nilai *error* pembelajaran 0.021 dan nilai *error* pengujian 0.021.

#### 4.2.8 Hasil Simulasi Menggunakan Data Lima Tahun

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data lima tahun (data dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.10.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Lima Tahun

No	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer		Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
			1	2			
1	3	4	3		1	0.021	0.0179
2	3	4	6		1	0.0193	0.0168
3	3	4	9		1	0.0189	0.0166
4	3	4	12		1	0.0184	0.0177
5	4	4	12	3	1	0.0158	0.0155
6	4	4	12	6	1	<b>0.015</b>	<b>0.0151</b>
7	4	4	12	9	1	0.0147	0.0158

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-6, dengan nilai *error* pembelajaran 0.015 dan nilai *error* pengujian 0.0151.

#### 4.2.9 Hasil Simulasi Menggunakan Data Enam Tahun

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data enam tahun (data dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.11.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Enam Tahun

No	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer		Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
			1	2			
1	3	4	3		1	0.0207	0.0172
2	3	4	6		1	<b>0.0191</b>	<b>0.0158</b>
3	3	4	9		1	0.0182	0.0166
4	4	4	6	3	1	0.0178	0.0159

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-2, dengan nilai *error* pembelajaran 0.0191 dan nilai *error* pengujian 0.0158.

#### 4.2.10 Hasil Simulasi Menggunakan Data Tujuh Tahun

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data tujuh tahun (data dari tahun 2003 sampai dengan tahun 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.12.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Tujuh Tahun

No	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer		Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
			1	2			
1	3	4	3		1	0.0192	0.0151
2	3	4	6		1	0.0185	0.0144
3	3	4	9		1	0.1074	0.0149
4	4	4	6	3	1	<b>0.0166</b>	<b>0.0141</b>
5	4	4	6	6	1	0.0167	0.0148

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-4, dengan nilai *error* pembelajaran 0.0166 dan nilai *error* pengujian 0.0141.

#### 4.2.11 Hasil Simulasi Menggunakan Data Delapan Tahun

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data delapan tahun (data dari tahun 2002 sampai dengan 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.13.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Delapan Tahun

No	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer	Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
1	3	4	3	1	0.0195	0.0229
2	3	4	6	1	0.0185	0.0204
3	3	4	9	1	0.00182	0.0194
4	3	4	12	1	0.017	0.0184
<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>0.0167</b>	<b>0.018</b>
6	3	4	18	1	0.0172	0.0182

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-5, dengan nilai *error* pembelajaran 0.0167 dan nilai *error* pengujian 0.018.

#### 4.2.12 Hasil Simulasi Menggunakan Data Sembilan Tahun

Hasil simulasi proses pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik menggunakan data sembilan tahun (data dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2009) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.14.** Hasil Simulasi Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data *Input/Output* Sembilan Tahun

No	Jumlah Layer	Jumlah Neuron Input Layer	Jumlah Neuron Hidden Layer		Jumlah Neuron Output Layer	Error Proses Pembelajaran	Error Proses Pengujian
			1	2			
1	3	4	3		1	0.0203	0.0292
2	3	4	6		1	0.0182	0.0265
3	3	4	9		1	0.0172	0.0238
4	3	4	12		1	0.0171	0.0236
5	3	4	18		1	0.017	0.0229
6	3	4	30		1	0.0161	0.0214
7	3	4	60		1	0.0154	0.019
8	4	4	60	30	1	0.0129	0.0148
9	4	4	60	60	1	0.0128	0.0141
<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>1</b>	<b>0.0122</b>	<b>0.0135</b>
11	4	4	60	120	1	0.0124	0.0138

Hasil terbaik proses pengujian JST propagasi balik adalah pada percobaan ke-10, dengan nilai *error* pembelajaran 0.0122 dan nilai *error* pengujian 0.0135.

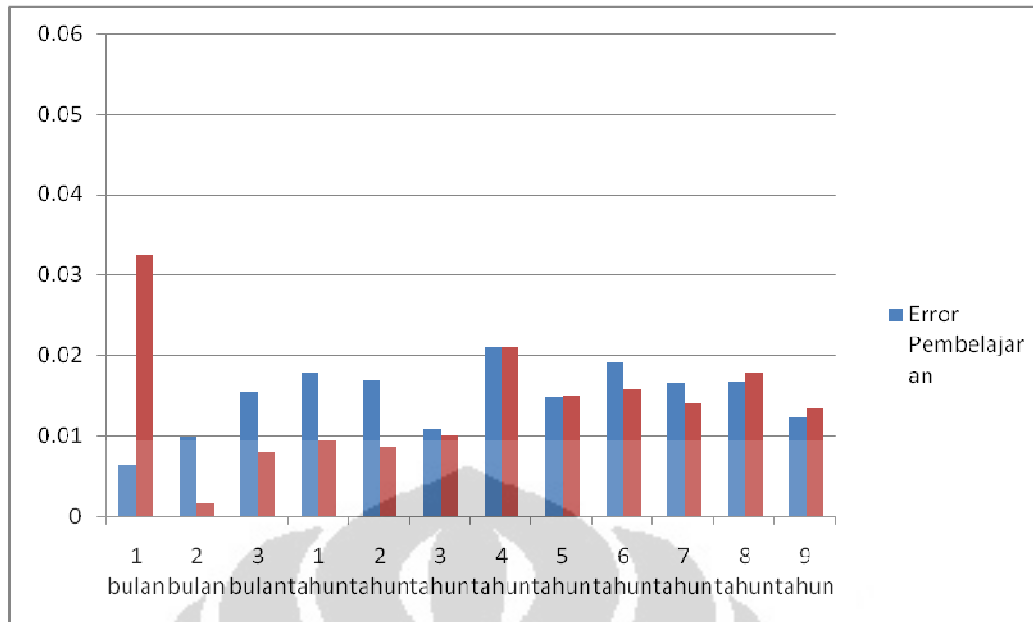
### 4.3 Analisis Hasil Simulasi

#### 4.3.1 Jumlah Dan Variasi Data Yang Digunakan Untuk Peramalan

Jumlah data yang digunakan untuk proses pembelajaran dan proses pengujian akan sangat mempengaruhi hasil peramalan. Jumlah data yang terlalu sedikit atau terlalu banyak akan menyebabkan hasil pembelajaran dan pengujian JST memiliki *error* (MSE) yang besar. Jumlah data yang terlalu sedikit mengakibatkan JST hanya mengenali variasi data yang sedikit, sehingga tidak bisa memberikan hasil peramalan yang baik, begitu juga sebaliknya jumlah data yang terlalu banyak mengakibatkan JST mempunyai kecenderungan menghafal data, sehingga ketika diberikan data *input* baru, hasil peramalan mempunyai galat yang besar. Hal ini dapat dilihat pada hasil simulasi yang dilakukan pada penelitian ini, seperti pada tabel berikut

**Tabel 4.15.** Hasil Simulasi Proses Pengujian Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan JST Propagasi Balik

Jumlah Data	<i>Error</i> Pembelajaran	<i>Error</i> Pegujian
1 bulan	0.00638	0.0325
<b>2 bulan</b>	<b>0.0098</b>	<b>0.0017</b>
3 bulan	0.0156	0.0081
1 tahun	0.0179	0.0094
2 tahun	0.0169	0.0087
3 tahun	0.0109	0.0101
4 tahun	0.021	0.021
5 tahun	0.015	0.0151
6 tahun	0.0191	0.0158
7 tahun	0.0166	0.0141
8 tahun	0.0167	0.018
9 tahun	0.0122	0.0135



**Gambar 4.1** Perbandingan nilai *error* pembelajaran dan pengujian menggunakan data satu bulan sampai dengan sembilan tahun

Simulasi pembelajaran JST propagasi balik untuk peramalan kecepatan angin menggunakan data *input/output* satu bulan (data bulan Januari 2009) menghasilkan *error* paling kecil yaitu 0.00638, sedangkan untuk proses pengujiannya *error* yang diperoleh adalah 0.0325. Nilai *error* pengujian ini masih jauh dari *error* yang diinginkan. Nilai *error* proses pembelajaran menunjukkan kalau jumlah data pembelajaran JST propagasi balik yang digunakan untuk peramalan kecepatan angin telah terpenuhi, tetapi dengan hasil pengujian yang besar menunjukkan bahwa data *input* pembelajaran masih belum mempunyai variasi data yang cukup untuk peramalan, sehingga pada proses pengujian dengan data *input* baru yang berbeda dengan data *input* selama pembelajaran, *error* peramalan JST propagasi balik masih besar.

Jumlah data *input/output* yang digunakan selama satu bulan adalah 600 data, dimana jumlah data untuk pembelajaran sebanyak 240 data dan data untuk pengujian sebanyak 60 data. Karakteristik data *input* pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik selama satu bulan adalah sebagai berikut:



**Tabel 4.16.** Karakteristik Data *Input* Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik Menggunakan Data Satu Bulan

Pembelajaran				
	Arah Angin (deg)	Temperatur Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Curah Hujan (mm/hr)
Min	199	19.4	54.7	0
Max	310	26.9	100	13.52
Pengujian				
	Arah Angin (deg)	Temperatur Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Curah Hujan (mm/hr)
Min	3	20.3	45	0
Max	358	25.5	100	8.22

Dari tabel 4.16 diatas, pada proses pembelajaran, JST propagasi balik hanya diperkenalkan data *input* arah angin dari rentang 199<sup>0</sup> sampai dengan 310<sup>0</sup>, sedangkan untuk proses pengujian rentang data *input* baru yang diujikan adalah 3<sup>0</sup> sampai dengan 358<sup>0</sup>, sehingga rentang data pengujian lebih besar dari pada rentang data pembelajaran. Begitu juga dengan data *input* untuk kelembaban udara, rentang data proses pengujiannya lebih besar dari pada proses pembelajaran, dimana rentang data untuk pembelajaran JST propagasi balik untuk kelembaban udara adalah 54.7% sampai dengan 100%, sedangkan rentang data untuk pengujian JST adalah 45% sampai dengan 100%. Hal ini mengakibatkan banyak sekali variasi data *input* pengujian yang tidak dipelajari selama proses pembelajaran, akibatnya hasil peramalan kecepatan angin pada saat pembelajaran memiliki *error* yang kecil, tetapi *error* peramalan pada saat pengujiannya besar.

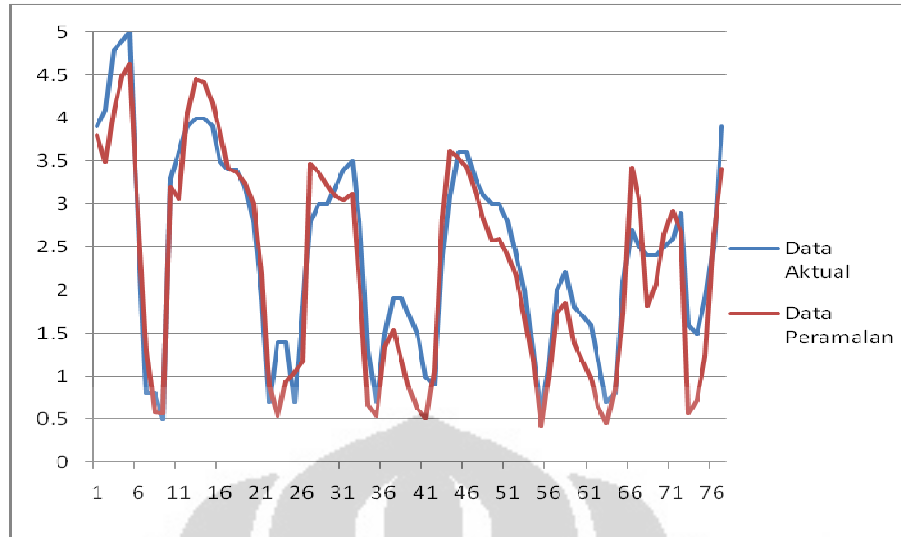
Hasil peramalan kecepatan angin terbaik diperoleh dengan menggunakan data *input/output* selama dua bulan (data bulan Januari dan April 2009). Hasil peramalan kecepatan angin jaringan saraf tiruan propagasi balik menggunakan data dua bulan dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.17.** Hasil Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan Data Dua Bulan

Data Aktual Kecepatan Angin (m/s)	Data Peramalan Kecepatan Angin (m/s)
3.9	3.80629
4.1	3.4855
4.8	4.09156

Data Aktual Kecepatan Angin (m/s)	Data Peramalan Kecepatan Angin (m/s)
4.9	4.48894
5	4.63768
2.8	2.89054
0.8	1.29325
0.8	0.57064
0.5	0.56398
3.3	3.20245
3.6	3.05371
3.9	4.0627
4	4.46008
4	4.41901
3.9	4.17481
3.5	3.84181
3.4	3.41113
3.4	3.37117
3.2	3.24574
2.8	2.99932
1.9	2.17903
0.7	0.88144
1.4	0.53512
1.4	0.93472
0.7	1.05127
1.8	1.17448
2.8	3.47218
3	3.36784
3	3.22687
3.2	3.09256
3.4	3.04372
3.5	3.12142
2.8	2.04361
1.3	0.66388
0.7	0.53512
1.5	1.33543
1.9	1.53967
1.9	1.18114
1.7	0.85147
1.5	0.62059

Data Aktual Kecepatan Angin (m/s)	Data Peramalan Kecepatan Angin (m/s)
1	0.50293
0.9	1.06015
2.4	2.86279
3.1	3.61537
3.6	3.53434
3.6	3.43111
3.3	3.16027
3.1	2.8306
3	2.57974
3	2.6086
2.8	2.40769
2.4	2.15572
2	1.68286
1.3	1.19335
0.6	0.41524
1.1	0.97024
2	1.73503
2.2	1.85269
1.8	1.37872
1.7	1.17892
1.6	0.98245
1.2	0.63946
0.7	0.45187
0.8	0.83593
2.1	1.72393
2.7	3.42778
2.5	3.0637
2.4	1.8205
2.4	2.07247
2.5	2.66077
2.6	2.92273
2.9	2.67742
1.6	0.56842
1.5	0.7216
1.9	1.24219
2.5	2.65966
3.9	3.41779



**Gambar 4.2** Hasil peramalan kecepatan angin menggunakan data dua bulan

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat, hasil peramalan kecepatan angin yang diperoleh mendekati data aktual kecepatan angin. Nilai *error* proses pembelajaran JST propagasi balik adalah 0.00980 dan *error* pengujian adalah 0.0017. Nilai *mean absolute error* (MAE) dari hasil pengujian adalah 0.032724 sedangkan nilai MAPE nya adalah 0.237656. Nilai *error* pengujian ini jauh lebih baik dibandingkan dengan menggunakan data *input/output* satu bulan. Hal ini disebabkan karena karakteristik data proses pembelajaran JST propagasi balik dapat mewakili karakteristik data pengujiannya. Karakteristik data *input* pembelajaran dan pengujian JST propagasi balik selama dua bulan dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.18.** Karakteristik Data *Input* Proses Pembelajaran Dan Pengujian JST Menggunakan Data Dua Bulan

Pembelajaran				
	Arah Angin (deg)	Temperatur Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Curah Hujan (mm/hr)
Min	2	19.4	35.6	0
Max	358	28.2	100	24.85
Pengujian				
	Arah Angin (deg)	Temperatur Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Curah Hujan (mm/hr)
Min	3	20.5	39.9	0
Max	195	26.1	99.4	4.77

Dari tabel 4.18 diatas, rentang data untuk semua parameter *input* pada proses pengujian JST propagasi balik berada pada rentang data parameter *input* untuk proses pembelajaran JST propagasi balik, sehingga variasi dan karakteristik data proses pembelajaran JST propagasi balik tidak berbeda jauh dengan variasi dan karakteristik data pengujian JST propagasi balik. Penggunaan jumlah data selama dua bulan ini tidak mutlak memberikan hasil peramalan dengan *error* paling kecil. Hasil peramalan akan mendekati kondisi aktual (*error* kecil), apa bila karakteristik data proses pembelajaran JST propagasi balik dapat mewakili karakteristik data pengujiannya. Hal ini dapat dilihat dari hasil simulasi peramalan dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2009 menggunakan data satu bulan sampai dengan satu tahun, pada tabel berikut:

**Tabel 4.19.** Hasil Simulasi Peramalan Tahun 2001 Sampai Dengan Tahun 2009 Menggunakan Data Satu Bulan Sampai Dengan Satu Tahun

<b>2001</b>		
<b>Jumlah Data</b>	<b>Error Pembelajaran</b>	<b>Error Pegujian</b>
<b>1 bulan</b>	<b>0.00826</b>	<b>0.0057</b>
2 bulan	0.0101	0.0154
3 bulan	0.0832	0.00591
1 tahun	0.00912	0.0117
<b>2002</b>		
<b>Jumlah Data</b>	<b>Error Pembelajaran</b>	<b>Error Pegujian</b>
<b>1 bulan</b>	<b>0.0117</b>	<b>0.0137</b>
2 bulan	0.0162	0.0144
3 bulan	0.0162	0.0275
1 tahun	0.0143	0.0147
<b>2003</b>		
<b>Jumlah Data</b>	<b>Error Pembelajaran</b>	<b>Error Pegujian</b>
<b>1 bulan</b>	<b>0.0106</b>	<b>0.0076</b>
2 bulan	0.0114	0.0111
3 bulan	0.0124	0.0073
1 tahun	0.0116	0.01132
<b>2004</b>		
<b>Jumlah Data</b>	<b>Error Pembelajaran</b>	<b>Error Pegujian</b>
1 bulan	0.0165	0.0382
2 bulan	0.0216	0.0216

3 bulan	0.00655	0.0257
<b>1 tahun</b>	<b>0.0104</b>	<b>0.0168</b>
<b>2005</b>		
<b>Jumlah Data</b>	<b>Error Pembelajaran</b>	<b>Error Pegujian</b>
<b>1 bulan</b>	<b>0.00548</b>	<b>0.0023</b>
2 bulan	0.00618	0.0146
3 bulan	0.00727	0.0123
1 tahun	0.0084	0.0084
<b>2006</b>		
<b>Jumlah Data</b>	<b>Error Pembelajaran</b>	<b>Error Pegujian</b>
<b>1 bulan</b>	<b>0.0178</b>	<b>0.0151</b>
2 bulan	0.0194	0.0232
3 bulan	0.0152	0.0159
1 tahun	0.0128	0.0232
<b>2007</b>		
<b>Jumlah Data</b>	<b>Error Pembelajaran</b>	<b>Error Pegujian</b>
<b>1 bulan</b>	<b>0.00795</b>	<b>0.0036</b>
2 bulan	0.0134	0.014
3 bulan	0.0141	0.0319
1 tahun	0.0164	0.0091
<b>2008</b>		
<b>Jumlah Data</b>	<b>Error Pembelajaran</b>	<b>Error Pegujian</b>
1 bulan	0.0104	0.0305
2 bulan	0.0131	0.0163
3 bulan	0.0116	0.0095
<b>1 tahun</b>	<b>0.0115</b>	<b>0.00883</b>
<b>2009</b>		
<b>Jumlah Data</b>	<b>Error Pembelajaran</b>	<b>Error Pegujian</b>
1 bulan	0.00638	0.0325
2 bulan	<b>0.0098</b>	<b>0.0017</b>
3 bulan	0.0173	0.0526
1 tahun	0.0179	0.0094

Dari hasil simulasi yang dilakukan, hasil peramalan terbaik untuk setiap tahunnya tidak selalu dengan menggunakan data dua bulan. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik data pembelajaran sangat menentukan hasil pengujian, walaupun dengan menggunakan data satu bulan, tapi ketika karakteristik data

pembelajarannya mampu mewakili karakteristik data pengujian, maka hasil peramalan akan menghasilkan error yang kecil.

#### **4.3.2 Jumlah Neuron Setiap Layer dan Jumlah Neuron Hidden Layer**

Jumlah *neuron* pada setiap *layer* dan jumlah *neuron* pada *hidden layer* akan mempengaruhi hasil peramalan. Jumlah *neuron* pada *input layer* yang digunakan adalah 4 *neuron* dan jumlah *neuron* pada *output layer* adalah 1 *neuron*. Jumlah *neuron* pada *input* dan *output layer* sama untuk semua kondisi percobaan yang dilakukan. Perubahan *neuron* hanya dilakukan pada *hidden layer* sehingga diperoleh hasil peramalan yang diinginkan.

Penambahan jumlah *neuron* pada *hidden layer* akan menurunkan nilai *error* proses pembelajaran JST (*error* semakin kecil), akan tetapi penambahan jumlah *neuron* tidak selalu memperkecil *error* pengujian JST. Pemilihan jumlah *neuron* yang digunakan berdasarkan *error* pada proses pengujian, bukan pada proses pembelajaran. Penambahan jumlah *neuron* pada *hidden layer* terus dilakukan sampai diperoleh nilai *error* pengujian terkecil.

#### **4.3.3 Pengaruh Paramater Input Terhadap Hasil Peramalan Kecepatan**

##### **Angin Menggunakan JST Propagasi Balik**

Pemilihan parameter *input* jaringan saraf tiruan dilakukan berdasarkan tingkat korelasi masing-masing parameter *input* terhadap kecepatan angin. Keempat parameter meteorologi yang digunakan sebagai input JST dalam penelitian ini mempunyai tingkat korelasi yang cukup kuat terhadap kecepatan angin. Setiap parameter meteorologi yang digunakan memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap hasil peramalan.

Untuk melihat pengaruh setiap parameter *input* terhadap hasil peramalan kecepatan angin menggunakan JST, maka dilakukan simulasi untuk setiap parameter *input*. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan data dua bulan. Hasil dari peramalan untuk masing-masing parameter *input* adalah:

**Tabel 4.20.** Pengaruh Setiap Parameter Input Terhadap Hasil Peramalan Kecepatan Angin Menggunakan JST Propagasi Balik

<b>Paramater Input</b>	<b>Error</b>
<b>Arah Angin</b>	<b>0.0267</b>
Temperatur Udara	0.0287
Kelembaban Udara	0.0382
Curah Hujan	0.037

Dari hasil simulasi yang dilakukan, paramater *input* yang paling berpengaruh terhadap hasil peramalan kecepatan angin adalah arah angin, ditandai dengan *error* hasil peramalan kecepatan angin paling kecil. Parameter arah angin dan temperatur udara mempunyai kontribusi yang hampir sama terhadap hasil peramalan. Paramater kelembaban udara memberikan kontribusi terkecil terhadap hasil peramalan.

#### 4.3.4 Potensi Tenaga Angin

Angin adalah udara yang memiliki massa dan bergerak dengan kecepatan tertentu. Potensi tenaga angin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_{total} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V_1^3 \quad \dots \dots \dots (4.1)$$

Dengan:

$P_{total}$  = Daya total

$\rho$  = Masa jenis angin (1.225 kg/m<sup>3</sup>)

$S$  = Luas sapuan rotor (m<sup>2</sup>)

$V$  = Kecepatan angin

Persamaan 4.1 diatas dapat digunakan untuk mengetahui berapa daya yang dihasilkan oleh sebuah turbin angin untuk kecepatan angin rendah, dengan spesifikasi :

- *Product Height* (in.) : 29.0
- *Product Length* (in.) : 28 in
- *Product Weight* (lb.) : 19.0
- *Product Width* (in.) : 11.0 in



- Rotor diameter (ft.) : 2.1
- Startup wind speed (mph) : 4.5

maka daya total yang dihasilkan dengan menggunakan data kecepatan angin tabel 4.21 adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.21.** Daya Total

NO	Masa Jenis Angin ( $\text{kg/m}^3$ )	Luas Sapuan Rotor ( $\text{m}^2$ )	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Total (Watt)
1	1225	0.321616	3.80629	10863
2	1225	0.321616	3.4855	8341.411
3	1225	0.321616	4.09156	13493.08
4	1225	0.321616	4.48894	17818.69
5	1225	0.321616	4.63768	19649.28
6	1225	0.321616	2.89054	4757.526
7	1225	0.321616	1.29325	426.0806
8	1225	0.321616	0.57064	36.6042
9	1225	0.321616	0.56398	35.33746
10	1225	0.321616	3.20245	6469.807
11	1225	0.321616	3.05371	5609.545
12	1225	0.321616	4.0627	13209.57
13	1225	0.321616	4.46008	17477.21
14	1225	0.321616	4.41901	16998.84
15	1225	0.321616	4.17481	14333.57
16	1225	0.321616	3.84181	11169.97
17	1225	0.321616	3.41113	7818.782
18	1225	0.321616	3.37117	7547.206
19	1225	0.321616	3.24574	6735.742
20	1225	0.321616	2.99932	5315.115
21	1225	0.321616	2.17903	2038.139
22	1225	0.321616	0.88144	134.9033
23	1225	0.321616	0.53512	30.18546
24	1225	0.321616	0.93472	160.8751
25	1225	0.321616	1.05127	228.8691
26	1225	0.321616	1.17448	319.1399
27	1225	0.321616	3.47218	8246.145
28	1225	0.321616	3.36784	7524.863
29	1225	0.321616	3.22687	6618.943
30	1225	0.321616	3.09256	5826.378
31	1225	0.321616	3.04372	5554.671
32	1225	0.321616	3.12142	5991.022
33	1225	0.321616	2.04361	1681.273
34	1225	0.321616	0.66388	57.63855

<b>NO</b>	<b>Masa Jenis Angin ( kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Luas Sapuan Rotor (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Kecepatan Angin (m/s)</b>	<b>Daya Total (Watt)</b>
35	1225	0.321616	0.53512	30.18546
36	1225	0.321616	1.33543	469.1456
37	1225	0.321616	1.53967	718.9972
38	1225	0.321616	1.18114	324.5999
39	1225	0.321616	0.85147	121.6052
40	1225	0.321616	0.62059	47.0824
41	1225	0.321616	0.50293	25.05918
42	1225	0.321616	1.06015	234.7179
43	1225	0.321616	2.86279	4621.817
44	1225	0.321616	3.61537	9308.989
45	1225	0.321616	3.53434	8696.995
46	1225	0.321616	3.43111	7956.979
47	1225	0.321616	3.16027	6217.515
48	1225	0.321616	2.8306	4467.656
49	1225	0.321616	2.57974	3381.988
50	1225	0.321616	2.6086	3496.767
51	1225	0.321616	2.40769	2749.451
52	1225	0.321616	2.15572	1973.428
53	1225	0.321616	1.68286	938.8327
54	1225	0.321616	1.19335	334.771
55	1225	0.321616	0.41524	14.10398
56	1225	0.321616	0.97024	179.921
57	1225	0.321616	1.73503	1028.881
58	1225	0.321616	1.85269	1252.716
59	1225	0.321616	1.37872	516.2648
60	1225	0.321616	1.17892	322.7731
61	1225	0.321616	0.98245	186.7995
62	1225	0.321616	0.63946	51.50915
63	1225	0.321616	0.45187	18.17543
64	1225	0.321616	0.83593	115.0679
65	1225	0.321616	1.72393	1009.26
66	1225	0.321616	3.42778	7933.834
67	1225	0.321616	3.0637	5664.779
68	1225	0.321616	1.8205	1188.547
69	1225	0.321616	2.07247	1753.513
70	1225	0.321616	2.66077	3710.789
71	1225	0.321616	2.92273	4918.247
72	1225	0.321616	2.67742	3780.888
73	1225	0.321616	0.56842	36.17865
74	1225	0.321616	0.7216	74.0174

<b>NO</b>	<b>Masa Jenis Angin ( kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Luas Sapuan Rotor (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Kecepatan Angin (m/s)</b>	<b>Daya Total (Watt)</b>
75	1225	0.321616	1.24219	377.5795
76	1225	0.321616	2.65966	3706.147
77	1225	0.321616	3.41779	7864.668



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Jaringan saraf tiruan merupakan salah satu metoda peramalan yang dapat digunakan untuk meramalkan kecepatan angin jangka pendek. Dari simulasi yang dilakukan dengan menggunakan data *input/output* satu bulan sampai dengan sembilan tahun, diperoleh nilai *error* peramalan kecepatan angin terkecil adalah 0.0017 (*error* hasil pengujian JST propagasi balik menggunakan data *input/output* dua bulan). Dimana hasil peramalan kecepatan angin berada pada rentang 0.41254 m/s sampai dengan 4.63768 m/s dengan daya rata-ratanya adalah 2.25931 m/s. Daya total minimum yang dihasilkan pada rentang kecepatan angin tersebut adalah 14 watt, daya maximumnya adalah 19649 watt dan daya rata-ratanya adalah 4342.086 watt.

Penambahan jumlah data *input/output* sampai dengan sembilan tahun tidak menghasilkan *error* peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan *error* hasil peramalan menggunakan data dua bulan. Nilai *error* peramalan menggunakan data sembilan tahun sebesar 0.0141, jauh lebih besar dibandingkan dengan hasil peramalan menggunakan data dua bulan.

Nilai *error* hasil peramalan dipengaruhi oleh karakteristik data *input* pembelajaran dan data *input* pengujian JST. Hasil peramalan akan memiliki *error* yang kecil ketika karakteristik data *input* proses pembelajaran JST propagasi balik dapat mewakili karakteristik data *input* pengujiannya.

Penambahan jumlah *neuron* pada *hidden layer* akan menurunkan nilai *error* proses pembelajaran JST (*error* semakin kecil), akan tetapi penambahan jumlah *neuron* tidak selalu memperkecil *error* pengujian JST. Pemilihan jumlah *neuron* yang digunakan berdasarkan *error* pada proses pengujian, bukan pada proses pembelajaran.

Paramater *input* arah angin memiliki kontribusi paling besar terhadap hasil peramalan kecepatan angin, sedangkan kontribusi terkecil adalah paramater *input* kelembaban udara.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Kajian Teknologi Energy. (2007). *Energi Angin*.  
<http://www.energiportal.com>
- [2] Daryanto, Y. (2007). *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Balai PPTAG-UPT LAGG. Yogyakarta.
- [3] Handoko, T. Hani. (1984). *Dasar-Dasar Management Produksi Dan Operasi*. Yogyakarta: BPFE Yogyakarta.
- [4] Makridakis, Spyros . dkk. (1993). *Metode dan Aplikasi Peramalan. Jilid 1. Edisi Pertama. (Terjemahan : Untung S, Andrianto)*. Erlangga. Jakarta.
- [5] Makridakis, Spyros . dkk. (1994). *Metode-Metode Peramalan Untuk Manajemen*. Edisi Kelima. Bumi Aksara. Jakarta
- [6] Puspitaningrum, Diah. (2006). *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [7] Sreelakshmi, K. P. Ramakanthkumar. (2008). *Neural Network for Short Term Wind Speed Prediction*. World Academy of Science. Engineering and Technology.
- [8] Kusumadewi, Sri. (2003). *Artificial Inteelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [9] Yani, Eli. (2005) Pengantar Jaringan Saraf Tiruan. Artikel Kuliah.  
[http://trirezqiarianto.files.wordpress.com/2007/05/jaringan\\_saraf\\_tiruan.pdf](http://trirezqiarianto.files.wordpress.com/2007/05/jaringan_saraf_tiruan.pdf).
- [10] Demuth, Howard. dkk. (2002). *Neural Network Toolbox 6 User's Guide*. MathWorks, Inc.
- [11] Jong Jek Siang, M.Sc. Drs. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya Menggunakan Matlab*. Penerbit Andi. Jakarta.

Lampiran 1.

**Listing Program Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik  
Menggunakan Data *Input/Output* Dua Bulan**

clc

```
p=[0.578651685 0.227272727 0.954968944 0.499396378
0.570224719 0.170454545 1 0.544064386
0.570224719 0.147727273 1 0.526760563
0.570224719 0.147727273 1 0.492152918
0.573033708 0.136363636 1 0.477665996
0.575842697 0.136363636 0.998447205 0.449899396
0.581460674 0.113636364 0.959627329 0.373440644
0.587078652 0.125 0.902173913 0.289336016
0.58988764 0.170454545 0.868012422 0.247484909
0.58988764 0.204545455 0.849378882 0.225352113
0.581460674 0.238636364 0.805900621 0.178269618
0.573033708 0.272727273 0.779503106 0.138832998
0.570224719 0.284090909 0.754658385 0.095774648
0.56741573 0.284090909 0.711180124 0.047887324
0.564606742 0.295454545 0.686335404 0.034205231
0.558988764 0.272727273 0.692546584 0.039839034
0.558988764 0.227272727 0.732919255 0.058752515
0.561797753 0.181818182 0.767080745 0.075653924
0.561797753 0.136363636 0.809006211 0.098993964
0.564606742 0.125 0.864906832 0.199195171
0.56741573 0.136363636 0.903726708 0.319919517
0.56741573 0.136363636 0.914596273 0.356539235
0.570224719 0.125 0.920807453 0.362173038
0.570224719 0.113636364 0.930124224 0.367404427
0.573033708 0.113636364 0.930124224 0.361770624
0.573033708 0.102272727 0.930124224 0.330784708
0.573033708 0.102272727 0.931677019 0.298993964
0.575842697 0.090909091 0.939440994 0.290140845
0.575842697 0.090909091 0.942546584 0.297384306
0.578651685 0.090909091 0.942546584 0.306237425
0.581460674 0.102272727 0.944099379 0.294567404
0.581460674 0.113636364 0.894409938 0.274044266
0.578651685 0.159090909 0.860248447 0.238229376
0.573033708 0.193181818 0.813664596 0.149295775
0.564606742 0.238636364 0.751552795 0.096981891
0.561797753 0.227272727 0.760869565 0.158953722
0.558988764 0.215909091 0.785714286 0.185513078
0.556179775 0.215909091 0.776397516 0.163380282
0.556179775 0.227272727 0.732919255 0.095774648
0.558988764 0.238636364 0.690993789 0.040643863
0.558988764 0.227272727 0.663043478 0.024949698
0.561797753 0.181818182 0.701863354 0.036217304
0.56741573 0.147727273 0.784161491 0.110261569
0.573033708 0.136363636 0.866459627 0.313480885
0.575842697 0.147727273 0.914596273 0.445472837
0.581460674 0.136363636 0.914596273 0.475251509
0.584269663 0.125 0.923913043 0.474849095
```

0.584269663 0.102272727 0.920807453 0.436619718  
0.584269663 0.090909091 0.911490683 0.430181087  
0.587078652 0.079545455 0.920807453 0.459959759  
0.584269663 0.079545455 0.913043478 0.469215292  
0.581460674 0.068181818 0.920807453 0.49054326  
0.581460674 0.068181818 0.913043478 0.493360161  
0.581460674 0.056818182 0.911490683 0.44668008  
0.581460674 0.056818182 0.902173913 0.384708249  
0.581460674 0.068181818 0.874223602 0.328772636  
0.578651685 0.102272727 0.827639752 0.230181087  
0.575842697 0.159090909 0.748447205 0.075251509  
0.573033708 0.272727273 0.694099379 0.030583501  
0.570224719 0.363636364 0.614906832 0.015694165  
0.564606742 0.522727273 0.479813665 0.002816901  
0.561797753 0.613636364 0.479813665 0.000402414  
0.561797753 0.579545455 0.50621118 0.002414487  
0.564606742 0.420454545 0.546583851 0.010865191  
0.564606742 0.295454545 0.652173913 0.022535211  
0.56741573 0.193181818 0.74068323 0.041851107  
0.573033708 0.136363636 0.827639752 0.117907445  
0.575842697 0.125 0.883540373 0.189134809  
0.578651685 0.147727273 1 0.240643863  
0.584269663 0.147727273 1 0.250704225  
0.58988764 0.136363636 0.998447205 0.208853119  
0.598314607 0.125 1 0.131589537  
0.603932584 0.090909091 1 0.065191147  
0.615168539 0.079545455 0.979813665 0.008450704  
0.626404494 0.113636364 0.790372671 0  
0.626404494 0.159090909 0.627329193 0  
0.617977528 0.170454545 0.546583851 0  
0.603932584 0.159090909 0.507763975 0  
0.592696629 0.170454545 0.565217391 0  
0.587078652 0.215909091 0.715838509 0.020120724  
0.587078652 0.238636364 0.781055901 0.079678068  
0.584269663 0.25 0.790372671 0.09778672  
0.575842697 0.272727273 0.77173913 0.086921529  
0.570224719 0.272727273 0.798136646 0.142857143  
0.56741573 0.272727273 0.807453416 0.184305835  
0.564606742 0.272727273 0.788819876 0.121529175  
0.561797753 0.284090909 0.76242236 0.090140845  
0.561797753 0.284090909 0.718944099 0.041046278  
0.561797753 0.272727273 0.711180124 0.037022133  
0.56741573 0.227272727 0.74378882 0.048692153  
0.573033708 0.181818182 0.822981366 0.137625755  
0.584269663 0.170454545 0.886645963 0.276458753  
0.592696629 0.159090909 0.931677019 0.342454728  
0.598314607 0.136363636 0.942546584 0.321529175  
0.603932584 0.113636364 0.950310559 0.307847082  
0.606741573 0.102272727 0.939440994 0.298189135  
0.606741573 0.090909091 0.950310559 0.303420523  
0.609550562 0.090909091 0.942546584 0.306237425  
0.606741573 0.079545455 0.939440994 0.317907445  
0.603932584 0.079545455 0.931677019 0.329979879  
0.601123596 0.079545455 0.931677019 0.326760563  
0.598314607 0.068181818 0.951863354 0.3138833  
0.5952505618 0.090909091 0.944099379 0.277665996  
0.592696629 0.125 0.886645963 0.231790744  
0.587078652 0.170454545 0.869565217 0.204828974  
0.584269663 0.227272727 0.841614907 0.166599598

0.578651685	0.272727273	0.815217391	0.138832998
0.570224719	0.284090909	0.798136646	0.12917505
0.56741573	0.272727273	0.798136646	0.155331992
0.564606742	0.272727273	0.807453416	0.15331992
0.561797753	0.261363636	0.805900621	0.138028169
0.558988764	0.25	0.815217391	0.118309859
0.558988764	0.215909091	0.822981366	0.106237425
0.561797753	0.181818182	0.849378882	0.112273642
0.570224719	0.170454545	0.878881988	0.165794769
0.578651685	0.159090909	0.914596273	0.212474849
0.587078652	0.147727273	0.950310559	0.25472837
0.592696629	0.136363636	0.961180124	0.239034205
0.598314607	0.136363636	0.989130435	0.205633803
0.601123596	0.147727273	1	0.154527163
0.603932584	0.136363636	0.998447205	0.123541247
0.606741573	0.125	1	0.103420523
0.603932584	0.125	1	0.084104628
0.598314607	0.125	1	0.086921529
0.595505618	0.125	1	0.092152918
0.592696629	0.125	1	0.099396378
0.592696629	0.125	0.944099379	0.079678068
0.592696629	0.170454545	0.850931677	0.06639839
0.58988764	0.238636364	0.799689441	0.051509054
0.58988764	0.306818182	0.739130435	0.028169014
0.584269663	0.511363636	0.610248447	0.002816901
0.58988764	0.704545455	0.52173913	0
0.592696629	0.704545455	0.486024845	0.000402414
0.58988764	0.715909091	0.459627329	0
0.587078652	0.681818182	0.470496894	0
0.578651685	0.590909091	0.529503106	0.004024145
0.573033708	0.431818182	0.645962733	0.017706237
0.578651685	0.272727273	0.74689441	0.046277666
0.584269663	0.193181818	0.843167702	0.114688129
0.58988764	0.170454545	0.925465839	0.190342052
0.595505618	0.147727273	0.950310559	0.218108652
0.598314607	0.136363636	0.961180124	0.206841046
0.598314607	0.136363636	0.953416149	0.190342052
0.598314607	0.125	0.942546584	0.172635815
0.598314607	0.113636364	0.942546584	0.173038229
0.598314607	0.113636364	0.944099379	0.184305835
0.595505618	0.102272727	0.953416149	0.206438632
0.595505618	0.102272727	0.944099379	0.221730382
0.592696629	0.102272727	0.945652174	0.23138833
0.592696629	0.102272727	0.945652174	0.237424547
0.58988764	0.102272727	0.927018634	0.230181087
0.58988764	0.113636364	0.897515528	0.212474849
0.587078652	0.136363636	0.880434783	0.195171026
0.584269663	0.159090909	0.871118012	0.183501006
0.575842697	0.193181818	0.835403727	0.131187123
0.570224719	0.215909091	0.807453416	0.074044266
0.564606742	0.238636364	0.790372671	0.088128773
0.561797753	0.272727273	0.809006211	0.133199195
0.558988764	0.272727273	0.799689441	0.100201207
0.553370787	0.25	0.799689441	0.087726358
0.553370787	0.204545455	0.815217391	0.086519115
0.553370787	0.170454545	0.832298137	0.086921529
0.556179775	0.147727273	0.852484472	0.098993964
0.558988764	0.136363636	0.888198758	0.142454728
0.558988764	0.136363636	0.944099379	0.224949698



0.561797753 0.136363636 0.944099379 0.276056338  
0.567415173 0.147727273 1 0.257142857  
0.570224719 0.147727273 1 0.222132797  
0.570224719 0.147727273 0.998447205 0.216096579  
0.570224719 0.147727273 0.998447205 0.21167002  
0.573033708 0.147727273 0.998447205 0.210060362  
0.573033708 0.147727273 1 0.221730382  
0.573033708 0.147727273 1 0.224949698  
0.575842697 0.136363636 0.998447205 0.22334004  
0.575842697 0.136363636 0.956521739 0.143661972  
0.578651685 0.170454545 0.880434783 0.099396378  
0.578651685 0.227272727 0.844720497 0.080080483  
0.578651685 0.295454545 0.793478261 0.051509054  
0.581460674 0.363636364 0.74378882 0.034205231  
0.584269663 0.431818182 0.686335404 0.019315895  
0.584269663 0.5 0.625776398 0.010060362  
0.587078652 0.477272727 0.664596273 0.0277666  
0.58988764 0.363636364 0.75931677 0.049899396  
0.587078652 0.306818182 0.784161491 0.065191147  
0.581460674 0.238636364 0.827639752 0.114285714  
0.581460674 0.181818182 0.889751553 0.193963783  
0.584269663 0.181818182 1 0.279678068  
0.587078652 0.170454545 1 0.306237425  
0.58988764 0.159090909 1 0.323541247  
0.592696629 0.147727273 0.998447205 0.310663984  
0.592696629 0.136363636 0.998447205 0.286519115  
0.595505618 0.125 0.998447205 0.280482897  
0.595505618 0.125 0.998447205 0.283702213  
0.595505618 0.125 0.998447205 0.284104628  
0.595505618 0.113636364 1 0.281690141  
0.598314607 0.125 1 0.264788732  
0.598314607 0.125 0.998447205 0.259557344  
0.601123596 0.125 1 0.250704225  
0.603932584 0.113636364 0.936335404 0.220523139  
0.606741573 0.125 0.869565217 0.194366197  
0.606741573 0.170454545 0.843167702 0.203219316  
0.603932584 0.204545455 0.826086957 0.207243461  
0.595505618 0.227272727 0.818322981 0.20804829  
0.58988764 0.227272727 0.816770186 0.202816901  
0.587078652 0.227272727 0.790372671 0.17665996  
0.587078652 0.215909091 0.788819876 0.189134809  
0.587078652 0.204545455 0.788819876 0.169818913  
0.58988764 0.193181818 0.790372671 0.166599598  
0.58988764 0.170454545 0.826086957 0.208853119  
0.592696629 0.147727273 0.861801242 0.289738431  
0.598314607 0.125 0.888198758 0.336820926  
0.603932584 0.113636364 0.895962733 0.366197183  
0.609550562 0.102272727 0.895962733 0.359758551  
0.612359551 0.090909091 0.895962733 0.326760563  
0.612359551 0.090909091 0.888198758 0.310261569  
0.609550562 0.079545455 0.875776398 0.326760563  
0.609550562 0.068181818 0.875776398 0.350503018  
0.606741573 0.056818182 0.885093168 0.377867203  
0.603932584 0.056818182 0.885093168 0.397987928  
0.601123596 0.056818182 0.894409938 0.393561368  
0.601123596 0.068181818 0.886645963 0.371830986  
0.601123596 0.068181818 0.894409938 0.342857143  
0.601123596 0.090909091 0.888198758 0.30583501  
0.598314607 0.125 0.869565217 0.268008048

0.598314607 0.159090909 0.860248447 0.259557344  
0.592696629 0.193181818 0.843167702 0.261167002  
0.584269663 0.215909091 0.807453416 0.181488934  
0.578651685 0.238636364 0.773291925 0.14527163  
0.575842697 0.227272727 0.798136646 0.230583501  
0.575842697 0.227272727 0.798136646 0.236619718  
0.575842697 0.215909091 0.787267081 0.209255533  
0.575842697 0.215909091 0.788819876 0.144064386  
0.578651685 0.193181818 0.804347826 0.155331992  
0.578651685 0.181818182 0.833850932 0.190744467  
0.581460674 0.159090909 0.868012422 0.298189135  
0.587078652 0.159090909 0.897515528 0.379879276  
0.58988764 0.147727273 0.923913043 0.442655936  
0.592696629 0.147727273 0.933229814 0.415291751  
0.595505618 0.136363636 0.933229814 0.379476861  
0.598314607 0.125 0.933229814 0.367002012  
0.601123596 0.113636364 0.933229814 0.361770624  
0.601123596 0.102272727 0.931677019 0.354527163  
0.601123596 0.090909091 0.931677019 0.350905433  
0.601123596 0.090909091 0.931677019 0.350905433  
0.601123596 0.079545455 0.931677019 0.348490946  
0.598314607 0.068181818 0.931677019 0.338832998  
0.598314607 0.079545455 0.914596273 0.313078471  
0.595505618 0.090909091 0.875776398 0.274849095  
0.58988764 0.113636364 0.857142857 0.24668008  
0.584269663 0.147727273 0.830745342 0.207243461  
0.575842697 0.170454545 0.813664596 0.203219316  
0.573033708 0.170454545 0.804347826 0.212474849  
0.56741573 0.170454545 0.804347826 0.205231388  
0.564606742 0.170454545 0.812111801 0.177867203  
0.56741573 0.181818182 0.793478261 0.11750503  
0.570224719 0.181818182 0.784161491 0.07444668  
0.573033708 0.181818182 0.785714286 0.064386318  
0.584269663 0.147727273 0.793478261 0.050704225  
0.595505618 0.125 0.812111801 0.061971831  
0.606741573 0.090909091 0.857142857 0.094969819  
0.615168539 0.079545455 0.866459627 0.093360161  
0.617977528 0.068181818 0.855590062 0.063179074  
0.620786517 0.056818182 0.835403727 0.035412475  
0.620786517 0.045454545 0.822981366 0.029778672  
0.620786517 0.045454545 0.815217391 0.026961771  
0.620786517 0.045454545 0.815217391 0.022937626  
0.623595506 0.045454545 0.815217391 0.016096579  
0.626404494 0.056818182 0.827639752 0.010865191  
0.629213483 0.068181818 0.838509317 0.004024145  
0.634831461 0.079545455 0.838509317 0.000804829  
0.643258427 0.136363636 0.757763975 0  
0.676966292 0.295454545 0.552795031 0  
0.81741573 0.511363636 0.414596273 0  
0.853932584 0.602272727 0.322981366 0  
0.758426966 0.670454545 0.312111801 0  
0.657303371 0.590909091 0.430124224 0.000402414  
0.609550562 0.556818182 0.456521739 0.005231388  
0.592696629 0.5 0.510869565 0.005633803  
0.592696629 0.454545455 0.51552795 0.005633803  
0.609550562 0.420454545 0.526397516 0.002414487  
0.620786517 0.386363636 0.597826087 0.000804829  
0.629213483 0.272727273 0.689440994 0.000804829  
0.629213483 0.125 0.739130435 0.000402414

0.634831461	0.102272727	0.804347826	0.003219316
0.637640449	0.102272727	0.861801242	0.005231388
0.648876404	0.113636364	0.928571429	0.001609658
0.654494382	0.113636364	0.906832298	0
0.654494382	0.113636364	0.861801242	0.000402414
0.654494382	0.090909091	0.801242236	0.000804829
0.654494382	0.079545455	0.742236025	0.001609658
0.657303371	0.079545455	0.73447205	0.001609658
0.654494382	0.079545455	0.76242236	0.001207243
0.651685393	0.090909091	0.821428571	0.000804829
0.646067416	0.102272727	0.863354037	0.000402414
0.643258427	0.170454545	0.736024845	0.000402414
0.66011236	0.329545455	0.611801242	0.000402414
0.707865169	0.511363636	0.546583851	0.000402414
0.707865169	0.590909091	0.48447205	0.000804829
0.668539326	0.602272727	0.468944099	0.001207243
0.651685393	0.613636364	0.472049689	0.001207243
0.651685393	0.659090909	0.451863354	0.000402414
0.637640449	0.681818182	0.391304348	0.000804829
0.617977528	0.636363636	0.378881988	0.001207243
0.617977528	0.545454545	0.427018634	0.001207243
0.626404494	0.409090909	0.551242236	0.001207243
0.629213483	0.25	0.670807453	0.001609658
0.632022472	0.113636364	0.73757764	0.006841046
0.640449438	0.090909091	0.784161491	0.006841046
0.648876404	0.090909091	0.773291925	0.003219316
0.657303371	0.090909091	0.754658385	0.001207243
0.662921348	0.090909091	0.72515528	0.000804829
0.665730337	0.079545455	0.695652174	0.000402414
0.665730337	0.079545455	0.664596273	0.000402414
0.665730337	0.090909091	0.630434783	0.000402414
0.671348315	0.102272727	0.602484472	0.000402414
0.668539326	0.125	0.597826087	0.000804829
0.662921348	0.136363636	0.590062112	0.000804829
0.651685393	0.136363636	0.591614907	0.000804829
0.648876404	0.181818182	0.517080745	0.000402414
0.671348315	0.352272727	0.454968944	0.000402414
0.693820225	0.511363636	0.49378882	0.000402414
0.688202247	0.568181818	0.451863354	0.000804829
0.679775281	0.613636364	0.434782609	0.000804829
0.665730337	0.647727273	0.431677019	0.000804829
0.634831461	0.670454545	0.411490683	0.000804829
0.617977528	0.681818182	0.377329193	0.000804829
0.612359551	0.681818182	0.357142857	0.000804829
0.615168539	0.636363636	0.358695652	0.001207243
0.612359551	0.522727273	0.431677019	0.001207243
0.615168539	0.329545455	0.574534161	0.001609658
0.615168539	0.159090909	0.669254658	0.004828974
0.626404494	0.113636364	0.796583851	0.029778672
0.632022472	0.090909091	0.802795031	0.029376258
0.632022472	0.068181818	0.810559006	0.031790744
0.632022472	0.056818182	0.818322981	0.035412475
0.634831461	0.045454545	0.818322981	0.034205231
0.634831461	0.034090909	0.815217391	0.033400402
0.637640449	0.034090909	0.807453416	0.033400402
0.640449438	0.022727273	0.804347826	0.028571429
0.640449438	0.022727273	0.805900621	0.024144869
0.643258427	0.011363636	0.802795031	0.024144869
0.640449438	0.011363636	0.804347826	0.030181087

0.637640449 0.034090909 0.787267081 0.03943662  
0.634831461 0.079545455 0.773291925 0.054325956  
0.626404494 0.125 0.757763975 0.049094567  
0.615168539 0.159090909 0.760869565 0.081287726  
0.612359551 0.181818182 0.736024845 0.060764588  
0.612359551 0.227272727 0.694099379 0.03501006  
0.615168539 0.295454545 0.638198758 0.020523139  
0.620786517 0.340909091 0.593167702 0.014084507  
0.623595506 0.363636364 0.562111801 0.00804829  
0.620786517 0.306818182 0.597826087 0.007645875  
0.612359551 0.193181818 0.663043478 0.020523139  
0.609550562 0.090909091 0.773291925 0.067605634  
0.609550562 0.045454545 0.857142857 0.198792757  
0.609550562 0.034090909 0.885093168 0.305030181  
0.609550562 0.022727273 0.874223602 0.323541247  
0.615168539 0.022727273 0.864906832 0.309054326  
0.617977528 0.011363636 0.872670807 0.28249497  
0.620786517 0.011363636 0.864906832 0.23943662  
0.626404494 0 0.850931677 0.185110664  
0.629213483 0 0.841614907 0.146478873  
0.632022472 0 0.830745342 0.114285714  
0.632022472 0 0.830745342 0.088531187  
0.634831461 0 0.821428571 0.067605634  
0.632022472 0.011363636 0.813664596 0.062374245  
0.629213483 0.022727273 0.815217391 0.070020121  
0.626404494 0.068181818 0.801242236 0.07806841  
0.620786517 0.102272727 0.804347826 0.103822938  
0.612359551 0.125 0.785714286 0.101810865  
0.601123596 0.136363636 0.757763975 0.12555332  
0.595505618 0.136363636 0.757763975 0.156136821  
0.592696629 0.136363636 0.757763975 0.176257545  
0.58988764 0.136363636 0.757763975 0.175855131  
0.587078652 0.136363636 0.76552795 0.203219316  
0.587078652 0.125 0.784161491 0.237424547  
0.58988764 0.102272727 0.812111801 0.268410463  
0.58988764 0.068181818 0.838509317 0.296177062  
0.592696629 0.045454545 0.855590062 0.330784708  
0.598314607 0.034090909 0.874223602 0.364185111  
0.603932584 0.022727273 0.883540373 0.38028169  
0.606741573 0.022727273 0.874223602 0.356136821  
0.609550562 0.022727273 0.863354037 0.338028169  
0.609550562 0.011363636 0.872670807 0.318712274  
0.612359551 0.011363636 0.872670807 0.289336016  
0.612359551 0.011363636 0.863354037 0.252716298  
0.615168539 0.011363636 0.863354037 0.200402414  
0.615168539 0.011363636 0.852484472 0.169014085  
0.615168539 0.011363636 0.852484472 0.158551308  
0.615168539 0.011363636 0.843167702 0.160160966  
0.612359551 0.022727273 0.835403727 0.18028169  
0.609550562 0.045454545 0.826086957 0.198390342  
0.606741573 0.079545455 0.810559006 0.201609658  
0.601123596 0.113636364 0.76552795 0.138832998  
0.598314607 0.170454545 0.706521739 0.045875252  
0.598314607 0.272727273 0.645962733 0.021327968  
0.595505618 0.409090909 0.52484472 0.007243461  
0.598314607 0.522727273 0.414596273 0.001609658  
0.601123596 0.545454545 0.358695652 0.001207243  
0.601123596 0.511363636 0.360248447 0.001609658  
0.601123596 0.420454545 0.447204969 0.001207243

0.606741573 0.284090909 0.576086957 0.000804829  
0.612359551 0.125 0.633540373 0.000804829  
0.617977528 0.079545455 0.770186335 0.018913481  
0.626404494 0.056818182 0.826086957 0.03501006  
0.629213483 0.045454545 0.824534161 0.024547284  
0.634831461 0.045454545 0.815217391 0.017303823  
0.637640449 0.045454545 0.804347826 0.010865191  
0.640449438 0.045454545 0.815217391 0.009657948  
0.643258427 0.034090909 0.822981366 0.006438632  
0.643258427 0.034090909 0.833850932 0.003219316  
0.643258427 0.034090909 0.824534161 0.003219316  
0.643258427 0.022727273 0.822981366 0.002816901  
0.640449438 0.022727273 0.812111801 0.002414487  
0.640449438 0.068181818 0.748447205 0.002414487  
0.637640449 0.170454545 0.658385093 0.002414487  
0.632022472 0.363636364 0.618012422 0.000402414  
0.632022472 0.545454545 0.545031056 0  
0.632022472 0.659090909 0.464285714 0  
0.629213483 0.738636364 0.400621118 0  
0.623595506 0.806818182 0.347826087 0  
0.620786517 0.852272727 0.305900621 0  
0.615168539 0.829545455 0.296583851 0  
0.603932584 0.738636364 0.326086957 0  
0.592696629 0.602272727 0.430124224 0  
0.595505618 0.420454545 0.574534161 0.000402414  
0.603932584 0.227272727 0.656832298 0.002414487  
0.615168539 0.159090909 0.767080745 0.010865191  
0.615168539 0.125 0.840062112 0.026156942  
0.617977528 0.102272727 0.875776398 0.030583501  
0.623595506 0.102272727 0.868012422 0.024144869  
0.626404494 0.102272727 0.857142857 0.016901408  
0.632022472 0.102272727 0.838509317 0.011267606  
0.634831461 0.102272727 0.819875776 0.007243461  
0.634831461 0.102272727 0.819875776 0.00362173  
0.632022472 0.102272727 0.801242236 0.005633803  
0.626404494 0.079545455 0.798136646 0.012877264  
0.623595506 0.068181818 0.807453416 0.017706237  
0.623595506 0.079545455 0.779503106 0.016901408  
0.617977528 0.125 0.754658385 0.020523139  
0.609550562 0.193181818 0.73447205 0.03138833  
0.606741573 0.227272727 0.745341615 0.060764588  
0.603932584 0.295454545 0.672360248 0.021730382  
0.603932584 0.477272727 0.537267081 0.007243461  
0.603932584 0.636363636 0.453416149 0.002012072  
0.606741573 0.727272727 0.445652174 0  
0.609550562 0.738636364 0.427018634 0  
0.595505618 0.681818182 0.450310559 0.000402414  
0.570224719 0.590909091 0.529503106 0.000804829  
0.553370787 0.454545455 0.661490683 0.004426559  
0.558988764 0.272727273 0.869565217 0.009255533  
0.587078652 0.227272727 0.905279503 0.018913481  
0.609550562 0.204545455 0.968944099 0.032193159  
0.620786517 0.193181818 0.99689441 0.029778672  
0.626404494 0.170454545 0.968944099 0.00804829  
0.632022472 0.159090909 0.944099379 0.001609658  
0.640449438 0.159090909 0.916149068 0  
0.646067416 0.159090909 0.878881988 0  
0.648876404 0.159090909 0.850931677 0  
0.640449438 0.159090909 0.822981366 0

0.634831461 0.159090909 0.776397516 0  
0.632022472 0.159090909 0.74068323 0  
0.632022472 0.181818182 0.659937888 0.000402414  
0.643258427 0.261363636 0.642857143 0.000804829  
0.66011236 0.397727273 0.563664596 0.002012072  
0.671348315 0.522727273 0.520186335 0.001207243  
0.668539326 0.613636364 0.482919255 0  
0.654494382 0.636363636 0.440993789 0.001609658  
0.637640449 0.659090909 0.413043478 0.000804829  
0.640449438 0.704545455 0.403726708 0  
0.657303371 0.704545455 0.397515528 0  
0.620786517 0.659090909 0.434782609 0  
0.575842697 0.556818182 0.545031056 0.000804829  
0.561797753 0.375 0.683229814 0.01167002  
0.573033708 0.193181818 0.878881988 0.037826962  
0.587078652 0.170454545 0.961180124 0.089738431  
0.595505618 0.159090909 1 0.201207243  
0.598314607 0.159090909 1 0.257545272  
0.601123596 0.147727273 1 0.256740443  
0.603932584 0.147727273 1 0.247887324  
0.606741573 0.136363636 0.998447205 0.235412475  
0.606741573 0.136363636 0.998447205 0.223742455  
0.609550562 0.136363636 0.998447205 0.212474849  
0.609550562 0.136363636 0.998447205 0.213279678  
0.609550562 0.136363636 0.998447205 0.21167002  
0.606741573 0.136363636 0.998447205 0.218511066  
0.606741573 0.136363636 0.945652174 0.18832998  
0.601123596 0.170454545 0.871118012 0.171026157  
0.598314607 0.238636364 0.836956522 0.14889336  
0.58988764 0.329545455 0.776397516 0.06277666  
0.587078652 0.431818182 0.74068323 0.063983903  
0.592696629 0.511363636 0.694099379 0.046277666  
0.598314607 0.579545455 0.655279503 0.018108652  
0.668539326 0.693181818 0.520186335 0.002816901  
0.853932584 0.738636364 0.461180124 0  
0.865168539 0.681818182 0.472049689 0  
0.831460674 0.602272727 0.495341615 0  
0.733146067 0.522727273 0.489130435 0.000402414  
0.603932584 0.386363636 0.554347826 0.000402414  
0.584269663 0.238636364 0.649068323 0.000402414  
0.587078652 0.204545455 0.582298137 0.000402414  
0.587078652 0.170454545 0.667701863 0.000402414  
0.595505618 0.147727273 0.841614907 0.000402414  
0.601123596 0.125 0.868012422 0.000804829  
0.606741573 0.102272727 0.894409938 0.000804829  
0.612359551 0.090909091 0.922360248 0.000804829  
0.612359551 0.079545455 0.944099379 0.000804829  
0.612359551 0.079545455 0.953416149 0.000804829  
0.615168539 0.113636364 0.944099379 0.000804829  
0.609550562 0.102272727 0.972049689 0.002414487  
0.606741573 0.147727273 0.897515528 0.006841046  
0.603932584 0.215909091 0.77173913 0.014486922  
0.603932584 0.261363636 0.74689441 0.026961771  
0.603932584 0.306818182 0.723602484 0.030181087  
0.592696629 0.363636364 0.667701863 0.018511066  
0.581460674 0.386363636 0.652173913 0.022937626  
0.578651685 0.318181818 0.748447205 0.060764588  
0.575842697 0.295454545 0.798136646 0.105030181  
0.570224719 0.306818182 0.798136646 0.093762575

0.570224719 0.284090909 0.807453416 0.075653924  
0.56741573 0.238636364 0.832298137 0.075251509  
0.56741573 0.181818182 0.922360248 0.085714286  
0.570224719 0.181818182 1 0.114285714  
0.573033708 0.181818182 1 0.124748491  
0.575842697 0.170454545 0.998447205 0.139637827  
0.575842697 0.170454545 0.998447205 0.169416499  
0.575842697 0.170454545 0.998447205 0.190744467  
0.578651685 0.170454545 0.998447205 0.190342052  
0.578651685 0.170454545 0.998447205 0.183903421  
0.581460674 0.159090909 1 0.184305835  
0.584269663 0.147727273 1 0.178269618  
0.587078652 0.147727273 1 0.155734406  
0.58988764 0.136363636 0.998447205 0.132394366  
0.592696629 0.125 1 0.117102616  
0.595505618 0.136363636 0.98136646 0.06639839  
0.595505618 0.215909091 0.852484472 0.039034205  
0.595505618 0.318181818 0.798136646 0.046277666  
0.592696629 0.386363636 0.767080745 0.056740443  
0.584269663 0.409090909 0.748447205 0.056338028  
0.573033708 0.420454545 0.732919255 0.05472837  
0.570224719 0.409090909 0.74068323 0.073239437  
0.564606742 0.397727273 0.748447205 0.072837022  
0.561797753 0.386363636 0.763975155 0.065191147  
0.558988764 0.375 0.781055901 0.061971831  
0.561797753 0.329545455 0.815217391 0.064386318  
0.564606742 0.238636364 0.903726708 0.070020121  
0.570224719 0.147727273 1 0.127162978  
0.575842697 0.125 0.998447205 0.124748491  
0.581460674 0.113636364 1 0.117102616  
0.581460674 0.113636364 1 0.127565392  
0.584269663 0.102272727 1 0.138028169  
0.584269663 0.102272727 1 0.136820926  
0.587078652 0.113636364 1 0.136016097  
0.587078652 0.113636364 1 0.147283702  
0.58988764 0.113636364 1 0.155331992  
0.592696629 0.113636364 1 0.159356137  
0.595505618 0.113636364 1 0.156136821  
0.601123596 0.113636364 1 0.137625755  
0.606741573 0.113636364 0.962732919 0.072032193  
0.615168539 0.181818182 0.833850932 0.03138833  
0.623595506 0.306818182 0.74068323 0.014889336  
0.634831461 0.488636364 0.600931677 0.003219316  
0.648876404 0.613636364 0.482919255 0.000402414  
0.657303371 0.670454545 0.394409938 0.000402414  
0.66011236 0.670454545 0.400621118 0  
0.634831461 0.647727273 0.476708075 0  
0.606741573 0.602272727 0.538819876 0.000402414  
0.601123596 0.556818182 0.559006211 0.003219316  
0.615168539 0.488636364 0.639751553 0.001609658  
0.654494382 0.420454545 0.701863354 0  
0.626404494 0.261363636 0.809006211 0  
0.629213483 0.159090909 0.785714286 0.000804829  
0.646067416 0.147727273 0.684782609 0.000804829  
0.657303371 0.159090909 0.593167702 0.000804829  
0.674157303 0.170454545 0.604037267 0.000804829  
0.702247191 0.136363636 0.840062112 0.000402414  
0.764044944 0.159090909 0.906832298 0.002414487  
0.823033708 0.170454545 0.850931677 0.007243461

0.856741573 0.159090909 0.888198758 0.012072435  
0.862359551 0.159090909 0.916149068 0.012877264  
0.842696629 0.147727273 0.897515528 0.010462777  
0.800561798 0.159090909 0.871118012 0.004426559  
0.761235955 0.204545455 0.754658385 0.000804829  
0.803370787 0.352272727 0.468944099 0.000402414  
0.941011236 0.590909091 0.145962733 0  
1 0.693181818 0.149068323 0  
0.002808989 0.681818182 0.409937888 0  
0.002808989 0.625 0.619565217 0.000402414  
0.991573034 0.477272727 0.694099379 0.01167002  
0.974719101 0.375 0.822981366 0.092152918  
0.971910112 0.295454545 0.920807453 0.245070423  
0.969101124 0.261363636 0.954968944 0.311871227  
0.963483146 0.25 0.98447205 0.330784708  
0.949438202 0.238636364 1 0.309054326  
0.91011236 0.238636364 1 0.219315895  
0.862359551 0.227272727 0.967391304 0.058752515  
0.837078652 0.238636364 0.801242236 0.053118712  
0.828651685 0.215909091 0.788819876 0.057142857  
0.823033708 0.215909091 0.788819876 0.022937626  
0.806179775 0.227272727 0.736024845 0.005231388  
0.356741573 0.215909091 0.773291925 0.000804829  
0.429775281 0.136363636 0.718944099 0.000402414  
0.438202247 0.159090909 0.611801242 0.004024145  
0.449438202 0.204545455 0.430124224 0.07444668  
0.474719101 0.227272727 0.391304348 0.089738431  
0.491573034 0.238636364 0.349378882 0.016498994  
0.497191011 0.25 0.290372671 0  
0.514044944 0.363636364 0.206521739 0  
0.43258427 0.625 0.048136646 0  
0.137640449 0.738636364 0.059006211 0  
0.061797753 0.738636364 0.218944099 0  
0.04494382 0.727272727 0.360248447 0  
0.042134831 0.693181818 0.464285714 0.000804829  
0.058988764 0.602272727 0.501552795 0.005231388  
0.058988764 0.602272727 0.531055901 0.000804829  
0.109550562 0.568181818 0.52173913 0.001207243  
0.176966292 0.545454545 0.423913043 0.006036217  
0.351123596 0.488636364 0.324534161 0.014889336  
0.497191011 0.375 0.357142857 0.034607646  
0.519662921 0.238636364 0.52484472 0.017303823  
0.508426966 0.147727273 0.74068323 0.007645875  
0.502808989 0.113636364 0.810559006 0.006036217  
0.502808989 0.181818182 0.596273292 0.006841046  
0.511235955 0.238636364 0.330745342 0.009657948  
0.525280899 0.284090909 0.291925466 0.023742455  
0.539325843 0.284090909 0.368012422 0.062374245  
0.547752809 0.272727273 0.48757764 0.088128773  
0.542134831 0.261363636 0.548136646 0.103420523  
0.54494382 0.25 0.571428571 0.090945674  
0.542134831 0.25 0.605590062 0.080080483  
0.539325843 0.261363636 0.635093168 0.082897384  
0.533707865 0.340909091 0.583850932 0.068812877  
0.323033708 0.465909091 0.5 0.047082495  
0.056179775 0.568181818 0.399068323 0.012072435  
0.033707865 0.681818182 0.26552795 0.004024145  
0.02247191 0.75 0.222049689 0.000804829  
0.030898876 0.772727273 0.23136646 0.001609658



0.030898876 0.727272727 0.298136646 0.004828974  
0.070224719 0.670454545 0.338509317 0.012072435  
0.185393258 0.636363636 0.305900621 0.031790744  
0.311797753 0.602272727 0.27173913 0.052716298  
0.435393258 0.511363636 0.344720497 0.098189135  
0.474719101 0.352272727 0.517080745 0.148490946  
0.466292135 0.25 0.658385093 0.114285714  
0.457865169 0.227272727 0.656832298 0.040241449  
0.45505618 0.261363636 0.531055901 0.02334004  
0.469101124 0.284090909 0.447204969 0.021730382  
0.491573034 0.318181818 0.377329193 0.006036217  
0.511235955 0.329545455 0.312111801 0.001207243  
0.525280899 0.318181818 0.291925466 0.000402414  
0.525280899 0.306818182 0.288819876 0.000402414  
0.514044944 0.295454545 0.330745342 0.000402414  
0.497191011 0.284090909 0.377329193 0.000402414  
0.483146067 0.295454545 0.364906832 0.000804829  
0.47752809 0.318181818 0.344720497 0.000402414  
0.47752809 0.431818182 0.26552795 0  
0.379213483 0.659090909 0.170807453 0  
0.129213483 0.761363636 0.170807453 0  
0.042134831 0.75 0.347826087 0  
0.025280899 0.704545455 0.425465839 0.001207243  
0.02247191 0.602272727 0.510869565 0.018108652  
0.02247191 0.568181818 0.574534161 0.053118712  
0.042134831 0.545454545 0.631987578 0.057142857  
0.115168539 0.534090909 0.663043478 0.042655936  
0.283707865 0.568181818 0.501552795 0.040241449  
0.47752809 0.511363636 0.427018634 0.049496982  
0.514044944 0.295454545 0.714285714 0.057545272  
0.497191011 0.238636364 0.791925466 0.032997988  
0.485955056 0.215909091 0.824534161 0.005633803  
0.480337079 0.227272727 0.905279503 0.004024145  
0.47752809 0.238636364 0.931677019 0.006841046  
0.474719101 0.238636364 0.939440994 0.014486922  
0.47752809 0.238636364 0.939440994 0.025754527  
0.483146067 0.227272727 0.877329193 0.036619718  
0.485955056 0.227272727 0.850931677 0.055935614  
0.485955056 0.227272727 0.843167702 0.063581489  
0.483146067 0.227272727 0.833850932 0.06277666  
0.47752809 0.227272727 0.816770186 0.055130785  
0.474719101 0.25 0.76552795 0.050301811  
0.480337079 0.340909091 0.559006211 0.045875252  
0.488764045 0.511363636 0.375776398 0.047887324  
0.401685393 0.738636364 0.192546584 0.041448692  
0.101123596 0.784090909 0.167701863 0.033802817  
0.042134831 0.75 0.301242236 0.0277666  
0.028089888 0.727272727 0.392857143 0.022535211  
0.028089888 0.693181818 0.47826087 0.024547284  
0.036516854 0.636363636 0.638198758 0.048692153  
0.053370787 0.579545455 0.757763975 0.295774648  
0.073033708 0.534090909 0.827639752 0.437826962  
0.101123596 0.488636364 0.886645963 0.482897384  
0.08988764 0.431818182 0.940993789 0.696981891  
0.519662921 0.409090909 0.976708075 0.839839034  
0.514044944 0.397727273 0.968944099 0.73722334  
0.452247191 0.397727273 0.902173913 0.604024145  
0.384831461 0.420454545 0.830745342 0.655935614  
0.384831461 0.420454545 0.830745342 0.582696177

0.429775281	0.420454545	0.773291925	0.502615694
0.469101124	0.420454545	0.700310559	0.516297787
0.488764045	0.409090909	0.636645963	0.532796781
0.511235955	0.386363636	0.580745342	0.450704225
0.516853933	0.340909091	0.541925466	0.389537223
0.519662921	0.318181818	0.52173913	0.309054326
0.519662921	0.318181818	0.472049689	0.208450704
0.533707865	0.386363636	0.368012422	0.103018109
0.542134831	0.556818182	0.226708075	0.021327968
0.491573034	0.795454545	0.091614907	0.000402414
0.266853933	0.954545455	0.099378882	0
0.056179775	0.931818182	0.184782609	0
0.075842697	0.840909091	0.304347826	0
0.087078652	0.795454545	0.299689441	0.000804829
0.087078652	0.795454545	0.214285714	0.002414487
0.202247191	0.806818182	0.145962733	0.001207243
0.446629213	0.75	0.167701863	0
0.497191011	0.579545455	0.428571429	0
0.52247191	0.375	0.75931677	0
0.505617978	0.261363636	0.922360248	0.000402414
0.494382022	0.227272727	0.976708075	0.009657948
0.488764045	0.227272727	0.995341615	0.011267606
0.483146067	0.215909091	0.958074534	0.007243461
0.480337079	0.215909091	0.905279503	0.002012072
0.474719101	0.238636364	0.816770186	0
0.471910112	0.25	0.76242236	0
0.469101124	0.261363636	0.729813665	0
0.463483146	0.272727273	0.714285714	0
0.466292135	0.284090909	0.636645963	0
0.474719101	0.295454545	0.568322981	0
0.480337079	0.329545455	0.52484472	0
0.494382022	0.443181818	0.378881988	0
0.469101124	0.681818182	0.161490683	0
0.342696629	0.875	0.102484472	0
0.120786517	0.954545455	0.122670807	0
0.081460674	1	0.211180124	0
0.264044944	0.943181818	0.324534161	0
0.393258427	0.829545455	0.333850932	0
0.45505618	0.784090909	0.330745342	0
0.485955056	0.704545455	0.431677019	0.000402414
0.508426966	0.590909091	0.663043478	0
0.519662921	0.397727273	0.854037267	0
0.519662921	0.272727273	0.972049689	0.004024145
0.511235955	0.25	0.99068323	0.012474849
0.511235955	0.25	1	0.051509054
0.508426966	0.238636364	1	0.065191147
0.505617978	0.238636364	1	0.058752515
0.505617978	0.227272727	1	0.047887324
0.502808989	0.227272727	1	0.040241449
0.497191011	0.215909091	1	0.03501006
0.502808989	0.215909091	1	0.026156942
0.514044944	0.204545455	1	0.030985915
0.52247191	0.215909091	0.998447205	0.045472837
0.530898876	0.215909091	0.998447205	0.061971831
0.536516854	0.227272727	1	0.052313883
0.539325843	0.284090909	0.877329193	0.029376258
0.536516854	0.386363636	0.815217391	0.023742455
0.533707865	0.511363636	0.715838509	0.009657948
0.530898876	0.75	0.568322981	0

0.519662921 0.875 0.50621118 0  
0.488764045 0.886363636 0.51242236 0  
0.435393258 0.920454545 0.377329193 0  
0.404494382 0.909090909 0.321428571 0  
0.452247191 0.840909091 0.380434783 0  
0.497191011 0.693181818 0.618012422 0  
0.533707865 0.511363636 0.824534161 0.000804829  
0.54494382 0.363636364 0.940993789 0.004024145  
0.542134831 0.352272727 0.874223602 0.000402414  
0.536516854 0.375 0.807453416 0  
0.533707865 0.409090909 0.700310559 0  
0.528089888 0.465909091 0.531055901 0  
0.525280899 0.522727273 0.293478261 0  
0.52247191 0.568181818 0.131987578 0  
0.52247191 0.556818182 0.180124224 0.000804829  
0.514044944 0.568181818 0.212732919 0.086519115  
0.47752809 0.534090909 0.355590062 0.358551308  
0.109550562 0.477272727 0.602484472 0.395171026  
0.117977528 0.443181818 0.655279503 0.524748491  
0.134831461 0.431818182 0.686335404 0.647082495  
0.106741573 0.431818182 0.742236025 0.876458753  
0.101123596 0.443181818 0.718944099 1  
0.098314607 0.454545455 0.695652174 0.967806841  
0.098314607 0.454545455 0.75 0.891750503  
0.095505618 0.488636364 0.787267081 0.79195171  
0.101123596 0.534090909 0.798136646 0.603219316  
0.087078652 0.590909091 0.77173913 0.25110664  
0.070224719 0.670454545 0.673913043 0.006036217  
0.06741573 0.693181818 0.596273292 0.00362173  
0.053370787 0.647727273 0.631987578 0.000804829  
0.008426966 0.556818182 0.739130435 0.001609658  
0.671348315 0.488636364 0.763975155 0.001609658  
0.553370787 0.534090909 0.50621118 0.000402414  
0.539325843 0.568181818 0.332298137 0.001207243  
0.514044944 0.579545455 0.290372671 0.002414487  
0.505617978 0.556818182 0.358695652 0.002012072  
0.514044944 0.568181818 0.340062112 0.002012072  
0.556179775 0.556818182 0.381987578 0.002816901  
0.632022472 0.511363636 0.534161491 0.002816901  
0.615168539 0.477272727 0.649068323 0.001609658  
0.603932584 0.477272727 0.618012422 0.000402414  
0.584269663 0.477272727 0.579192547 0.000402414  
0.564606742 0.477272727 0.526397516 0  
0.556179775 0.488636364 0.442546584 0  
0.558988764 0.568181818 0.340062112 0  
0.418539326 0.772727273 0.226708075 0  
0.134831461 0.863636364 0.232919255 0  
0.06741573 0.863636364 0.301242236 0  
0.148876404 0.875 0.296583851 0  
0.129213483 0.897727273 0.267080745 0  
0.087078652 0.886363636 0.25931677 0  
0.095505618 0.875 0.263975155 0  
0.134831461 0.840909091 0.25931677 0  
0.202247191 0.795454545 0.236024845 0  
0.438202247 0.704545455 0.24068323 0  
0.54494382 0.556818182 0.344720497 0  
0.539325843 0.409090909 0.572981366 0  
0.494382022 0.352272727 0.717391304 0  
0.469101124 0.375 0.635093168 0

0.47752809 0.397727273 0.473602484 0  
0.508426966 0.420454545 0.285714286 0  
0.536516854 0.431818182 0.232919255 0.000402414  
0.558988764 0.443181818 0.212732919 0.005633803  
0.573033708 0.454545455 0.279503106 0.060362173  
0.573033708 0.409090909 0.413043478 0.080885312  
0.56741573 0.386363636 0.489130435 0.078470825  
0.553370787 0.386363636 0.507763975 0.076056338  
0.54494382 0.375 0.537267081 0.049899396  
0.539325843 0.454545455 0.513975155 0.022937626  
0.087078652 0.579545455 0.532608696 0.025754527  
0.036516854 0.602272727 0.48136646 0.017303823  
0.011235955 0.704545455 0.363354037 0.001207243  
0 0.818181818 0.232919255 0  
0.019662921 0.863636364 0.175465839 0  
0.039325843 0.875 0.181677019 0  
0.08988764 0.840909091 0.222049689 0  
0.157303371 0.806818182 0.229813665 0  
0.415730337 0.761363636 0.130434783 0  
0.511235955 0.613636364 0.267080745 0  
0.536516854 0.363636364 0.74378882 0  
0.525280899 0.284090909 0.922360248 0.002012072  
0.525280899 0.238636364 1 0.018108652  
0.525280899 0.238636364 1 0.015291751  
0.52247191 0.261363636 1 0.028169014  
0.52247191 0.261363636 1 0.040241449  
0.525280899 0.261363636 0.992236025 0.033400402  
0.528089888 0.261363636 0.98136646 0.039034205  
0.528089888 0.261363636 0.982919255 0.047082495  
0.528089888 0.25 0.98447205 0.035412475  
0.528089888 0.25 0.97515528 0.024547284  
0.525280899 0.25 0.950310559 0.007243461  
0.519662921 0.261363636 0.863354037 0  
0.505617978 0.386363636 0.636645963 0  
0.460674157 0.602272727 0.423913043 0  
0.390449438 0.795454545 0.26242236 0  
0.331460674 0.863636364 0.206521739 0  
0.376404494 0.829545455 0.285714286 0  
0.373595506 0.806818182 0.360248447 0  
0.379213483 0.818181818 0.284161491 0  
0.435393258 0.772727273 0.336956522 0  
0.446629213 0.693181818 0.473602484 0  
0.466292135 0.590909091 0.613354037 0  
0.505617978 0.454545455 0.790372671 0.000804829  
0.525280899 0.295454545 0.948757764 0.004828974  
0.511235955 0.284090909 0.846273292 0.018913481  
0.497191011 0.261363636 0.846273292 0.028973843  
0.497191011 0.238636364 0.927018634 0.027364185  
0.497191011 0.215909091 0.99068323 0.032595573  
0.494382022 0.215909091 1 0.034607646  
0.485955056 0.215909091 0.98757764 0.026559356  
0.480337079 0.204545455 0.989130435 0.024949698  
0.474719101 0.204545455 0.989130435 0.026559356  
0.474719101 0.204545455 0.972049689 0.024144869  
0.474719101 0.204545455 0.972049689 0.020120724  
0.480337079 0.204545455 0.98136646 0.016498994  
0.485955056 0.215909091 0.917701863 0.010865191  
0.488764045 0.295454545 0.74378882 0.005231388  
0.491573034 0.477272727 0.604037267 0.006036217

0.47752809 0.75 0.431677019 0.005633803  
0.384831461 0.897727273 0.25621118 0.005231388  
0.08988764 0.965909091 0.142857143 0.004426559  
0.058988764 0.943181818 0.217391304 0.003219316  
0.058988764 0.920454545 0.312111801 0.002012072  
0.06741573 0.863636364 0.445652174 0.001207243  
0.081460674 0.738636364 0.576086957 0.010865191  
0.117977528 0.625 0.690993789 0.073641851  
0.463483146 0.602272727 0.548136646 0.17665996  
0.550561798 0.511363636 0.52173913 0.174245473  
0.547752809 0.363636364 0.638198758 0.103018109  
0.533707865 0.284090909 0.812111801 0.040241449  
0.528089888 0.238636364 1 0.029778672  
0.516853933 0.238636364 0.998447205 0.021327968  
0.514044944 0.227272727 0.97826087 0.010462777  
0.508426966 0.227272727 0.942546584 0.004024145  
0.505617978 0.238636364 0.897515528 0.000402414  
0.494382022 0.261363636 0.801242236 0.000402414  
0.497191011 0.272727273 0.751552795 0.000402414  
0.505617978 0.261363636 0.793478261 0.001207243  
0.505617978 0.25 0.855590062 0.002012072  
0.502808989 0.261363636 0.855590062 0.000402414  
0.494382022 0.375 0.72826087 0.000804829  
0.488764045 0.545454545 0.599378882 0.001207243  
0.485955056 0.715909091 0.495341615 0.003219316  
0.488764045 0.761363636 0.47826087 0.006438632  
0.505617978 0.704545455 0.537267081 0.006036217  
0.505617978 0.715909091 0.51552795 0.001207243  
0.511235955 0.727272727 0.523291925 0.000402414  
0.516853933 0.670454545 0.590062112 0.002012072  
0.505617978 0.636363636 0.613354037 0.002414487  
0.502808989 0.556818182 0.709627329 0.002816901  
0.52247191 0.443181818 0.854037267 0.004426559  
0.528089888 0.318181818 0.989130435 0.008853119  
0.52247191 0.261363636 0.99378882 0.005633803  
0.516853933 0.272727273 0.940993789 0.014889336  
0.519662921 0.25 0.992236025 0.019315895  
0.525280899 0.238636364 0.998447205 0.033802817  
0.533707865 0.215909091 1 0.040643863  
0.539325843 0.204545455 1 0.030181087  
0.54494382 0.204545455 1 0.02334004  
0.547752809 0.204545455 1 0.050301811  
0.547752809 0.193181818 1 0.084104628  
0.54494382 0.193181818 1 0.100201207  
0.539325843 0.181818182 0.998447205 0.097384306  
0.530898876 0.181818182 0.998447205 0.063983903  
0.52247191 0.25 0.836956522 0.01167002  
0.511235955 0.420454545 0.686335404 0.001207243  
0.508426966 0.625 0.540372671 0.000804829  
0.514044944 0.727272727 0.439440994 0.000804829  
0.508426966 0.704545455 0.459627329 0.001207243  
0.52247191 0.625 0.554347826 0.003219316  
0.528089888 0.579545455 0.604037267 0.005633803  
0.528089888 0.545454545 0.624223602 0.004024145  
0.52247191 0.511363636 0.639751553 0.00362173  
0.519662921 0.443181818 0.72515528 0.000804829  
0.52247191 0.329545455 0.833850932 0.000804829  
0.514044944 0.261363636 0.878881988 0.000402414  
0.508426966 0.238636364 0.861801242 0.002816901

0.508426966 0.215909091 0.788819876 0.010060362  
0.505617978 0.215909091 0.798136646 0.015694165  
0.502808989 0.204545455 0.861801242 0.024144869  
0.497191011 0.193181818 0.868012422 0.014486922  
0.497191011 0.181818182 0.866459627 0.007243461  
0.494382022 0.170454545 0.868012422 0.003219316  
0.491573034 0.170454545 0.961180124 0.00362173  
0.485955056 0.159090909 0.961180124 0.003219316  
0.47752809 0.170454545 0.906832298 0.001609658  
0.463483146 0.204545455 0.779503106 0.001609658  
0.446629213 0.318181818 0.352484472 0.001609658  
0.438202247 0.443181818 0.149068323 0.002012072  
0.095505618 0.579545455 0.223602484 0.002012072  
0.016853933 0.579545455 0.332298137 0.020120724  
0.997191011 0.511363636 0.473602484 0.069215292  
1 0.522727273 0.526397516 0.053521127  
0.002808989 0.568181818 0.543478261 0.009657948  
0.008426966 0.602272727 0.51552795 0.006841046  
0.014044944 0.590909091 0.501552795 0.00362173  
0.132022472 0.613636364 0.366459627 0.002816901  
0.452247191 0.647727273 0.102484472 0.00362173  
0.519662921 0.556818182 0.083850932 0.005633803  
0.539325843 0.329545455 0.245341615 0.008450704  
0.533707865 0.215909091 0.520186335 0.009255533  
0.525280899 0.170454545 0.869565217 0.008853119  
0.511235955 0.204545455 0.968944099 0.009255533  
0.505617978 0.215909091 0.968944099 0.007645875  
0.502808989 0.227272727 0.950310559 0.006438632  
0.491573034 0.25 0.852484472 0.004426559  
0.488764045 0.272727273 0.782608696 0.004024145  
0.485955056 0.295454545 0.706521739 0.00362173  
0.483146067 0.340909091 0.568322981 0.005231388  
0.47752809 0.409090909 0.332298137 0.007645875  
0.47752809 0.477272727 0.114906832 0.010462777  
0.460674157 0.522727273 0 0.01971831  
0.457865169 0.522727273 0.083850932 0.04305835  
0.241573034 0.579545455 0.299689441 0.053118712  
0.112359551 0.625 0.319875776 0.048692153  
0.08988764 0.659090909 0.296583851 0.044668008  
0.08988764 0.693181818 0.301242236 0.038631791  
0.081460674 0.704545455 0.322981366 0.034607646  
0.073033708 0.715909091 0.338509317 0.026559356  
0.078651685 0.693181818 0.411490683 0.018108652  
0.078651685 0.659090909 0.498447205 0.008450704  
0.073033708 0.613636364 0.577639752 0.002816901  
0.025280899 0.545454545 0.658385093 0.001609658  
0.66011236 0.465909091 0.697204969 0.001609658  
0.601123596 0.488636364 0.464285714 0.002414487  
0.578651685 0.522727273 0.181677019 0.003219316  
0.56741573 0.522727273 0.02173913 0.00362173  
0.56741573 0.488636364 0.040372671 0.003219316  
0.570224719 0.443181818 0.181677019 0.005231388  
0.570224719 0.420454545 0.24689441 0.006438632  
0.564606742 0.420454545 0.175465839 0.00804829  
0.561797753 0.409090909 0.116459627 0.009657948  
0.558988764 0.397727273 0.096273292 0.010865191  
0.556179775 0.375 0.104037267 0.007645875  
0.558988764 0.363636364 0.091614907 0.007243461  
0.564606742 0.363636364 0.133540373 0.00804829

0.578651685	0.431818182	0.276397516	0.010865191
0.039325843	0.534090909	0.562111801	0.03138833
0.02247191	0.590909091	0.557453416	0.00362173
0.014044944	0.693181818	0.391304348	0.002012072
0.008426966	0.784090909	0.273291925	0.002012072
0.016853933	0.806818182	0.366459627	0.000804829
0.028089888	0.727272727	0.596273292	0.000402414
0.039325843	0.647727273	0.631987578	0.001207243
0.061797753	0.602272727	0.656832298	0.002414487
0.084269663	0.545454545	0.72515528	0.002414487
0.120786517	0.454545455	0.790372671	0.001207243
0.483146067	0.431818182	0.554347826	0.000804829
0.485955056	0.522727273	0.076086957	0.000402414
0.491573034	0.511363636	0.040372671	0
0.502808989	0.511363636	0.040372671	0
0.505617978	0.511363636	0.141304348	0.001207243
0.469101124	0.431818182	0.473602484	0.093360161
0.058988764	0.352272727	0.818322981	0.459557344
0.070224719	0.329545455	0.894409938	0.420120724
0.081460674	0.329545455	0.854037267	0.387122736
0.098314607	0.318181818	0.836956522	0.490945674
0.092696629	0.318181818	0.846273292	0.579476861
0.061797753	0.318181818	0.864906832	0.617706237
0.039325843	0.306818182	0.888198758	0.651911469
0.011235955	0.363636364	0.846273292	0.606438632
0.016853933	0.431818182	0.785714286	0.435814889
0.991573034	0.5	0.751552795	0.210462777
0.991573034	0.613636364	0.614906832	0.002012072
0.997191011	0.784090909	0.319875776	0
0.005617978	0.875	0.24068323	0
0.030898876	0.818181818	0.374223602	0
0.056179775	0.727272727	0.549689441	0
0.095505618	0.693181818	0.557453416	0
0.140449438	0.647727273	0.513975155	0
0.264044944	0.556818182	0.48757764	0
0.483146067	0.488636364	0.31059006	0
0.508426966	0.477272727	0.122670807	0
0.514044944	0.386363636	0.214285714	0
0.508426966	0.363636364	0.363354037	0
0.516853933	0.386363636	0.302795031	0
0.528089888	0.397727273	0.257763975	0
0.530898876	0.363636364	0.273291925	0
0.519662921	0.318181818	0.405279503	0
0.497191011	0.25	0.653726708	0
0.480337079	0.227272727	0.667701863	0
0.457865169	0.238636364	0.642857143	0
0.441011236	0.261363636	0.621118012	0
0.438202247	0.272727273	0.577639752	0
0.424157303	0.409090909	0.406832298	0
0.292134831	0.681818182	0.218944099	0
0.115168539	0.761363636	0.184782609	0
0.050561798	0.761363636	0.285714286	0
0.039325843	0.75	0.395962733	0
0.039325843	0.715909091	0.468944099	0
0.042134831	0.693181818	0.495341615	0
0.047752809	0.659090909	0.549689441	0
0.064606742	0.602272727	0.605590062	0
0.112359551	0.568181818	0.538819876	0
0.264044944	0.522727273	0.377329193	0

```
0.508426966 0.465909091 0.086956522 0
0.528089888 0.375 0.086956522 0
0.528089888 0.318181818 0.236024845 0
0.528089888 0.284090909 0.414596273 0
0.519662921 0.238636364 0.669254658 0
0.491573034 0.215909091 0.844720497 0
0.488764045 0.204545455 0.871118012 0.000804829];
p=p';
```

```
t=[0.765765766
0.846846847
0.855855856
0.837837838
0.810810811
0.765765766
0.72972973
0.684684685
0.648648649
0.630630631
0.630630631
0.648648649
0.666666667
0.675675676
0.675675676
0.684684685
0.693693694
0.702702703
0.702702703
0.711711712
0.711711712
0.711711712
0.711711712
0.702702703
0.693693694
0.684684685
0.675675676
0.666666667
0.666666667
0.666666667
0.666666667
0.675675676
0.675675676
0.693693694
0.72972973
0.774774775
0.792792793
0.810810811
0.828828829
0.828828829
0.810810811
0.792792793
0.783783784
0.774774775
0.783783784
0.801801802
0.81981982
0.837837838
0.855855856
0.873873874
```

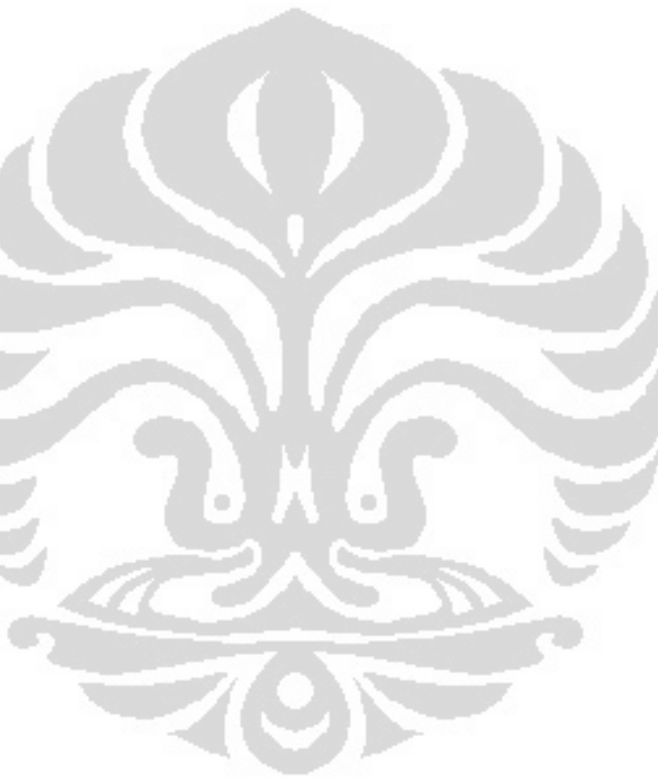




0.891891892  
0.900900901  
0.90990991  
0.900900901  
0.900900901  
0.891891892  
0.873873874  
0.846846847  
0.837837838  
0.81981982  
0.792792793  
0.801801802  
0.801801802  
0.810810811  
0.801801802  
0.756756757  
0.720720721  
0.666666667  
0.621621622  
0.558558559  
0.504504505  
0.459459459  
0.414414414  
0.378378378  
0.351351351  
0.333333333  
0.333333333  
0.369369369  
0.396396396  
0.423423423  
0.477477477  
0.513513514  
0.540540541  
0.585585586  
0.621621622  
0.63963964  
0.657657658  
0.675675676  
0.684684685  
0.693693694  
0.693693694  
0.693693694  
0.693693694  
0.693693694  
0.702702703  
0.702702703  
0.711711712  
0.72972973  
0.738738739  
0.747747748  
0.747747748  
0.738738739  
0.720720721  
0.693693694  
0.657657658  
0.630630631  
0.594594595  
0.585585586  
0.594594595  
0.612612613



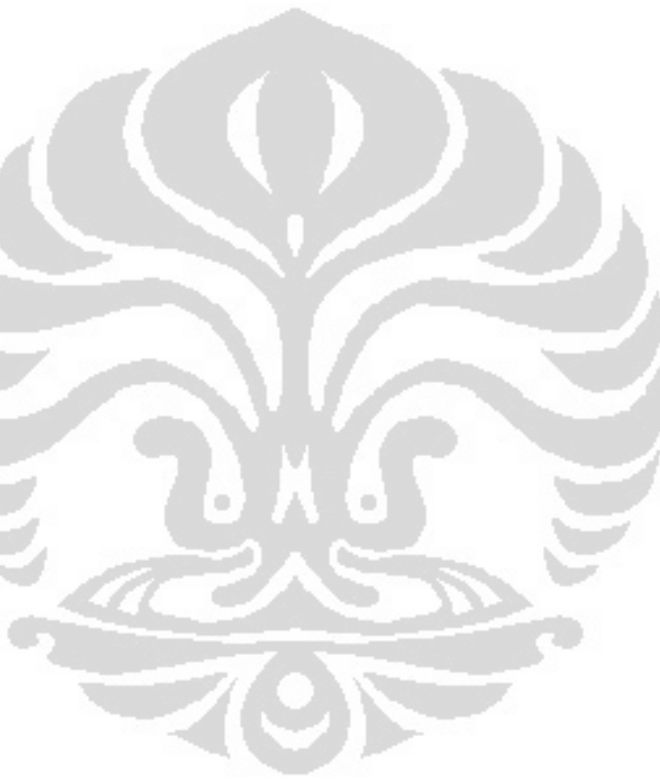
0.612612613  
0.612612613  
0.612612613  
0.612612613  
0.612612613  
0.594594595  
0.585585586  
0.576576577  
0.567567568  
0.558558559  
0.540540541  
0.531531532  
0.522522523  
0.513513514  
0.504504505  
0.513513514  
0.513513514  
0.522522523  
0.522522523  
0.522522523  
0.495495495  
0.441441441  
0.378378378  
0.351351351  
0.324324324  
0.306306306  
0.351351351  
0.396396396  
0.468468468  
0.540540541  
0.54954955  
0.54954955  
0.54954955  
0.558558559  
0.567567568  
0.567567568  
0.567567568  
0.576576577  
0.594594595  
0.603603604  
0.612612613  
0.621621622  
0.630630631  
0.63963964  
0.630630631  
0.621621622  
0.621621622  
0.630630631  
0.630630631  
0.648648649  
0.657657658  
0.675675676  
0.675675676  
0.675675676  
0.666666667  
0.657657658  
0.648648649  
0.63963964  
0.630630631



0.621621622  
0.612612613  
0.594594595  
0.585585586  
0.576576577  
0.576576577  
0.576576577  
0.576576577  
0.576576577  
0.567567568  
0.54954955  
0.531531532  
0.522522523  
0.513513514  
0.522522523  
0.54954955  
0.576576577  
0.603603604  
0.630630631  
0.666666667  
0.693693694  
0.72972973  
0.756756757  
0.774774775  
0.774774775  
0.774774775  
0.765765766  
0.747747748  
0.72972973  
0.720720721  
0.711711712  
0.702702703  
0.711711712  
0.711711712  
0.711711712  
0.72972973  
0.747747748  
0.765765766  
0.774774775  
0.783783784  
0.792792793  
0.801801802  
0.81981982  
0.846846847  
0.864864865  
0.882882883  
0.900900901  
0.918918919  
0.936936937  
0.954954955  
0.963963964  
0.945945946  
0.90990991  
0.873873874  
0.81981982  
0.774774775  
0.738738739  
0.72972973  
0.738738739



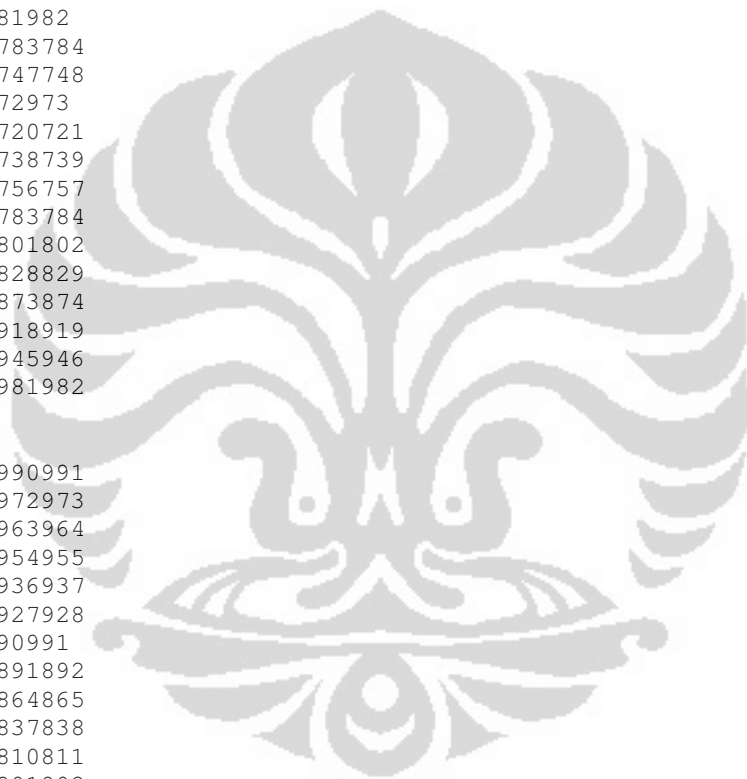
0.765765766  
0.801801802  
0.837837838  
0.882882883  
0.900900901  
0.900900901  
0.891891892  
0.882882883  
0.864864865  
0.837837838  
0.810810811  
0.792792793  
0.783783784  
0.783783784  
0.783783784  
0.783783784  
0.783783784  
0.774774775  
0.774774775  
0.765765766  
0.765765766  
0.747747748  
0.747747748  
0.756756757  
0.765765766  
0.756756757  
0.756756757  
0.756756757  
0.756756757  
0.765765766  
0.765765766  
0.765765766  
0.774774775  
0.792792793  
0.801801802  
0.801801802  
0.801801802  
0.774774775  
0.747747748  
0.693693694  
0.630630631  
0.558558559  
0.477477477  
0.396396396  
0.27027027  
0.153153153  
0.162162162  
0.162162162  
0.216216216  
0.297297297  
0.36036036  
0.405405405  
0.441441441  
0.441441441  
0.432432432  
0.45045045  
0.459459459  
0.441441441  
0.423423423



0.396396396  
0.387387387  
0.396396396  
0.405405405  
0.414414414  
0.405405405  
0.387387387  
0.369369369  
0.324324324  
0.261261261  
0.18018018  
0.18018018  
0.207207207  
0.225225225  
0.234234234  
0.324324324  
0.432432432  
0.504504505  
0.567567568  
0.621621622  
0.630630631  
0.621621622  
0.594594595  
0.567567568  
0.531531532  
0.486486486  
0.459459459  
0.432432432  
0.396396396  
0.351351351  
0.324324324  
0.324324324  
0.315315315  
0.315315315  
0.288288288  
0.279279279  
0.261261261  
0.27027027  
0.333333333  
0.387387387  
0.432432432  
0.468468468  
0.513513514  
0.576576577  
0.621621622  
0.657657658  
0.693693694  
0.720720721  
0.756756757  
0.765765766  
0.765765766  
0.747747748  
0.72972973  
0.711711712  
0.693693694  
0.684684685  
0.693693694  
0.702702703  
0.711711712



0.693693694  
0.693693694  
0.675675676  
0.657657658  
0.63963964  
0.630630631  
0.684684685  
0.72972973  
0.765765766  
0.810810811  
0.873873874  
0.918918919  
0.936936937  
0.927927928  
0.900900901  
0.864864865  
0.81981982  
0.783783784  
0.747747748  
0.72972973  
0.720720721  
0.738738739  
0.756756757  
0.783783784  
0.801801802  
0.828828829  
0.873873874  
0.918918919  
0.945945946  
0.981981982  
1  
1  
0.990990991  
0.972972973  
0.963963964  
0.954954955  
0.936936937  
0.927927928  
0.90990991  
0.891891892  
0.864864865  
0.837837838  
0.810810811  
0.801801802  
0.801801802  
0.810810811  
0.81981982  
0.828828829  
0.828828829  
0.81981982  
0.792792793  
0.765765766  
0.738738739  
0.720720721  
0.702702703  
0.693693694  
0.693693694  
0.684684685  
0.684684685



0.675675676  
0.648648649  
0.612612613  
0.576576577  
0.54954955  
0.531531532  
0.522522523  
0.531531532  
0.54954955  
0.567567568  
0.585585586  
0.594594595  
0.567567568  
0.531531532  
0.495495495  
0.477477477  
0.459459459  
0.45045045  
0.441441441  
0.432432432  
0.423423423  
0.486486486  
0.54954955  
0.585585586  
0.585585586  
0.585585586  
0.576576577  
0.558558559  
0.54954955  
0.531531532  
0.513513514  
0.531531532  
0.576576577  
0.63963964  
0.693693694  
0.72972973  
0.747747748  
0.738738739  
0.693693694  
0.612612613  
0.522522523  
0.396396396  
0.306306306  
0.252252252  
0.234234234  
0.252252252  
0.351351351  
0.423423423  
0.459459459  
0.459459459  
0.432432432  
0.396396396  
0.351351351  
0.324324324  
0.288288288  
0.288288288  
0.306306306  
0.333333333  
0.351351351



0.378378378  
0.351351351  
0.279279279  
0.243243243  
0.252252252  
0.234234234  
0.198198198  
0.153153153  
0.162162162  
0.225225225  
0.306306306  
0.441441441  
0.531531532  
0.576576577  
0.603603604  
0.621621622  
0.621621622  
0.612612613  
0.603603604  
0.594594595  
0.594594595  
0.594594595  
0.594594595  
0.585585586  
0.585585586  
0.576576577  
0.558558559  
0.513513514  
0.423423423  
0.288288288  
0.126126126  
0.144144144  
0.144144144  
0.117117117  
0.09009009  
0.171171171  
0.252252252  
0.279279279  
0.297297297  
0.297297297  
0.306306306  
0.306306306  
0.315315315  
0.324324324  
0.333333333  
0.351351351  
0.369369369  
0.369369369  
0.378378378  
0.396396396  
0.396396396  
0.396396396  
0.405405405  
0.441441441  
0.477477477  
0.486486486  
0.477477477  
0.468468468  
0.468468468





0.459459459  
0.459459459  
0.45045045  
0.459459459  
0.459459459  
0.459459459  
0.459459459  
0.459459459  
0.45045045  
0.45045045  
0.432432432  
0.414414414  
0.396396396  
0.387387387  
0.369369369  
0.342342342  
0.324324324  
0.324324324  
0.342342342  
0.351351351  
0.351351351  
0.324324324  
0.306306306  
0.306306306  
0.315315315  
0.36036036  
0.369369369  
0.369369369  
0.369369369  
0.369369369  
0.378378378  
0.378378378  
0.387387387  
0.396396396  
0.414414414  
0.423423423  
0.432432432  
0.432432432  
0.423423423  
0.396396396  
0.351351351  
0.252252252  
0.171171171  
0.126126126  
0.108108108  
0.108108108  
0.126126126  
0.135135135  
0.117117117  
0.117117117  
0.198198198  
0.234234234  
0.225225225  
0.207207207  
0.18018018  
0.153153153  
0.117117117  
0.108108108  
0.108108108  
0.108108108  
0.108108108



0.108108108  
0.108108108  
0.081081081  
0.126126126  
0.18018018  
0.27027027  
0.315315315  
0.27027027  
0.261261261  
0.252252252  
0.243243243  
0.234234234  
0.216216216  
0.198198198  
0.198198198  
0.207207207  
0.198198198  
0.18018018  
0.153153153  
0.279279279  
0.297297297  
0.279279279  
0.225225225  
0.207207207  
0.207207207  
0.216216216  
0.171171171  
0.072072072  
0.063063063  
0.162162162  
0.225225225  
0.261261261  
0.189189189  
0.144144144  
0.108108108  
0.081081081  
0.063063063  
0.153153153  
0.234234234  
0.27027027  
0.261261261  
0.234234234  
0.207207207  
0.171171171  
0.135135135  
0.126126126  
0.117117117  
0.117117117  
0.108108108  
0.099099099  
0.072072072  
0.009009009  
0.054054054  
0.099099099  
0.135135135  
0.117117117  
0.108108108  
0.081081081  
0.054054054



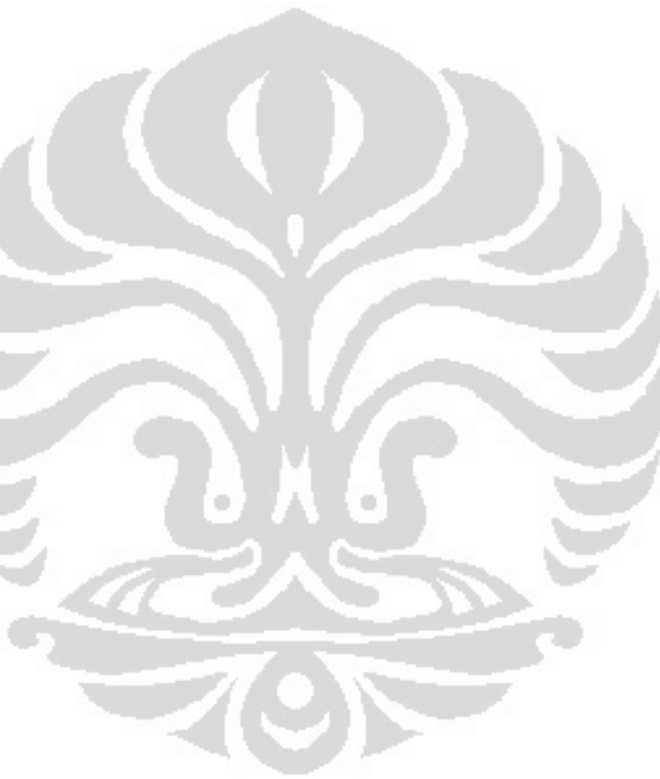
0.063063063  
0.108108108  
0.198198198  
0.243243243  
0.27027027  
0.252252252  
0.216216216  
0.198198198  
0.189189189  
0.198198198  
0.207207207  
0.216216216  
0.207207207  
0.207207207  
0.198198198  
0.162162162  
0.099099099  
0.09009009  
0.189189189  
0.216216216  
0.162162162  
0.144144144  
0.135135135  
0.099099099  
0.054054054  
0.162162162  
0.306306306  
0.351351351  
0.378378378  
0.387387387  
0.387387387  
0.369369369  
0.351351351  
0.342342342  
0.342342342  
0.342342342  
0.342342342  
0.342342342  
0.333333333  
0.288288288  
0.225225225  
0.081081081  
0.072072072  
0.189189189  
0.243243243  
0.234234234  
0.207207207  
0.144144144  
0.09009009  
0.054054054  
0.009009009  
0  
0.036036036  
0.036036036  
0.036036036  
0.036036036  
0.063063063  
0.09009009  
0.135135135



0.18018018  
0.225225225  
0.261261261  
0.27027027  
0.261261261  
0.216216216  
0.09009009  
0  
0.054054054  
0.081081081  
0.081081081  
0.063063063  
0.018018018  
0.072072072  
0.153153153  
0.261261261  
0.324324324  
0.342342342  
0.342342342  
0.333333333  
0.315315315  
0.306306306  
0.297297297  
0.288288288  
0.279279279  
0.261261261  
0.261261261  
0.243243243  
0.18018018  
0.099099099  
0.027027027  
0.018018018  
0.009009009  
0.009009009  
0.063063063  
0.117117117  
0.189189189  
0.27027027  
0.351351351  
0.405405405  
0.414414414  
0.432432432  
0.45045045  
0.459459459  
0.45045045  
0.432432432  
0.405405405  
0.396396396  
0.396396396  
0.405405405  
0.414414414  
0.423423423  
0.423423423  
0.423423423  
0.405405405  
0.351351351  
0.279279279  
0.189189189  
0.117117117



0.099099099  
0.108108108  
0.162162162  
0.225225225  
0.306306306  
0.306306306  
0.306306306  
0.288288288  
0.252252252  
0.207207207  
0.153153153  
0.117117117  
0.081081081  
0.027027027  
0.036036036  
0.063063063  
0.081081081  
0.108108108  
0.162162162  
0.171171171  
0.162162162  
0.144144144  
0.135135135  
0.126126126  
0.144144144  
0.126126126  
0.081081081  
0.045045045  
0.018018018  
0.045045045  
0.072072072  
0.09009009  
0.081081081  
0.045045045  
0.018018018  
0.009009009  
0.027027027  
0.036036036  
0.036036036  
0.063063063  
0.099099099  
0.09009009  
0.018018018  
0.063063063  
0.099099099  
0.045045045  
0.036036036  
0.063063063  
0.072072072  
0.063063063  
0.045045045  
0.045045045  
0.162162162  
0.216216216  
0.234234234  
0.225225225  
0.198198198  
0.171171171  
0.153153153



0.135135135  
0.108108108  
0.099099099  
0.099099099  
0.099099099  
0.09009009  
0.036036036  
0.036036036  
0.09009009  
0.126126126  
0.081081081  
0.072072072  
0.09009009  
0.063063063  
0.036036036  
0.054054054  
0.153153153  
0.279279279  
0.324324324  
0.342342342  
0.369369369  
0.387387387  
0.405405405  
0.414414414  
0.432432432  
0.441441441  
0.441441441  
0.423423423  
0.387387387  
0.351351351  
0.288288288  
0.189189189  
0.09009009  
0.036036036  
0.063063063  
0.063063063  
0.063063063  
0.099099099  
0.126126126  
0.153153153  
0.189189189  
0.27027027  
0.288288288  
0.297297297  
0.306306306  
0.315315315  
0.333333333  
0.36036036  
0.378378378  
0.396396396  
0.396396396  
0.396396396  
0.396396396  
0.396396396  
0.387387387  
0.36036036  
0.261261261  
0.09009009  
0.126126126



0.207207207  
0.225225225  
0.243243243  
0.189189189  
0.072072072  
0.045045045  
0.18018018  
0.261261261  
0.297297297  
0.297297297  
0.306306306  
0.297297297  
0.297297297  
0.288288288  
0.288288288  
0.297297297  
0.324324324  
0.342342342  
0.333333333  
0.315315315  
0.297297297  
0.243243243  
0.216216216  
0.216216216  
0.189189189  
0.198198198  
0.225225225  
0.225225225  
0.216216216  
0.225225225  
0.279279279  
0.297297297  
0.306306306  
0.315315315  
0.315315315  
0.315315315  
0.324324324  
0.342342342  
0.36036036  
0.378378378  
0.396396396  
0.405405405  
0.405405405  
0.396396396  
0.378378378  
0.333333333  
0.315315315  
0.333333333  
0.351351351  
0.369369369  
0.369369369  
0.369369369  
0.369369369  
0.396396396  
0.414414414  
0.423423423  
0.432432432  
0.432432432  
0.423423423



0.414414414  
0.396396396  
0.378378378  
0.36036036  
0.351351351  
0.324324324  
0.279279279  
0.207207207  
0.09009009  
0.054054054  
0.162162162  
0.171171171  
0.18018018  
0.18018018  
0.144144144  
0.081081081  
0.018018018  
0.054054054  
0.162162162  
0.279279279  
0.306306306  
0.315315315  
0.333333333  
0.333333333  
0.315315315  
0.297297297  
0.27027027  
0.243243243  
0.216216216  
0.171171171  
0.135135135  
0.099099099  
0.081081081  
0.036036036  
0.099099099  
0.135135135  
0.153153153  
0.153153153  
0.153153153  
0.144144144  
0.126126126  
0.09009009  
0.036036036  
0.036036036  
0.09009009  
0.135135135  
0.18018018  
0.207207207  
0.198198198  
0.18018018  
0.162162162  
0.162162162  
0.162162162  
0.153153153  
0.153153153  
0.135135135  
0.072072072  
0.036036036  
0.108108108





0.135135135  
0.171171171  
0.225225225  
0.189189189  
0.153153153  
0.144144144  
0.117117117  
0.045045045  
0.045045045  
0.099099099  
0.135135135  
0.117117117  
0.063063063  
0  
0.018018018  
0.045045045  
0.063063063  
0.063063063  
0.054054054  
0.054054054  
0.027027027  
0.045045045  
0.072072072  
0.081081081  
0.099099099  
0.099099099  
0.126126126  
0.153153153  
0.153153153  
0.126126126  
0.099099099  
0.054054054  
0.108108108  
0.153153153  
0.189189189  
0.18018018  
0.153153153  
0.153153153  
0.18018018  
0.207207207  
0.225225225  
0.243243243  
0.27027027  
0.288288288  
0.27027027  
0.189189189  
0.117117117  
0.117117117  
0.18018018  
0.225225225  
0.234234234  
0.225225225  
0.189189189  
0.135135135  
0.09009009  
0.036036036  
0.126126126  
0.18018018  
0.207207207



```

0.234234234
0.252252252
0.315315315
0.333333333];
t=t';

% membangun jaringan syaraf feed forward
net = newff(minmax(p),[18 1],{'logsig' 'logsig'},'trainrp');

% melihat bobot awal input, lapisan dan bias
bobotawal_input      = net.IW{1,1}
BobotAwal_Bias_Input = net.b{1,1}
BobotAwal_Lapisanpertama = net.LW{2,1}
BobotAwal_Bias_Lapisanpertama = net.b{2,1}

% set max epoch, goal, learning rate, momentum, show step
net.trainParam.epochs = 500;
net.trainParam.goal   = 0.001;
net.trainParam.lr     = 0.005;
net.trainParam.mc     = 0.6;
net.trainParam.show   = 25;

% melakukan pembelajaran
net=train(net,p,t);

% melihat bobot awal input, lapisan, dan bias
bobotAkhir_input      = net.IW{1,1}
bobotAkhir_Bias_Input = net.b{1,1}
bobotAkhir_Lapisanpertama = net.LW{2,1}
bobtAkhir_Bias_Lapisanpertama = net.b{2,1}

y=sim(net,p);
e=t-y;
perf=mse(e)

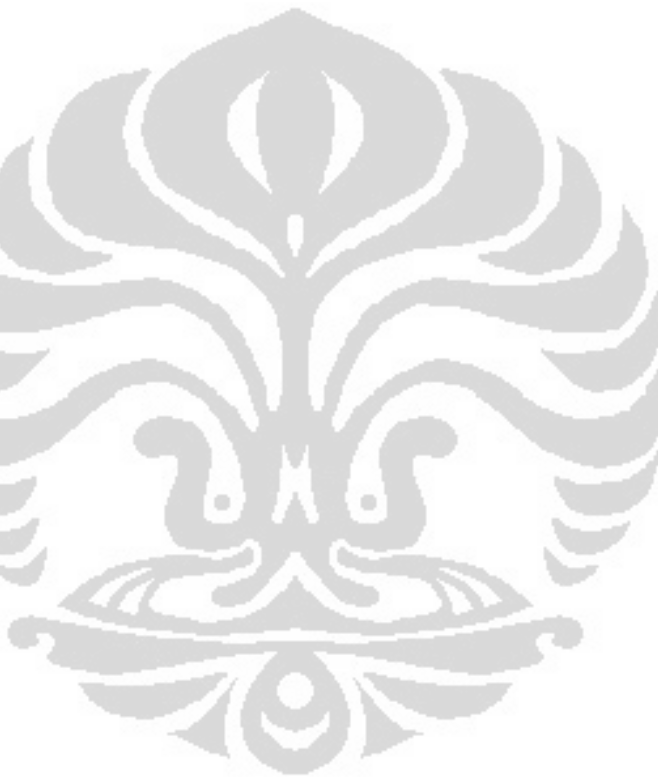
% melakukan pengujian dengan data baru
pt=[0.485955    0.181818    0.899068    0.001207
0.477528    0.181818    0.891304    0
0.480337    0.181818    0.954969    0.003219
0.485955    0.193182    0.920807    0.01006
0.485955    0.25    0.77795    0.014487
0.47191    0.670455    0.537267    0
0.353933    0.715909    0.406832    0
0.205056    0.704545    0.350932    0
0.297753    0.670455    0.27795    0
0.542135    0.25    0.880435    0.000402
0.530899    0.227273    0.917702    0
0.519663    0.204545    0.954969    0.005231
0.508427    0.181818    0.990683    0.014889
0.497191    0.170455    0.97205    0.006036
0.485955    0.159091    0.945652    0.002414
0.469101    0.147727    0.908385    0.000805
0.460674    0.170455    0.863354    0
0.452247    0.170455    0.871118    0

```

0.44382	0.181818	0.846273	0
0.432584	0.181818	0.773292	0
0.407303	0.238636	0.597826	0
0.323034	0.352273	0.453416	0.002012
0.061798	0.409091	0.453416	0.010463
0.058989	0.386364	0.874224	0.037425
0.095506	0.318182	0.954969	0.016499
0.494382	0.397727	0.161491	0
0.514045	0.227273	0.60559	0
0.480337	0.193182	0.700311	0
0.469101	0.181818	0.708075	0
0.460674	0.170455	0.708075	0
0.455056	0.147727	0.732919	0
0.452247	0.136364	0.768634	0
0.446629	0.284091	0.51087	0
0.356742	0.704545	0.201863	0
0.196629	0.75	0.18323	0
0.070225	0.727273	0.259317	0
0.058989	0.659091	0.39441	0
0.067416	0.613636	0.46118	0.000402
0.08427	0.579545	0.467391	0.002817
0.120787	0.556818	0.458075	0.002012
0.185393	0.534091	0.409938	0.000402
0.412921	0.465909	0.336957	0
0.511236	0.306818	0.513975	0
0.494382	0.215909	0.75	0
0.480337	0.159091	0.846273	0
0.47191	0.159091	0.818323	0
0.460674	0.193182	0.700311	0
0.449438	0.215909	0.631988	0
0.44382	0.215909	0.604037	0
0.441011	0.215909	0.613354	0
0.429775	0.227273	0.597826	0
0.435393	0.25	0.548137	0
0.44382	0.272727	0.47205	0
0.446629	0.397727	0.340062	0
0.25	0.556818	0.242236	0
0.092697	0.647727	0.203416	0.000402
0.044944	0.681818	0.335404	0
0.039326	0.636364	0.513975	0
0.053371	0.613636	0.540373	0.003219
0.067416	0.613636	0.518634	0.005231
0.08427	0.613636	0.482919	0.004427
0.126404	0.613636	0.368012	0.002414
0.216292	0.636364	0.166149	0
0.426966	0.568182	0.13354	0
0.525281	0.386364	0.312112	0
0.530899	0.25	0.563665	0
0.488764	0.204545	0.600932	0
0.491573	0.215909	0.440994	0
0.497191	0.193182	0.47205	0
0.491573	0.170455	0.560559	0
0.483146	0.147727	0.630435	0
0.449438	0.170455	0.641304	0
0.27809	0.727273	0.291925	0
0.323034	0.659091	0.318323	0
0.38764	0.568182	0.38354	0
0.446629	0.386364	0.563665	0
0.477528	0.181818	0.771739	0];

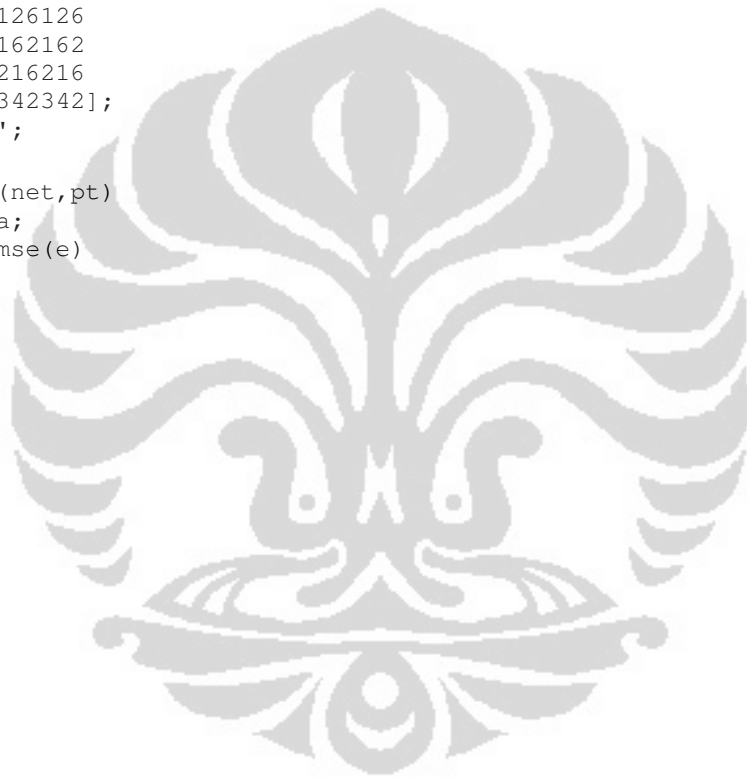
pt=pt';

tt=[0.342342342  
0.36036036  
0.423423423  
0.432432432  
0.441441441  
0.243243243  
0.063063063  
0.063063063  
0.036036036  
0.288288288  
0.315315315  
0.342342342  
0.351351351  
0.351351351  
0.342342342  
0.306306306  
0.297297297  
0.297297297  
0.279279279  
0.243243243  
0.162162162  
0.054054054  
0.117117117  
0.117117117  
0.054054054  
0.153153153  
0.243243243  
0.261261261  
0.261261261  
0.279279279  
0.297297297  
0.306306306  
0.243243243  
0.108108108  
0.054054054  
0.126126126  
0.162162162  
0.162162162  
0.144144144  
0.126126126  
0.081081081  
0.072072072  
0.207207207  
0.27027027  
0.315315315  
0.315315315  
0.288288288  
0.27027027  
0.261261261  
0.261261261  
0.243243243  
0.207207207  
0.171171171  
0.108108108  
0.045045045  
0.09009009  
0.171171171



```
0.189189189
0.153153153
0.144144144
0.135135135
0.099099099
0.054054054
0.063063063
0.18018018
0.234234234
0.216216216
0.207207207
0.207207207
0.216216216
0.225225225
0.252252252
0.135135135
0.126126126
0.162162162
0.216216216
0.342342342];
tt=tt';

a=sim(net,pt)
e=tt-a;
perf=mse(e)
```



Lampiran 2.

**Hasil *Running* Pembelajaran Dan Pengujian JST Propagasi Balik  
Menggunakan Data *Input/Output* Dua Bulan**

bobotawal\_input =

-3.3242	-8.6463	4.0635	5.5434
6.0075	-1.5067	-2.9138	9.2843
5.0845	-5.5564	2.8251	-8.2670
9.3261	5.9773	-3.0746	0.9442
0.1441	-3.3143	3.2557	-10.5567
2.3195	5.8398	-8.1786	5.1650
6.3730	3.3106	5.8030	6.9136
-1.2085	1.5318	6.4820	-9.3395
-6.8338	-5.0191	3.8185	6.8247
5.1532	6.4267	4.3996	-6.7701
4.3738	-7.8241	-3.8905	6.1291
-3.0750	9.0087	2.4884	6.0203
9.9768	-5.5450	1.5155	0.6853
-6.4746	-2.9679	0.7054	9.0456
2.7694	-7.4933	-4.0860	7.2481
3.6563	4.8796	-8.7541	4.3858
-2.6106	-7.3947	-1.1197	-8.3844
-5.9034	-7.5060	-4.4924	-4.6559

BobotAwal\_Bias\_Input =

6.9492
-10.5245
-1.4535
-10.3184
2.1823
-4.9476
-12.8964
2.2849
0.9441
-4.2654
1.6236
-8.9175
-0.9415
-3.2076
4.5127
2.3265
4.6659
5.5115

BobotAwal\_Lapisanpertama =

Columns 1 through 8

-1.3778 -1.9861 -1.7038 0.5047 1.9058 -0.6309 -0.3874 2.0995

Columns 9 through 16

1.9315 0.7657 2.1166 1.1566 -0.7079 0.7039 -1.1090 -0.8864

Columns 17 through 18

0.7810 0.1207

BobotAwal\_Bias\_Lapisanpertama =

-1.6484

bobotAkhir\_input =

-3.2885 -14.8372 1.9146 44.3372  
6.5819 -0.6707 0.5058 -254.8994  
4.2906 -8.8080 2.5514 -5.4804  
13.0834 -0.5681 0.1170 -29.8862  
1.6066 3.1978 8.6979 -5.3070  
3.0587 2.9022 -8.7110 19.0876  
8.1599 2.3114 6.5928 5.5326  
-1.2860 0.0734 6.4687 -9.2605  
-6.6645 -8.3589 -0.2705 10.0107  
4.1920 3.0916 4.4121 -0.6712  
4.9810 -6.5908 -3.9404 4.3590  
3.2303 6.2830 4.8262 -1.5076  
101.0157 -18.8876 7.3975 -12.8503  
-18.0862 -2.4745 -6.0010 32.4826  
3.4554 -14.7134 4.3366 -4.4221  
1.2790 12.3294 -9.1507 -6.2864  
-2.4242 -0.2407 -1.2266 -6.8448  
-6.6626 -1.2594 -4.0831 -1.8176

bobotAkhir\_Bias\_Input =

4.7588  
-5.2088  
-2.7351  
-9.9677  
38.9489

-4.3984  
-12.6431  
-0.3809  
0.9004  
-4.7430  
1.5831  
-9.6377  
0.5959  
-3.5228  
5.4163  
2.4128  
4.5906  
6.1038

bobotAkhir\_Lapisanpertama =

Columns 1 through 8

-1.4519 -2.8730 -1.4079 -2.5390 1.8730 -0.9817 -2.7903 2.1639

Columns 9 through 16

3.5713 0.9164 3.5203 -1.5520 -0.5653 -2.8525 -1.1441 -1.3820

Columns 17 through 18

0.5132 -3.4231

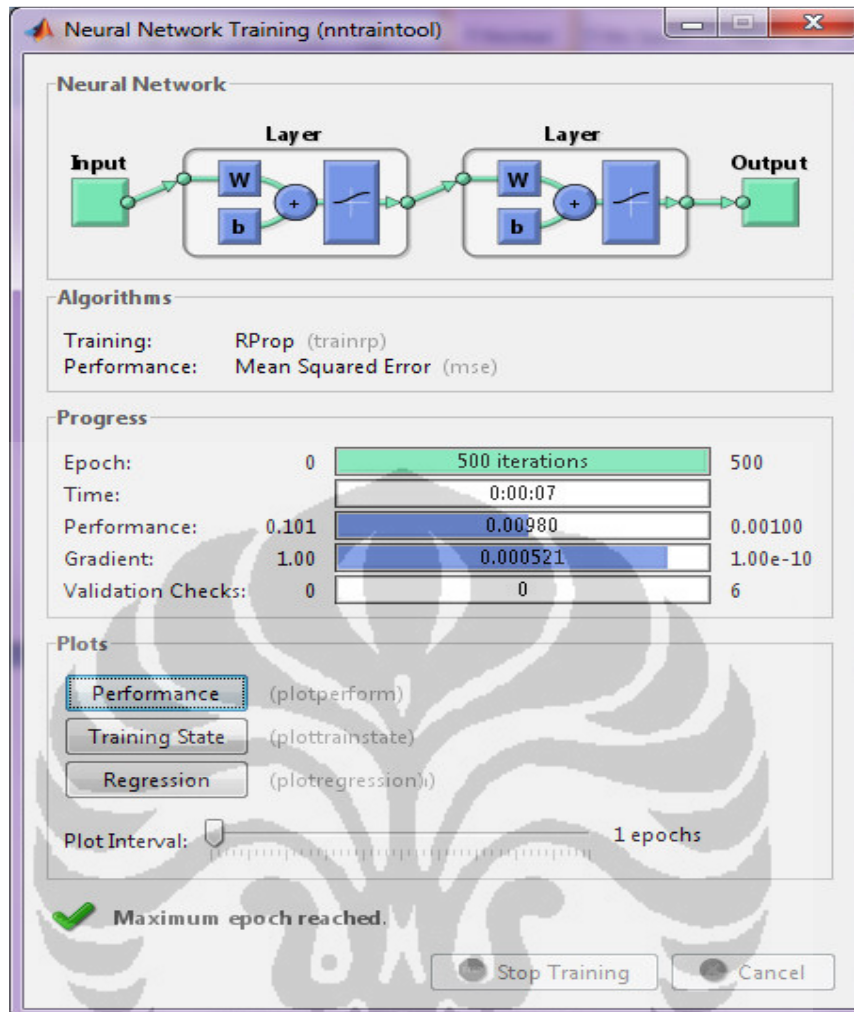
bobtAkhir\_Bias\_Lapisanpertama =

-1.6812

perf =

0.0098





a =

Columns 1 through 8

0.3368 0.3138 0.3281 0.3953 0.4155 0.2586 0.1580 0.0949

Columns 9 through 16

0.0913 0.3300 0.2942 0.3481 0.3577 0.3491 0.3336 0.3269

Columns 17 through 24

0.3170 0.3086 0.3042 0.2924 0.1691 0.0776 0.0304 0.0691

Columns 25 through 32

0.1094 0.1341 0.3047 0.3275 0.3226 0.3185 0.3294 0.3349

Columns 33 through 40

0.1754 0.0820 0.0554 0.1063 0.1324 0.1169 0.0826 0.0713

Columns 41 through 48

0.0681 0.1173 0.2599 0.3449 0.3403 0.3410 0.3034 0.2444

Columns 49 through 56

0.2229 0.2244 0.1981 0.1764 0.1626 0.1466 0.0672 0.0780

Columns 57 through 64

0.1232 0.1463 0.1340 0.1190 0.0988 0.0784 0.0557 0.0954

Columns 65 through 72

0.2121 0.2983 0.2811 0.1932 0.2129 0.2743 0.3260 0.2774

Columns 73 through 77

0.0932 0.1081 0.1272 0.1925 0.3425

perf =

0.0017

