



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA PENDETEKSI GETARAN TSUNAMI  
MENGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN  
( JST )**

**SKRIPSI**

**ARIEF RACHMAN  
0706199110**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JULI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA PENDETEKSI GETARAN TSUNAMI  
MENGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN  
( JST )**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana**

**ARIEF RACHMAN  
0706199110**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JULI 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Arief Rachman  
NPM : 0706199110  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisa Pendeteksi Getaran Tsunami  
Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan  
( JST )

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr.Ir.Harry Sudibyo DEA.  
NIP. 195212311980111001 (.....)

Penguji : Dr.Ir.Arman D.Diponegoro  
NIP. 194811131985031001 (.....)

Penguji : Prof. Drs. Benyamin Kusumoputro MEng., Dr.Eng.  
NIP. 195711171987031001 (.....)

Ditetapkan di : Ruang Multimedia B Lt.2 DTE  
Universitas Indonesia Depok

Hari / Tanggal : Rabu, 7 Juli 2010

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Arief Rachman**  
**NPM : 0706199110**

**Tanda Tangan :**  
**Tanggal : 7 Juli 2010**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada **ALLAH SWT**, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo DEA, selaku dosen pembimbing yang telah banyak menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Dr. Ir. Armand D. Diponegoro, yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penelitian secara analisa teknis;
- (3) Orang tua, kakak-kakak saya yang telah memberikan doa, bantuan dukungan material dan moral;
- (4) Pangestutining Ayumi, yang telah banyak memberi doa dan bantuannya.
- (5) Teman dan sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap **ALLAH SWT** berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juli 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arief Rachman  
NPM : 0706199110  
Program Studi : Teknik Elektro  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Analisa Pendeteksi Getaran Tsunami Menggunakan  
Metode Jaringan Syaraf Tiruan ( JST )**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari 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 : Juli 2010

Yang menyatakan

( **Arief Rachman** )

## ABSTRAK

Nama : Arief Rachman  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Analisa Pendeteksi Getaran Tsunami Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Tsunami adalah disebabkan oleh getaran gelombang gempa yang melebihi parameter tertentu. Skripsi ini membahas tentang perancangan sistem pengenalan gelombang gempa dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah suatu metode komputasi untuk memodelkan suatu sistem. Bentuk dan sifat JST yang sangat flexible memungkinkan JST digunakan untuk memodelkan, merancang dan menganalisa pengenalan gelombang gempa. Metode yang digunakan adalah *backpropagation* yang terdiri atas lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran.

Pada penelitian ini analisa yang dilakukan adalah training data dengan fungsi gradient (*traingd*) serta menggunakan fungsi aktivasi *purelin*.

Kata kunci :

Gelombang gempa, Jaringan Syaraf Tiruan, *backpropagation*, *traingd*, *purelin*.

## ABSTRACT

Name : Arief Rachman  
Study Program : Electrical Engineering  
Title : Tsunami Detection Using Vibration Analysis  
of Artificial Neural Networks (ANN) Method

Tsunamis are seismic waves caused by vibrations that exceed certain parameters. This final project discusses the design of seismic wave recognition system using neural networks. Artificial Neural Network (ANN) is a computational method for modeling a system. The form and nature of the ANN, which is very flexible allowing ANN used for modeling, designing and analyzing the introduction of seismic waves. The method used is backpropagation which consists of an input layer, hidden layer and output layer.

In this research, analysis, training data is a function of gradient (traingd) and using the activation function purelin.

Keywords:

Seismic waves, neural networks, backpropagation, traingd, purelin.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
PERNYATAAN PUBLIKASI .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan masalah .....	3
1.5 Metode pembahasan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Gempa .....	5
2.2 Tsunami .....	10
2.3 Konsep Dasar Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....	13
2.4 Sensor pelampung (buoy) .....	31
<b>BAB 3 PERANCANGAN dan CARA KERJA SISTEM.....</b>	<b>37</b>
3.1 Umum .....	37
3.2 Prinsip Kerja Sistem .....	38
3.3 Proses Input Sampel Data .....	38
3.4 Pembentukan Jaringan Syaraf Tiruan.....	40
3.5 Proses pelatihan (training) .....	43
3.6 Proses Pengenalan (identifikasi) .....	44

<b>BAB 4 HASIL UJI COBA DAN ANALISA.....</b>	<b>45</b>
4.1 Prosedur pengujian .....	45
4.2 Penggunaan Perangkat Lunak Jaringan Syaraf Tiruan.....	47
4.3 Hasil Pengujian Deteksi Getaran Tsunami .....	53
4.4 Analisa Hasil Uji Coba .....	57
<b>BAB 5 KESIMPULAN .....</b>	<b>58</b>
<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>59</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>61</b>

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Peta tektonik kepulauan Indonesia, tampak zona subduksi dan sesar aktif
- Gambar 2.2 Model terbentuknya gelombang tsunami yang diakibatkan oleh peristiwa gempa
- Gambar 2.3 Pergerakan lempeng pada daerah patahan yang akan menimbulkan deformasi dasar laut secara vertikal yang akan menyebabkan timbulnya gelombang tsunami.
- Gambar 2.4 Terjadinya tsunami
- Gambar 2.5 Peta sumber gempa sepanjang barat Sumatra
- Gambar 2.6 Fungsi aktivasi
- Gambar 2.7 Jaringan Syaraf Tiruan
- Gambar 2.8 *Single layer neural network*
- Gambar 2.9 *Multi layer neural*
- Gambar 2.10 Jaringan Syaraf Tiruan *feedback*
- Gambar 2.11 Bentuk perceptron
- Gambar 2.12 Pelatihan dengan *supervised*
- Gambar 2.13 Contoh arsitektur jaringan *backpropagation*
- Gambar 2.14 Fungsi aktivasi
- Gambar 2.15 *Hardlimit Transfer Function*
- Gambar 2.16 *Sumetric Hardlimit Transfer Function*
- Gambar 2.17 *Linear Transfer Function*
- Gambar 2.18 *Satlins Transfer Function*
- Gambar 2.19 *Log-sigmoid Transfer Function*
- Gambar 2.20 Tan-sigmoid Transfer Function
- Gambar 2.21 Jaringan Syaraf Tiruan dengan Bias
- Gambar 2.22 Penggambaran bias dengan linearitas
- Gambar 2.23 Penggambaran bias dengan input
- Gambar 2.24 Ocean Bottom Unit.
- Gambar 2.25 Buoy atau peralatan pelampung untuk menerima dan mengirimkan sinyal kedaratan.

- 
- Gambar 2.26 Bentuk sensor tsunami Muroto Cape
- Gambar 3.1 Sistem peringatan dini tsunami
- Gambar 3.2 Blok diagram sistem
- Gambar 3.3 Diagram alir pembentukan database
- Gambar 3.4 Tampilan utama program proses input sample data dan training
- Gambar 3.5 Contoh JST *Backpropagation*
- Gambar 3.6 Diagram alir untuk proses pelatihan neural Network
- Gambar 4.1 Plot Sampel gelombang *tsunami*
- Gambar 4.2 Plot Sampel gelombang *non-tsunami*
- Gambar 4.3 Tampilan utama dari program pendeteksi tsunami
- Gambar 4.4 Proses pengambilan data label sebelum training
- Gambar 4.5 Tampilan Grafik data sebelum ditraining
- Gambar 4.6 Tampilan *software* JST pada proses training
- Gambar 4.7 Tampilan grafik data setelah proses training
- Gambar 4.8 Tampilan utama dari proses identifikasi tsunami
- Gambar 4.9 Tampilan program pada proses buka file hasil training
- Gambar 4.10 Tampilan program pada proses buka file suara baru
- Gambar 4.11 Tampilan program pada proses hasil identifikasi
- Gambar 4.12 Tampilan proses training pada layer 3

## DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 Spesifikasi sensor tsunami Muroto Cape
- Tabel 4.1 Hasil pengujian pendeteksi tsunami dengan input sample data 6 tsunami & 6 non-tsunami, layer input [3 1], goal  $10e^{-10}$  dan epoch 10000
- Tabel 4.2 Hasil pengujian pendeteksi tsunami dengan input sample data 6 tsunami & 6 non-tsunami, layer input [5 1], goal  $10e^{-5}$  dan epoch 10000

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Didalam perkembangan ilmu elektro dan ilmu komputer ada istilah yang dinamakan *Artificial Intelligent Recognition* atau juga kecerdasan tiruan. *Artificial Intelligent Recognition* ini adalah suatu proses pengenalan melalui proses pendekatan kepada outputnya. Didalam *Artificial Intelligent Recognition* terbagi menjadi tiga jenis : *Fuzzy Logic*, *Hidden Markov Model*, dan Model Jaringan Syaraf Tiruan. Didalam prosesnya, Jaringan Syaraf Tiruan dilakukan proses training terlebih dahulu, setelah itu baru bisa dilakukan untuk proses pengenalan. Bentuk data yang dapat diproses oleh Jaringan Syaraf Tiruan adalah bisa dengan data citra / gambar, gelombang suara, dan suara akustik.

Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng utama dunia (*triple junction plate convergence*), yaitu lempeng Eurasia, Samudra Pasifik, dan Indo-Australia. Ketiga lempeng tersebut bergerak aktif dengan kecepatan dan arah yang berbeda dalam kisaran beberapa sentimeter sampai dengan 12 sentimeter per tahun. Hal itu menyebabkan pulau-pulau di sekitar pertemuan tiga lempeng bumi tersebut sangat rawan terhadap gempa bumi dan tsunami. Maka dibuatlah sistem indikator tsunami, sistem tersebut terdiri dari dua bagian utama yaitu sub sistem sensor tekanan dan sensor suara (*sonic*) dan stasiun repeater berupa pelampung (*buoy*).

Mengingat letak geografis dari wilayah Indonesia yang secara garis besar merupakan wilayah maritim (berupa perairan), serta mempunyai banyak sumber gempa bumi karena posisinya pada jalur tabrakan lempeng sehingga memungkinkan terjadinya efek berupa gelombang tsunami.

Di Indonesia telah memiliki peralatan tsunami *Early Warning System*(EWS), namun sistem yang telah ada sekarang memiliki beberapa permasalahan karena letak dari sistem pendeteksi tsunami tersebut. Alat-alat pendeteksi gempa diletakkan pada daerah-daerah rawan gempa seperti

Aceh, Nabire, Alor, Bengkulu, pantai selatan Jawa, dan sejumlah daerah rawan gempa lainnya. Sistem indikator tsunami tersebut letaknya ratusan kilometer dari pesisir pantai karena untuk menempatkan sub sistem sensor tekanan dekat di daerah patahan. Hal ini sangat tidak efektif dan efisien dilihat dari segi pengawasan, perawatan dan biaya untuk instalasi dari sub sistem stasiun repeaternya.[1]

Secara histografi, Indonesia merupakan wilayah langganan gempa bumi dan tsunami. Pasca meletusnya Gunung Krakatau yang menimbulkan tsunami besar di tahun 1883, setidaknya telah terjadi 17 bencana tsunami besar di Indonesia selama hampir satu abad (1900-1996). Bencana gempa dan tsunami besar yang terakhir terjadi pada akhir 2004 di Aceh dan sebagian wilayah Sumatera Utara. Lebih dari 150.000 orang meninggal dunia. Setelah gempa Aceh di akhir 2004, pada 2005 Pulau Nias dan sekitarnya juga dilanda gempa. Sekitar 1000 orang menjadi korban. Pada akhir Mei 2006, Yogyakarta dan sebagian wilayah Jawa Tengah diporak-porandakan gempa bumi. Korban meninggal mencapai 5.000 orang. Pada Oktober 2009, Padang Pariaman dan wilayah sekitarnya dilanda gempa. Korban meninggal dunia mencapai 715 orang.

Gempa bumi tidak dapat diramalkan waktu kejadiannya. Hal ini disebabkan gempa dapat terjadi secara tiba-tiba pada zona gempa bumi. Oleh karena itu dibutuhkan suatu rancangan sensor pendeteksi gempa dan tsunami menggunakan teknik Metode Jaringan Syaraf Tiruan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, terdapat beberapa persoalan yang ditemui yaitu :

1. Bagaimana memperoleh cara terbaik dan efektif dalam mengenali jenis gelombang gempa yang berpotensi menyebabkan tsunami atau non tsunami?
2. Bagaimana membuat suatu sistem pendeteksi gelombang gempa berpotensi tsunami yang akurat, dan handal.

3. Bagaimana menentukan parameter JST yang tepat untuk proses pelatihan dan identifikasi dengan JST?

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah mengaplikasikan jaringan syaraf tiruan untuk proses pendeteksian getaran tsunami dengan menggunakan pola pengenalan suara.

### **1.4 Batasan Masalah**

Dalam pembahasan ini ditekankan pada permasalahan penerapan pola pengenalan suara dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) sebagai pengidentifikasi gelombang gempa berpotensi tsunami tanpa perancangan sensor secara fisik.

### **1.5 Metoda Pembahasan**

Metoda pembahasan yang digunakan adalah :

- Pencarian Data

Pencarian data yang meliputi data dari instansi terkait dan buku-buku literatur.

- Kajian referensial

Data-data yang diperoleh dari literatur, dengan berbagai alternatif media, kemudian dikaji untuk selanjutnya digunakan sebagai landasan teori sekaligus media komparasi selama proses perancangan sampai menghasilkan produk akhir berupa perancangan perangkat lunak sensor tsunami dengan teknik Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

- Analisa

Data yang sudah dikaji kemudian diuraikan secara lebih mendetail untuk memperoleh pembahasan dan penyelesaian masalah yang ada pada perancangan perangkat lunak sensor tsunami dengan teknik Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

## **1.6 Sistematika Penulisan**

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Memberikan penjelasan umum perihal skripsi yang meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan dan sasaran, batasan dan lingkup pembahasan, metoda pembahasan serta sistematika pembahasan.

### **BAB II. LANDASAN TEORI**

Ada beberapa tinjauan teori yang akan dijelaskan sebagai penunjang perancangan sistem diantaranya :

- a. Tinjauan teori mengenai gempa
- b. Tinjauan teori mengenai tsunami
- c. Tinjauan teori mengenai Jaringan Syaraf Tiruan
- d. Tinjauan teori mengenai pelampung (buoy)

### **BAB III. METODOLOGI PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK PENGENALAN GELOMBANG GEMPA BERPOTENSI TSUNAMI.**

Mengungkapkan analisa rancang bangun yang meliputi diagram alir dan algoritma proses pembentukan database dan proses pengenalan gempa yang berpotensi tsunami.

### **BAB IV. HASIL UJI COBA DAN ANALISA**

Berisi uji coba program dan analisa hasil identifikasi dengan perangkat lunak pengenalan gelombang yang berpotensi tsunami dan tidak.

### **BAB V. KESIMPULAN**

Berisikan kesimpulan dari dasar-dasar sistem dan perancangan sistem.

**BAB 2**  
**LANDASAN TEORI**  
**GEMPA, TSUNAMI, JARINGAN SYARAF TIRUAN,**  
**PELAMPUNG *BUOY***

**2.1 Gempa**

Gempa disebabkan karena adanya pelepasan energi regangan elastis batuan dalam bentuk patahan atau pergeseran lempeng . Semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi Ada dua teori yang menyatakan proses terjadinya atau asal mula gempa yaitu pergeseran sesar dan teori kekenyalan elastis. Menurut *R.Hoernes*, 1878, gempa dapat diklasifikasikan secara umum berdasarkan sumber kejadian gempa menjadi :

1. Gempa runtuh : gerakan yang diakibatkan oleh runtuh dari lubang-lubang interior sebagai contoh runtuhnya tambang/batuan yang menimbulkan gempa
2. Gempa vulkanik : gerakan yang diakibatkan oleh aktivitas gunung api
3. Gempa tektonik : gerakan yang diakibatkan oleh lepasnya sejumlah energi pada saat bergesernya lempeng[1]

Sedangkan menurut *Fowler*, 1990, gempa dapat diklasifikasikan berdasarkan kedalaman fokus yaitu:

1. Gempa dangkal : kurang dari 70 km
2. Gempa menengah : kurang dari 300 km
3. Gempa dalam : lebih dari 300 km (kadang-kadang > 450 km)

Menurut BMG gempa yang terjadi di dasar laut, dengan kedalaman pusat gempa kurang dari 60 km, magnitudo gempa lebih besar dari 6,0 skala *Richter*, serta jenis pensesaran gempa tergolong sesar naik atau sesar turun (terjadinya *deformasi* vertikal dasar laut yang cukup besar). Maka hal tersebut yang memicu terjadinya *tsunami*, berdasarkan data BMG untuk daerah yang pernah terjadi *tsunami*, yaitu: di Kepulauan Seram, Ambon, Kepulauan Banda dan Kepulauan Kai. Oleh sebab itu gempa tektonik pada tanggal 26 Desember 2004 yang berpusat di Samudera Indonesia pada kedalaman 4 km dari dasar laut dan

berkekuatan 9.0 SM (*Skala Magnitude*) itu telah menghasilkan *tsunami* dahsyat. Berdasarkan catatan BMG, gempa tektonik memang menyumbang kontribusi besar terjadinya *tsunami* baik di dalam maupun di luar negeri.

Gempa tektonik berdasarkan tempat terjadinya, terdiri dari:

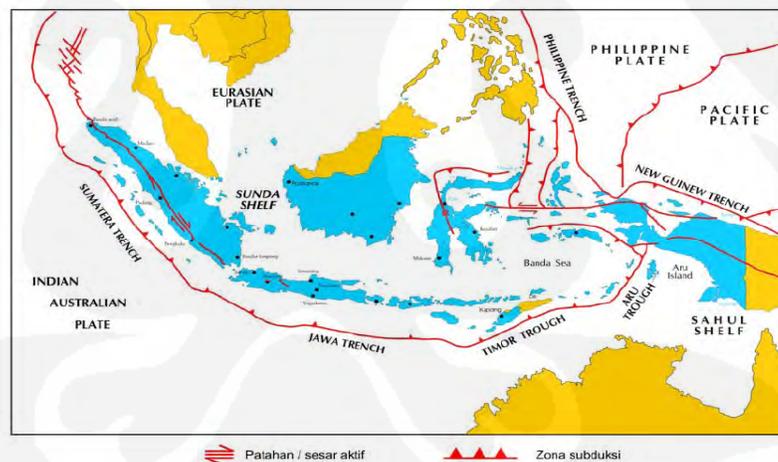
1. Gempa *interplate* (*Interplate Earthquake*)

Gempa yang terjadi didaerah persinggungan (*interface*) *seismogenic* atau *megathrust* antara dua lempeng, yaitu lempeng Samudra (*subducting plate*) dan lempeng Benua (*Overlying plate*).

2. Gempa *intraplate* (*Intraplate Earthquake*)

Gempa yang terjadi dalam badan lempeng baik lempeng benua maupun lempeng samudera.

Pada Gambar 2.1 memperlihatkan jalur – jalur daerah yang mengalami patahan/sesar aktif dengan zona *subduksi*-nya pada daerah wilayah kepulauan Indonesia, yang merupakan daerah gempa penyebab timbulnya *tsunami*.

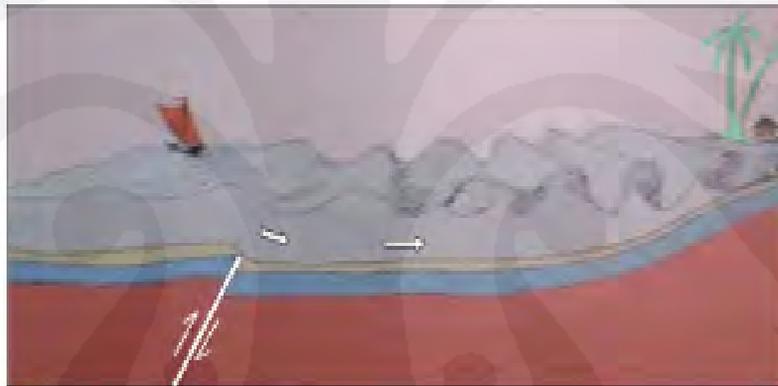


**Gambar 2. 1** Peta Tektonik kepulauan Indonesia, tampak zona *subduksi* dan sesar aktif.[3]

Secara geografis, wilayah Indonesia termasuk daerah yang rawan gempa, ini disebabkan wilayah Indonesia merupakan tempat bertemunya tiga lempeng, yaitu: Eurasia (Asia Tenggara), Indo-Australia, Samudra pasifik. Ketiga lempeng tersebut terus bergerak dalam arah dan kecepatan yang berbeda. Ini terlihat pada wilayah pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa, Bali, *NTB*, dan *NTT* termasuk

**Universitas Indonesia**

daerah yang rawan *tsunami* yang diakibatkan oleh gempa dasar laut. Karena daerah tersebut merupakan tempat pertemuan Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia, yang mengalami pergerakan rata-rata 6 cm per tahun ke arah utara. Lempeng tersebut bergerak terus menerus menghujam lempeng benua Eurasia. Bagian ujung dari lempeng benua Eurasia tertarik turun secara berangsur-angsur dan terus menerus sehingga terjadi akumulasi tegangan. Akibat akumulasi tegangan yang mencapai batasnya maka terjadi gempa dan ujung lempeng benua Eurasia bergelombang ke atas. Pergerakan vertikal ujung lempeng benua Eurasia ini menimbulkan gangguan *impulsif* medium laut yang dapat menyebabkan terjadinya *tsunami*. [1]



**Gambar 2. 2 Model terbentuknya gelombang tsunami yang diakibatkan oleh peristiwa gempa. [4]**

Sedangkan, tektonik aktif di timur Indonesia disebabkan Bergeraknya dua lempeng; Indo-Australia dan Pasifik. Laut Banda, Gorontalo, Sulawesi, Maluku, Selat Makassar, Bali-Flores, dan Bone merupakan cekungan-cekungan laut dalam. Dimana cekungan tersebut berada pada zona tumbukan aktif antara tiga lempeng (Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik). Hal inilah yang mengakibatkan kawasan tersebut merupakan salah satu yang paling aktif kegempaan di seluruh dunia. Di samping itu, ada dua lempeng lainnya yang saling menjepit dasar samudra di sekitar perairan Indonesia. Kedua lempeng itu adalah lempeng Filipina yang bergerak 8 cm per tahun ke arah barat laut dan lempeng Carolina dengan kecepatan 10.2 cm per tahun ke arah barat laut.

**Universitas Indonesia**

Sementara itu jika pusat gempa berada lebih dalam lagi, energi dan gempa akan menghilang sebelum sampai di dasar laut. Akibatnya tidak menimbulkan deformasi dasar laut secara vertikal sehingga tidak menimbulkan *tsunami*. Begitupula sebaliknya, jika terjadi gempa menghasilkan patahan horizontal juga tidak menimbulkan *Tsunami*, seperti yang terjadi di Bengkulu 4 Juni 2000. Gempa tersebut tidak menimbulkan *tsunami* walaupun merupakan gempa dangkal dengan magnitudo lebih dari  $M_w7.8$ . Air laut yang volumenya besar tidak digoncang secara vertikal, sehingga *tsunami* tidak terjadi.[1]



**Gambar 2.3** Pergerakan lempeng pada daerah patahan yang akan menimbulkan deformasi dasar laut secara vertikal yang akan menyebabkan timbulnya gelombang tsunami [Mori 2004].

Parameter-Parameter Gempa antara lain:

a. Gelombang gempa

Secara sederhana dapat diartikan sebagai merambatnya energi dari pusat gempa atau hiposentrum (fokus) ke tempat lain di bumi. Gelombang ini terdiri dari gelombang badan dan gelombang permukaan. Gelombang badan adalah gelombang gempa yang dapat merambat di lapisan, sedangkan gelombang permukaan adalah gelombang gempa yang merambat di permukaan bumi.

b. Ukuran besar Gempa

Magnitudo gempa merupakan karakteristik gempa yang berhubungan dengan jumlah energi total seismik yang dilepaskan sumber gempa. Magnitude ialah skala besaran gempa pada sumbernya. Jenis besaran gempa :

1. Magnitude gelombang badan ( $m_b$ ), ditentukan berdasarkan jumlah total energi gelombang elastis yang ditransfer dalam bentuk gelombang P dan S
2. Magnitude gelombang permukaan ( $m_s$ ), ditentukan berdasarkan berdasarkan jumlah total energi gelombang love (L) dan gelombang Rayleigh (R) dengan asumsi *hypocenter* dangkal (30 km) dan amplitude maksimum terjadi pada periode 20 detik
3. Moment gempa “*seismic moment*” ( $m_o$ ), merupakan skala yang menentukan magnitude suatu gempa menurut momen gempa, sehingga dapat merupakan gambaran deformasi yang disebabkan oleh suatu gempa.

c. Intensitas

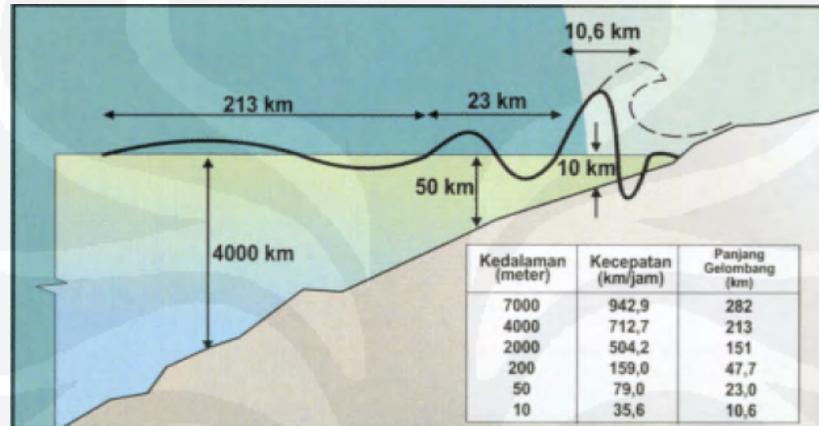
Intensitas adalah besaran yang digunakan untuk mengukur suatu gempa selain dengan magnitude. Intensitas dapat didefinisikan sebagai suatu besarnya kerusakan disuatu tempat akibat gempa yang diukur berdasarkan kerusakan yang terjadi.

Sistem peringatan dini bahaya *tsunami* merupakan sistem yang dirancang untuk memecahkan masalah tersebut. Sistem ini mendeteksi terjadinya gempa yang mengarah pada peramalan *tsunami* yang kemudian memberikan peringatan untuk mencegah jatuhnya korban. Pada sistem ini terdiri atas dua bagian yaitu sub sistem sensor untuk mendeteksi *tsunami*, serta infrastruktur jaringan komunikasi untuk memberikan peringatan dini adanya bahaya *tsunami* kepada wilayah yang diancam bahaya agar proses evakuasi dapat dilakukan secepat mungkin.

Dengan menggunakan sensor perekam tekanan dasar berupa getaran yang ditimbulkan dari pergeseran lempeng dan memanfaatkan pelampung (*buoy*) sebagai alat komunikasinya, maka bagian dari sub sistem perangkat pendeteksi *tsunami* tersebut atau mini komputer merupakan basis informasi data pertama kali, dan dapat digunakan untuk mendeteksi gelombang yang tidak dapat dilihat oleh pengamat manusia pada laut dalam.

## 2.2 TSUNAMI

Istilah “*tsunami*” berasal dari kosakata Jepang “*tsu*” yang berarti gelombang dan “*nami*” yang berarti pelabuhan, sehingga secara bebas, “*tsunami*” diartikan sebagai gelombang laut yang melanda pelabuhan. Proses terjadinya tsunami dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Terjadinya tsunami

Tsunami dapat dideskripsikan sebagai gelombang laut dengan periode panjang yang ditimbulkan oleh suatu gangguan impulsif yang terjadi pada medium laut, akibatnya timbul gaya impulsif yang bersifat sementara (transien). Selain bersifat transien, tsunami juga bersifat *nondispersive*, artinya kecepatan gelombang tidak bergantung pada panjang gelombang. Tsunami mempunyai panjang gelombang yang besar sampai 100 km, lintasan partikel berbentuk elips dengan amplitudo lebih kurang 5 m. Kecepatan rambat gelombang tsunami di laut dalam mencapai antara 500 m sampai 1000 km/jam. Kecepatan ini tergantung dari kedalaman laut dan penjarannya mencapai ribuan kilometer. *Tsunami* di Indonesia pada umumnya adalah *tsunami* lokal yang terjadi sekitar 10–20 menit setelah terjadinya gempa yang dirasakan oleh masyarakat setempat. Sedangkan *tsunami* jarak jauh terjadi sekitar 1-8 jam setelah gempa dan masyarakat setempat tidak merasakan getaran gempa nya. Pada Gambar 2.5, memperlihatkan peta sumber *episentrum* gempa di sepanjang bagian barat pulau Sumatera.

Penelitian menunjukkan bahwa tsunami dapat timbul bila kondisi tersebut dibawah ini terpenuhi :

1. Gempa dengan pusat di tengah lautan.
2. Gempa dengan magnitude biasanya lebih besar dari 6,0 skala Richter
3. Gempa dengan pusat gempa dangkal, kurang dari 33 Km
4. Gempa dengan pola mekanisme dominan adalah sesar naik atau sesar turun
5. Lokasi sesar (*rupture area*) di lautan yang dalam (kolom air dalam).
6. Morfologi (bentuk) pantai biasanya pantai terbuka dan landai atau berbentuk teluk. [1]



**Gambar 2.5** Peta sumber gempa sepanjang barat Sumatera (Sumber Badan Meteorologi dan Geofisika).

Pada lokasi pertemuan lempeng benua Indo Australia dengan lempeng Eurasia di dasar laut sepanjang pulau-pulau kecil di Barat Sumatera yaitu mulai dari P. Semelue, P. Nias, Kepulauan Mentawai sampai ke P. Enggano pada kedalaman 10km dari permukaan laut. Akibat adanya pertemuan tersebut memungkinkan terjadinya patahan atau penunjaman dimana lempeng Indo-Australia menukik masuk ke bagian bawah lempeng benua Eurasia yang akan menimbulkan gempa tektonik di Barat Sumatera. Kejadian tersebut akan berulang sampai mencapai keseimbangan yang selama proses tersebut akan menimbulkan

**Universitas Indonesia**

gempa susulan. Memang tidak semua gempa menimbulkan gelombang *tsunami* tergantung dari kecepatan dan kecuraman patahan yang terjadi didasar laut meskipun menimbulkan gempa ber-*Skala Richter (SR)* besaran dipermukaan daratan. Pada Gambar 2.5 dapat dilihat peristiwa-peristiwa yang pernah terjadi gempa di bagian barat Sumatera. Sebagai contoh gempa besar berskala *Richter* 7.6 yang terjadi di Bengkulu pada tahun 2000 tidak menimbulkan *Tsunami*. [1]

Gelombang *tsunami* memiliki kecepatan antara 500 sampai 1.000 km/jam (sekitar 0,14 sampai 0,28 kilometer per detik) di perairan terbuka, sedangkan gempa dapat dideteksi dengan segera karena getaran gempa yang memiliki kecepatan sekitar 4 kilometer per detik (14.400 km/j). [2] Getaran gempa yang lebih cepat dideteksi daripada gelombang *tsunami* memungkinkan dibuatnya peramalan *tsunami* sehingga peringatan dini dapat segera diumumkan kepada wilayah yang diancam bahaya. Agar lebih tepat, gelombang *tsunami* harus dipantau langsung di perairan terbuka sejauh mungkin dari garis pantai, dengan menggunakan sensor dasar laut secara *real time*.

Tsunami ditimbulkan oleh adanya *deformasi* (perubahan bentuk) pada dasar lautan, terutama perubahan permukaan dasar lautan dalam arah vertikal. Perubahan pada dasar lautan tersebut akan diikuti dengan perubahan permukaan lautan, yang mengakibatkan timbulnya penjalaran gelombang air laut secara serentak tersebar keseluruh penjuru mata-angin. Kecepatan rambat penjalaran tsunami di sumbernya bisa mencapai ratusan hingga ribuan km/jam, dan berkurang pada saat menuju pantai, dimana kedalaman laut semakin dangkal. Walaupun tinggi gelombang tsunami disumbernya kurang dari satu meter, tetapi pada saat menghempas pantai, tinggi gelombang tsunami bisa mencapai lebih dari 5 meter. Hal ini disebabkan berkurangnya kecepatan merambat gelombang tsunami karena semakin dangkalnya kedalaman laut menuju pantai, tetapi tinggi gelombangnya menjadi lebih besar, karena harus sesuai dengan hukum kekekalan energi.

## 2.3 KONSEP DASAR JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST)

### 2.3.1 Sejarah Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dibuat pertama kali pada tahun 1943 oleh *neurophysiologist* Warren McCulloch dan *logician* Walter Pitts, namun teknologi yang tersedia pada saat itu belum memungkinkan mereka berbuat lebih jauh. JST didefinisikan sebagai susunan dari elemen-elemen penghitung yang disebut neuron atau titik (*node*) yang saling terhubung guna dimodelkan untuk meniru fungsi otak manusia. JST dicirikan dengan adanya proses pembelajaran (*learning*) yang berfungsi untuk mengadaptasi parameter-parameter jaringannya. Bobot dalam jaringan yang diusulkan oleh McCulloch dan Pitts diatur untuk melakukan fungsi logika sederhana. Fungsi aktivasi yang dipakai adalah fungsi *threshold*.

Tahun 1958, Rosenblatt memperkenalkan dan mulai mengembangkan model jaringan yang disebut *perceptron*. Metode pelatihan diperkenalkan untuk mengoptimalkan hasil iterasinya. Widrow dan Hoff (1960) mengembangkan *perceptron* dengan memperkenalkan aturan pelatihan jaringan, yang dikenal sebagai aturan delta (atau sering disebut kuadrat rata-rata terkecil). Aturan ini akan mengubah bobot *perceptron* apabila keluaran yang dihasilkan tidak sesuai dengan target yang diinginkan. Apa yang dilakukan peneliti terdahulu hanya menggunakan jaringan dengan layer tunggal (*single layer*). Rumelhart (1986) mengembangkan *perceptron* menjadi *Backpropagation*, yang memungkinkan jaringan diproses melalui beberapa layer. Selain itu, beberapa model JST lain juga dikembangkan oleh Kohonen (1972), Hopfield (1982), dan lain-lain. Pengembangan yang ramai dibicarakan sejak tahun 1990an adalah aplikasi model-model JST untuk menyelesaikan berbagai masalah di dunia nyata. JST ditentukan oleh beberapa hal berikut hal :

1. Pola hubungan antar neuron (disebut arsitektur jaringan)
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung (disebut metode *learning* atau *training*)
3. Penggunaan Bias
4. Fungsi aktivasi

### 2.3.2 Dasar Jaringan Syaraf Tiruan

JST adalah proses paradigma suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel syaraf biologi, sama seperti otak yang memproses suatu informasi. Elemen mendasar dari paradigma tersebut adalah struktur yang baru dari sistem proses informasi. JST, seperti manusia, belajar dari suatu contoh JST dibentuk untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran.

JST dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari syaraf biologi, dengan asumsi bahwa :

- a. Proses informasi terjadi pada banyak elemen sederhana ( neuron)
- b. Sinyal dikirimkan diantara neuron-neuron melalui penghubung-penghubung.
- c. Penghubung, antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.
- d. Untuk menentukan output, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi yang dikenakan pada jumlahan input yang diterima. Besarnya output ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu ambang batas.

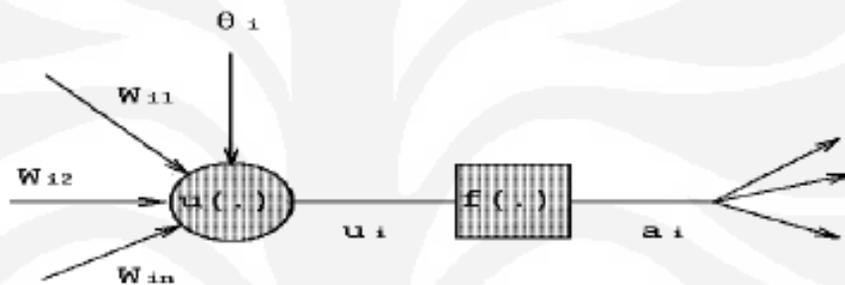
### 2.3.3 Neuron

Neuron dianalogikan dengan neurosikologi (neurophysiology) pada otak manusia. Dalam JST neuron diartikan sebagai bagian terkecil dari JST yang berfungsi sebagai elemen proses. Dengan demikian neuron juga dapat dinyatakan sebagai processor sederhana dari sistem JST. Neuron juga dikenal dengan sebutan perceptron atau ADALINE.

### 2.3.4 Model Dasar Jaringan Syaraf Tiruan

Mengadopsi esensi dasar dari system syaraf biologi, syaraf tiruan digambarkan sebagai berikut : Menerima input atau masukan (baik dari data yang dimasukkan atau dari output sel syaraf pada jaringan syaraf. Setiap input datang melalui suatu koneksi atau hubungan yang mempunyai sebuah bobot (*weight*). Setiap sel syaraf mempunyai sebuah nilai ambang. Jumlah bobot dari input dan dikurangi dengan nilai ambang kemudian akan mendapatkan suatu aktivasi dari sel syaraf (*post synaptic potential*, PSP,

dari sel syaraf). Signal aktivasi kemudian menjadi fungsi aktivasi / fungsi transfer untuk menghasilkan output dari sel syaraf. Jika tahapan fungsi aktivasi digunakan ( output sel syaraf = 0 jika input <0 dan 1 jika input  $\geq 0$ ) maka tindakan sel syaraf sama dengan sel syaraf biologi yang dijelaskan diatas (pengurangan nilai ambang dari jumlah bobot dan membandingkan dengan 0 adalah sama dengan membandingkan jumlah bobot dengan nilai ambang). Biasanya tahapan fungsi jarang digunakan dalam JST. Fungsi aktivasi dapat dilihat pada Gambar 2.6.



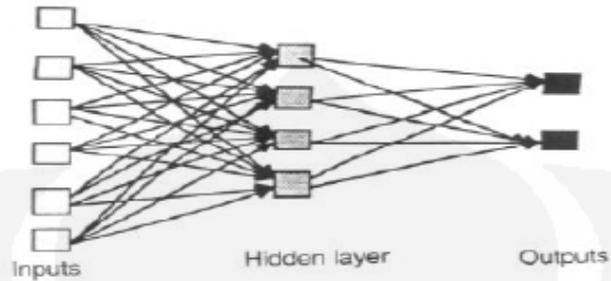
Gambar 2.6 Fungsi Aktivasi

### 2.3.5 Arsitektur Jaringan

Berdasarkan dari arsitektur (pola koneksi), JST dapat dibagi kedalam dua kategori :

#### 1. Struktur *feedforward*

Sebuah jaringan yang sederhana mempunyai struktur *feedforward* dimana signal bergerak dari input kemudian melewati lapisan tersembunyi dan akhirnya mencapai unit output (mempunyai struktur perilaku yang stabil). Tipe jaringan *feedforward* mempunyai sel syaraf yang tersusun dari beberapa lapisan. Lapisan input bukan merupakan sel syaraf. Lapisan ini hanya memberi pelayanan dengan mengenalkan suatu nilai dari suatu variabel. Lapisan tersembunyi dan lapisan output sel syaraf terhubung satu sama lain dengan lapisan sebelumnya. Kemungkinan yang timbul adalah adanya hubungan dengan beberapa unit dari lapisan sebelumnya atau terhubung semuanya (lebih baik).[5]

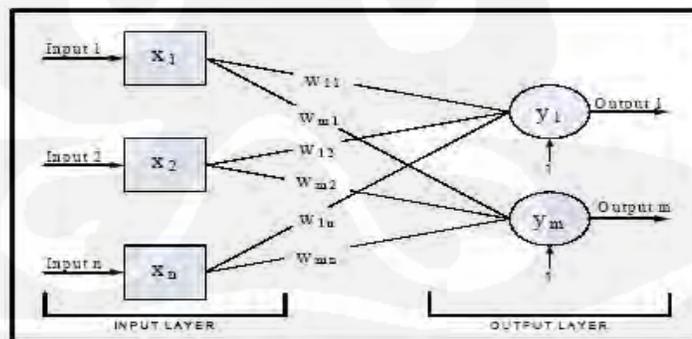


**Gambar 2.7** Jaringan Syaraf Tiruan *FeedForward*

Yang termasuk dalam struktur *feedforward* :

- Single-layer perceptron
- Multilayer perceptron
- Radial-basis function networks
- Higher-order networks
- Polynomial learning networks

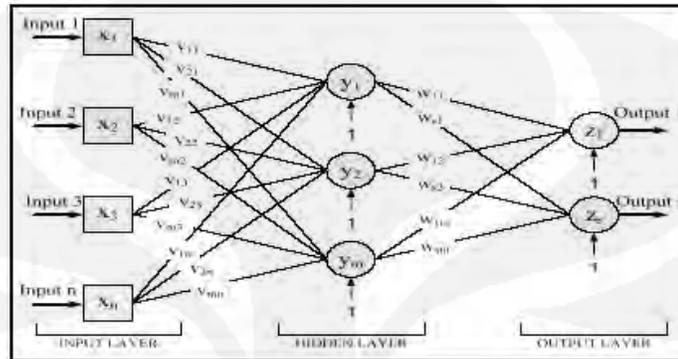
- a. Jaringan Layer Tunggal (*single layer network*). Dalam jaringan ini terlihat pada Gambar 2.8, sekumpulan *input* neuron dihubungkan langsung dengan sekumpulan outputnya. Dalam beberapa model (misal *perceptron*), hanya ada sebuah unit neuron *output*.



**Gambar 2.8** *Single Layer Neural Network*

- b. Jaringan Layar Jamak (*multi layer network*). Jaringan layar jamak merupakan perluasan dari layar tunggal. Dalam jaringan ini, selain unit input dan output, ada unit-unit lain (sering disebut layar tersembunyi atau hidden layer). Dimungkinkan pula ada beberapa layer tersembunyi. Sama

seperti pada unit input dan output, unit-unit dalam satu layer tidak saling berhubungan. lihat Gambar 2.9.

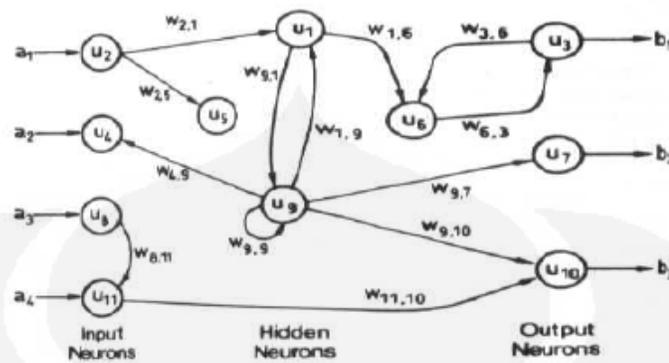


**Gambar 2.9** Multi Layer Neural

## 2. Struktur recurrent (feedback)

Jika suatu jaringan berulang (mempunyai koneksi kembali dari output ke input) akan menimbulkan ketidakstabilan dan akan menghasilkan dinamika yang sangat kompleks. Jaringan yang berulang sangat menarik untuk diteliti dalam JST, namun sejauh ini structure feedforward sangat berguna untuk memecahkan masalah. Yang termasuk dalam struktur recurrent (feedback) :

- Competitive networks
- Self-organizing maps
- Hopfield networks
- Adaptive-resonance theory models

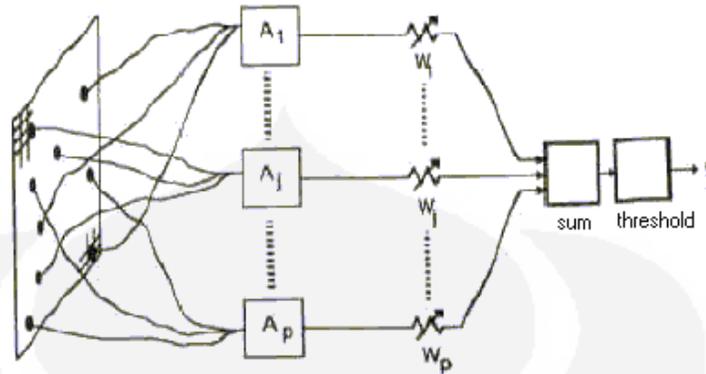


**Gambar 2.10** Jaringan Syaraf Tiruan *FeedBack*

Ketika sebuah JST digunakan, input dari nilai suatu variable ditempatkan dalam suatu input unit dan kemudian unit lapisan tersembunyi dan lapisan output menjalankannya. Setiap lapisan tersebut menghitung nilai aktivasi dengan mengambil jumlah bobot output dari setiap unit dari lapisan sebelumnya dan kemudian dikurangi dengan nilai ambang. Nilai aktivasi kemudian melalui fungsi aktivasi untuk menghasilkan output dari sel syaraf. Ketika semua unit pada JST telah dijalankan maka aksi dari lapisan output merupakan output dari seluruh jaringan syaraf.

### 2.3.6 Perceptron

Perceptron termasuk kedalam salah satu bentuk JST yang sederhana. Perceptron biasanya digunakan untuk mengklasifikasikan suatu tipe pola tertentu yang sering dikenal dengan istilah pemisahan secara linear. Pada dasarnya perceptron pada Jaringan Syaraf dengan satu lapisan memiliki bobot yang bisa diatur dan suatu nilai ambang. Algoritma yang digunakan oleh aturan perceptron ini akan mengatur parameter-parameter bebasnya melalui proses pembelajaran. Fungsi aktivasi dibuat sedemikian rupa sehingga terjadi pembatasan antara daerah positif dan daerah negatif. Perceptron dapat dilihat di gambar 2.11.



Gambar 2.11 Bentuk Perceptron

### 2.3.7 Paradigma Pembelajaran

Berdasarkan cara memodifikasi bobotnya, ada 2 macam pelatihan yang dikenal yaitu dengan supervisi (supervised) dan tanpa supervise (unsupervised). Dalam pelatihan dengan supervisi, terdapat sejumlah pasangan data (masukan – target keluaran) yang dipakai untuk melatih jaringan hingga diperoleh bobot yang diinginkan. Pasangan data tersebut berfungsi sebagai "guru" untuk melatih jaringan hingga diperoleh bentuk yang terbaik. "Guru" akan memberikan informasi yang jelas tentang bagaimana sistem harus mengubah dirinya untuk meningkatkan unjuk kerjanya. Pada setiap kali pelatihan, suatu input diberikan ke jaringan. Jaringan akan memproses dan mengeluarkan keluaran. Selisih antara keluaran jaringan dengan target (keluaran yang diinginkan) merupakan kesalahan yang terjadi. Jaringan akan memodifikasi bobot sesuai dengan kesalahan tersebut. Jaringan perceptron, ADALINE dan backpropagation merupakan model-model yang menggunakan pelatihan dengan supervisi. Sebaliknya, dalam pelatihan tanpa supervise (unsupervised learning) tidak ada "guru" yang akan mengarahkan proses pelatihan.

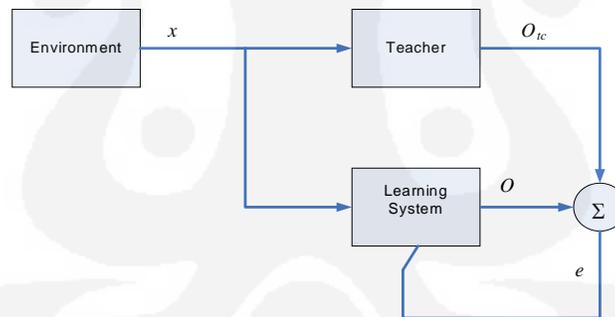
Dalam pelatihannya, perubahan bobot jaringan dilakukan berdasarkan parameter tertentu dan jaringan dimodifikasi menurut ukuran parameter tersebut. Sebagai contoh, dalam model jaringan kompetitif, jaringan terdiri dari 2 layar, yaitu layar input dan layar kompetisi. Layar input menerima data eksternal. Layar kompetitif berisi neuron-neuron yang saling berkompetisi agar memperoleh kesempatan untuk merespon sifat-sifat yang ada dalam data masukan. Neuron yang memenangkan kompetisi akan

memperoleh sinyal yang berikutnya ia teruskan. Bobot neuron pemenang akan dimodifikasi sehingga lebih menyerupai data masukan.

### 2.3.8 Pelatihan Dengan Supervisi (Pembelajaran terawasi)

Metode ini digunakan jika output yang diharapkan telah diketahui sebelumnya, namun biasanya pembelajaran dilakukan dengan menggunakan data yang telah ada. Jaringan memberikan tanggapan dengan mendapatkan target tertentu. Sebelum jaringan mengubah sendiri bobotnya untuk mencapai target, bobot interkoneksi diinisialisasi.

Operasional JST Supervised terdapat dua fasa : fasa pembelajaran dan fasa pelaksanaan. Pada fasa pembelajaran, tujuannya adalah untuk meminimalkan indek performan (performance index) dari jaringan, yang mana pembelajaran ini selanjutnya digunakan untuk memperbaharui parameter-parameter JST. Apabila parameter-parameter JST telah ditemukan, maka JST dapat dioperasikan secara mandiri tanpa pembimbing. Jika nilai pembimbing adalah  $O_{tc}$  dan keluaran JST adalah  $O$ , maka diagram blok dari fase pembelajaran terbimbing ditunjukkan pada gambar 2.12.



**Gambar 2.12** Pelatihan dengan *Supervise*

Proses belajar JST dengan pengawasan adalah proses belajar dengan memberikan latihan untuk mencapai suatu target keluaran yang ditentukan. JST mendapatkan latihan untuk mengenal pola-pola tertentu. Dengan memberikan target keluaran, perubahan masukan akan diadaptasi oleh keluaran dengan mengubah bobot interkoneksinya mengikuti algoritma belajar yang ditentukan. Set pelatihan dipilih dari fungsi keluaran maksimum setiap keadaan parameter yang diubah. Dengan menginisialisasi

bobot tiap sel, JST akan mencari error terkecil, sehingga bentuk fungsi keluaran mendekati target yang diinginkan. Berdasarkan proses belajar yang dilakukan, kita perlu memperhatikan beberapa hal dalam menyusun set pelatihan, yaitu :

- a. Pemberian urutan pola yang akan diajarkan
- b. Kriteria perhitungan *error*
- c. Kriteria proses belajar
- d. Jumlah literasi yang harus dilalui
- e. Inisialisasi bobot dan parameter awal

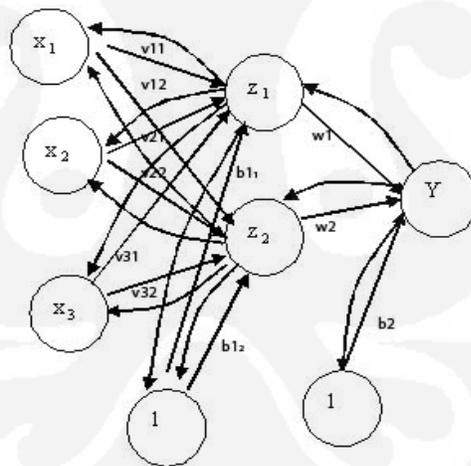
Pelatihan dilakukan dengan memberikan pasangan pola-pola masukan dan keluaran. Untuk keperluan pengendalian, pasangan pola tidak mengikuti rumusan tertentu. JST harus dapat mengadaptasi masukan yang acak supaya keluaran tetap mengikuti target. Lebih lanjut, proses pelatihan dilakukan dengan memberikan pola yang menggunakan masukan acak dan bobot interkoneksi yang besar. Dengan pemberian bobot yang besar, perbedaan target dan keluaran berkurang lebih cepat, sehingga proses adaptasi akan lebih cepat pula. Salah satu proses belajar dengan pengawasan adalah proses belajar menggunakan algoritma propagasi balik. Proses belajar jaringan umpan balik dituliskan dalam bentuk algoritma propagasi balik yang dikenal sebagai Backpropagation. Jaringan Backpropagation kadang-kadang dikenal sebagai Multilayer Perceptron (MLP).

### **2.3.9 Backpropagation**

Backpropagation merupakan salah satu algoritma pelatihan terarah. Algoritma backpropagation biasa digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. Algoritma Backpropagation menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (backward). Untuk mendapatkan error tersebut, tahap perambatan maju (forward propagation) harus dilakukan terlebih dahulu. Pada perambatan maju neuron-neuron akan diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi yang dapat didiferensiasikan.

### 2.3.9.1 Arsitektur jaringan *Backpropagation*

Arsitektur jaringan *backpropagation* yang terdiri dari 3 unit (neuron) pada lapisan input yaitu  $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$ , merujuk pada Gambar 2.13, 1 lapisan tersembunyi dengan 2 neuron yaitu  $z_1$  dan  $z_2$ ; serta 1 unit pada lapisan output, yaitu  $y$ . Bobot yang menghubungkan  $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$  dengan neuron pertama pada lapisan tersembunyi adalah  $v_{11}$ ,  $v_{21}$  dan  $v_{31}$ , ( $v_{ij}$ ; bobot yang menghubungkan neuron input ke- $j$  pada suatu lapisan ke neuron ke- $i$  pada lapisan sesudahnya) Bobot bias yang menuju ke neuron pertama dan kedua pada lapisan tersembunyi adalah  $b_{11}$  dan  $b_{12}$ . Bobot yang menghubungkan bobot  $z_1$  dan  $z_2$  dengan neuron lapisan output adalah  $w_1$  dan  $w_2$ . Bobot bias  $b_2$  menghubungkan lapisan tersembunyi dengan lapisan output. Sebagaimana mestinya, fungsi aktivasi digunakan antar lapisan input dengan lapisan tersembunyi dan lapisan tersembunyi dengan lapisan output.



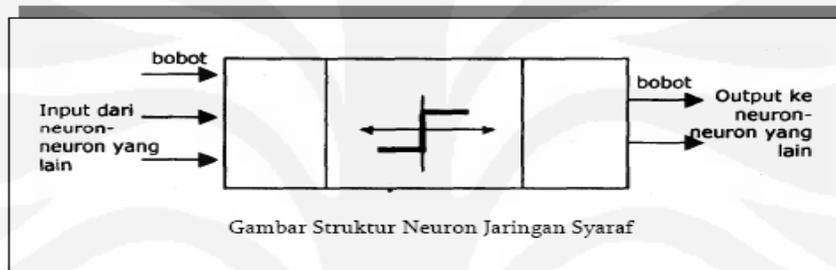
Gambar 2.13 Contoh arsitektur jaringan *backpropagation*

### 2.3.10 Fungsi Aktivasi

Jaringan syaraf adalah merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu ,menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama

proses pembelajaran. Ada beberapa tipe jaringan syaraf, namun demikian hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri-dari beberapa neuron dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut.

Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut.



**Gambar 2.14** Fungsi aktivasi

Jika kita lihat, neuron buatan ini sebenarnya mirip dengan sel neuron biologis. Neuron-neuron buatan tersebut bekerja dengan cara yang sama pula dengan neuron-neuron biologis. Sesuai dengan Gambar 2.14 Informasi (disebut dengan: input) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini 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, tapi kalau tidak, maka neuron tersebut tidak akan diaktifkan. Apabila neuron tersebut diaktifkan, maka neuron tersebut akan mengirimkan output melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya dan demikian seterusnya. Pada jaringan syaraf, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (layer) yang disebut dengan lapisan neuron (neuron layers). Biasanya neuron-neuron pada satu lapisan akan

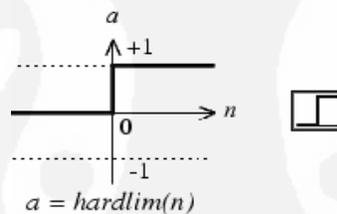
dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan input dan lapisan output). Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan input sampai ke lapisan output melalui lapisan yang lainnya, yang sering dikenal dengan nama lapisan tersembunyi (hidden layer). Tergantung pada algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut akan dirambatkan secara mundur pada jaringan.

Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam JST. Fungsi Aktivasi yang disediakan pada toolbox Matlab, antara lain :

### 1) Fungsi Undak Biner (*hardlimit*).

Jaringan dengan lapisan tunggal sering menggunakan fungsi undak biner (*step function*) untuk mengkonversikan *input* dari suatu variabel yang bernilai kontinu ke suatu *output* biner (0 atau 1). Fungsi undak biner (*hardlimit*) dirumuskan sesuai dengan gambar 2.15 dibawah ini:

$$y = \begin{cases} 0, & \text{Jika } x < 0 \\ 1, & \text{Jika } x \geq 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

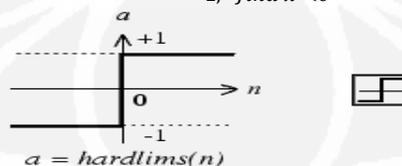


**Gambar 2.15** *Hardlimit Transfer Function*

### 2) Fungsi Bipolar (*symetric hardlims*)

Fungsi bipolar sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner, hanya saja output yang dihasilkan berupa 1 atau -1 . Fungsi Symetric Hard Limit dirumuskan sesuai dengan gambar 2.16 dibawah ini :

$$y = \begin{cases} 1, & \text{Jika } x \geq 0 \\ -1, & \text{Jika } x < 0 \end{cases} \quad (2.2)$$



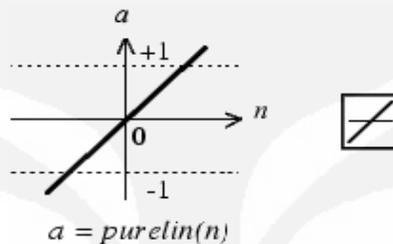
**Gambar 2.16** *Symetric Hardlimit Transfer Function*

### 3) Fungsi Linear (*purelin*)

Fungsi linear memiliki nilai output yang sama dengan nilai inputnya.

Fungsi linear dirumuskan sesuai dengan gambar 2.17 dibawah ini:

$$y = x \quad (2.3)$$

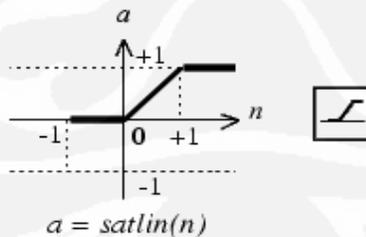


Gambar 2.17 Linear Transfer Function

### 4) Fungsi Saturating Linear (*satlin*)

Fungsi ini akan bernilai 0 jika inputnya kurang dari  $-1/2$  dan akan bernilai 1 jika inputnya lebih dari  $1/2$ . Sedangkan jika nilai input terletak antara  $-1/2$  dan  $1/2$  maka outputnya akan bernilai sama dengan nilai input ditambah  $1/2$ . Fungsi saturating linear dirumuskan sesuai dengan gambar 2.18 dibawah ini :

$$= \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq 0,5 \\ x + 0,5 & \text{jika } -0,5 \leq x \leq 0,5 \\ 0, & \text{jika } x \leq -0,5 \end{cases} \quad (2.4)$$



Gambar 2.18 Satlins Transfer Function

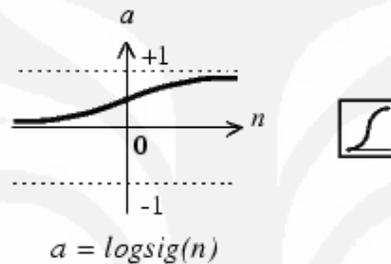
### 5) Fungsi Sigmoid Biner (*logsig*)

Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode backpropagation. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai

pada range 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval 0 sampai 1. Namun, fungsi ini bisa juga digunakan oleh jaringan syaraf yang nilai outputnya 0 atau Fungsi sigmoid biner dirumuskan sesuai dengan gambar 2.19 dibawah ini :

$$y = f(x) = \frac{1}{1+e^{-\sigma x}} \quad (2.5)$$

$$\text{Dengan } f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)] \quad (2.6)$$



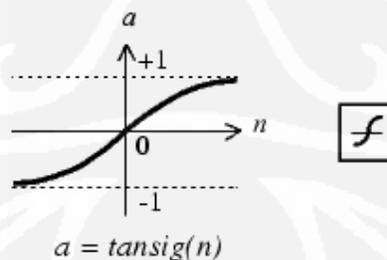
**Gambar 2.19** Log-Sigmoid Transfer Function

#### 6) Fungsi Sigmoid Bipolar (tansig)

Fungsi sigmoid bipolar hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, hanya saja output dari fungsi ini memiliki range antara 1 sampai -1 seperti terlihat pada Gambar 2.20. Fungsi sigmoid bipolar dirumuskan sebagai:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^x}{1 + e^{-x}} \quad (2.7)$$

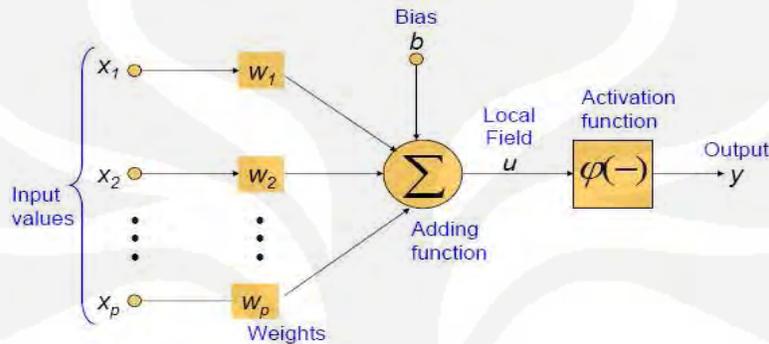
$$\text{Dengan } f'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)] \quad (2.8)$$



**Gambar 2.20** Tan-Sigmoid Transfer Function

### 2.3.11 Bias

Di antara neuron pada satu lapis dengan neuron pada lapis berikutnya dihubungkan dengan model koneksi yang memiliki bobot-bobot (weights),  $w$  dan  $v$ . Lapis tersembunyi dapat memiliki bias, yang memiliki bobot sama dengan satu. JST dapat dilihat sesuai dengan Gambar 2.21 dibawah ini :

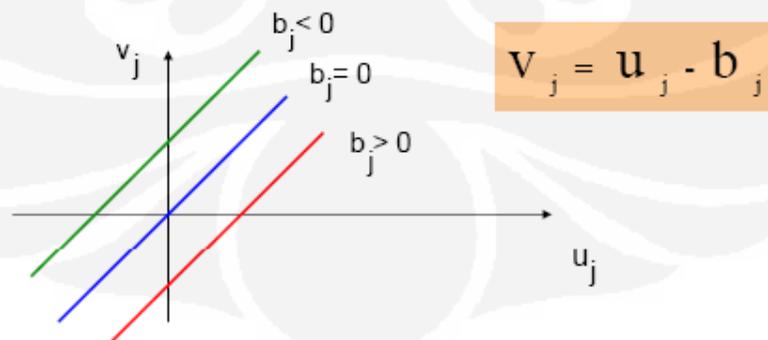


Gambar 2.21 Jaringan Syaraf Tiruan dengan Bias

Suatu neuron merupakan pengolahan informasi dasar dari suatu neural network yang terdiri dari:

1. Himpunan jaringan (*links*), sebagai input dengan bobot.
2. Sebuah Fungsi tambahan (*linear Combiner*) untuk menghitung jumlah bobot dari semua *input*.
3. Sebuah fungsi aktifasi (*squashing function*) untuk membatasi amplitudo dari *output*.

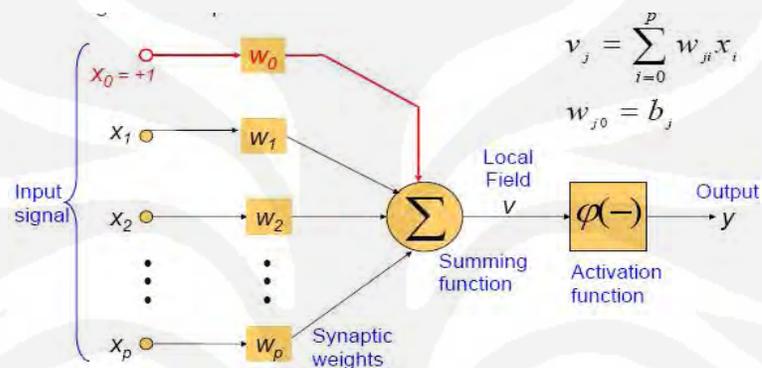
Gambar 2.22 merupakan daerah kerja sistem dengan variasi  $b_j$ .



Gambar 2.22 Penggambaran Bias dengan Linearitas

- a. Bias  $b$  mempunyai pengaruh dalam penerapan transformasi (*affine transformation*) pada jumlah bobot  $u$ .
- b.  $v$  disebut sebagai induced field dari neuron.

Bias merupakan parameter eksternal dari neuron. Hal ini dapat dimodelkan dengan penambahan extra input, seperti pada gambar 2.23.



Gambar 2.23 Penggambaran Bias sebagai Input

Algoritma *backpropagation* adalah :

- a. Inisialisasi bobot (ambil awal dengan nilai random yang cukup kecil)
- b. Tetapkan : Maksimum Epoch, Target *error*, dan *learning rate* ( $\alpha$ ), *show step*, *momentum constant*
- c. Inisialisasi : Epoch = 0, MSE = 1.
- d. Kerjakan langkah-langkah berikut selama (Epoch < Maksimum Epoch) dan (MSE > Target Error) :
  1. Epoch = Epoch + 1
  2. Untuk tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran, kerjakan :

*Feedforward* :

- a. Tiap-tiap unit *input* ( $x_i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) menerima sinyal  $x_i$  dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di atasnya (lapisan tersembunyi).

- b. Tiap-tiap unit pada lapisan tersembunyi ( $Z_j$ ,  $j=1,2,3,\dots,p$ ) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* berbobot :

$$z_{in_j} = b_1 + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (2.9)$$

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$z_j = f(z_{in_j}) \quad (2.10)$$

Dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit *output*).

- c. Tiap-tiap unit output ( $Y_k$ ,  $k=1,2,3,\dots,m$ ) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* terbobot.

$$y_{in_k} = b_2 + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk}$$

(2.11)

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$y_k = f(y_{in_k})$$

(2.12)

Dan kirimkan sinyal *output* tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit *output*).

Langkah (b) dilakukan sebanyak jumlah lapisan tersembunyi.

- d. tiap-tiap unit *output* ( $Y_k = 1,2,3,\dots,m$ ) menerima target pola yang berhubungan dengan pola *input* pembelajaran, hitung informasi errornya :

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \quad (2.13)$$

$$\varphi_{jk} = \delta_k z_j \quad (2.14)$$

$$\beta_k = \delta_k \quad (2.15)$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai  $w_{jk}$ ):

$$\Delta w_{jk} = \alpha \varphi_{jk} \quad (2.16)$$

Universitas Indonesia

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai  $b_{2_k}$ ) :

$$\Delta b_{2_k} = \alpha \beta_{2_k} \quad (2.17)$$

Langkah(d) ini juga dilakukan sebanyak jumlah lapisan tersembunyi, yaitu menghitung informasi *error* dari suatu lapisan tersembunyi ke lapisan tersembunyi sebelumnya.

- e. tiap-tiap unit tersembunyi ( $Z_j$ ,  $j=1,2,3,\dots,p$ ) menjumlahkan delta inputnya (dan unit-unit yang berada pada lapisan yang ada di atasnya):

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_{2_k} w_{jk} \quad (2.18)$$

Kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk menghitung informasi *error* :

$$\delta 1_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) \quad (2.19)$$

$$\phi_{1_{ij}} = \delta 1_j x_j \quad (2.20)$$

$$\beta_{1_j} = \delta 1_j \quad (2.21)$$

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai  $v_{ij}$ ):

$$\Delta v_{ij} = \alpha \phi_{1_{ij}} \quad (2.22)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai  $b_{1_j}$ )

$$\Delta b_{1_j} = \alpha \beta_{1_j} \quad (2.23)$$

Tiap-tiap unit *output* ( $Y_k$ ,  $k = 1,2,3,\dots,m$ ) memperbaiki bias dan bobotnya ( $j=0,1,2,\dots,p$ ):

$$w_{jk} (\text{baru}) = w_{jk} (\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (2.24)$$

$$b_{2_k} (\text{baru}) = b_{2_k} (\text{lama}) + \Delta b_{2_k} \quad (2.25)$$

- f. Tiap-tiap unit tersembunyi ( $Z^j = j=1,2,3,\dots,p$ ) memperbaiki bias dan bobotnya ( $i=0,1,2,\dots,n$ ):

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (2.26)$$

$$bl_j(\text{baru}) = bl_j(\text{lama}) + \Delta bl_j \quad (2.27)$$

### 3. Hitung MSE

Setelah dilakukan algoritma tersebut pada jaringan maka kita akan mendapatkan jaringan yang sudah ditraining. Sehingga untuk melakukan indentifikasi, dapat dilakukan dengan langsung memberikan input dan jaringan akan mengklasifikasinya sesuai dengan bobot-bobot yang diperoleh dari proses training sebelumnya.

## 2.4 Pelampung ( buoy )

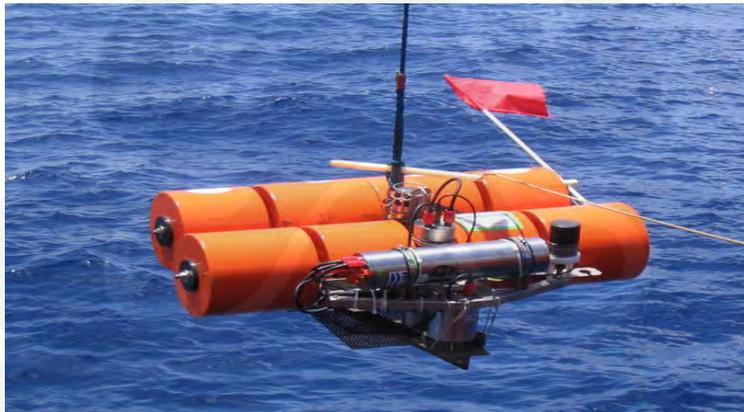
### 2.4.1 Perangkat Kerja

Secara teknis sistem peringatan dini tsunami buatan terdiri atas pelampung berdiameter satu meter yang mengapung di permukaan laut dan seperangkat alat di dasar laut (ocean bottom unit/OBU).

OBU adalah instrumen ; yang ditempatkan di dasar laut dari tepian benua untuk mengukur dan mencatat seismik dan data tekanan. Sistem ini dikembangkan oleh IFM-GEOMAR bersama dengan KUM GmbH. Bingkai, dibangun oleh KUM GmbH, memegang apung tubuh yang memastikan kenaikan aman untuk pemulihan instrumen. OBU, bersama dengan permukaan - pelampung GPS ; adalah salah satu dari dua sistem utama laut lepas pantai. Pengapungan itu dinilai seperti juga semua komponen lain dari sistem, untuk kedalaman air maksimal 6.000 m. Terlampir untuk frame adalah sinyal radio, flash light, dan bendera untuk mengambil dari naik kapal. Komponen sistem dipasang ke bingkai OBU dan terdiri dari silinder tekanan memegang data logger dan baterai sebagai catu daya, unit pelepasan akustik, modem akustik, dan sensor yang sebenarnya untuk mengukur data.

OBU dilengkapi dengan Seismometer Güralp broadband dan Pressure Differential Gauge (dari Lembaga Oseanografi Scripps). Selain itu, mengukur tekanan absolut dengan sensor Intelligent Paroscientific Tingkatan, diproduksi oleh DIGIQUARZ. Data dari sensor ini dicatat

dengan menggunakan data logger, Laut tsunameter Seismocorder, yang dirancang oleh KIRIM GbmH untuk rekaman lama band frekuensi rendah. Tekanan silinder melindungi perekam serta baterai dari kerusakan melalui air dan tekanan di kedalaman. Komunikasi dan transmisi data ke permukaan-pelampung GPS terjadi melalui modem akustik (Develogic), yang dihubungkan ke perekam data. Unit rilis akustik, sebuah K/MT562 dibuat oleh KUM GmbH, memegang OBU terpasang jangkar selama pengukuran dan rilis OBU dari jangkar untuk pemulihan dan pemeliharaan instrumen. Sementara dikerahkan ke dasar laut seluruh sistem terletak mendatar pada bingkai jangkar. Hal ini memastikan kepekaan air minimum saat ini di tanah (selama pengukuran). Setelah merilis anchor alat berat berubah menjadi  $90^\circ$  vertikal dan naik ke permukaan dengan pengapungan diatas. OBU adalah alat yang berdiri sendiri yang dapat beroperasi selama lebih dari satu tahun sebelum pemeliharaan dan pembaruan catu daya untuk data logger dan pemancar data akustik. Sampai akhir 2009, sebanyak 10 pasang instrumen lepas pantai, OBU dan GPS-pelampung, akan diinstal dalam GITEWS sepanjang marjin Indonesia untuk deteksi tsunami.



Gambar 2.24 Ocean Bottom Unit. Berisikan sensor dan sebuah perangkat akustik sudah terpasang pada OBU untuk berkomunikasi dengan permukaan pelampung. Flasher, sinyal radio, dan bendera membantu mengambil instrumen selama pemulihan.

Sumber : (IFM-GEOMAR)



Gambar 2.25 Buoy atau peralatan pelampung untuk menerima dan mengirimkan sinyal ke daratan

OBU dan buoy dihubungkan sejenis kabel yang menahan berton-ton beban. Di pelampung terpasang sensor penerima sekaligus pengirim data ke satelit. Tepat di tengah pelampung dipasang antena telekomunikasi dan sensor meteorologi. Sementara di OBU terpasang sensor tekanan, baterai, komputer, pengirim data, alat pengapung, dan pemberat. Sensor di OBU secara otomatis mengirim data perubahan tekanan di kolom air. Pengiriman data dapat diatur waktunya. Dalam kondisi normal, pengiriman data per satu jam, namun jika terjadi pelampung tsunami akan mengirim data tiap satu menit. Waktu pengiriman data dari OBU sampai ke stasiun penerima adalah 1-2 menit.

#### 2.4.2 Sistem Kerja

Pelampung tsunami terdiri dari sistem seafloor bottom pressure sensor (BPS) yang dapat mendeteksi kejadian tsunami sampai 1 cm, dan moored surface pelampung yang dapat digunakan untuk mengkomunikasikan informasi tsunami secara real-time. Komunikasi menggunakan gelombang akustik digunakan mentransmisikan data dari BPS di dasar laut ke pelampung yang ada di permukaan. Selanjutnya, unit pelampung akan meneruskan transmisi data dari BPS via satelit komunikasi ke Pusat Pemantauan Tsunami Nasional, dalam hal ini BMG. Surface pelampung ini tidak hanya memonitor dan mentransmisikan kejadian tsunami, tetapi juga mengamati parameter-parameter oseanografi dan meteorologi permukaan

**Universitas Indonesia**

laut lainnya. Surface pelampung juga dilengkapi dengan peralatan DGPS (Differential Global Positioning System) untuk memonitor tinggi gelombang permukaan dan juga untuk memantau pergerakan pelampung (drifting).

Interval waktu pengukuran dan pengiriman data disesuaikan dengan ketentuan yang telah disepakati di pertemuan WMO, Maret 2005 di Jakarta. Dengan karakteristik kegempaan di wilayah laut Indonesia, info dari pelampung diharapkan dapat diterima dalam waktu 5-15 menit setelah gempa, namun tergantung lokasi pelampung terhadap pusat gempa, sehingga masyarakat punya cukup waktu evakuasi.

Perawatan sistem sensor serta monitoring sistem kerja peralatan surface pelampung dan BPS diserahkan kepada BPPT dengan menggunakan kapal-kapal riset Baruna Jaya. Jerman sebagai negara pendonor. Peralatan ini ikut berpartisipasi dalam operasional dan perawatan selama 5 tahun semenjak pemasangan. Dengan diserahkannya peralatan tersebut, diharapkan peneliti-peneliti BPPT dapat melakukan penelitian lebih lanjut tentang instalasi, operasional, perawatan dan pengembangannya sehingga dapat mengurangi ketergantungan dari luar negeri.

#### **2.4.3 Lokasi penempatan pelampung tsunami**

Dalam perencanaan 5 tahun (2005-2009) secara keseluruhan ada 15 moored surface pelampung dan 25 Bottom Pressure Sensors (BPS) yang akan dioperasikan mencakup seluruh perairan Indonesia yang teridentifikasi rawan tsunami. Pada tahun 2005, tahun pertama implementasi program TEWS, akan dilakukan penempatan dua surface pelampung dan BPS. Antara tanggal 15 - 28 November 2005, Kapal Riset Jerman- SONNE- memasang dua pelampung tsunami. Dengan berbagai kajian ilmiah dan teknik, para peneliti dari Indonesia dan Jerman telah menentukan lokasi untuk kedua pelampung tersebut yaitu (1) berlokasi sekitar 60 nm (sekitar 110km) barat laut P. Siberut, dan (2) pada posisi sekitar 50nm (93km) barat-baratdaya Bengkulu. Untuk mencari tempat yang sesuai di daerah perairan barat P. Sumatra, Kapal Riset Sonne telah melakukan investigasi dan batimetri (site survey) laut dalam sebelum penempatan BPS tersebut.

**Universitas Indonesia**

## 2.4.4 Fungsi Umum

Rangkaian pelampung tsunami sangat penting dan berharga karena sangat bermanfaat untuk melindungi puluhan juta masyarakat Indonesia di pesisir dan ratusan juta masyarakat pesisir di Samudera Hindia.

## 2.4.5 Sensor Tsunami Muroto Cape

### 2.4.5.1. Deskripsi Sensor Tsunami

Sensor tsunami terdiri dari dua sirkuit osilasi, dengan unsur-unsur osilator dari ; (1) resonator kristal tekanan-deteksi bahwa, dengan stabilitas dan dalam jangka panjang, mendeteksi perubahan tekanan menit dan (2) tekanan-referensi resonator kristal yang memiliki tujuan utama kompensasi untuk perubahan suhu. Perbedaan masing-masing frekuensi osilator kristal adalah outputted sebagai sinyal tsunami (7 kHz sampai 16 kHz). Termometer terdiri dari resonator kristal-pengukuran suhu dan pengukuran suhu osilator. Termometer output, sebagai sinyal frekuensi (3,776 MHz pada 2 ° C.), suhu diukur dengan resonator kristal suhu-pengukuran. Resonator kristal-pengukuran suhu ditempelkan di bagian dalam salah satu ujung wadah tekanan. Osilator suhu-pengukuran terpasang di dalam unit transmisi.

### 2.4.5.2. Data spesifikasi sensor tsunami Muroto Cape

<b>Tabel 2.1 Spesifikasi sensor tsunami Muroto Cape</b>		
<b>1.2.1</b>	<b>Tsunami Sensor</b>	
1	Sistem deteksi	Crystal oscillation system
2	Frekuensi output	7 - 16Khz
3	Karakteristik variasi daya	DC14mA±10%, output variasi frekuensi ±10x10ppm
4	Karakteristik temperatur	Frekuensi berubah temperatur variasi lingkungan sekitar yaitu 2-16°C dengan 500 ±10ppm/°C
5	Linearitas	Linieritas frekuensi karakteristik air tekanan variasi max sebuah 400kg/cm <sup>2</sup> adalah dalam ± 10%
<b>1.2.2</b>	<b>Thermometer</b>	
1	Sistem deteksi	Crystal oscillation system
2	Frekuensi output	3.766 MHz±50 ppm (pada 2 <sup>0</sup> C)
3	Lingkup pengukuran sensor	0 sampai 15 <sup>0</sup> C

Universitas Indonesia

4	Karakteristik temperatur frekuensi	Mencapai 12 ppm / °C
<b>1.3</b>	<b>Pengolahan Data</b>	
1.3.1	Data Tekanan	Transmisi dari dasar laut dilakukan dengan membuat frekuensi tekanan (variasi sekitar 12-13 kHz. Dalam keadaan instalasi ke dalam pintu gerbang. Transmisi kemudian dilakukan dengan waktu sekitar 8 kHz (256 divisi dari 2,048 MHz) untuk nilai hitungan denyut nadi sistem-standar-jam (2,048 MHz). Dalam hubungan dari 8 kHz versus 12 kHz, pintu gerbang dapat memutar beberapa kali, sehingga penjumlahan jumlah rotasi dan nilai perhitungan yang ditransmisikan ke tanah. Di darat, setiap kHz 8 data diperkirakan 800 kali, masing-masing dengan nilai 0,1 detik.
1.3.2	Data Temperatur	Mengenai data suhu, rangkaian gerbang memiliki waktu dari 8 kHz. Denyut nadi frekuensi kristal suhu dihitung, dan nilai jumlah daripadanya dianggap sebagai data.



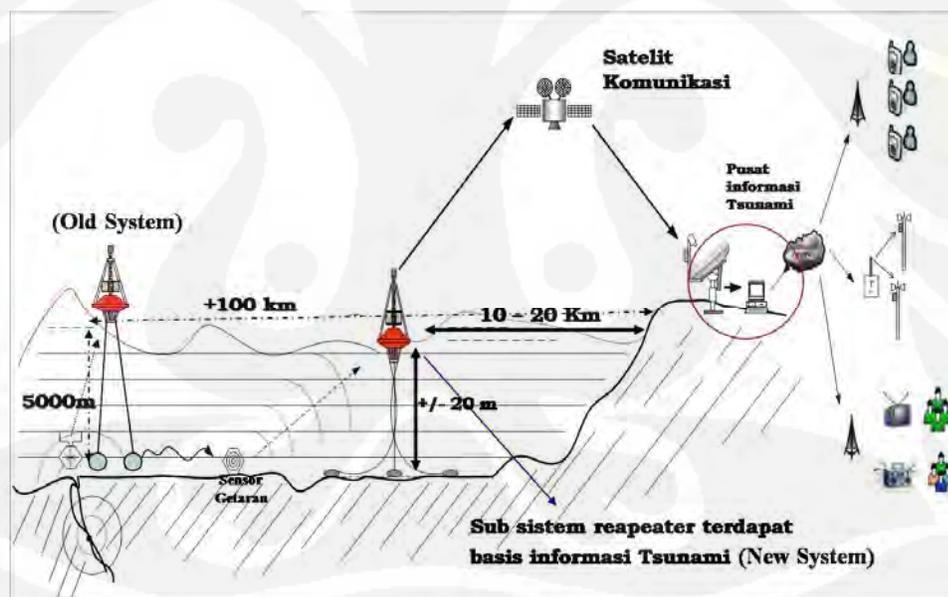
Gambar 2.26 Bentuk sensor tsunami Muroto Cape

### BAB 3

## METODOLOGI PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

### 3.1 UMUM

Sistem peringatan dini tsunami merupakan sistem yang dirancang untuk memberikan informasi data terjadinya gempa yang mengarah pada prediksi adanya gelombang tsunami. Berikut ini adalah gambar dari bentuk sistem jaringan pada sistem peringatan dini tsunami. Pada gambar 3.1 dibawah ini, akan menjelaskan tentang perencanaan dan langkah pembuatan dari *hardware* dan *software*. Pada Tugas Akhir ini, penulis hanya akan membahas pada sistem perangkat lunak pendeteksi karena merupakan basis dari informasi data sistem keseluruhan.



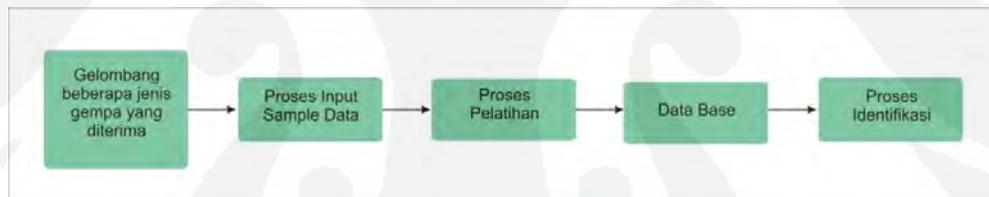
Gambar 3. 1 Sistem peringatan dini tsunami

Sistem ini menggunakan pelampung, sebagai sarana dari sistem perangkat pendeteksi tersebut. Pemanfaatan sistem pelampung ini berfungsi sebagai mediator untuk rangkaian monitoring jarak jauh, agar mendapatkan informasi data, serta akuisisi data pada bidang kelautan. Salah satu aplikasinya adalah

sebagai mediator pada sistem perangkat pendeteksi tsunami ini. Sistem perangkat pendeteksi ini digunakan untuk mendeteksi serta mendapatkan data perubahan getaran akibat pensesaran naik-turun kerak bumi, yang mengarah pada peramalan kemungkinan terjadinya tsunami.

### 3.2 Prinsip Kerja Sistem

Tahapan prinsip kerja sistem secara keseluruhan adalah dengan memasukkan data input sampel masing-masing yaitu data tsunami dan nontsunami untuk proses pemberian label untuk pembentukan database, lalu memberikan training guna mendapatkan karakterisasi dari tiap-tiap gelombang yang berpotensi tsunami dan gelombang yang tidak berpotensi tsunami. Karakteristik tersebut kemudian di simpan untuk referensi pendeteksi gelombang gempa dari data-data gelombang gempa yang akan terjadi sehingga dapat disimpulkan gelombang tersebut berpotensi tsunami atau tidak. Seperti terlihat pada blok diagram sistem sebagai berikut.



Gambar 3.2. Blok diagram sistem

Perangkat lunak pengenalan gelombang gempa ini dilakukan dengan menggunakan komputer dengan spesifikasi sebagai berikut :

Sistem Operasi	: <i>Windows XP Professional Service Pack 2</i>
Processor	: Intel Pentium Dual-Core T2390@1,86 GHz
Software	: Matlab 7.6.0(R2008a), Adobe Audition 1.5
Memory (RAM)	: 1 GB

### 3.3 Proses Input Sample Data

Tahap pertama dari pembentukan database adalah proses input sampel data. Pada proses ini sampel data yang dimasukkan disimpan sebagai database.

Tahapan proses sebagai masukan, yaitu : index label 1 digunakan sebagai label untuk jenis gempa berpotensi tsunami, index label 2 digunakan sebagai label untuk jenis gempa tidak berpotensi tsunami. Jumlah masing - masing sampel data tersebut sebanyak 25 buah dan tergantung dengan variasi sampel. Seluruh sampel yang telah dilabelkan tersebut disimpan dalam file label.mat. Diagram alir proses pembentukan database untuk masukan jaringan ditunjukkan oleh Gambar 3.3.



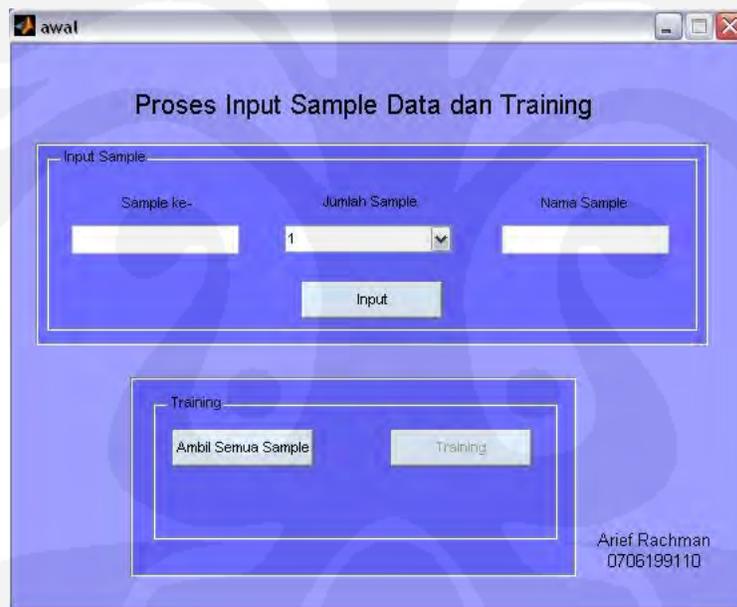
**Gambar 3.3** Diagram Alir Pembentukan Database

Sedangkan algoritma untuk proses input sampel data dan juga tampilan utama program proses input sample data dan training terlihat pada gambar 3.4 dibawah ini :

```

function createLabel(thisSampleCount)
    h=guidata(gcbo);
    labelIndex=get(h.labelIndex,'String');
    labelIndex=str2num(labelIndex);
    labelName=get(h.labelName,'String');
    labelFile=['label/' 'label' int2str(labelIndex)];
    label=[];
    count=1;
    while (count<=thisSampleCount)
        fileName= [labelName int2str(count)];
        [speech, Fs, nbits]=wavread(['sample/' fileName]);
        [m,n] = size(speech);
        length=m;

```



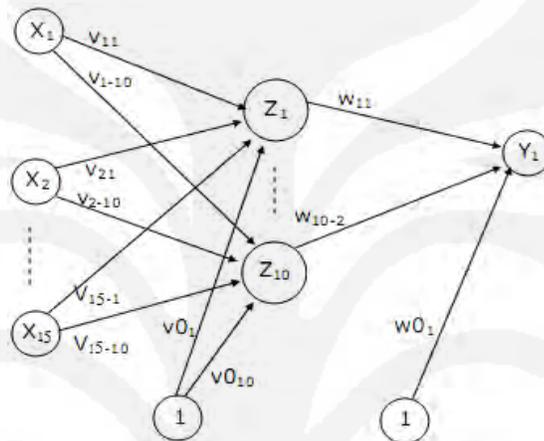
**Gambar 3.4** Tampilan Utama Program Proses Input Sampel Data dan Training

### 3.4 Pembentukan Jaringan Syaraf Tiruan

Setelah seluruh sampel diubah kedalam bentuk matriks, proses selanjutnya adalah pembentukan JST. Metode yang digunakan adalah *Backpropagation* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. Lapisan masukan digunakan untuk menampung 25 sampel masukan yaitu  $x_1$  sampai dengan  $x_{25}$ , sedangkan satu lapisan keluaran digunakan untuk merepresentasikan nilai keluaran yang akan

akan dibandingkan dengan nilai target yang telah ditentukan sebelumnya. Fungsi aktivasi yang digunakan untuk menghubungkan lapisan input dengan lapisan tersembunyi adalah *tansig*, sedangkan fungsi aktivasi yang menghubungkan lapisan tersembunyi dengan lapisan output adalah *purelin*. Pembentukan JST ini pada *toolbox* MATLAB menggunakan perintah berikut:

```
net = newff(minmax(P),[50 1],{'tansig' 'purelin'},'traingdx');
```



**Gambar 3.5** Contoh JST *Back Propagation*

Keterangan:

- X = Masukan (input).
- V = Bobot lapisan tersembunyi.
- W = Bobot pada lapisan keluaran.
- Y = Keluaran hasil.

Pemakaian JST propagasi balik ini bertujuan untuk mengoreksi kembali nilai keluaran proses umpan maju (*feed forward*) jaringan. Apabila antara nilai keluaran jaringan dengan nilai target yang diinginkan masih terdapat selisih *error* maka nilai ini akan diumpangkan kembali sebagai input pada lapisan sebelumnya, kemudian JST dilatih lagi sampai didapatkan nilai keluaran yang sama atau mendekati nilai targetnya. Proses pelatihan JST ini mengarahkan jaringan menuju ke satu nilai yang disebut vektor target sehingga disebut *supervised learning*.

Untuk Simulasi dari sistem ini digunakan Neural Network Toolbox pada MATLAB. Algoritma penggunaan toolbox tersebut adalah :

a. Proses training :

**Universitas Indonesia**

1. Menentukan Input untuk training:

```
P = allLabel
```

2. Menentukan target set dari jaringan:

```
T = [];
[m,n] = size(P);
for i=1:n
    T(1,i) = i;
```

3. Membangun jaringan dan menetapkan banyaknya neuron tiap lapisan dan fungsi-fungsi aktivasi yang digunakan:

```
net = newff(minmax(P),[5 1],{'tansig' 'purelin'},'traingdx');
```

4. Selanjutnya menentukan maximum epoch, goal, learning rate, show step:

```
net.trainParam.epochs = 10000;
net.trainParam.goal = 1e-10;
net.trainParam.lr = 0.01;
net.trainParam.lr_inc = 1.05;
net.trainParam.lr_dec = 0.7;
net.trainParam.max_perf_inc = 1.04;
net.trainParam.mc = 0.9;
net.trainParam.show = 10;
```

5. Melakukan pembelajaran (training):

```
net = train(net,P,T);
```

6. Melakukan simulasi:

```
y = sim(net,P);
```

b. Proses Pengenalan (Identifikasi):

1. Memasukan file nilai matriks dari tiap sampel gelombang tsunami yang akan diidentifikasi:

```
global A;
A = uigetfile('*.mat','Pilih berekstensi .mat');
h = guidata(gcbo);
set(h.inputButton,'Enable','off');
```

2. Mensimulasikan file tersebut kedalam jaringan yang telah ditraining untuk mendapatkan output:

```
output = sim(net,pDiv);
```

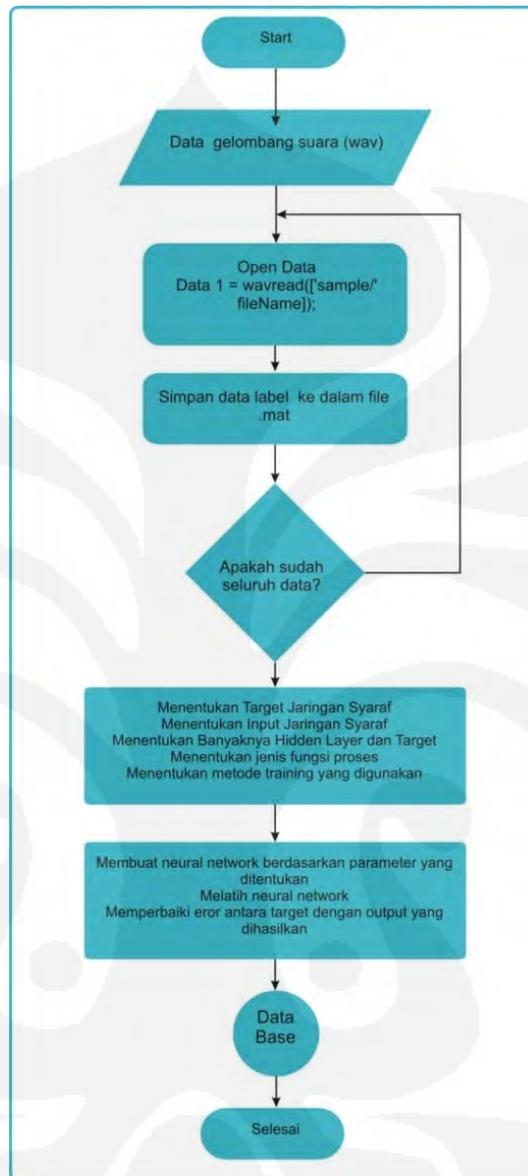
3. Menentukan hasil identifikasi dengan membulatkan nilai output jaringan terlebih dahulu dan menyesuaikan dengan target:

```
output = round(output);
if output>=1 && output<=25
    set(h.hasil,'String','Tsunami');
elseif output>=26 && output<=50
    set(h.hasil,'String','Non Tsunami');
```

### 3.5 Proses Pelatihan (Training)

Selain membutuhkan training set yang dapat merepresentasikan pola dari masing-masing data tsunami, untuk melakukan proses training juga harus ditentukan target set yang nantinya akan dituju oleh input dari JST. Setiap input memiliki pasangan output masing-masing, dan target bersifat sebagai pemilih terhadap input untuk proses klasifikasi. JST bertugas mengarahkan input menuju target dengan menyesuaikan nilai bobot dari masing-masing nodenya. Setelah proses training dilakukan input akan langsung diklasifikasikan ke target yang sesuai berdasarkan bobot yang didapat pada saat training.

Berikut ini merupakan diagram alir untuk proses pelatihan *Neural Network*:



Gambar 3.6 Diagram alir untuk proses pelatihan *Neural Network*:

### 3.6 Proses Pengenalan (Identifikasi)

Pada proses Pengenalan, sistem akan berusaha mengenali pola nilai sampel yang dijadikan input pada sistem. Pada proses ini sistem berfungsi sebagai alat klasifikasi dari sampel yang dijadikan input. Setiap input memiliki pasangan target masing-masing dan sistem akan mengarahkan input tersebut ke target yang

paling sesuai. Proses pengenalan pada JST dilakukan dengan mengklasifikasikan input menuju target yang sesuai dengan proses training.

Pengklasifikasian ini berdasarkan bobot tiap node yang diperoleh pada proses training. Jadi pada proses klasifikasi tidak terjadi perubahan atau penyesuaian bobot. Proses klasifikasi inilah yang dijadikan dasar dalam menentukan perbedaan gelombang yang terkandung menggunakan parameter karakteristik dari tsunami yaitu pola nilai hasil penggabungan data tsunami dan non-tsunami sebagai input bagi sistem.

Pola nilai sampel gelombang tsunami yang dimasukkan kedalam system akan diarahkan ke target yang sesuai. Pada sistem ini target set yang digunakan adalah matriks dengan ukuran  $25 \times 1$  sehingga input yang dimasukkan ke dalam sistem akan diarahkan ke salah satu elemen matriks yang telah dijadikan target. Dan elemen matriks target tersebut yang menjadi dasar pengenalan hasil identifikasi potensi tsunami atau non-tsunami.

## BAB 4

### HASIL UJI COBA DAN ANALISA

#### 4.1 Prosedur Pengujian

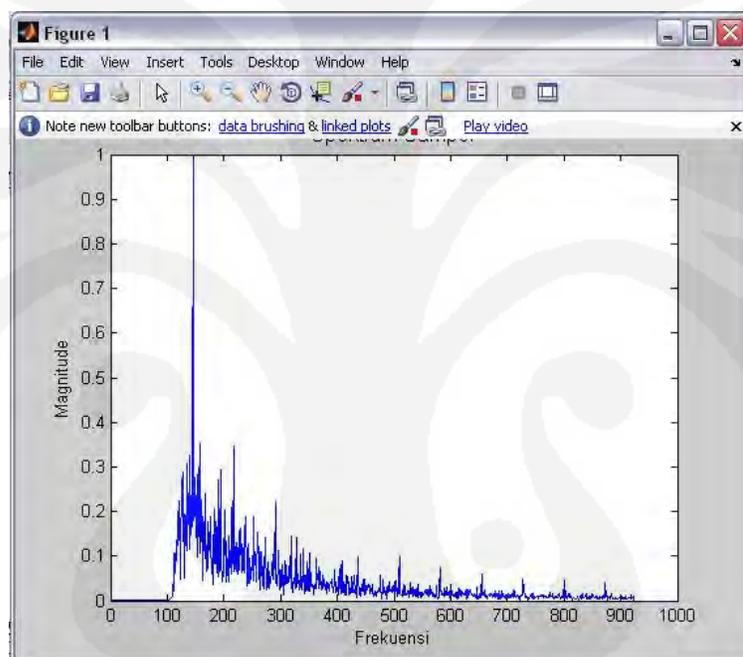
Untuk mengukur tingkat keakuratan jaringan syaraf tiruan yang dibuat maka perlu dilakukan pengujian pengenalan beberapa sampel baru. Sampel baru ini bukan merupakan jenis sampel yang telah dilatihkan ke jaringan. Dengan demikian dapat diketahui seberapa akurat JST ini dalam mengenali gelombang gempa yang berpotensi tsunami atau tidak. Setiap sampel gelombang akan diuji dengan 50 sampel baru, sehingga terdapat 200 sampel baru yang akan dikenali. Pengujian dilakukan dengan menjalankan program simulasi pengenalan. Pada program simulasi tersebut user cukup menekan tombol open file (.wav) sehingga program akan mengambil nama file yang akan dikenali, kemudian menekan tombol identifikasi maka hasil deteksi akan muncul pada bagian nama hasil identifikasi.

Dalam hal pengujian simulasi JST ini, gempa yang berpotensi tsunami atau tidak yang akan dikenali oleh simulasi ini telah diketahui sebelumnya. Masing-masing jenis gelombang akan diuji dengan 50 sampel baru yang telah diketahui. Dengan demikian dapat diukur tingkat akurasi JST yang telah dibuat. Tingkat akurasi dihitung dengan membandingkan jumlah sampel yang dikenali dengan benar terhadap total sampel yang diuji dari masing-masing gelombang gempa.

Pengujian tidak mengikutsertakan sampel yang telah dilatihkan ke JST, hal ini disebabkan akurasi dengan data pelatihan hampir mencapai 100% yang menunjukkan asosiatif masukan dan target telah sempurna. JST dibentuk dengan melakukan pembelajaran berdasarkan contoh (*learning by example*), dimana contoh yang dimaksud adalah sampel yang dilatih ke dalam jaringan. Dengan menguji sampel yang telah dilatih ke JST maka tingkat akurasinya akan hampir mencapai 100% dan sesuai dengan yang diperoleh.

Pada pengujian ini harus dipastikan bahwa jenis gelombang yang akan diuji memiliki pola spektrum yang mirip atau mendekati dengan pola spektrum yang telah tersimpan pada database. Dengan pola spektrum yang mirip maka

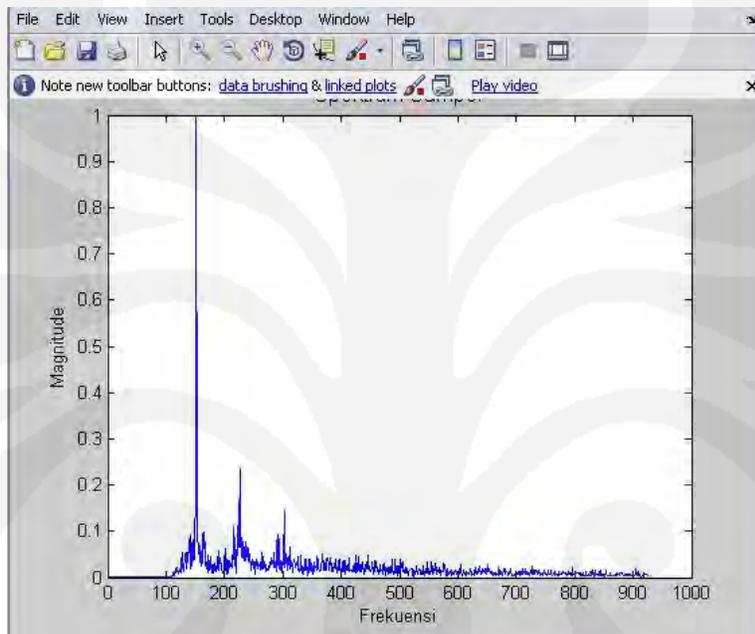
proses konvergensi jaringan menuju matriks target yang diinginkan berlangsung cepat. Apabila pola spektrum sampel baru yang akan diuji memiliki pola yang berbeda dengan database maka kemungkinan hasil pengenalan akan salah. Untuk lebih jelasnya akan ditampilkan plot spektrum yang telah tersimpan pada database yaitu untuk sampel gelombang *tsunami* (Gambar 4.1), sampel gelombang *non-tsunami* (Gambar 4.2). Plot spektrum ini merupakan keluaran dari FFT pada pra-proses. Pada plot tersebut terlihat masing-masing jenis kelainan memiliki pola spektrum yang berbeda.



**Gambar 4.1** Plot Sampel gelombang *tsunami*

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa spektrum sampel gelombang *tsunami* memiliki pola yang terletak pada range 100-900 Hz. Nilai maksimum terjadi pada frekuensi disekitar 150 Hz. Namun range frekuensi sampel gelombang *tsunami* bervariasi hingga dan semakin menurun sampai mencapai 900 Hz. Pada plot tersebut terlihat bahwa amplitudo maksimumnya bernilai 1. Hal ini merupakan amplitudo hasil proses normalisasi dimana nilai-nilai amplitudonya telah dibagi dengan nilai amplitudo maksimumnya dari masing-masing sampel sehingga range nilainya hanya antara 0 dan 1. Terdapat beberapa pola spektrum sampel

gelombang *tsunami* yang mirip dengan pola spektrum sampel gelombang *non-tsunami*, namun memiliki range frekuensi yang berbeda. Pada spektrum sampel gelombang *non-tsunami* ( Gambar 4.2 ) memiliki pola yang bervariasi dengan range sekitar 0 - 900 Hz. Nilai amplitudo maksimum terjadi pada frekuensi sekitar mendekati 200 Hz



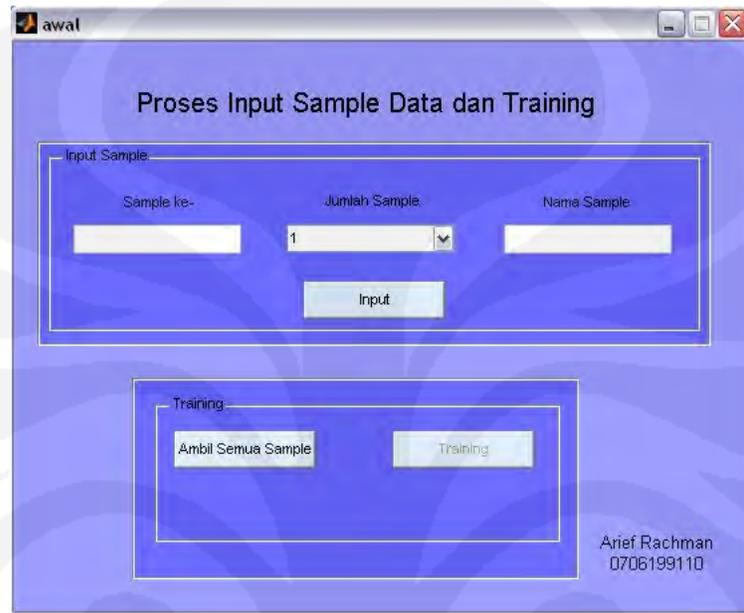
Gambar 4.2 Plot Sampel gelombang *non-tsunami*

#### 4.2 Penggunaan Perangkat Lunak Jaringan Syaraf Tiruan

Prosedur pemakaian *software* pada proses input sampel data adalah pada tampilan utama terdapat bagian Input Sampel yang berisikan kolom “sample ke-“, “jumlah sampel”, dan “nama sampel”. Pertama user masukan angka 1 pada kolom “sample ke-“. Pada kolom ini angka yang dimasukan adalah hanya sebagai label / group dari data input yang akan ditrainingkan. Label/group disin ihanya ditentukan dari 2 parameter yaitu *tsunami* dan *non-tsunami*. Angka akan bertambah secara otomatis pada kolom ini sesuai label/group yang kita inginkan. Kemudian user memasukkan jumlah sampel yang akan ditrainingkan pada kolom “jumlah sampel”. Lalu diberi nama pada kolom “nama sample”, kemudian tekan tombol “input”. Lalu ikuti langkah dari awal untuk memasukkan label/group yang kedua. Data hasil input data akan terismpan didalam folder “Label” dan tersimpan

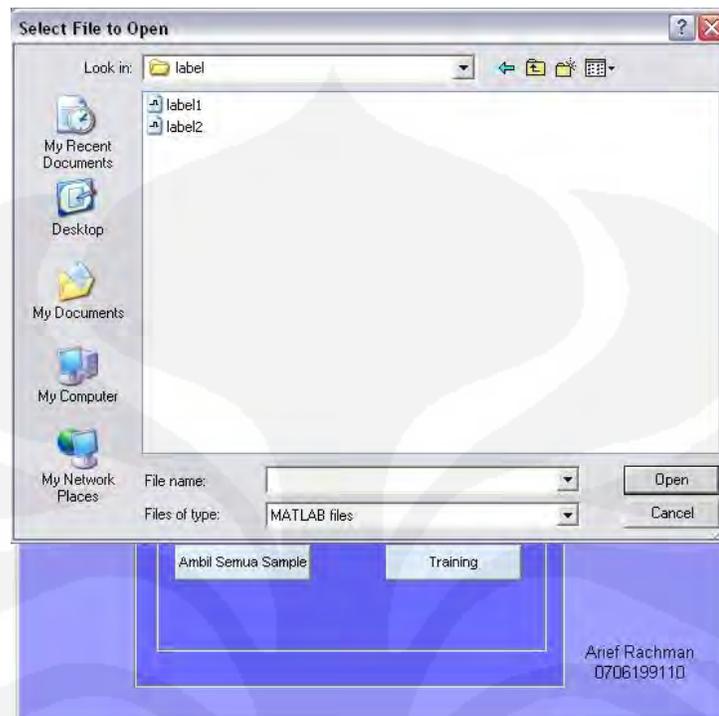
Universitas Indonesia

secara terpisah per-label nya. Pada gambar 4.3 dibawah ini adalah tampilan utama untuk proses awal yaitu proses input sample data kemudian dilanjutkan dengan proses training.



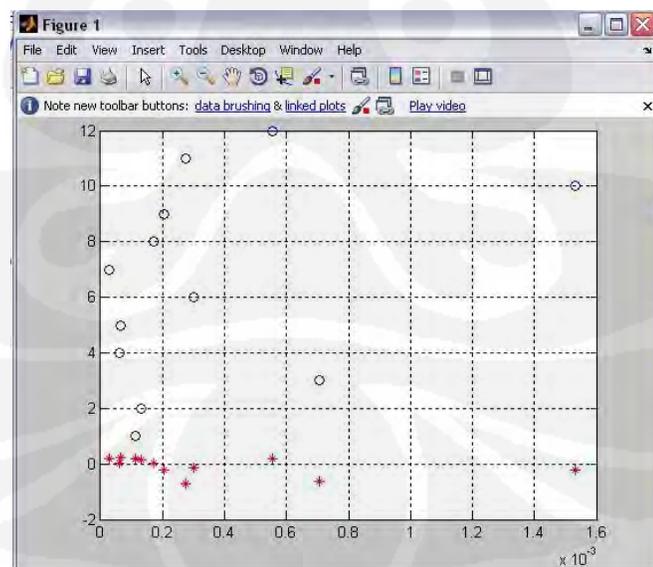
Gambar 4.3 Tampilan utama dari program pendeteksi tsunami

Kemudian untuk proses trainingnya, user menekan “Ambil Semua Sample” dan mengambil kedua label yang telah diinput sebelumnya. Penamaan label ini keduanya dipakai karena untuk membentuk database data yang akan ditraining. Seperi terlihat pada gambar 4.4 dibawah ini



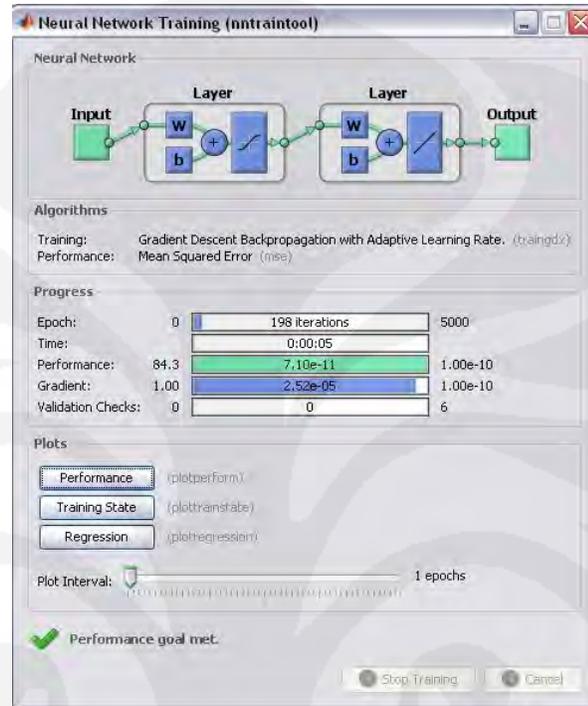
Gambar 4.4 Proses pengambilan data label sebelum training

Setelah itu langkah selanjutnya adalah user menekan tombol “Training” yang akan melakukan proses training untuk JST. Dan akan terlihat gambar grafik data sebelum di training, seperti terlihat pada gambar 4.5 dibawah ini



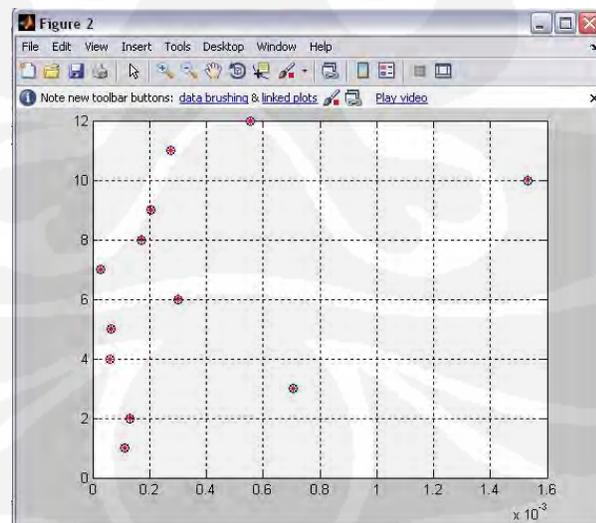
Gambar 4.5 Tampilan Grafik data sebelum ditraining

Proses trainingnya adalah seperti terlihat pada gambar 4.6 dibawah ini



Gambar 4.6 Tampilan *software* JST pada proses training

Hasil grafik data setelah detraining seperti terlihat pada gambar 4.7 dibawah ini



Gambar 4.7 Tampilan grafik data setelah proses training

Setelah proses training dilakukan, data akan tersimpan pada folder “neural” yang akan digunakan pada proses berikutnya yaitu proses identifikasi, seperti yang terlihat pada gambar 4.8 dibawah ini



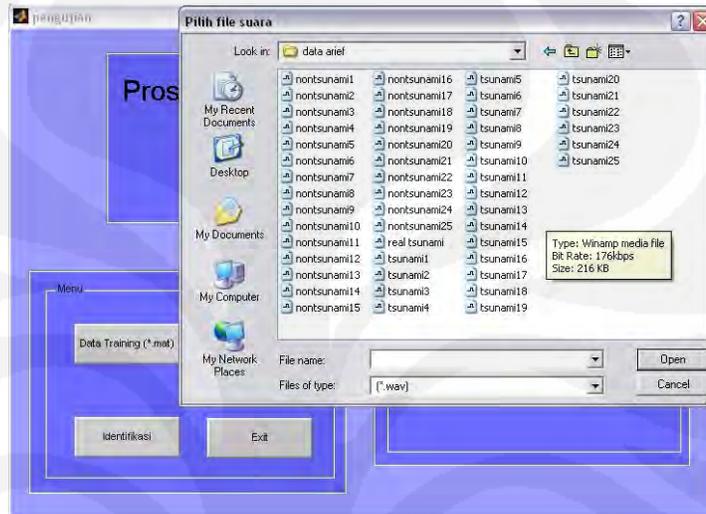
Gambar 4.8 Tampilan utama dari proses identifikasi tsunami

Pada *software* ini terdapat menu utama yaitu tombol “Data Training (\*.mat)”. Jika tombol ini ditekan maka akan memanggil data hasil training pada folder “neural”. Seperti terlihat pada gambar 4.9 dibawah ini



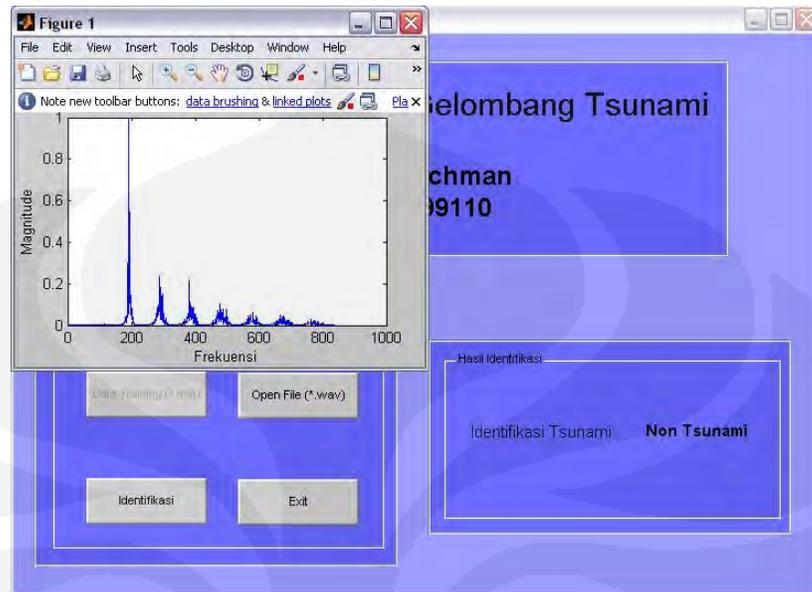
Gambar 4.9 Tampilan program pada proses buka file hasil training

Proses selanjutnya adalah tombol “Open File (\*.wav)”, sebagai perintah untuk memasukkan data baru yang akan diidentifikasi, seperti terlihat pada gambar 4.10 dibawah ini



Gambar 4.10 Tampilan program pada proses buka file suara baru

Dan tombol “Identifikasi” sebagai perintah untuk mengidentifikasi file dalam bentuk \*.Mat, apakah terdeteksi sesuai dengan target atau tidak. Dan hasil dari proses ini akan muncul pada menu hasil identifikasi tsunami dengan keluaran hasil *figure* grafiknya. Seperti terlihat pada gambar 4.11 dibawah ini



Gambar 4.11 Tampilan program pada proses hasil identifikasi

### 4.3 Hasil Pengujian Deteksi Getaran Tsunami

Hasil uji ini diharapkan sesuai dengan target yang diinginkan, dengan goal  $10e^{-10}$  dan epoch 10000 maka jaringan dapat dilatih hingga memenuhi target.

- a. Data Pengukuran dengan input sample data 6 tsunami & 6 non-tsunami, layer input [3 1], goal  $10e^{-10}$  dan epoch 10000

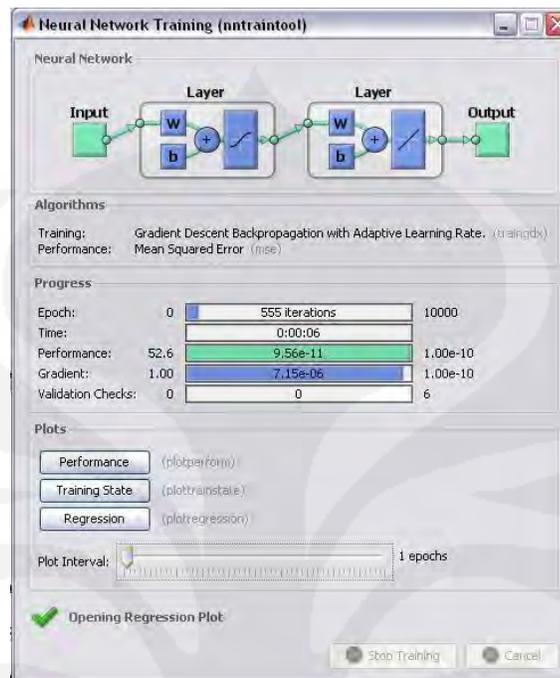
Tabel 4.1 Hasil pengujian pendeteksi tsunami

No	Gelombang	Hasil Identifikasi	Koreksi
1	Tsunami 1	Tsunami	Benar
2	Tsunami 2	Tsunami	Benar
3	Tsunami 3	Tsunami	Benar
4	Tsunami 4	Non-Tsunami	Salah
5	Tsunami 5	Tsunami	Benar
6	Tsunami 6	Tsunami	Benar
7	Tsunami 7	Tsunami	Benar
8	Tsunami 8	Tsunami	Benar
9	Tsunami 9	Non-Tsunami	Salah
10	Tsunami 10	Tsunami	Benar
11	Tsunami 11	Non-Tsunami	Salah
12	Tsunami 12	Non-Tsunami	Salah

13	Tsunami 13	Non-Tsunami	Salah
14	Tsunami 14	Tsunami	Benar
15	Tsunami 15	Tsunami	Salah
16	Tsunami 16	Non-Tsunami	Salah
17	Tsunami 17	Tsunami	Benar
18	Tsunami 18	Tsunami	Benar
19	Tsunami 19	Tsunami	Benar
20	Tsunami 20	Non-Tsunami	Salah
21	Tsunami 21	Tsunami	Benar
22	Tsunami 22	Non-Tsunami	Salah
23	Tsunami 23	Tsunami	Benar
24	Tsunami 24	Tsunami	Benar
25	Tsunami 25	Tsunami	Benar
	<b>Akurasi (%)</b>		68
26	Non-Tsunami 1	Non-Tsunami	Benar
27	Non-Tsunami 2	Tsunami	Salah
28	Non-Tsunami 3	Non-Tsunami	Benar
29	Non-Tsunami 4	Non-Tsunami	Benar
30	Non-Tsunami 5	Non-Tsunami	Benar
31	Non-Tsunami 6	Non-Tsunami	Benar
32	Non-Tsunami 7	Tsunami	Salah
33	Non-Tsunami 8	Tsunami	Salah
34	Non-Tsunami 9	Non-Tsunami	Benar
35	Non-Tsunami 10	Tsunami	Salah
36	Non-Tsunami 11	Tsunami	Salah
37	Non-Tsunami 12	Non-Tsunami	Benar
38	Non-Tsunami 13	Non-Tsunami	Benar
39	Non-Tsunami 14	Tsunami	Salah
40	Non-Tsunami 15	Non-Tsunami	Benar
41	Non-Tsunami 16	Non-Tsunami	Benar
42	Non-Tsunami 17	Tsunami	Salah
43	Non-Tsunami 18	Non-Tsunami	Benar
44	Non-Tsunami 19	Tsunami	Salah
45	Non-Tsunami 20	Non-Tsunami	Benar
46	Non-Tsunami 21	Non-Tsunami	Benar
47	Non-Tsunami 22	Non-Tsunami	Benar
48	Non-Tsunami 23	Tsunami	Salah
49	Non-Tsunami 24	Non-Tsunami	Benar
50	Non-Tsunami 25	Tsunami	Salah
	<b>Akurasi (%)</b>		60

**Rata-rata Akurasi (%)**

**64**



Gambar 4.12 Tampilan proses training pada layer 3

Pada tabel diatas terjadinya beberapa kesalahan deteksi data tidak sesuai target walaupun apabila terdapat pembulatan beberapa akan memenuhi target dan ada sebagian kecil yang tidak memenuhi target. Pada sampel tsunami ada 8 sampel yang salah, hal ini dikarenakan ada beberapa spektrum sampel yang menyerupai sampel gelombang non-tsunami. Ditambah lagi dengan kecilnya perbedaan antara data. Hasil dari identifikasi dapat terlihat pada Tabel 4.1 dimana dari data tersebut presentasi keakuratan adalah 64%.

b. Data Pengukuran dengan input sample data 6 tsunami & 6 non-tsunami, layer input [5 1], goal  $10e^{-5}$  dan epoch 10000

Tabel 4.2 Hasil pengujian pendeteksi tsunami

No	Gelombang	Hasil Identifikasi	Koreksi
1	Tsunami 1	Tsunami	Benar
2	Tsunami 2	Tsunami	Benar
3	Tsunami 3	Tsunami	Benar
4	Tsunami 4	Tsunami	Benar

5	Tsunami 5	Tsunami	Benar
6	Tsunami 6	Tsunami	Benar
7	Tsunami 7	Tsunami	Benar
8	Tsunami 8	Tsunami	Benar
9	Tsunami 9	Tsunami	Salah
10	Tsunami 10	Tsunami	Benar
11	Tsunami 11	Non-Tsunami	Salah
12	Tsunami 12	Tsunami	Salah
13	Tsunami 13	Tsunami	Salah
14	Tsunami 14	Tsunami	Benar
15	Tsunami 15	Tsunami	Salah
16	Tsunami 16	Non-Tsunami	Salah
17	Tsunami 17	Tsunami	Benar
18	Tsunami 18	Tsunami	Benar
19	Tsunami 19	Tsunami	Benar
20	Tsunami 20	Non-Tsunami	Salah
21	Tsunami 21	Tsunami	Benar
22	Tsunami 22	Tsunami	Salah
23	Tsunami 23	Tsunami	Benar
24	Tsunami 24	Tsunami	Benar
25	Tsunami 25	Tsunami	Benar
	<b>Akurasi (%)</b>		88
26	Non-Tsunami 1	Non-Tsunami	Benar
27	Non-Tsunami 2	Non-Tsunami	Benar
28	Non-Tsunami 3	Non-Tsunami	Benar
29	Non-Tsunami 4	Non-Tsunami	Benar
30	Non-Tsunami 5	Non-Tsunami	Benar
31	Non-Tsunami 6	Non-Tsunami	Benar
32	Non-Tsunami 7	Non-Tsunami	Benar
33	Non-Tsunami 8	Non-Tsunami	Benar
34	Non-Tsunami 9	Non-Tsunami	Benar
35	Non-Tsunami 10	Non-Tsunami	Benar
36	Non-Tsunami 11	Non-Tsunami	Benar
37	Non-Tsunami 12	Non-Tsunami	Benar
38	Non-Tsunami 13	Non-Tsunami	Benar
39	Non-Tsunami 14	Tsunami	Salah
40	Non-Tsunami 15	Non-Tsunami	Benar
41	Non-Tsunami 16	Non-Tsunami	Benar
42	Non-Tsunami 17	Non-Tsunami	Salah
43	Non-Tsunami 18	Non-Tsunami	Benar
44	Non-Tsunami 19	Non-Tsunami	Benar
45	Non-Tsunami 20	Non-Tsunami	Benar

46	Non-Tsunami 21	Non-Tsunami	Benar
47	Non-Tsunami 22	Non-Tsunami	Benar
48	Non-Tsunami 23	Tsunami	Salah
49	Non-Tsunami 24	Non-Tsunami	Benar
50	Non-Tsunami 25	Non-Tsunami	Benar
	<b>Akurasi (%)</b>		92

**Rata-rata Akurasi (%)**

**90**

Pada tabel diatas terjadinya masih terdapat beberapa kesalahan deteksi data tidak sesuai target walaupun apabila terdapat pembulatan beberapa akan memenuhi target dan ada sebagian kecil yang tidak memenuhi target. Pada sampel tsunami ada 3 sampel yang salah, hal ini dikarenakan ada beberapa spektrum sampel yang menyerupai sampel gelombang non-tsunami. Ditambah lagi dengan kecilnya perbedaan antara data. Hasil dari identifikasi dapat terlihat pada Tabel 4.2 dimana didapatkan nilai maksimal persentasenya adalah 90%.

#### 4.4 Analisa Hasil Uji Coba

Setelah dilakukan training dan identifikasi terhadap sampel-sampel data dari 50 data sampel yang dimasukkan, diperoleh bahwa tingkat akurasi pendeteksi gelombang tsunami dengan metode Neural Network mempunyai tingkat akurasi 64% dengan epoch mencapai 5000 dan layer input menggunakan 3 layer. tingkat akurasi 90% dengan epoch mencapai 10000 dan layer input menggunakan 5 layer dan layer input yang cukup tinggi mempunyai kelemahan dan kelebihan tersendiri dimana dengan epoch yang tinggi maka proses data akan terus dilakukan hingga mencapai goal yang diinginkan, terlebih lagi dengan 5 layer maka waktu yang ditempuh untuk proses ini tidak begitu lama dikarenakan dari faktor sampel datanya, terbukti dengan hasil pengujian diatas.

Ada banyak faktor yang mempengaruhi tingkat keakuratan pada saat identifikasi dilakukan. Mulai dari tahap pengambilan sampel (sampling), ukuran matriks sampel dimana semakin banyak pencuplikan maka diharapkan hasil akan lebih presisi, pola spektrum, proses pelatihan pada JST ini berpengaruh pada proses selanjutnya.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang diperoleh dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses pengenalan gelombang tsunami dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan ini menggunakan fungsi pelatihan *traingdx* yang prinsip kerjanya dengan memberikan pelatihan masukan sampel data ke dalam jaringan.
2. Semakin banyak jumlah pemotongan sampel data akurasi pengenalannya akan semakin baik karena sinyal yang dibentuk sesuai dengan sinyal aslinya.
3. Deteksi gelombang berpotensi tsunami ini berdasarkan pola spektrum yang terdapat pada data gelombang yang tersimpan pada database.
4. Metode Jaringan Syaraf Tiruan pada pendeteksi gelombang berpotensi tsunami yang digunakan berjalan dengan sangat baik dengan akurasi rata-rata mencapai 85 % .

## DAFTAR ACUAN

- [1] Gunawan Witjaksono, Arman Djohan, Chairul Hudaya , *National Tsunami Data Center (NTDC): A Contribution of Universitas Indonesia to Solve National Problems on Disaster Management and Mitigation*, Proceedings Symposium On The Future Role Of ASAIHL in The 21<sup>st</sup>Century & Conference On Disaster Management Through Regional Cooperation, Jakarta, Indonesia: Desember 2006.
- [2] Prinsip Dasar JST. Diakses tanggal 18 April 2010 dari <http://www.backprop.com>
- [3] Pusat Litbang Sumber Daya Air, Peta Zona Gempa Indonesia:2004. Diakses 20 April 2010. <http://www.pusair-pu.go.id>
- [4] *Penataan ruang kawasan rawan tsunami*, Operasionalisasi Program Penanganan Bencana Alam Bidang Penataan Ruang, Bappeda Jabar: 2004. Diakses 17 April 2010. <http://www.bappeda-jabar.go.id>.
- [5] Drs. Jong Jek Siang, M.Sc., “Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB”. Penerbit Andi, Yogyakarta, 2005.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] MATLAB Link for Code Composer Studio Development Tools User's Guide.pdf (C) COPYRIGHT 2002 by The MathWorks, Inc
- [2] MATLAB Link for Code Composer Studio Development Tools Release Note.pdf (C) COPYRIGHT 2002 by The MathWorks, Inc
- [3] MATLAB Target Support Package™ TC6 3 User's Guide

## LAMPIRAN

- a. Data Pengukuran dengan input sample data 7 tsunami & 7 non-tsunami, layer input [3 1], goal  $10e^{-10}$  dan epoch 10000

No	Gelombang	Hasil Identifikasi	Koreksi
1	Tsunami 1	Tsunami	Benar
2	Tsunami 2	Tsunami	Benar
3	Tsunami 3	Tsunami	Benar
4	Tsunami 4	Non-Tsunami	Salah
5	Tsunami 5	Tsunami	Benar
6	Tsunami 6	Tsunami	Benar
7	Tsunami 7	Tsunami	Benar
8	Tsunami 8	Tsunami	Benar
9	Tsunami 9	Non-Tsunami	Salah
10	Tsunami 10	Tsunami	Salah
11	Tsunami 11	Non-Tsunami	Salah
12	Tsunami 12	Non-Tsunami	Salah
13	Tsunami 13	Non-Tsunami	Salah
14	Tsunami 14	Tsunami	Salah
15	Tsunami 15	Tsunami	Salah
16	Tsunami 16	Non-Tsunami	Salah
17	Tsunami 17	Tsunami	Benar
18	Tsunami 18	Tsunami	Benar
19	Tsunami 19	Tsunami	Benar
20	Tsunami 20	Non-Tsunami	Salah
21	Tsunami 21	Tsunami	Benar
22	Tsunami 22	Non-Tsunami	Salah
23	Tsunami 23	Tsunami	Benar
24	Tsunami 24	Tsunami	Benar
25	Tsunami 25	Tsunami	Benar
	<b>Akurasi (%)</b>		68
26	Non-Tsunami 1	Non-Tsunami	Benar
27	Non-Tsunami 2	Non-Tsunami	Benar
28	Non-Tsunami 3	Non-Tsunami	Benar
29	Non-Tsunami 4	Non-Tsunami	Benar
30	Non-Tsunami 5	Non-Tsunami	Benar
31	Non-Tsunami 6	Non-Tsunami	Benar
32	Non-Tsunami 7	Non-Tsunami	Benar
33	Non-Tsunami 8	Tsunami	Salah
34	Non-Tsunami 9	Non-Tsunami	Benar

35	Non-Tsunami 10	Tsunami	Salah
36	Non-Tsunami 11	Non-Tsunami	Benar
37	Non-Tsunami 12	Non-Tsunami	Benar
38	Non-Tsunami 13	Non-Tsunami	Salah
39	Non-Tsunami 14	Non-Tsunami	Benar
40	Non-Tsunami 15	Non-Tsunami	Benar
41	Non-Tsunami 16	Non-Tsunami	Benar
42	Non-Tsunami 17	Non-Tsunami	Benar
43	Non-Tsunami 18	Non-Tsunami	Benar
44	Non-Tsunami 19	Tsunami	Salah
45	Non-Tsunami 20	Non-Tsunami	Benar
46	Non-Tsunami 21	Non-Tsunami	Benar
47	Non-Tsunami 22	Tsunami	Salah
48	Non-Tsunami 23	Non-Tsunami	Benar
49	Non-Tsunami 24	Non-Tsunami	Benar
50	Non-Tsunami 25	Tsunami	Salah
	<b>Akurasi</b>		<b>76</b>
	<b>Rata-rata Akurasi (%)</b>		<b>72</b>

- b. Data Pengukuran dengan input sample data 7 tsunami & 7 non-tsunami, layer input [5 1], goal  $10e^{-05}$  dan epoch 10000

No	Gelombang	Hasil Identifikasi	Koreksi
1	Tsunami 1	Tsunami	Benar
2	Tsunami 2	Tsunami	Benar
3	Tsunami 3	Tsunami	Benar
4	Tsunami 4	Tsunami	Benar
5	Tsunami 5	Tsunami	Benar
6	Tsunami 6	Tsunami	Benar
7	Tsunami 7	Tsunami	Benar
8	Tsunami 8	Tsunami	Benar
9	Tsunami 9	Tsunami	Benar
10	Tsunami 10	Tsunami	Benar
11	Tsunami 11	Non-Tsunami	Salah
12	Tsunami 12	Tsunami	Benar
13	Tsunami 13	Non-Tsunami	Salah
14	Tsunami 14	Tsunami	Benar
15	Tsunami 15	Tsunami	Benar
16	Tsunami 16	Tsunami	Benar
17	Tsunami 17	Tsunami	Benar
18	Tsunami 18	Tsunami	Benar
19	Tsunami 19	Tsunami	Benar

20	Tsunami 20	Non-Tsunami	Salah
21	Tsunami 21	Tsunami	Benar
22	Tsunami 22	Tsunami	Benar
23	Tsunami 23	Tsunami	Benar
24	Tsunami 24	Tsunami	Benar
25	Tsunami 25	Tsunami	Benar
	<b>Akurasi (%)</b>		88
26	Non-Tsunami 1	Non-Tsunami	Benar
27	Non-Tsunami 2	Non-Tsunami	Benar
28	Non-Tsunami 3	Non-Tsunami	Benar
29	Non-Tsunami 4	Non-Tsunami	Benar
30	Non-Tsunami 5	Non-Tsunami	Benar
31	Non-Tsunami 6	Non-Tsunami	Benar
32	Non-Tsunami 7	Non-Tsunami	Benar
33	Non-Tsunami 8	Tsunami	Salah
34	Non-Tsunami 9	Tsunami	Salah
35	Non-Tsunami 10	Tsunami	Salah
36	Non-Tsunami 11	Non-Tsunami	Benar
37	Non-Tsunami 12	Non-Tsunami	Benar
38	Non-Tsunami 13	Tsunami	Salah
39	Non-Tsunami 14	Non-Tsunami	Benar
40	Non-Tsunami 15	Non-Tsunami	Benar
41	Non-Tsunami 16	Non-Tsunami	Benar
42	Non-Tsunami 17	Non-Tsunami	Benar
43	Non-Tsunami 18	Non-Tsunami	Benar
44	Non-Tsunami 19	Non-Tsunami	Benar
45	Non-Tsunami 20	Non-Tsunami	Benar
46	Non-Tsunami 21	Non-Tsunami	Benar
47	Non-Tsunami 22	Tsunami	Salah
48	Non-Tsunami 23	Tsunami	Salah
49	Non-Tsunami 24	Non-Tsunami	Benar
50	Non-Tsunami 25	Non-Tsunami	Benar
	<b>Akurasi</b>		72

**Rata-rata Akurasi (%)**

**80**