

**DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS MELALUI *REGION OF INTEREST*  
(*ROI*) DARI CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH*  
PADA AREA TULANG MANDIBULA DENGAN  
MENGUNAKAN METODE MAMDANI  
*ADAPTIVE NEURAL FUZZY INFERENCE*  
SYSTEM (M-ANFIS)**

**SKRIPSI**

Oleh:

**PARAMITA AYU RAHADIAN**

**NIM: 09650011**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2013**

**DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS MELALUI *REGION OF INTEREST*  
(*ROI*) DARI CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH*  
PADA AREA TULANG MANDIBULA DENGAN  
MENGUNAKAN METODE MAMDANI  
*ADAPTIVE NEURAL FUZZY INFERENCE*  
SYSTEM (M-ANFIS)**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh:  
PARAMITA AYU RAHADIAN  
NIM: 09650011**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2013**

**DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS MELALUI *REGION OF INTEREST*  
(*ROI*) DARI CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH*  
PADA AREA TULANG MANDIBULA DENGAN  
MENGUNAKAN METODE MAMDANI  
*ADAPTIVE NEURAL FUZZY INFERENCE*  
SYSTEM (M-ANFIS)**

**SKRIPSI**

Oleh :

Nama : Paramita Ayu Rahadian  
NIM : 09650011  
Jurusan : Teknik Informatika  
Fakultas : Sains Dan Teknologi

Telah Disetujui, 01 Juli 2013

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Zainal Abidin, M.Kom**  
NIP. 19760613 200501 1 004

**Achmad Nasichuddin, M.A**  
NIP. 19730705 200003 1 002

Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Teknik Informatika**

**Ririen Kusumawati, S.Si, M.Kom**  
NIP. 19720309 200501 2 002

**DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS MELALUI *REGION OF INTEREST*  
(*ROI*) DARI CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH*  
PADA AREA TULANG MANDIBULAR DENGAN  
MENGUNAKAN METODE MAMDANI  
*ADAPTIVE NEURAL FUZZY INFERENCE*  
SYSTEM (M-ANFIS)**

**SKRIPSI**

Oleh:

**PARAMITA AYU RAHADIAN  
NIM. 09650011**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Tanggal, 15 Juli 2013**

<b>Susunan Dewan Penguji</b>	<b>Tanda Tangan</b>
<b>1. Penguji Utama : <u>Irwan Budi Santoso, M.Kom</u> NIP. 19770103 201101 1 004</b>	( )
<b>2. Ketua : <u>Dr. Cahyo Crys dian</u> NIP. 19740424 200901 1 008</b>	( )
<b>3. Sekretaris : <u>Zainal Abidin, M.Kom</u> NIP. 19780625 200801 2 006</b>	( )
<b>4. Anggota : <u>Ach. Nashichuddin, M.A</u> NIP. 19730705 200003 1 002</b>	( )

**Mengetahui dan Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika**

**Ririen Kusumawati, M. Kom  
NIP. 19720309 200501 2 002**

## PERSEMBAHAN

*Dengan menyebut asma Allah yang Maha pengasih dan Maha penyayang..*

*Saya persembahkan karya ini untuk .....*

*Kedua orang tua tercinta, bapak Rachidun, ST dan ibu Jumanah Saudaraku tersayang mas Candra Rahadian, adekku Gustirafi Rahadian, dan mbak Herlinda Fransisca..*

*Dan seluruh keluarga besar terkasih yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas segalanya yang terbaik melebihi dunia seisinya...*

*Untuk Dosen Pembimbing yang saya hormati, Bapak Zainal Abidin, M.Kom dan Bapak Nasichudin, M.A..*

*Dan untuk seluruh dosen dan guru yang sudah mendidik saya dengan ikhlas dan sabar, terimakasih atas ilmu yang telah diberikan...*

*Untuk sahabat-sahabat seperjuangan yang setia menemani, Riztha, Faizzah, Sanata, Dian, Dita, and my roommate Asa. Teman-teman di kos pink: Febri, Hawa, Zeni, dan mbak Riva. Serta tim penelitian Osteoporosis: Risma, Alif, Shendy, Yoan, Delliana, Ida dan Devi. Dan seluruh teman-teman TI UIN. Terima kasih atas kerjasamanya, kebersamaannya, inspirasinya dan waktu seisinya yang tak bisa tergantikan...*

*And for all my beloved person in this world, who I can't mentioned one by one...*

## MOTTO

خير الناس أنفعهم للناس

*Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi orang lain (HR. Ahmad, Thabrani, Daruqutni)*

“..If there’s a will, there’s a way...”

“..Do now! or never....”

**SURAT PERNYATAAN**  
**ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Paramita Ayu Rahadian  
NIM : 09650011  
Fakultas/Jurusan : Sains Dan Teknologi / Teknik Informatika  
Judul Penelitian : Deteksi Dini Osteoporosis melalui *Region Of Interest(RoI)* dari Citra *Dental Panoramic Radiograph* pada Area Tulang Mandibula dengan menggunakan Metode Mamdani *Adaptif Neuro Fuzzy Inference System* (M-Anfis)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 19 Juli 2013

Yang Membuat Pernyataan,

Paramita Ayu Rahadian

09650011

## KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT, karena atas rahmat, hidayah serta karuniaNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Deteksi Dini Osteoporosis melalui *Region Of Interest (RoI)* dari Citra *Dental Panoramic Radiograph* pada Area Tulang Mandibula dengan menggunakan Metode Mamdani *Adaptif Neuro Fuzzy Inference System (M-Anfis)*” dengan sebaik-baiknya sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik Informatika jenjang Strata-1 Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Shalawat serta salam semoga senantiasa Allah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan ahlinya yang telah membimbing umat menuju kebahagiaan dunia dan akhirat.

Penulis menyadari adanya banyak keterbatasan yang penulis miliki, sehingga ada banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materiil dalam menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu dengan segenap kerendahan hati patutlah penulis menyampaikan doa dan mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. DR. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Hj. Bayyinatul Muchtaromah., drh., M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3. Ibu Ririen Kusumawati, M. Kom, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Zainal Abidin, M.Kom dan Achmad Nasichuddin, M.A selaku dosen pembimbing I dan II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, mengarahkan dan memberi masukan dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Segenap sivitas akademika Jurusan Teknik Informatika, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
6. Bapak dan Ibuku tercinta, kakak dan adik tersayang serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa dan restunya kepada penulis dalam menuntut ilmu serta dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu-persatu, atas segala yang telah diberikan, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Sebagai penutup, penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, untuk itu peneulis selalu menerima segala kritik dan saran dari pembaca. Harapan penulis, semoga karya ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 19 Juli 2013

Penulis

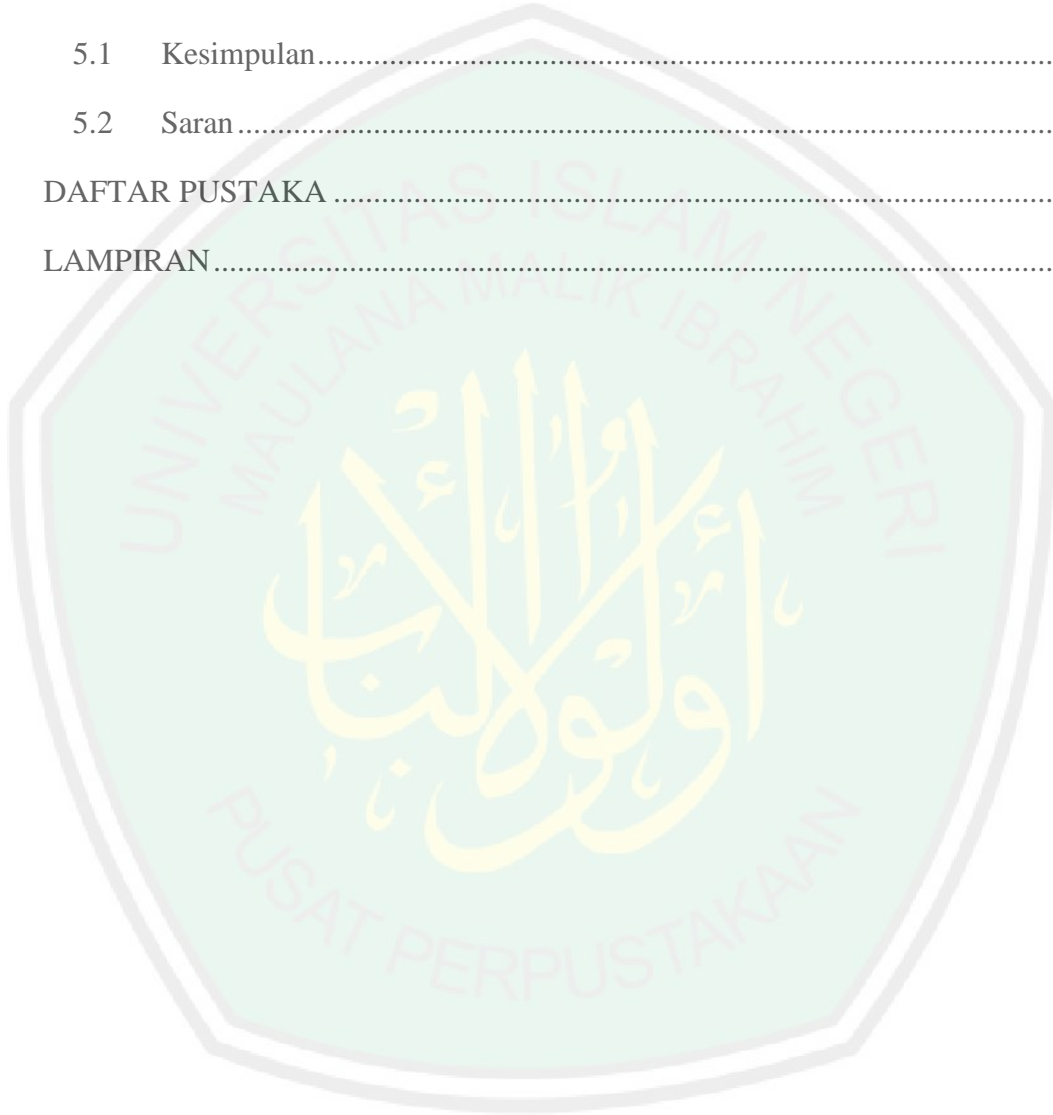
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
HALAMAN PERNYATAAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
ABSTRAK .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	9
1.3 Batasan Masalah.....	9
1.4 Tujuan Penelitian.....	9
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
1.6 Metodologi Penelitian .....	10
1.7 Sistematika Penulisan.....	11

<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>12</b>
2.1 Osteoporosis .....	12
2.1.1 Pengertian Osteoporosis.....	12
2.1.2 Jenis-jenis Osteoporosis.....	12
2.2 Dental Panoramic Radiograph.....	15
2.3 <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> .....	16
2.3.1 Lapisan 1 .....	17
2.3.2 Lapisan 2.....	18
2.3.3 Lapisan 3 .....	18
2.3.4 Lapisan 4.....	18
2.3.5 Lapisan 5.....	19
2.4 <i>Mamdani Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> .....	19
2.4.1 Layer 1 .....	20
2.4.2 Layer 2 .....	21
2.4.3 Layer 3 .....	21
2.4.4 Layer 4 .....	21
2.4.5 Layer 5 .....	22
2.5 Algoritma Belajar Hibrida.....	22
2.5.1 LSE Rekursif.....	23
2.6 Model Propagasi eror.....	26
2.7 Kajian Islam tentang kesehatan tulang .....	30
<b>BAB III DESAIN DAN PERANCANGAN .....</b>	<b>35</b>
3.1 Data penelitian.....	35
3.1.1 Data <i>testing</i> .....	37

3.1.2	Data <i>training</i> .....	37
3.2	Skenario Penelitian .....	37
3.3	Pembuatan Aplikasi .....	49
3.3.1	Desain Input .....	43
3.3.2	Desain Output .....	44
3.3.3	Desain fuzzy .....	43
3.3.4	Mamdani Adaptive Neuro Fuzzy Inference System .....	47
3.3.5	Desain Database .....	49
3.3.6	Desain <i>interface</i> .....	51
3.4	Perhitungan M-ANFIS .....	53
3.4.1	Lapisan 1 .....	53
3.4.2	Lapisan 2 .....	54
3.4.3	Lapisan 3 .....	54
3.4.4	Lapisan 4 .....	55
3.4.5	Lapisan 5 .....	56
3.5	Algoritma pembelajaran .....	57
3.5.1	Error lapisan 5 .....	57
3.5.2	Error lapisan 4 .....	57
3.5.3	Error lapisan 3 .....	58
3.5.4	Error lapisan 2 .....	58
3.5.5	Error lapisan 1 .....	59
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>67</b>
4.1	Pengolahan Data .....	67
4.2	Lingkungan Uji Coba .....	68
4.3	<i>Output</i> program .....	68

4.4	Hasil Uji coba.....	71
4.5	Deteksi Dini Osteoporosis dari sudut pandang Islam .....	75
BAB V PENUTUP.....		79
5.1	Kesimpulan.....	79
5.2	Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA .....		80
LAMPIRAN.....		83



## DAFTAR TABEL

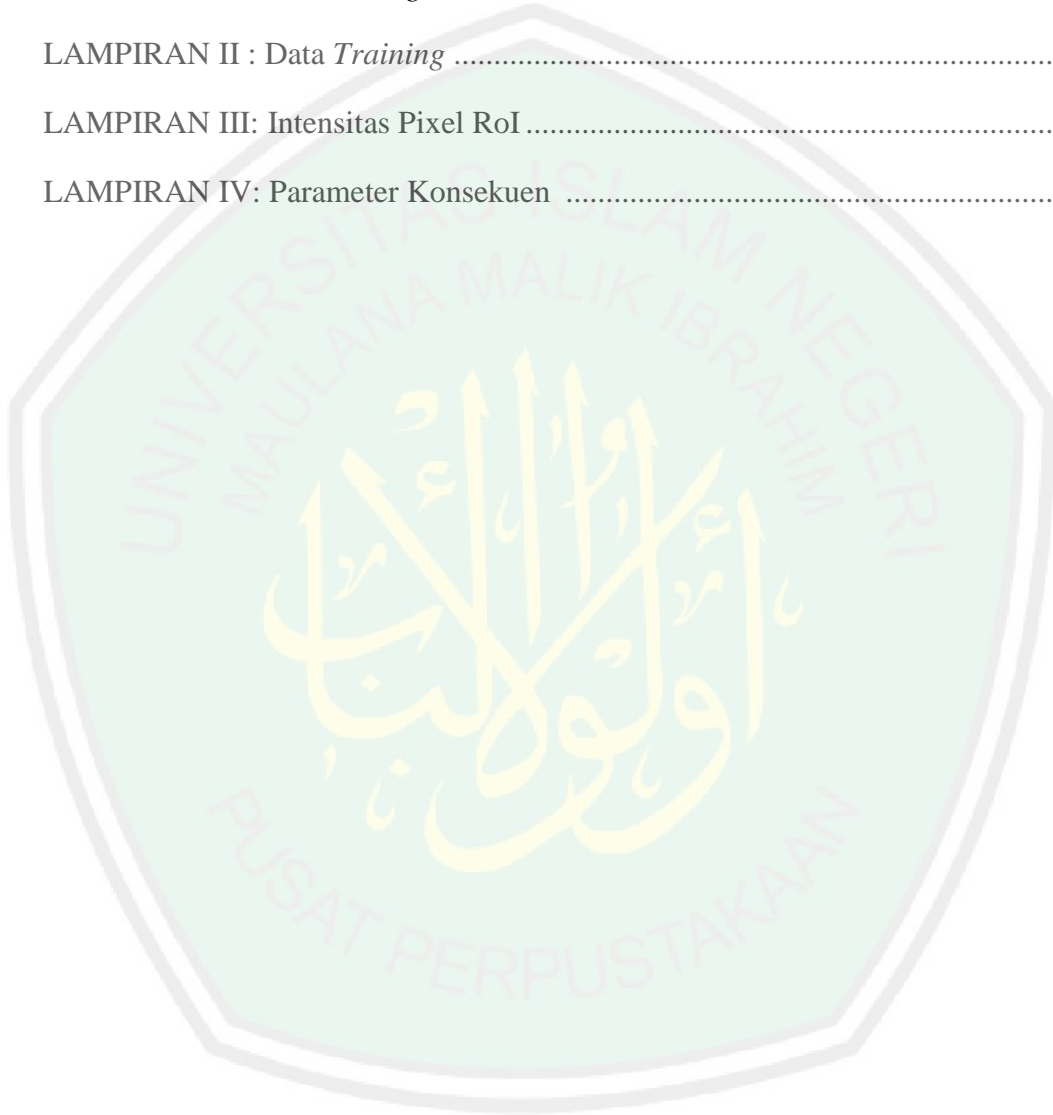
Tabel 3.1 Nilai korelasi variabel terhadap nilai target output .....	36
Tabel 3.2 Struktur tabel Index.....	49
Tabel 3.3 Struktur tabel premis.....	50
Tabel 3.4 Nilai parameter konsekuen.....	56
Tabel 4.1 Data yang digunakan.....	60
Tabel 4.2 Data hasil deteksi pada program <i>testing</i> .....	71
Tabel 4.3 Data output <i>testing</i> beserta nilai hasil perhitungan <i>testing</i> .....	74
Tabel 4.4 Tabel Ketergantungan.....	75
Tabel 4.4 Tabel hasil perhitungan <i>precision</i> , <i>recall</i> , <i>accuracy</i> .....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Struktur tulang normal .....	4
Gambar 1.2 Perkiraan jumlah patah tulang pinggul.....	4
Gambar 1.3 Pengukuran lebar cortical bone kiri dan kanan .....	5
Gambar 2.1 <i>Dental Panoramic Radiograph</i> .....	16
Gambar 2.2 Arsitektur ANFIS .....	17
Gambar 2.3 Struktur M-ANFIS .....	20
Gambar 2.4 Arsitektur jaringan adaptif dengan 5 lapisan.....	26
Gambar 3.1 Tampilan skematis dari <i>Region of Interest(RoI)</i> .....	38
Gambar 3.2 Blok diagram desain sistem aplikasi .....	40
Gambar 3.3 arsitektur sistem <i>training</i> .....	42
Gambar 3.4 Blok diagram <i>testing</i> M-ANFIS .....	43
Gambar 3.5 Fungsi keanggotaan $\rho_3$ .....	44
Gambar 3.6 Fungsi keanggotaan $\rho_5$ .....	45
Gambar 3.7 Fungsi keanggotaan $\rho_8$ .....	46
Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan $\rho_9$ .....	46
Gambar 3.9 Arsitektur Jaringan M-ANFIS dengan 4 masukan( <i>input</i> ), 16 aturan( <i>rule</i> ) dan 1 keluaran ( <i>output</i> ) .....	47
Gambar 3.10 Tab awal .....	51
Gambar 3.11 Tab training .....	52
Gambar 3.12 Tab testing .....	52
Gambar 4.1 hasil <i>output</i> program <i>training</i> .....	70
Gambar 4.2 hasil <i>output</i> program <i>testing</i> .....	70

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : Data <i>Testing</i> .....	83
LAMPIRAN II : Data <i>Training</i> .....	84
LAMPIRAN III: Intensitas Pixel RoI .....	85
LAMPIRAN IV: Parameter Konsekuen .....	87



## ABSTRAK

Rahadian, Paramita Ayu. 2013. **Deteksi Dini Osteoporosis Melalui Region of Interest (RoI) dari Citra Dental Panoramic Radiograph pada Area Tulang Mandibular dengan Menggunakan Metode Mamdani Adaptive Neural Fuzzy Inference System (M-ANFIS)**. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Pembimbing: (I) Zainal Abidin, M.Kom (II) Ach. Nasichudin, M.A

---

---

Kata kunci: *Osteoporosis, RoI, ANFIS, AI, Mamdani, Fuzzy, Dental Panoramic Radiograph.*

Osteoporosis adalah istilah umum untuk suatu penyakit tulang yang menyebabkan berkurangnya jumlah jaringan tulang dan tidak normalnya struktur atau bentuk mikroskopik tulang. Osteoporosis dapat didiagnosa dengan mengukur kepadatan tulang (*BMD/Bone Mineral Density*).

Penelitian ini membahas mendeteksi dini osteoporosis melalui *region of interest*(RoI) tulang mandibula menggunakan metode M-Anfis. Tujuannya adalah dapat mendeteksi dini osteoporosis melalui *region of interest* (RoI) tulang mandibula. Aplikasi dibangun menggunakan bahasa Java sebagai bahasa pemrograman, *Netbeans 7.0.1* sebagai *platform* dan MySQL sebagai *databasenya*. Uji coba dilakukan dengan menggunakan 50 data testing yang telah melakukan tes BMD sebelumnya.

Hasil dari Uji coba di cocokkan dengan hasil pemeriksaan tersebut. Dari hasil uji coba pada proses *testing*, dihitung nilai *precision*, *recall* dan *accuracy* nya. Namun nilai *accuracy* masih sangat rendah yaitu sebesar 24%, sehingga aplikasi ini dapat mendeteksi osteoporosis namun masih kurang maksimal.

## ABSTRACT

Rahadian, Paramita Ayu. 2013. **Early Detection of Osteoporosis Through the Region of Interest (RoI) from Image Dental Panoramic Radiograph in Mandibular Bone Area with Mamdani Method Using Adaptive Neural Fuzzy Inference System (M-ANFIS)**. Thesis. Informatics Department of Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang, Adviser: (I) Zainal Abidin, M.Kom (II) Ach. Nasichudin, M.A

---

**Keywords:** *Osteoporosis, RoI, ANFIS, AI, Mamdani, Fuzzy, Dental Panoramic Radiograph.*

Osteoporosis is a common term for a bone disease that reduces the amount of bone tissue and not normal microscopic bone structure. Osteoporosis can be diagnosed by measuring bone density (BMD / Bone Mineral Density)

This study discusses the early detection of osteoporosis through the region of interest (RoI) mandibular bone using M-ANFIS method. The purpose is to detect early osteoporosis through the region of interest (RoI) mandibular bone. Applications built using the Java language support as a programming language, netbeans 7.0.1 and MySQL as the database platform. The test is done by using 50 data of testing who had previous BMD (*Bone Mineral Density*) test.

Results of trials in the match with the results of the investigation. From the test results on the testing process, calculated values of precision, recall and its accuracy. However, the value of accuracy is still very low at 24%, so that the application can detect osteoporosis, but still less than the maximum.



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tulang dan otot merupakan jaringan yang paling banyak mengisi tubuh manusia. Tulang merupakan jaringan tubuh yang berfungsi untuk menopang tubuh dan bagian-bagiannya. Karena fungsi untuk menopang tulang mempunyai struktur yang kaku. Pada saat manusia masih dalam kandungan ibu, tulang tubuhnya masih berbentuk tulang rawan, yang secara bertahap mengalami proses perubahan menjadi tulang. Pada saat dilahirkan, sebagian tulang rawan itu sudah mempunyai pusat penulangan yang terus tumbuh mengubah tulang rawan menjadi tulang. Proses pertumbuhan tulang itu berlangsung lama sehingga ada tulang yang baru terlihat keberadaannya pada usia sekitar 15-17 tahun. (Daniel S, 2008). Allah SWT telah menceritakan proses penciptaan manusia di dalam Al-Qur'an secara rinci. Allah berfirman dalam surat Al-Mu'minun;

وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ مِنْ سُلَالَةٍ مِّنْ طِينٍ ﴿١٢﴾ ثُمَّ جَعَلْنَاهُ نُطْفَةً فِي قَرَارٍ مَّكِينٍ  
 ﴿١٣﴾ ثُمَّ خَلَقْنَا النُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا الْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عِظْمًا  
 فَكَسَوْنَا الْعِظْمَ لَحْمًا ثُمَّ أُنشَأْنَاهُ خَلْقًا آخَرَ فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالِقِينَ ﴿١٤﴾

*(12) dan Sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dari suatu saripati (berasal) dari tanah. (13) Kemudian Kami jadikan saripati itu air mani (yang disimpan) dalam tempat yang kokoh (rahim). (14) kemudian air mani itu Kami jadikan segumpal darah, lalu segumpal darah itu Kami jadikan segumpal daging, dan segumpal daging itu Kami jadikan tulang belulang, lalu tulang belulang itu Kami bungkus dengan daging. kemudian Kami jadikan Dia makhluk yang (berbentuk) lain. Maka Maha sucilah Allah, Pencipta yang paling baik.(Al Mukminun 12-14)*

Allah berfirman, “Dan sesungguhnya kami telah menciptakan manusia” maksudnya adalah nabi Adam AS. dari intisari tanah yang dikumpulkan lalu menjadi seperti tanah lumpur yang diayak kemudian keluar intisarinnya. Dari situlah Adam AS. diciptakan. Setelah itu ditiupkan ruh kedalamnya yang akhirnya menjadi seorang manusia yang sempurna. Dan diciptakan anak Adam AS. dari intisari unsur-unsur yang bermacam-macam, yang berubah menjadi sel sperma lalu berubah menjadi segumpal darah, kemudian segumpal daging menjadi tulang belulang yang dibungkus dengan daging dan akhirnya ditiup ruh kedalamnya dan menjadi manusia lain setelah sebelum benda padat yang tidak ada ruhnya. (Syaih Abu bakar Jabir Al-Jazairi:2008)

Janin mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang sangat cepat dan selain itu juga berlangsung serangkaian proses pembentukan organ untuk menjadi bentuk yang lebih sempurna. Dalam tahapan perkembangan janin dalam rahim ibu yang bermula dari jaringan tulang rawan ketika masih pada embrio, kemudian jaringan tulang tersebut mulai mengeras dan akhirnya menjadi tulang keras. Selanjutnya tulang-tulang ini dibungkus oleh sel-sel otot. Sehingga tulang merupakan suatu bagian tubuh yang penting dan harus dijaga.

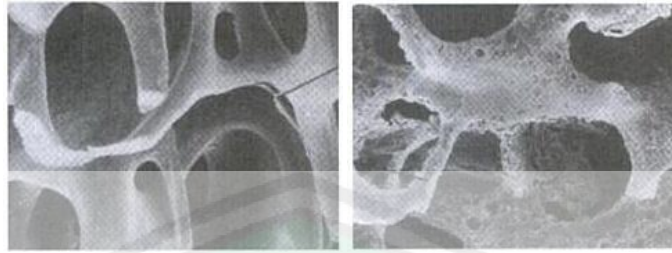
Struktur tulang yang normal terbentuk dari sel-sel yang kompak dan solid yang dikelilingi oleh jaringan pengikat dan batang tulang(tulang spons) yang di dalamnya terdapat sumsum. Tulang adalah jaringan hidup yang membutuhkan perbaikan dan regenerasi secara konstan dan terus menerus untuk tetap menjaga kekuatannya. Setiap waktu, tulang mengalami pembongkaran dan diganti dengan

sel tulang yang baru yang lebih kuat. Bila proses ini berlangsung secara seimbang maka struktur tulang akan terjaga kekuatannya.(Wirakusumah, 2008)

Kekuatan tulang ditentukan oleh tingkat kepadatannya. Tingkat kepadatan(densitas) suatu tulang dapat diketahui dari massa tulang. Penurunan massa tulang akan terus terjadi seiring dengan bertambahnya usia.

Osteopenia merupakan peringatan awal pada kelompok dewasa atau sebelum memasuki usia 35 tahun, karena jika sudah memasuki usia 35 tahun, setiap hari tulang akan berkurang kepadatannya dan akan berkurang secara cepat saat memasuki usia tua nanti. Jika dalam waktu lama osteopenia tidak diperbaiki dan dicegah pada saat dewasa maka sebelum memasuki usia tua, tulang sudah mengalami osteoporosis, dimana tulang akan menjadi rapuh dan mudah patah, tidak bebas bergerak, tinggi badan berkurang, kualitas hidup menurun bahkan akan mempunyai resiko kematian dini.

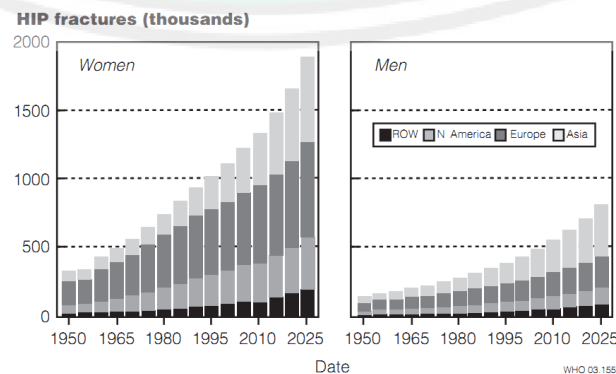
Pada penderita osteoporosis struktur tulangnya lebih rapuh daripada tulang yang normal. Pengroposan terjadi baik pada tulang kompak maupun tulang spons. Terdapat dua tipe sel tulang yaitu osteoklas (sel penghancur struktur tulang) dan osteoblas (sel pembangun, pembentuk tulang). Pada keadaan normal, sel-sel tulang osteoblas maupun osteoklas bekerja silih berganti, saling mengisi, seimbang sehingga tulang menjadi utuh. Jika kinerja osteoklas melebihi osteoblas, pengurangan massa tulang tidak dapat dihindari dan kepadatan tulang menjadi berkurang. (Wirakusumah, 2008). Akibatnya tulang menjadi keropos, tipis dan mudah mengalami patah, terutama pada tulang pergelangan, tulang belakang, dan lain sebagainya. Seperti pada gambar 1.1.



**Gambar 1.1** : (a)gambar struktur tulang normal. (b)gambar struktur tulang yang terkena osteoporosis. Sumber: Wirakusumah, 2008

Pada tahun 2003 WHO mencatat lebih dari 75 juta orang di Eropa, Amerika dan Jepang menderita osteoporosis dan penyakit tersebut mengakibatkan 2,3 juta kasus patah tulang pertahun di Eropa dan Amerika. Sedang di Cina tercatat angka kesakitan sebesar 7% dari jumlah populasi.

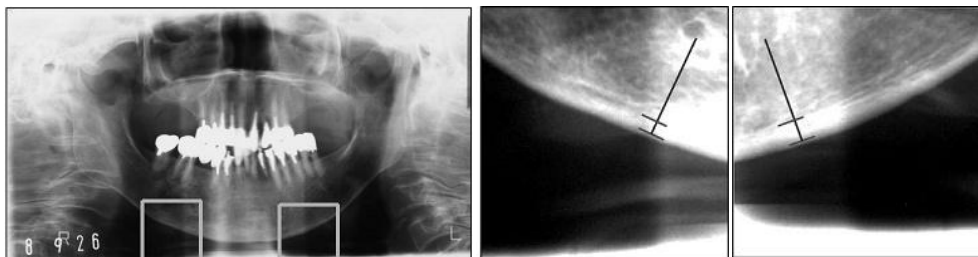
Hasil Analisa data resiko osteoporosis pada tahun 2005 yang dilakukan oleh Puslitbang Gizi Depkes RI dan sebuah perusahaan nutrisi pada beberapa wilayah di Indonesia dengan metode pemeriksaan DMT (Densitas Masa Tulang) menggunakan alat diagnostik clinical bone sonometer, menunjukkan angka prevelansi osteopenia (osteoporosis dini) sebesar 41,7% dan prevelansi osteoporosis sebesar 10,3%. Ini berarti 2 dari 5 penduduk Indonesia memiliki resiko untuk terkena osteoporosis, dimana 41,2% dari keseluruhan sampel yang berusia kurang dari 55 tahun terdeteksi menderita osteopenia. (Kemenkes, 2008)



**Gambar 1.2:** Perkiraan jumlah patah tulang pinggul antara tahun 1950 dan 2025 berdasarkan jenis kelamin dan wilayah. Sumber: WHO, 2003 Wirakusumah, 2008

Osteoporosis dapat dicegah, perlu dilakukan diagnosis secepat mungkin. Seperti mendeteksi rendahnya massa tulang sebelum terjadi patah tulang (Juliet Compton, 2002, 37). Diagnosa osteoporosis juga dapat dilakukan dengan mengukur kepadatan tulang (BMD/*Bone Mineral Density*) (Kemenkes, 2008).

Banyak penelitian dilakukan dalam bidang osteoporosis ini. Seperti pada tahun 2005, Akira Taguchi dkk meneliti lebar tipisnya korteks pada tulang mandibula yang terdeteksi pada *dental panoramic radiographs* yang berguna untuk mengidentifikasi wanita *pascamenopause* dengan kepadatan mineral tulang yang rendah (BMD) atau osteoporosis. Tujuan dari penelitiannya adalah untuk mengevaluasi apakah pengukuran panorama berguna untuk mengidentifikasi rendah BMD atau osteoporosis pada wanita *pascamenopause* lebih muda dari 65 tahun. (Taguchi, 2005). Penelitian lain juga dilakukan oleh M Bozic dkk, mereka meneliti jaringan tulang mandibula pada *dental panoramic radiograph* pada wanita osteoporosis dan non-osteoporosis. Dengan mengukur lebar anatomi ramus *ascendens mandibulae* dan tinggi korpus mandibula. Serta dengan mengukur kepadatan tulang relatif (RBD) pada ROI (*Region of Interest*). Tujuannya adalah untuk membuktikan secara signifikan perbedaan jaringan tulang mandibula pada *dental panoramic radiograph* antara wanita yang osteoporosis dan non-osteoporosis. (M Bozic, 2005)



**Gambar 1.3:** Pengukuran lebar cortical bone kiri dan kanan. Sumber: Agus, 2005

Pada tahun 2005, Agus Zainal Arifn dkk meneliti tentang diagnosa osteoporosis berdasarkan *dental panoramic radiograph*. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian-penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti utama dalam pemanfaatan dental panoramic radiographs untuk mendiagnosa osteoporosis. Penelitian pertama membuat sebuah *computer-aided system* untuk mengukur secara otomatis lebar dari mandibular inferior cortex dan mencari korelasinya terhadap BMD yang diukur oleh scanner DXA pada tulang belakang dan paha (Agus, 2005). Pada penelitian tersebut sensitifitas dan spesifisitas rata-ratanya mampu mencapai 94.4 % dan 64.0 %. (Agus, 2005). Kinerja ini masih terhitung rendah bila dilihat dari masih banyaknya pasien yang salah diagnosa oleh sistem. Lokasi pengukuran inferior cortex ini berada di dekat mental foramen Implementasi pengukuran lebar *cortex* ini telah dipatenkan di negara Jepang oleh peneliti (Agus dkk, 2005). Pemilihan *area of interest* yang ditunjuk oleh dua kotak tersebut dilakukan oleh oral radiologi agar dicapai ketepatan lokasi yang presisi. Seperti pada gambar 1.3.

Pengetahuan Allah SWT mencakup segala sesuatu dan tidak terbatas. Bagi Allah, segala sesuatu telah dibatasi kadar dan waktunya. Begitu juga osteoporosis yang dapat didiagnosa dengan mengukur nilai kepadatan tulang (*Bone Mineral Density*). Sebagaimana dalam firman Allah surat Ar-Ra'd ayat 8 yang berbunyi:

اللَّهُ يَعْلَمُ مَا تَحْمِلُ كُلُّ أُنْثَىٰ وَمَا تَغِيصُ الْأَرْحَامُ وَمَا تَزْدَادُ ۗ وَكُلُّ

شَيْءٍ عِنْدَهُ بِمِقْدَارٍ ﴿٨﴾

(8) *Allah mengetahui apa yang dikandung oleh Setiap perempuan, dan kandungan rahim yang kurang sempurna dan yang bertambah. dan segala sesuatu pada sisi-Nya ada ukurannya.* (Ar-Ra'd ayat 8)

Berdasarkan tafsir Syaih abu Bakar Jabir Al-Jaziri ayat al-qur'an diatas, "Allah mengetahui apa yang dikandung oleh setiap perempuan.." yaitu laki-laki atau perempuan, satu atau dua, kulit putih atau coklat. "dan kandungan rahim yang kurang sempurna dan yang bertambah.." Dia mengetahui rahim yang kurang sempurna karena adanya darah haidh dan yang bertambah karenanya, maka ketidaksempurnaan dapat mengurangi usia kehamilan dan bertambah dapat menambah usia hamil kadang sampai 1 tahun lebih. "dan segala sesuatu pada sisi-Nya ada ukurannya.." yakni segala sesuatu ada dalam hukum, ketentuan dan aturanNya yaitu terdapat ukuran tertentu yang tidak akan bertambah/berkurang dalam dzat, sifat, kondisi, waktu dan tempat. (Syaih abu Bakar Jabir Al-Jaziri:2008)

Hal itulah yang memotivasi untuk merancang dan membuat suatu aplikasi yang dapat mendiagnosa osteoporosis dari citra *Dental Panoramic Radiograph* pada area tulang mandibular berdasarkan nilai BMD dengan menghitung jumlah pixel pada *region of interest* (area yang diperlukan).

ANFIS (*Adaptif Neuro Fuzzy Inference System* atau *Adaptive Network-based Fuzzy Inference System*) adalah arsitektur yang secara fungsional sama dengan *fuzzy rule base* model sugeno. Arsitektur ANFIS juga sama dengan jaringan syaraf dengan fungsi radial dengan sedikit batasan tertentu. Bisa dikatakan bahwa ANFIS adalah suatu metode yang dalam melakukan penyetelan

aturan digunakan algoritma pembelajaran terhadap sekumpulan data. Pada ANFIS juga memungkinkan aturan-aturan beradaptasi. (Kusumadewi Sri, 2010)

Sehingga penelitian ini diajukan model mamdani *inference system* berbasis ANFIS (M-ANFIS), yang memiliki keunggulan lebih besar untuk ANFIS dalam ekspresi bagian konsekuen dan fuzzy yang intuitif (Yuanyuan dkk, 2009).

Sistem inferensi Fuzzy Sugeno bekerja dengan baik dengan teknik linear dan kontinuitas jaminan dari permukaan output. Namun sistem inferensi Fuzzy Sugeno memiliki kesulitan dalam berurusan dengan evaluasi multi-parameter sintetik, tetapi memiliki kesulitan dalam menentukan bobot masing-masing input dan aturan fuzzy. Model Mamdani dapat menunjukkan keterbacaan dan dimengerti untuk orang awam tersebut. Dan pada sistem inferensi Fuzzy Mamdani memiliki kelebihan dalam ekspresi output yang digunakan dalam proyek ini. (Yuanyuan dkk, 2009).

Berdasarkan uraian latar belakang, maka diajukan suatu sistem yang dapat membantu dalam mendeteksi dini osteoporosis dari citra *Dental Panoramic Radiograph*. Sehingga penelitian yang diusulkan ini adalah deteksi dini osteoporosis melalui *Region of Interest*(RoI) dari citra *Dental Panoramic Radiograph* pada area tulang mandibular dengan menggunakan metode Mamdani *Adaptive Neural Fuzzy Inference System* (M-ANFIS).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut: “Bagaimana membangun suatu sistem yang dapat mendeteksi dini osteoporosis melalui *Region of Interest* dari citra *Dental Panoramic Radiograph* pada area tulang mandibular dengan menggunakan metode Mamdani *Adaptive Neural Fuzzy Inference System* (M-ANFIS)?”

## 1.3 Batasan Masalah

Agar diperoleh hasil pembahasan yang sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka diperlukan batasan-batasan masalah seperti berikut:

- a. Citra yang digunakan adalah dental panoramic radiograph
- b. Terdapat 7 daerah yang diperlukan (*RoI*) untuk penghitungan *pixel intensity* pada area tulang mandibula dari citra *dental panoramic radiograph* berdasarkan penelitian Bozic dkk pada tahun 2005.

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah dapat mendeteksi osteoporosis secara dini melalui *Region of Interest* dari citra *Dental Panoramic Radiograph* pada area tulang mandibular dengan menggunakan metode Mamdani *Adaptive Neural Fuzzy Inference System* (M-ANFIS).

## 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini sebagai alat bantu dokter/radiolog dalam osteoporosis secara dini. Serta dapat memberikan informasi tentang osteoporosis secara dini kepada orang-orang yang memerlukan info tersebut.

## 1.6 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan dalam perhitungan metode Mamdani ANFIS adalah nilai intensitas pixel *region of interest*(RoI) tulang mandibula dari citra *dental panoramic radiograph*. Tahap pertama yang dilakukan adalah pengumpulan literatur penelitian deteksi dini osteoporosis melalui citra *dental panoramic radiograph*, literatur pengolahan data, literatur metode dan tafsir ayat al-qur'an.

Selanjutnya adalah proses pengolahan data guna mendapatkan variabel yang digunakan dalam perhitungan metode. Data intensitas pixel dikorelasikan dengan data hasil dari diagnosa osteoporosis. Data yang digunakan sebagai variabel dipilih berdasarkan nilai korelasi yang terbesar.

Tahap selanjutnya adalah perancangan aplikasi terdiri dari perancangan proses-proses utama dan desain aplikasi seperti desain antar muka. Terdapat 2 proses utama yaitu proses *training* dan *testing*.

Setelah melakukan perancangan aplikasi, perancangan tersebut diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Java dan database MySQL. Aplikasi dibangun dengan IDE NetBeans 6.9 untuk mempermudah desain antarmuka dan database yang digunakan adalah MySQL. Pemilihan ini dikarenakan MySQL mudah dan tidak berat dalam pengoperasiannya. Uji coba dan evaluasi dilakukan pada aplikasi dan hasil dari deteksi dini osteoporosis.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

### **BAB I Pendahuluan**

Dalam bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, metodologi penelitian dan sistematika penulisan dalam tugas akhir ini.

### **BAB II Dasar Teori**

Bab ini menjelaskan konsep dan teori dasar yang mendukung penulisan tugas akhir ini seperti Osteoporosis dan *Dental Panoramic Radiograph*. Dalam bab ini juga membahas tentang metode yang digunakan yaitu Mamdani *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*.

### **Bab III Analisis dan Rancangan Aplikasi**

Bab ini menjelaskan mengenai analisis dan perancangan Aplikasi Deteksi dini osteoporosis melalui *Region of Interest* dari citra *Dental Panoramic Radiograph* pada area tulang mandibula.

### **BAB IV Hasil Dan Pembahasan**

Bab ini berisi pembahasan terhadap hasil pengujian dari aplikasi yang telah dibangun.

### **BAB V Penutup**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran terhadap seluruh kegiatan tugas akhir yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Osteoporosis**

##### **2.1.1 Pengertian Osteoporosis**

Osteoporosis adalah istilah umum untuk suatu penyakit tulang yang menyebabkan berkurangnya jumlah jaringan tulang dan tidak normalnya struktur atau bentuk mikroskopik tulang. Kuantitas dan kualitas tulang yang tidak normal membuat tulang tersebut lemah dan mudah patah, bahkan ketika mengalami trauma ringan. Akibat osteoporosis dapat dipandang sebagai kegagalan fungsi tulang, yang serupa dengan proses perkembangan penyakit gagal jantung setelah bertahun-tahun menderita tekanan darah tinggi yang tidak terkontrol. Osteoporosis tidak menunjukkan gejala-gejala, tetapi hanya akibat-akibat seperti patah tulang dan rasa sakit kronis yang menyertainya, seperti kelainan bentuk tubuh, dan kelumpuhan. (Felician Cosman, M.D. 2009)

Dengan pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa osteoporosis merupakan suatu penyakit yang tidak menimbulkan gejala tapi hanya akibat-akibat seperti patah tulang dan rasa sakit kronis lainnya yang disebabkan oleh berkurangnya jumlah jaringan tulang dan tidak normalnya struktur /bentuk mikroskopik tulang.

##### **2.1.2 Jenis-jenis Osteoporosis**

Menurut Riggs dan Melton (1983) terdapat dua jenis osteoporosis yaitu osteoporosis primer dan osteoporosis sekunder.

## A. Osteoporosis primer

Osteoporosis primer adalah osteoporosis yang terjadi akibat proses penuaan. Jenis ini ada dua tipe, yaitu osteoporosis post menopausal dan osteoporosis senilis.

### a) Tipe I (osteoporosis post menopausal)

Pada masa menopause, fungsi ovarium menurun sehingga produksi hormon estrogen dan progesteron juga menurun. Estrogen berperan dalam proses mineralisasi tulang dan menghambat resorpsi tulang serta pembentukan osteoklas melalui penghambatan produksi sitokin. Ketika kadar hormon estrogen dalam darah menurun, proses pengroposan tulang dan pembentukan tulang mengalami ketidakseimbangan. Pengroposan tulang menjadi lebih dominan. Oleh karena itu, diperlukan tambahan hormon estrogen agar kedua proses tersebut dapat tetap berjalan seimbang.

### b) Tipe II (osteoporosis senilis pada pria)

Menurut Dr. Allan Gold, seorang ahli endokrin di The Montreal General Hospital, pada sebuah survey yang dilakukan di Kanada ditemukan bahwa 20% pria mengalami pengroposan tulang yang serius pada tulang belakang, dan akan meningkat menjadi 30% pada usia lebih dari 70 tahun. Ia juga mengemukakan bahwa pria yang berumur 80-an tahun mempunyai angka kejadian patah tulang yang sama besar dengan wanita seusianya.

Seperti halnya osteoporosis tipe 1, pada tipe 2 juga disebabkan oleh berkurangnya hormon endokrin, dalam hal ini hormon testosteron. Testosteron dilaporkan mempunyai peranan untuk meningkatkan densitas massa tulang.

## B. Osteoporosis sekunder

Osteoporosis sekunder terjadi karena adanya penyakit tertentu yang dapat mempengaruhi kepadatan massa tulang dan gaya hidup yang tidak sehat.

Contohnya yaitu:

- a. Penyakit endokron: tiroid, hyperparatoid, hypogonadisme.
- b. Penyakit saluran pencernaan yang berakibat pengeluaran zat gizi menjadi terganggu.
- c. Kanker
- d. Konsumsi obat-obatan
- e. Gaya hidup tidak sehat (merokok, minum-minuman beralkohol, kurang olahraga dll)

Osteoporosis dapat dicegah ataupun ditunda sejak pembentukan tulang dalam kandungan dan balita (dibawah lima tahun). Selanjutnya usia pencegahan yang paling berarti adalah usia 8-16 tahun, dimana terjadinya pematangan tulang dan percepatan tumbuh sewaktu remaja. Ternyata tidak hanya kuantitas tulang yang berpengaruh, tetapi juga kualitas tulangnya. Investasi terhadap tulang terjadi pada usia dini, yang mencapai puncaknya pada awal usia 20 tahunan hingga 30 tahun. (Kemenkes, 2008)

Hal ini sesuai dengan sabda Rasulullah SAW dalam hadis yang diriwayatkan oleh Baihaqi dan Ibnu Abbas berikut ini:

إِغْتَنِمِ خَمْسًا قَبْلَ خَمْسٍ: حَيَاتِكَ قَبْلَ مَوْتِكَ، وَصِحَّتِكَ قَبْلَ سُقْمِكَ، وَفَرَعَكَ قَبْلَ شُغْلِكَ، وَشَبَابَكَ قَبْلَ هَرَمِكَ وَغِنَاكَ قَبْلَ فَقْرِكَ (رواه البيهقي عن أبي عباس)

*“Rebutlah lima sebelum datang lima : hidup sebelum mati, kesehatan sebelum sakit, waktu terulang sebelum kesibukan, muda sebelum usia tua dan kekayaan sebelum miskin.” (Diriwayatkan oleh Baihaqi dan Ibnu Abas)*

Hadis tersebut mengandung pengertian bahwa kita harus dapat memanfaatkan dengan sebaik-baiknya lima kesempatan yang ada dan baik sebelum datang lima perkara yang menyakitkan. Lima kesempatan itu adalah masa muda sebelum masa tua, masa sehat sebelum masa sakit, masa kaya sebelum masa fakir, masa hidup sebelum masa mati, dan waktu senggang sebelum datang kesibukan.

Salah satu dari lima perkara tersebut adalah sehat sebelum sakit. Pernyataan ini mengandung pengertian bahwa kita diwajibkan untuk berusaha mencegah terjadinya penyakit sebelum tertimpa penyakit.

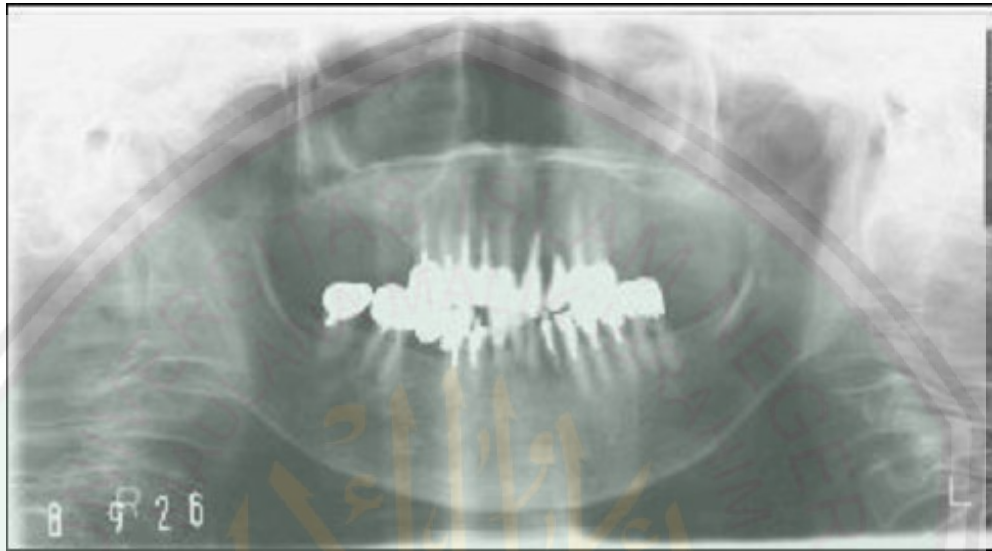
## **2.2 Dental Panoraic Radiograph**

Panoramic radiograph juga biasa disebut panorama x-ray, adalah pemeriksaan gigi (2-D) x-ray yang menangkap seluruh mulut dalam satu gambar, termasuk gigi, rahang atas dan rahang bawah, struktur dan jaringan sekitarnya.

Rahang adalah struktur yang melengkung mirip dengan sepatu kuda. Namun, panorama x-ray menghasilkan gambar datar struktur melengkung. Hal ini biasanya diatur untuk memberikan rincian dari tulang dan gigi.

Sebuah x-ray (radoigraf) adalah tes medis invasive yang membantu dokter mendiagnosa dan mengobati kondisi medis. Pencitraan dengan sinar x melibatkan ekspos bagian tubuh dosis kecil radiasi pengion untuk menghasilkan gambar

bagian dalam tubuh. X-ray adalah bentuk tertua dan paling sering digunakan pencitraan medis.



**Gambar 2.1:** *Dental Panoramic Radiograph.* Sumber: Agus,2005

### 2.3 *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*

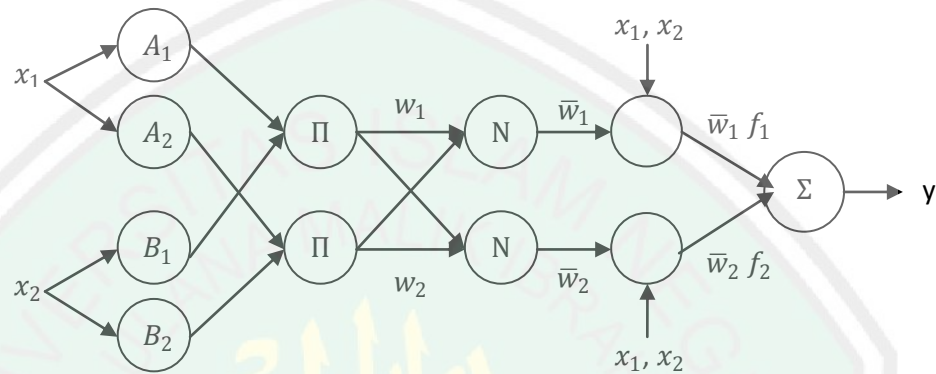
ANFIS (*Adaptif neuro fuzzy inference system*) adalah salah satu sistem inferens yang dapat digunakan untuk mengklasifikasi isyarat. ANFIS merupakan gabungan logika fuzzy dan jaringan syaraf tiruan yang didalamnya terdapat aturan-aturan fuzzy yang dapat memberikan interpretasi mendekati kebenaran. (Jang,1997)

Fuzzy inference sistem yang digunakan memiliki dua input yaitu  $x$  dan  $y$  dan satu output  $f$ . Untuk model fuzzy Sugeno orde satu, aturan yang umum dengan dua aturan fuzzy if-then, adalah sebagai berikut:

Rule 1 : if  $x$  is  $A_1$  and  $y$  is  $B_1$ , then  $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$ ;

Rule 2 : if  $x$  is  $A_2$  and  $y$  is  $B_2$ , then  $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$ ;

Gambar 3 menggambarkan struktur ANFIS dimana simpul pada lapisan yang sama memiliki fungsi yang sama. Keluaran masing-masing simpul dalam layar  $I$  dituliskan  $O_{I,i}$ .



**Gambar 2.2:** Arsitektur ANFIS. Sumber: Jang, 1997

Penjelasan pada masing-masing lapisan sebagai berikut:

### 2.3.1 Lapisan 1:

Setiap simpul  $i$  pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul :

$$\mu_{A_i}(x_i), \text{ untuk } i = 1, 2 \quad (2.1)$$

dimana  $x$  (atau  $y$ ) adalah masukan bagi simpul  $i$ , dan  $A_i$  adalah label bahasa (linguistic label) seperti misalnya “kecil” atau “luas”, dll. Dengan kata lain, Fungsi keanggotaan parameter dari  $A$  dapat didekati dengan fungsi bell.

$$\mu_{A_i}(x_i) = \frac{1}{1 + \left[ \left( \frac{x - c_i}{a_i} \right)^n \right]^{b_i}} \quad (2.2)$$

Di mana  $\{a_i, b_i, c_i\}$  adalah himpunan parameter, biasanya  $b_i=1$ . Parameter pada lapisan ini disebut parameter-parameter premis.

### 2.3.2 Lapisan 2:

Setiap simpul pada lapisan ini diberi label  $\Pi$ , bersifat non-adaptif (parameter tetap) yang mempunyai keluaran berupa perkalian dari semua sinyal yang masuk.

$$O_{2,i} = w_i = \mu A_i(x) \mu B_i(y), \quad i = 1,2 \quad (2.3)$$

Masing-masing keluaran simpul menyatakan derajat pengaktifan dari aturan fuzzy. Secara umum beberapa operator T-norm yang dapat mengungkapkan logika fuzzy AND dapat digunakan sebagai fungsi simpul pada lapisan ini.

### 2.3.3 Lapisan 3:

Setiap simpul pada lapisan ini diberi label  $N$ , juga bersifat non-adaptif. Masing-masing simpul menampilkan derajat pengaktifan ternormalisasi dengan bentuk.

$$O_{3,i} = \bar{w} = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1,2 \quad (2.4)$$

Apabila dibentuk lebih dari dua aturan, fungsi dapat diperluas dengan membagi  $w_i$  dengan jumlah total  $w$  untuk semua aturan.

### 2.3.4 Lapisan 4:

Tiap simpul pada lapisan ini berupa simpul adaptif dengan fungsi simpul:

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i + q_i + r_i) \quad (2.5)$$

dimana  $\bar{w}_i$  adalah derajat pengaktifan ternormalisasi dari lapisan 3 dan  $\{p_i + q_i + r_i\}$  merupakan himpunan parameter dari simpul ini. Parameter di lapisan ini dinamakan parameter-parameter konsekuen.

### 2.3.5 Lapisan 5:

Simpul tunggal pada lapisan ini diberi label  $\Sigma$ , yang mana menghitung semua keluaran sebagai penjumlahan dari semua sinyal yang masuk:

$$O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (2.6)$$

## 2.4 Mamdani Adaptive Neuro Fuzzy Inference System(M-ANFIS)

Dua Fuzzy Inference System yang terkenal adalah metode fuzzy Mamdani dan Tagaki-Sugeno (TS). Keuntungan dari sistem inferensi Mamdani adalah: 1. Intuitif. 2. Memiliki penerimaan luas. 3. Cocok untuk kognisi manusia.

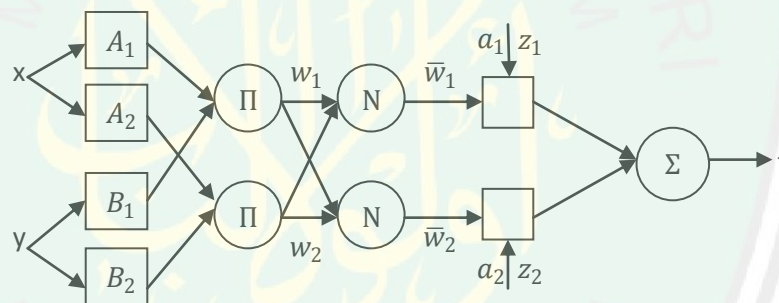
Sistem inferensi Fuzzy Tagaki-Sugeno (TS). bekerja dengan baik dengan teknik linear dan kontinuitas jaminan dari permukaan output. Namun sistem inferensi Fuzzy TS memiliki kesulitan dalam berurusan dengan evaluasi multi-parameter sintetik, tetapi memiliki kesulitan dalam menentukan bobot masing-masing input dan aturan fuzzy. Model Mamdani dapat menunjukkan keterbacaan dan dimengerti untuk orang awam tersebut. Sistem inferensi Mamdani Fuzzy menunjukkan keuntungan dalam ekspresi output. Namun Inferensi Mamdani tidak efisien karena melibatkan proses pencarian centroid dari area 2 dimensi.

Untuk benar-benar menentukan pengoperasian sistem inferensi Mamdani fuzzy, kita perlu menetapkan fungsi untuk masing-masing operator berikut:

- a. Operator AND (T-norma) untuk aturan perhitungan bobot dengan kalimat/kata sebelum AND.

- b. Operator OR (biasanya T-conorm) untuk menghitung kekuatan perhitungan aturan dengan pendahulunya OR.
- c. Implikasi operator (T-norma) untuk menghitung MFS konsekuen memenuhi syarat berdasarkan kekuatan pembobot yang diberikan.
- d. Operator agregasi (T-conorm) untuk menggabungkan MFS konsekuen memenuhi syarat untuk menghasilkan output MF secara keseluruhan.
- e. Operator Defuzzifikasi untuk mengubah suatu MF output ke nilai *crisp output* tunggal.

Mamdani ANFIS yang sesuai:



**Gambar 2.3** Struktur M-ANFIS. Sumber: Yuanyuan dkk, 2009

Rule 1: if  $\mathcal{X}$  is  $A_1$  and  $\mathcal{Y}$  is  $B_1$ , then  $f_1 = \bar{w}_1 \bar{a}_1 . z_1$

Rule 2: if  $\mathcal{X}$  is  $A_2$  and  $\mathcal{Y}$  is  $B_2$ , then  $f_2 = \bar{w}_2 \bar{a}_2 . z_2$

Arsitektur mamdani ANFIS terdiri dari 5 layer, diantaranya :

#### 2.4.1 Layer 1: Menghasilkan nilai keanggotaan $\mu_A, \mu_B$ .

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x), i = 1, 2; \quad (2.7)$$

$$O_{2,i} = \mu_{B_{i-2}}(y), i = 3, 4;$$

Fungsi keanggotaan adalah fungsi bel umum seperti dalam persamaan 2.2. Dimana  $\{b_i, c_i, d_i\}$  adalah parameter yang ditetapkan disebut sebagai parameter premis.

#### 2.4.2 Layer 2:

$$O_{2,i} = \omega_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y) \quad i = 1, 2 \quad (2.8)$$

dimana  $\omega_i$  adalah bobot yang diperoleh dari perkalian yang membentuk aturan fuzzy. Secara umum beberapa operator T-norm yang dapat mengungkapkan logika fuzzy AND dapat digunakan sebagai fungsi simpul pada lapisan ini.

#### 2.4.3 Layer 3 :

Setiap simpul pada lapisan ini diberi label N, juga bersifat non-adaptif. Masing-masing simpul menampilkan derajat pengaktifan ternormalisasi dengan bentuk.

$$O_{3,i} = \bar{\omega}_i = \frac{\omega_i}{\omega_1 + \omega_2}, \quad i = 1, 2 \quad (2.9)$$

Apabila dibentuk lebih dari dua aturan, fungsi dapat diperluas dengan membagi  $w_i$  dengan jumlah total  $w$  untuk semua aturan.

#### 2.4.4 Layer 4:

Tiap simpul pada lapisan ini berupa simpul adaptif dengan fungsi simpul:

$$O_{4,i} = f_i = \bar{\omega}_i \bar{a}_i z_i, \quad i = 1, 2 \quad (2.10)$$

di mana parameter konsekuen  $a_i$ ,  $z_i$  adalah wilayah dan pusat MFS konsekuen masing. Parameter di lapisan ini dinamakan parameter-parameter konsekuen.

### 2.4.5 Layer 5:

$$O_{5,i} = \sum f_i = \sum \overline{\omega_i, a_i, z_i}, i = 1,2 \quad (2.11)$$

Output  $f$  secara keseluruhan. Simpul tunggal pada lapisan ini diberi label  $\Sigma$ , yang mana menghitung semua keluaran sebagai penjumlahan dari semua sinyal yang masuk.

$\{b_i, c_i, d_i\}$  adalah premis parameter dan  $a_i, z_i$  yang perlu menyesuaikan parameter konsekuen. Jenis keanggotaan fungsi (MFS) dari input adalah *bell function* yang umum, MF masing-masing memiliki 3 parameter nonlinier, masing-masing MF konsekuen memiliki 2 parameter nonlinier yang luas dan pusat bagian konsekuen.

Jika operator AND dan operator Implikasinya adalah produk, dan operator agregat adalah jumlah, operator defuzzifikasi adalah massa daerah (COA). Keuntungan penerapan metode inferensi komposit tersebut adalah bahwa seperti Mamdani Model ANFIS memiliki kemampuan belajar karena diferensiabilitas selama perhitungan. (Yuanyuan dkk, 2009)

## 2.5 Algoritma Belajar Hibrida

Algoritma Belajar Hibrida (Hybrid Learning) merupakan kombinasi dari metode pembelajaran Supervised Learning dan Unsupervised Learning. Sebagian bobot-bobotnya ditentukan melalui pembeajaran terawasi dan sebagian lainnya melalui pembelajaran tak terawasi.

Algoritma hybrid akan mengatur parameter-parameter  $c_{ij}$  secara maju (forward) dan akan mengatur parameter-parameter  $\{a_i, b_i, c_i\}$  secara mundur

(backward). Input jaringan akan merambat maju mulai dr layer pertama hingga layer keempat. Dimana parameter  $c_{ij}$  akan diidentifikasi dengan metode *least-square*. Selanjtnya pada langkah mundur (backwar), error sinyal akan merjalan mundur dan parameter-parameter  $\{a_i, b_i, c_i\}$  akan diperbaiki dengan menggunakan metode *gradient-descent*.

### 2.5.1 LSE Rekursif

Pada pembelajaran *off-line*, misalkan kita memiliki satu output pada jaringan adaptif, yaitu:

$$o = F(i, S) \quad (2.12)$$

Dengan vektor  $i$  adalah vektor dari variabel input,  $S$  adalah himpunan parameter-parameter, dan  $F$  adalah fungsi yang diimplementasikan oleh jaringan adaptif. Jika terdapat fungsi  $H$  sedemikian hingga fungsi komposit  $H \circ F$  adalah linier untuk elemen-elemen  $S$ , maka elemen-elemen ini dapat diidentifikasi dengan metode *least-square*. Andaikan parameter  $S$  dapat dibagi menjadi 2, yaitu:

$$S = S_1 \oplus S_2 \quad (2.13)$$

dengan  $\oplus$  adalah *direct sum*, sedemikian hingga  $H \circ F$  linier untuk elemen-elemen  $S_2$ , kemudian dengan mengaplikasikan  $H$  ke dalam persamaan 2.10 diperoleh :

$$H(\circ) = H \circ F(B_i, S) \quad (2.14)$$

yang linier terhadap elemen-elemen  $S_2$ . Apabila diberikan elemen-elemen  $S_1$ , kita dapat menempatkan  $P$  data pelatihan ke dalam persamaan 2.12, dan mendapatkan sistem persamaan linier, sebagai berikut:

$$Aq = y \quad (2.15)$$

dengan  $q$  adalah vektor yang tidak diketahui dan elemen-elemennya merupakan parameter-parameter dari  $S_2$ . Persamaan 2.13 ini kemudian dapat diselesaikan dengan metode LSE.

Apabila kita memiliki  $m$  elemen pada vektor output  $y$  ( $y$  berukuran  $m \times 1$ ), dan  $n$  parameter  $\theta$  ( $\theta$  berukuran  $n \times 1$ ), dengan baris ke- $i$  pada matrik  $[A:y]$  dinotasikan sebagai  $[a_i^T : y]$ . Apabila  $m=n$ , maka kita dapat menentukan nilai  $q$  dari persamaan 2.13 sebagai berikut:

$$A\theta + e = y \quad (2.16)$$

Untuk mendapatkan solusi eksak dari persamaan 2.13, maka kita harus mencari  $a\theta = \hat{\theta}$  yang meminimumkan jumlah kuadrat error sebagai berikut :

$$E(\theta) = \sum_{i=1}^m (y_i - a_i^T \theta)^2 = e^T e = (y - A\theta)^T (y - A\theta) \quad (2.17)$$

Dengan  $e = y - A\theta$  adalah vektor error yang terjadi sebagai akibat pemilihan  $\theta$ . Jumlah kuadrat error pada persamaan 2.16 akan menjadi minimum apabila  $\theta = \hat{\theta}$ , yang sering disebut dengan nama *Least-Square Estimator*(LSE), yang ditulis sebagai berikut:

$$A^T A \hat{\theta} = A^T y \quad (2.18)$$

Jika  $A^T A$  adalah nonsingular, dan  $\hat{\theta}$  bersifat unik maka dapat diberikan:

$$\hat{\theta} = (A^T A)^{-1} A^T y \quad (2.19)$$

Atau dengan membuang (^), dan dengan mengasumsikan jumlah baris dari pasangan A dan y adalah k, maka diperoleh:

$$\theta_k = (A^T A)^{-1} A^T y \quad (2.19)$$

Salah satu metode LSE adalah LSE rekursif. Pada LSE Rekursif, kita dapat menambahkan suatu pasangan data  $[a^T : y]$ , sehingga kita memiliki sebanyak  $(m+1)$  pasangan data. Dari sini kita dapat menghitung kembali LSE  $\theta_{k+1}$  dengan bantuan  $\theta_k$ . Bentuk semacam ini dikenal dengan nama LSE rekursif.

Karena n adalah jumlah parameter, maka invers matriks  $n \times n$  dapat diselesaikan dengan cara:

$$P_n = (A_n^T A_n)^{-1} \quad (2.20)$$

$$\theta_n = P_n A_n^T y_n \quad (2.21)$$

Selanjutnya, iterasi dimulai dari data ke-(n+1), dengan nilai  $P_{k+1}$  dan  $\theta_{k+1}$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_{k+1} = P_k - \frac{P_k a_{k+1} a_{k+1}^T P_k}{1 + a_{k+1}^T P_k a_{k+1}} \quad (2.22)$$

$$\theta_{k+1} = \theta_k + P_{k+1} a_{k+1} (y_{k+1} - a_{k+1}^T \theta_k) \quad (2.23)$$

Nilai  $P_0$  dan  $\theta_0$  dihitung berdasarkan persamaan 2.20 dan 2.21. Sehingga, kalau dilihat kembali persamaan 2.9, maka dapat disimpulkan bahwa ada 6 parameter ( $n=6$ ) untuk  $n$  pasangan data pelatihan.

## 2.6 Model Propagasi Error

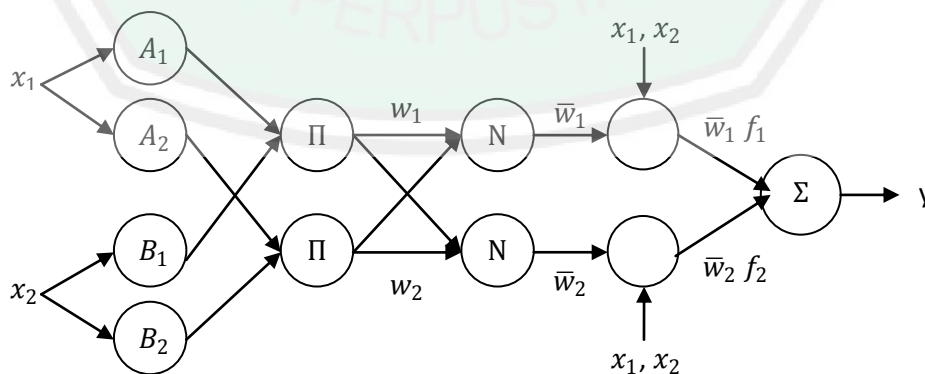
Jaringan adaptif tersebut dapat dilatih untuk mendapatkan nilai parameter  $a$  dan  $c$ , pada persamaan 2.2. Dengan mengambil nilai  $b=1$ , persamaan 2.2 menjadi:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^2} \quad (2.24)$$

Untuk melakukan perbaikan terhadap  $a$  dan  $c$  tersebut, digunakan model propagasi error dengan konsep *gradient-descent*.

Sebagai contoh, terdapat jaringan adaptive seperti pada gambar 2.4, yang terdiri dari 5 lapisan, dan kita memiliki sebanyak  $N(L)$  neuron pada lapisan ke- $L$ , maka jumlah kuadrat error (SSE) pada lapisan ke- $L$  data ke- $p$ ,  $1 \leq p \leq N$ , adalah:

$$E_p = \sum_{k=1}^{N(L)} (d_k - X_{L,K})^2 \quad (2.25)$$



**Gambar 2.4:** Arsitektur jaringan adaptif dengan 5 lapisan. Sumber: Sri Kusuma Dewi, 2006

**a. Error pada lapisan ke-5**

Apabila kita memiliki jaringan adaptif seperti pada gambar 2.4, yang hanya memiliki 1 neuron pada lapisan output (neuron 13), maka prpagasi eror yang menuju pada lapisan ke-5 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{13} = \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} = -2(d_{13} - x_{13}) = -2(y_p - y_p^*) \quad (2.26)$$

dengan  $y_p$  adalah target output data pelatihan ke-p, dan adalah output jaringan pada data pelatihan ke-p.

**b. Error pada lapisan ke-4**

Pada gambar 2.4, propagasi error yang menuju lapisan ke-4, yaitu neuron 11 dan neuron 12 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{13} = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial F_{13}}{\partial x_{11}} \right) = \varepsilon_{13} \left( \frac{\partial F_{13}}{\partial x_{11}} \right) = \varepsilon_{13}(1) = \varepsilon_{13} \quad (2.27)$$

karena  $f_{13} = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2$ , maka  $\frac{\partial f_{13}}{\partial (\bar{w}_1 f_1)} = 1$

$$\varepsilon_{12} = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial F_{13}}{\partial x_{12}} \right) = \varepsilon_{13} \left( \frac{\partial F_{13}}{\partial x_{12}} \right) = \varepsilon_{13}(1) = \varepsilon_{13} \quad (2.28)$$

karena  $f_{13} = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2$ , maka  $\frac{\partial f_{13}}{\partial (\bar{w}_2 f_2)} = 1$

**c. Error pada lapisan ke-13**

Dalam Gambar 2.4, propagasi error yang menuju pada lapisan ke-3, yaitu neuron 9 dan neuron 10 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_9 = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{11}} \right) \left( \frac{\partial f_{11}}{\partial x_9} \right) = \varepsilon_{11} \left( \frac{\partial f_{11}}{\partial x_9} \right) = \varepsilon_{11} f_1 \quad (2.29)$$

karena  $f_{11} = \bar{w}_1 f_1$ , maka  $\frac{\partial f_{11}}{\partial (\bar{w}_1)} = f_1$

$$\varepsilon_{10} = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{12}} \right) \left( \frac{\partial f_{12}}{\partial x_{10}} \right) = \varepsilon_{12} \left( \frac{\partial f_{12}}{\partial x_{10}} \right) = \varepsilon_{12} f_2 \quad (2.30)$$

karena,  $f_{12} = \bar{w}_2 f_2$ , maka  $\frac{\partial f_{12}}{\partial (\bar{w}_2)} = f_2$

#### a. Error pada lapisan ke-2

Lihat kembali pada gambar 2.4, propagasi error yang menuju pada lapisan ke-2, yaitu neuron 7 dan neuron 8 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_7 = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{11}} \right) \left( \frac{\partial f_{11}}{\partial x_9} \right) \left( \frac{\partial E_9}{\partial x_7} \right) + \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{12}} \right) \left( \frac{\partial f_{12}}{\partial x_{10}} \right) \left( \frac{\partial f_{10}}{\partial x_7} \right) \quad (2.31)$$

$$= \varepsilon_9 \left( \frac{\partial E_9}{\partial x_7} \right) + \varepsilon_{10} \left( \frac{\partial f_{10}}{\partial x_7} \right) \quad (2.32)$$

$$= \varepsilon_9 \left( \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} \right) + \varepsilon_{10} \left( -\frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} \right) \quad (2.33)$$

$$= \left( \frac{w_2}{w_1 + w_2} \right) (\varepsilon_9 - \varepsilon_{10}) \quad (2.34)$$

karena  $f_9 = \frac{w_1}{w_1 + w_2}$ , maka  $\frac{\partial f_9}{\partial w_1} = \frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2}$ ; dan  $f_{10} = \frac{w_2}{w_1 + w_2}$

maka  $\frac{\partial f_{10}}{\partial w_1} = -\frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2}$

$$\varepsilon_8 = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{12}} \right) \left( \frac{\partial f_{12}}{\partial x_{10}} \right) \left( \frac{\partial E_{10}}{\partial x_8} \right) + \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{13}} \right) \left( \frac{\partial f_{13}}{\partial x_{11}} \right) \left( \frac{\partial f_{11}}{\partial x_9} \right) \left( \frac{\partial f_9}{\partial x_8} \right) \quad (2.35)$$

$$= \varepsilon_{10} \left( \frac{\partial E_{10}}{\partial x_8} \right) + \varepsilon_9 \left( \frac{\partial f_9}{\partial x_8} \right) \quad (2.36)$$

$$= \varepsilon_{10} \left( \frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2} \right) + \varepsilon_9 \left( -\frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2} \right) \quad (2.37)$$

$$= \left( \frac{w_2}{(w_1 + w_2)^2} \right) (\varepsilon_{10} - \varepsilon_9) \quad (2.38)$$

karena  $f_9 = \frac{w_1}{w_1 + w_2}$ , maka  $\frac{\partial f_9}{\partial w_2} = -\frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2}$ ; dan  $f_{10} = \frac{w_1}{w_1 + w_2}$ ,

$$\text{maka } \frac{\partial f_{10}}{\partial w_2} = \frac{w_1}{(w_1 + w_2)^2}$$

#### a. Error pada lapisan ke-1

Propagasi error pada gambar 2.4, yang menuju pada lapisan ke-1, yaitu neuron 3,4,5 dan 6 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_7 \left( \frac{\partial f_7}{\partial x_3} \right) = \varepsilon_7 \mu_{B1}(x_2) \quad (2.39)$$

$$\varepsilon_4 = \varepsilon_8 \left( \frac{\partial f_8}{\partial x_4} \right) = \varepsilon_8 \mu_{B2}(x_2) \quad (2.40)$$

$$\varepsilon_5 = \varepsilon_7 \left( \frac{\partial f_7}{\partial x_5} \right) = \varepsilon_7 \mu_{A1}(x_1) \quad (2.41)$$

$$\varepsilon_6 = \varepsilon_8 \left( \frac{\partial f_8}{\partial x_6} \right) = \varepsilon_8 \mu_{A2}(x_1) \quad (2.42)$$

karena  $f_7 = (\mu_{A1}(x_1))(\mu_{B1}(x_2))$ , maka  $\frac{\partial f_7}{\partial (\mu_{A1}(x_1))} = \mu_{B1}(x_2)$  dan

$\frac{\partial f_7}{\partial (\mu_{B1}(x_2))} = \mu_{A1}(x_1)$ ; dan karena  $f_8 = (\mu_{A2}(x_1))(\mu_{B2}(x_2))$ , maka

$\frac{\partial f_8}{\partial (\mu_{A2}(x_1))} = \mu_{B2}(x_2)$  dan  $\frac{\partial f_8}{\partial (\mu_{B2}(x_2))} = \mu_{A2}(x_1)$

Dari sini, kita dapat menentukan perubahan nilai parameter  $a_{ij}$  dan  $c_{ij}$  ( $\Delta a_{ij}$  dan  $\Delta c_{ij}$ ) sebagai berikut:

$$\Delta a_{ij} = \mu \varepsilon_{aij} x_i \text{ dan} \quad (2.43)$$

$$\Delta c_{ij} = \mu \varepsilon_{cij} x_i \quad (2.44)$$

Dengan  $h$  adalah laju pembelajaran yang terletak pada interval  $[0, 1]$ . Dengan nilai  $a_{ij}$  dan  $c_{ij}$  yang baru adalah:

$$a_{ij} = a_{ij} \text{ (lama)} + \Delta a_{ij} \text{ dan} \quad (2.45)$$

$$c_{ij} = c_{ij} \text{ (lama)} + \Delta c_{ij} \quad (2.46)$$

## 2.7 Kajian Islam tentang kesehatan tulang

Allah SWT menyuruh manusia untuk berpikir dan meneliti, bagaimana ia diciptakan? Dan dari apa dia diciptakan? Allah SWT berfirman dalam surat Ath Thariq ayat 5 sampai 8 :

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ مِمَّ خُلِقَ ﴿٥﴾ خُلِقَ مِنْ مَّاءٍ دَافِقٍ ﴿٦﴾ تَخْرُجُ مِنْ بَيْنِ  
الْصُّلْبِ وَالتَّرَائِبِ ﴿٧﴾ إِنَّهُ عَلَىٰ رَجْعِهِ لَقَادِرٌ ﴿٨﴾

(5)Maka hendaklah manusia memperhatikan dari Apakah Dia diciptakan? (6)Dia diciptakan dari air yang dipancarkan, (7)yang keluar dari antara tulang sulbi laki-laki dan tulang dada perempuan. (8)Sesungguhnya Allah benar-benar Kuasa untuk mengembalikannya (hidup sesudah mati).

Tafsir ayat diatas adalah manusia diciptakan dari air kental yang bau dan tidak berharga. Sperma memancar dari tubuh laki-laki dari bagian yang terletak diantara tulang sulbi dan tulang dada. Allah mempertemukan sperma itu dengan sel telur yang telah siap menunggu. Dan Allah sebagai penentu segala sesuatu yang telah menetapkan 1 dari jutaan benih lainnya yang dapat bertemu dengan sel telur dan tumbuh menjadi makhluk hidup yang sempurna. (Macmud H. Sakib,2005)

Berdasarkan tafsir surat Ath-thariq ayat 5-8, kita sebagai manusia ciptaan Allah SWT. meyakini bahwa Allah maha kuasa dalam menciptakan makhluknya

dari suatu saripati tanah dan suatu bagian dari tulang sulbi dan tulang dada manusia hingga menjadi makhluk yang memiliki tubuh sempurna dan juga berakal. Allah dalam firmanNya menyebutkan anggota tubuh yang berperan dalam proses terciptanya manusia adalah tulang. Sehingga kesehatan tulang sangat berpengaruh dalam kehidupan manusia. Dalam perkembangan janin pun, proses pembentukan tulang terjadi sebelum ruh ditiupkan ke dalam janin. Seperti firman Allah dalam surat al-Mu'minin ayat 12-14 tentang proses penciptaan manusia :

وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ مِنْ سُلَالَةٍ مِّنْ طِينٍ ﴿١٢﴾ ثُمَّ جَعَلْنَاهُ نُطْفَةً فِي قَرَارٍ مَّكِينٍ ﴿١٣﴾  
 ثُمَّ خَلَقْنَا النُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا الْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عِظْمًا فَكَسَوْنَا  
 الْعِظْمَ لَحْمًا ثُمَّ أَنْشَأْنَاهُ خَلْقًا آخَرَ فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالِقِينَ ﴿١٤﴾

(12) dan Sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dari suatu saripati (berasal) dari tanah. (13) Kemudian Kami jadikan saripati itu air mani (yang disimpan) dalam tempat yang kokoh (rahim). (14) kemudian air mani itu Kami jadikan segumpal darah, lalu segumpal darah itu Kami jadikan segumpal daging, dan segumpal daging itu Kami jadikan tulang belulang, lalu tulang belulang itu Kami bungkus dengan daging. kemudian Kami jadikan Dia makhluk yang (berbentuk) lain. Maka Maha sucilah Allah, Pencipta yang paling baik. (Al Mukminun 12-14)

Allah berfirman, “Dan sesungguhnya kami telah menciptakan manusia” maksudnya adalah nabi Adam AS. dari intisari tanah yang dikumpulkan lalu menjadi seperti tanah lumpur yang diayak kemudian keluar intisarinnya. Dari situlah Adam AS. diciptakan. Setelah itu ditiupkan ruh kedalamnya yang akhirnya menjadi seorang manusia yang sempurna. Dan diciptakan anak Adam AS. dari intisari unsur-unsur yang bermacam-macam, yang berubah menjadi sel sperma lalu berubah menjadi segumpal darah, kemudian segumpal daging menjadi tulang belulang yang dibungkus dengan daging dan akhirnya ditiup ruh kedalamnya dan

menjadi manusia lain setelah sebelum benda padat yang tidak ada ruhnyanya. (Syaih Abu bakar Jabir Al-Jazairi:2008)

Firman Allah yang menyebutkan bahwa “*dari segumpal daging kemudian menjadi tulang belulang yang dibungkus dengan daging dan akhirnya ditiup ruh kedalamnya..*” menegaskan bahwa tulang merupakan termasuk organ inti dari tubuh manusia yang tercipta pada awal pertumbuhan manusia.

Tulang adalah jaringan hidup yang membutuhkan perbaikan dan regenerasi secara konstan dan terus menerus untuk tetap menjaga kekuatannya. Setiap waktu, tulang mengalami pembongkaran dan diganti dengan sel tulang yang baru yang lebih kuat. Bila proses ini berlangsung secara seimbang maka struktur tulang akan terjaga kekuatannya.(Wirakusumah, 2008). Namun sebaliknya, jika proses tersebut tidak berjalan dengan seimbang, maka tulang akan menjadi rapuh dan beresiko terkena penyakit atau kelainan seperti osteoporosis, kanker tulang dan lain sebagainya.

Seiring berjalannya waktu, tubuh manusia akan berhenti masa pertumbuhannya. Dan ketika memasuki usia tua,tubuh manusia mengalami penurunan fungsi dan stamina bagian tubuh sehingga rentan terhadap resiko terjangkit penyakit atau kerusakan bagian tubuh tertentu. Allah berfirman dalam surat Maryam ayat 4:

قَالَ رَبِّ إِنِّي وَهَنَ الْعَظْمُ مِنِّي وَأَشْتَعَلَ الرَّأْسُ شَيْبًا وَلَمْ أَكُنْ

بِدُعَاؤِكَ رَبِّ شَقِيًّا ﴿٤﴾

(4)ia berkata "Ya Tuhanku, Sesungguhnya tulanku telah lemah dan kepalaku telah ditumbuhi uban, dan aku belum pernah kecewa dalam berdoa kepada Engkau, Ya Tuhanku.

Tafsir ayat diatas adalah nabi Zakariya AS. mengakui dalam doanya bahwa dia benar benar telah tua. Kondisi tua yang tidak dapat dielakkan lagi ialah bila tulang belulang telah mulai lemah. Sedang tulang adalah penguat seluruh tubuh. Jika tulang yang telah lemah, maka segala bagian tubuh lainnya juga tidak dapat bertahan lagi. Pandangan mata mulai kabur, dan gigi sebagai bagian dari tulang juga mulai rapuh. Dan rambut mulai beruban.(Hamka, 2000)

Menurut firman Allah surat Maryam ayat 4, kondisi kekuatan tulang manusia akan berkurang seiring bertambahnya usia (tua). Ketika kondisi tulang yang merupakan organ inti tubuh manusia berkurang, maka berpengaruh juga terhadap kondisi kekuatan organ tubuh yang lainnya juga seperti gigi. Semakin bertambah usia seorang manusia, kondisi kekuatan giginya pun juga mulai berkurang. Untuk itu, kita harus menjaga kesehatan tulang agar tidak mudah rapuh yang akhirnya dapat berpengaruh pada kesehatan organ tubuh yang lainnya.

Rasulullah S.A.W bersabda:

إِغْتَنِمَ خَمْسًا قَبْلَ خَمْسٍ: حَيَاتَكَ قَبْلَ مَوْتِكَ، وَصِحَّتَكَ قَبْلَ سُقْمِكَ، وَفَرَعَكَ قَبْلَ شُغْلِكَ، وَشَبَابَكَ قَبْلَ هَرَمِكَ وَغِنَاكَ قَبْلَ فَقْرِكَ (رواه البيهقي عن ابي عباس)

*“Rebutlah lima sebelum datang lima : hidup sebelum mati, kesehatan sebelum sakit, waktu terulang sebelum kesibukan, muda sebelum usia tua dan kekayaan sebelum miskin.” (Diriwayatkan oleh Baihaqi dan Ibnu Abas)*

Hadis tersebut mengandung pengertian bahwa kita harus dapat memanfaatkan dengan sebaik-baiknya lima kesempatan yang ada dan baik sebelum datang lima perkara yang menyakitkan. Lima kesempatan itu adalah masa muda sebelum masa tua, masa sehat sebelum masa sakit, masa kaya sebelum

masa fakir, masa hidup sebelum masa mati, dan waktu senggang sebelum datang kesibukan.

Kita sebagai makhluk yang diciptakan sempurna oleh Tuhan, tentu wajib bersyukur atas karunia Tuhan. Salah satu wujud bersyukur kita terhadap Tuhan yang maha pemberi nikmat adalah dengan menjaga apa yang telah dikaruniakan kepada kita. Seperti hadis yang diriwayatkan oleh Baihaqi dan Ibnu Abbas tentang merebut (waktu)lima sebelum datang (waktu) yang lima. Salah satunya adalah menjaga kesehatan sebelum terserang penyakit.



## BAB III

### DESAIN DAN PERANCANGAN

#### 3.1 Data Penelitian

Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah 100 citra *dental panoramic radiograph*. Sebelumnya data tersebut digunakan oleh peneliti Agus Zainal Arifin dan Akira Taguchi. Masyarakat yang diambil citra *dental panoramic radiograph*nya juga telah mengalami pemeriksaan *Bone Mineral Density* (BMD) tulang untuk mengetahui kerapatan massa tulangnya. Data hasil dari pemeriksaan BMD tulang tersebut akan digunakan dalam penelitian ini sebagai perbandingan hasil pengukuran citra *dental panoramic radiograph*.

Hasil dari perhitungan nilai pixel *Region of Interest*(RoI) dari citra *Dental Panoramic Radiograph* yang berjumlah 100 data, terdapat 54 data yang normal yaitu tidak osteoporosis atau sehat, 21 data yang osteopenia atau berpotensi osteoporosis, dan 25 data yang osteoporosis. Namun dalam penelitian ini, data hanya dibagi menjadi 2 golongan yaitu osteoporosis dan normal. Dengan catatan untuk kelompok osteopenia dimasukkan dalam kategori normal.

Data yang diambil sebagai variabel dalam penelitian ini adalah dari hasil penghitungan *Relative Bone Density* (RBD) berdasarkan *pixel intensity* tulang mandibula pada citra DPR. Langkah awal adalah menghitung nilai pixel 7 RoI pada 100 data gambar yang tersedia, yaitu  $RoI_{ra}$ ,  $RoI_A$ ,  $RoI_a$ ,  $RoI_H$ ,  $RoI_h$ ,  $RoI_F$ ,  $RoI_f$ . Hasil perhitungan nilai pixel tiap data terdapat pada lampiran 3.1. Setelah

data nilai pixel diperoleh, selanjutnya adalah menghitung index RoI ( $\rho$ ) berdasarkan penelitian Bozic dan Hren tahun 2005, yaitu :

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \frac{RoI_A}{RoI_{ra}}, \rho_2 = \frac{RoI_a}{RoI_{ra}}, \rho_3 = \frac{RoI_H}{RoI_{ra}}, \rho_4 = \frac{RoI_h}{RoI_{ra}}, \rho_5 \\ &= \frac{RoI_F}{RoI_{ra}}, \rho_6 = \frac{RoI_f}{RoI_{ra}}, \\ \rho_6 &= \frac{RoI_A}{RoI_a}, \rho_7 = \frac{RoI_H}{RoI_h}, \rho_8 = \frac{RoI_F}{RoI_f} \end{aligned} \quad 3.1$$

Setelah didapatkan data nilai pixel setiap RoI citra, data harus dikorelasikan dengan keputusan osteoporosis atau tidak suatu data dan dikorelasikan dengan data nilai BMD tulang untuk mencari variabel yang berhubungan dengan nilai BMD tulang. Nilai korelasinya adalah:

**Tabel 3.1** : nilai korelasi variabel terhadap nilai target *output*

RBD (index)	Korelasi RBD dengan ost LS	Korelasi RBD dengan nilai BMD
$\rho_1$	-0,012122604	0,054657279
$\rho_2$	0,011212845	-0,00215237
$\rho_3$	0,094305939	-0,055268234
$\rho_4$	0,045839229	-0,06506482
$\rho_5$	-0,101804985	-0,085268331
$\rho_6$	0,013066091	-0,079404534
$\rho_7$	0,025198615	-0,000986569
$\rho_8$	0,137349902	-0,04394196
$\rho_9$	0,234607911	-0,055250208

Berdasarkan nilai korelasi yang telah dilakukan, korelasi data index dengan OST\_LS lebih besar daripada korelasi dengan BMD, sehingga yang dipakai adalah korelasi data index RoI dengan OST\_LS. Pada korelasi tersebut nilai  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$ , dan  $\rho_9$  lebih mendekati nilai 1, sehingga lebih banyak hubungannya dengan nilai BMD tulang. Maka atas pertimbangan tersebut, variabel yang dipakai

pada perhitungan M-ANFIS adalah  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$ , dan  $\rho_9$ , karena index yang lain lebih kecil nilai korelasinya.

### 3.1.1 Data Testing

Data *testing* digunakan untuk menguji coba aplikasi yang telah dibuat dengan menghitung ketepatan hasil deteksi osteoporosis. Data testing yang digunakan dalam penelitian ini sejumlah 50 data yaitu diambil 50% dari jumlah data keseluruhan. Terdiri dari 50% data osteoporosis dan 50% data normal. Yaitu 12 data osteoporosis dan 38 data normal.

### 3.1.2 Data Training

Data *training* digunakan untuk melatih aplikasi yang dibuat dengan mendapatkan parameter premis yang selanjutnya akan digunakan dalam *testing* program. Data training yang digunakan dalam penelitian ini sejumlah 50 data yang diambil 50% dari jumlah data keseluruhan. Terdiri dari 50% data osteoporosis dan 50% data yang tidak osteoporosis. Yaitu 13 data osteoporosis dan 37 data normal. Berbeda dengan data *testing*, pada data *training* keputusan osteoporosis atau tidaknya suatu data dimasukkan ke dalam perhitungan metode sebagai target *output*.

## 3.2 Skenario Penelitian

Pada penelitian ini akan dibangun aplikasi Deteksi dini osteoporosis melalui *Region of Interest (RoI)* tulang mandibula dengan metode Mamdani *Adaptif Neuro Fuzzy Infrence System*. *RoI* merupakan singkatan dari *Region of Interest* yang memiliki arti ‘daerah yang diperlukan’ baik dipilih secara grafis maupun manual menurut kebutuhan penelitian. Fitur ini menjadi sangat penting, apabila terdapat

bagian tertentu dari citra digital yang dirasakan lebih penting dari bagian lainnya. Dalam penelitian ini input berupa data nilai pixel *RoI* dari citra dental panoramik radiograf pada tulang mandibula.



**Gambar 3.1** : Tampilan skematis dari *Region of Interest (RoI)*. (Sumber : Bozic, 2005)

Gambar 3.1 merupakan tampilan *RoI* daerah *dental panoramic radiograph* dari tulang mandibula yang diperlukan untuk dihitung nilai pixelnya. Terdapat 7 *RoI* dari tulang mandibula pada citra dental panoramik radiograph yang dihitung nilai pixelnya. 7 *Region of Interest* tersebut adalah dari  $ROI_{ra}$ ,  $ROI_A$ ,  $ROI_a$ ,  $ROI_H$ ,  $ROI_h$ ,  $ROI_F$ ,  $ROI_f$ . Penghitungan pixel menggunakan matlab 7.0. Dengan melakukan *crop RoI* terlebih dahulu. Kemudian menjumlahkan pixel dibagi dengan luas daerah *RoI*.

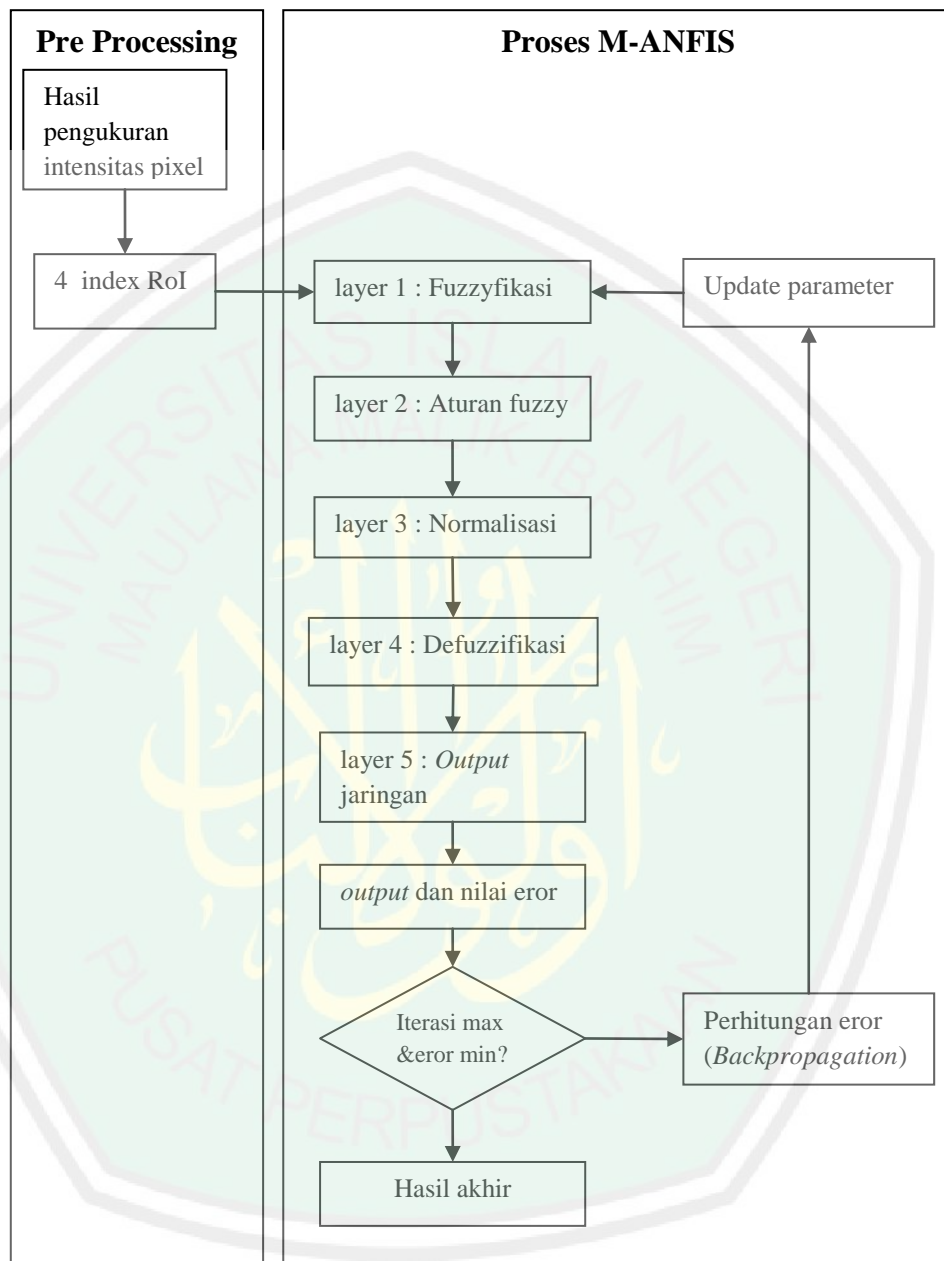
Nilai RBD *RoI* ( $\rho$ ) diperoleh dari perhitungan nilai pixel pada setiap 7 *Region of Interest*. Kemudian diproses menjadi 9 nilai RBD *RoI*, antara lain  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\rho_3$ ,  $\rho_4$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_6$ ,  $\rho_7$ ,  $\rho_8$ ,  $\rho_9$  berdasarkan penentuan nilai RBD *RoI* ( $\rho$ ) (persamaan 3.1). (Bozic, 2005)

Selanjutnya dari ketujuh variabel yang didapat dari perhitungan RoI gambar, dihitung nilai korelasinya terhadap keputusan osteoporosis atau tidaknya setiap data. 4 nilai variabel yang mempunyai korelasi lebih besar dengan OST\_LS yang akan diolah dalam metode penelitian ini. 4 variabel tersebut ialah  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$ , dan  $\rho_9$ .

Keempat variabel tersebut berupa nilai *crisp* yang akan difuzzykan sebagai inputan yang selanjutnya akan dimasukkan kedalam aturan-aturan(*rule*) yang telah dibuat untuk menghasilkan output yang diinginkan tetapi masih dalam bentuk *fuzzy output*. Proses selanjutnya adalah defuzzifikasi untuk merubah *fuzzy output* kedalam bentuk *crisp output*.

Pada langkah balik digunakan metode EBP(*Error Backpropagation*) untuk menghitung nilai kesalahan(*error*) yang terkecil di setiap layer kemudian mengupdate parameter ANFIS. Algoritma hybrid akan mengatur parameter-parameter secara maju (*forward*) dan secara mundur (*Backward*). Pada langkah maju(*forward*), input jaringan akan merambat maju sampai pada lapisan keempat, dimana parameter akan diidentifikasi dengan menggunakan metode *least-square*.

Pada gambar 3.2 terdapat proses utama dan proses sebelum masuk ke dalam proses algoritma. Dalam pra proses utama, input berupa nilai pixel dari masing-masing  $RoI_{ra}$ ,  $RoI_H$ ,  $RoI_h$ ,  $RoI_F$ ,  $RoI_f$ . Kemudian diproses menjadi 4 index RBD  $RoI(\rho)$ , antara lain  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$ ,  $\rho_9$ .



**Gambar 3.2** : Blok diagram desain sistem aplikasi

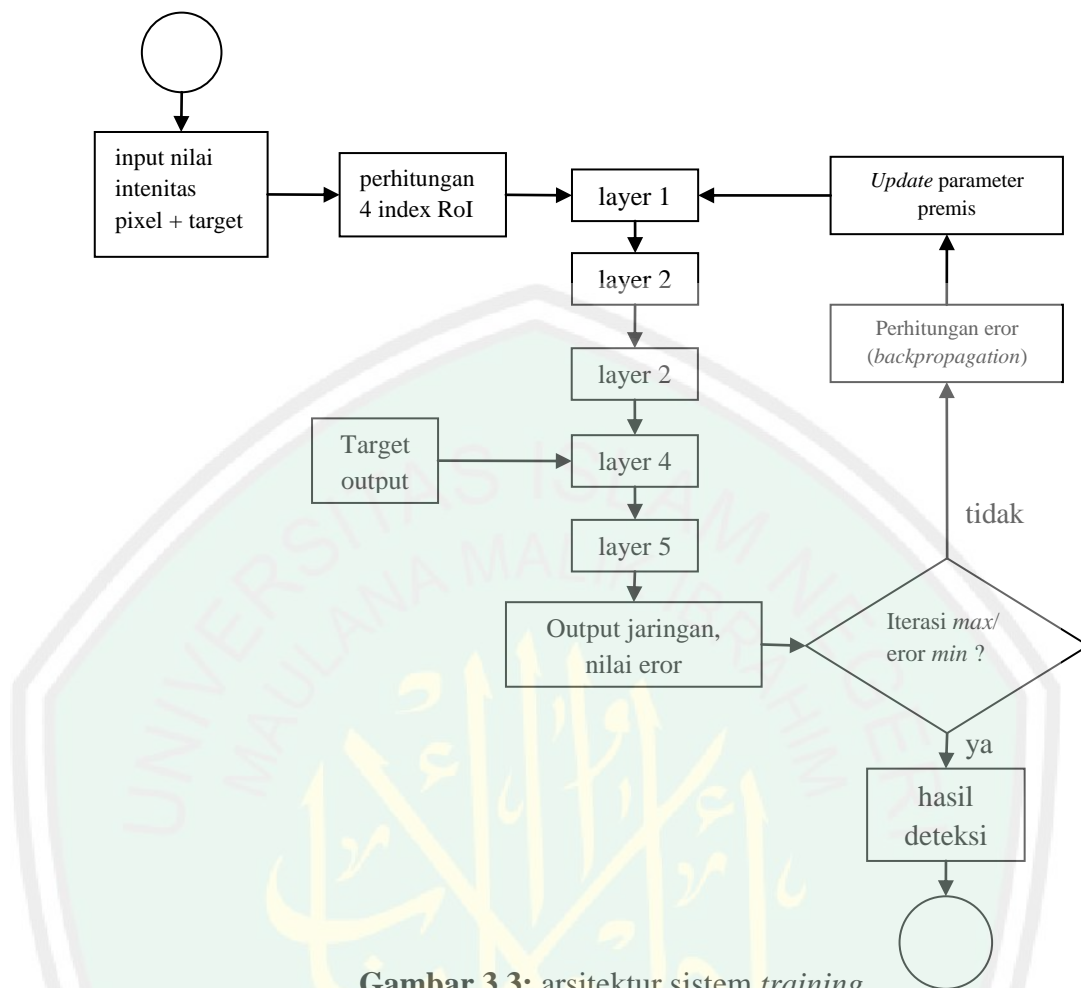
Pada gambar 3.2 terdapat proses utama dan proses sebelum masuk ke dalam proses algoritma. Dalam pra proses utama, input berupa nilai pixel dari masing-masing  $RoI_{ra}$ ,  $RoI_H$ ,  $RoI_h$ ,  $RoI_F$ ,  $RoI_f$ . Kemudian diproses menjadi 4 index RBD  $RoI(\rho)$ , antara lain  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$ ,  $\rho_9$ .

Kemudian setelah diperoleh nilai  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$ ,  $\rho_9$  sebagai variabel input untuk proses utama yaitu proses perhitungan algoritma M ANFIS. Setelah diproses, hasil yang diperoleh dihitung nilai erornya menggunakan model propagasi error. Hingga ditemukan hasil terbaik yaitu hasil yang mempunyai nilai eror yang paling sedikit.

Ada 2 jenis proses dalam aplikasi ini, yaitu *training* dan *testing*. Pada proses *training*, data yang digunakan adalah data *input* dan data *output*. Dalam proses *training* juga terdapat alur mundur untuk memperbaharui parameter premis. Sedangkan pada proses *testing*, hanya melakukan 1 kali alur maju saja untuk mendapatkan *output* serta nilai eror yang terjadi.

a. *Proses Training*

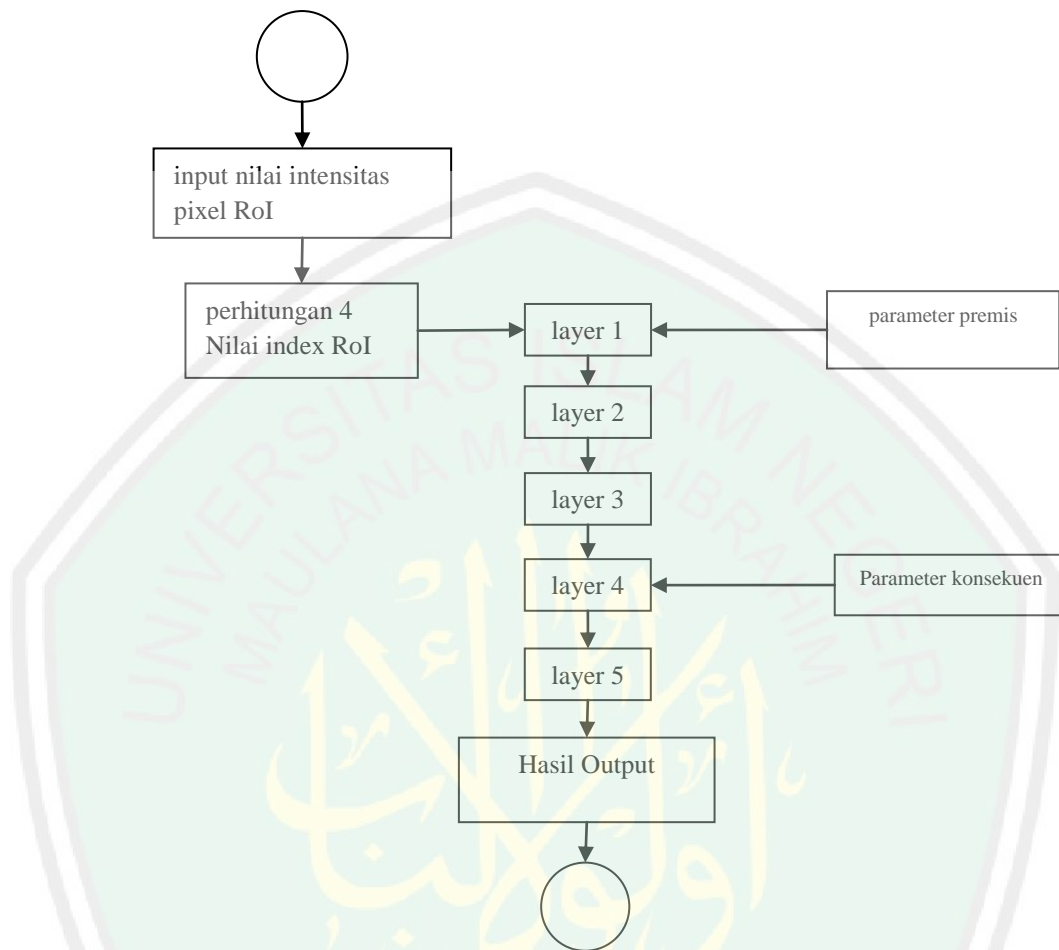
Pada proses *training*, inputnya adalah 5 nilai pixel suatu data dan target output data. Input tersebut diolah lagi hingga menghasilkan 4 variabel RBD RoI ( $\rho$ ) yang menjadi variabel input dalam metode M-ANFIS. Pada alur maju, diperoleh parameter premis yang kemudian disimpan dalam database agar dapat dipanggil kembali ketika akan digunakan kembali untuk perhitungan dalam pengulangan selanjutnya. Output perhitungan dari alur maju tersebut dibandingkan dengan target output yang diinputkan sebelumnya dan dihitung nilai erornya pada saat perhitungan alur balik.



**Gambar 3.3:** arsitektur sistem *training*

b. *Proses Testing*

Proses testing hampir sama dengan proses training, namun input yang dimasukkan hanya 5 nilai pixel RoI tanpa sebuah target output. 4 nilai tersebut diproses menjadi 4 nilai RBD RoI yang menjadi variabel input dalam proses M-ANFIS. Pada layer 1 nilai dari parameter premis akan diambil dari *database*. Parameter konsekuen tetap dihitung dengan *Least-Squares Estimation* (LSE). Setelah melalui proses ANFIS, sistem akan mengeluarkan hasil apakah inputan terdeteksi osteoporosis atau tidak. Kemudian dilakukan proses alur undur untuk mengupdate nilai dari parameter premis yang akan digunakan untuk data selanjutnya.



**Gambar 3.4** : Blok diagram *testing* M-ANFIS

### 3.3 Pembuatan Aplikasi

Perancangan dan desain aplikasi ini diimplementasikan pada bahasa pemrograman Java dan menggunakan database MySQL. Software yang digunakan untuk membangun aplikasi ini adalah Netbeans IDE 7.0.1.

#### 3.3.1 Desain Input

Pada proses *training*, Input (masukan) yang digunakan adalah id, 7 nilai pixel dari 7 RoI (Region of Interest) pada bagian tulang mandibula citra *Dental Panoramic Radiograph*(DPR) untuk menghasilkan output (keluaran) yang diharapkan. Sedangkan pada proses *testing*, inputnya adalah 7 nilai pixel dari 7

RoI(Region Of Interest) pada bagian tulang mandibula citra *Dental Panoramic Radiograph*(DPR) dan id. Tanpa memasukkan *output* yang diharapkan seperti pada proses *training*.

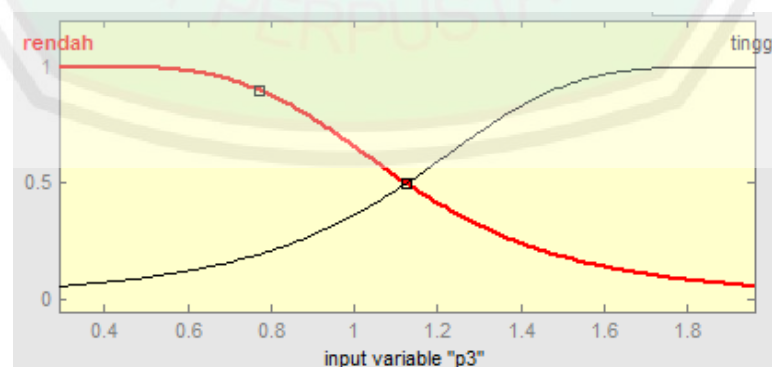
### 3.3.2 Desain Output

*Output* (keluaran) dari aplikasi ini adalah informasi keputusan dari data yang dimasukkan tersebut termasuk osteoporosis atau tidak. Selain itu, informasi yang dihasilkan adalah jumlah eror dari setiap pemrosesan data. *Output* diperoleh dari hasil perhitungan metode M-ANFIS yaitu keluaran layer 5 atau penjumlahan dari neuron-neuron pada layer 4. Hasil perhitungan yang kurang dari 1 maka hasilnya adalah osteoporosis. Sedangkan jika hasilnya lebih dari 1 maka hasilnya adalah normal.

### 3.3.3 Desain Fuzzy

Terdapat 4 variabel sebagai masukan sistem. Tiap-tiap variabel dibagi menjadi 2 parameter. Yaitu : rendah dan tinggi.

Parameter untuk variabel  $\rho_3$  adalah:



**Gambar 3.5** : Fungsi keanggotaan  $\rho_3$

Bell (x; a, b, c)

Dengan :

$x = \text{input data}$

$a = \text{lebar MF}$

$b = \text{pengendalian slopes untuk titik crossover}$

$c = \text{pusat MF}$

Persamaan fungsi keanggotaan adalah :

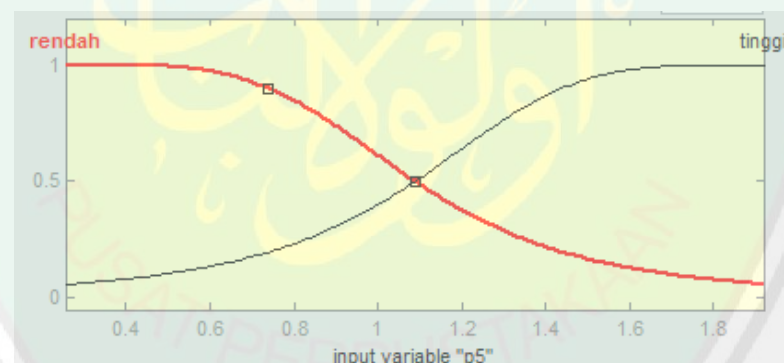
Rendah : bell  $\{x; 0,837, 1, 1,96\}$

Tinggi : bell  $\{x; 0,837, 1, 0,29\}$

Fungsi keanggotaan untuk variabel  $\rho_3$  dimulai dari 0,292 hingga 1,959

Data terendah 0,292 dan data tertinggi 1,959.

Parameter untuk variabel  $\rho_5$  :



**Gambar 3.6** : Fungsi keanggotaan  $\rho_5$

Persamaan fungsi keanggotaan adalah:

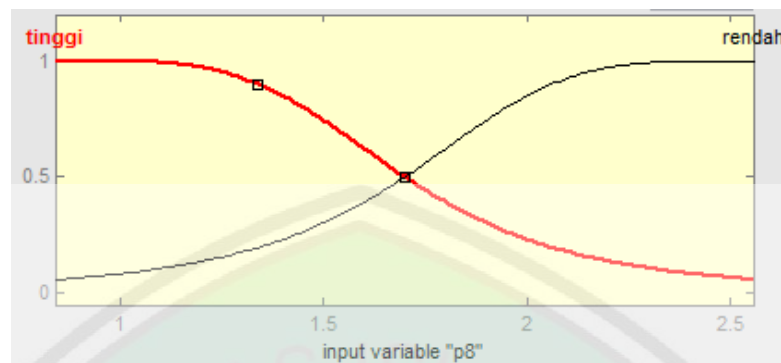
Rendah : bell  $\{x; 0,676, 1, 1,919\}$

Tinggi : bell  $\{x; 0,676, 1, 0,26\}$

Fungsi keanggotaan untuk variabel  $\rho_5$  dimulai dari 0,263 hingga 1,919.

Data terendah 0,263 dan data tertinggi 1,919.

Parameter untuk variabel  $\rho_8$  :



**Gambar 3.7** : Fungsi keanggotaan  $\rho_8$

Persamaan fungsi keanggotaan adalah:

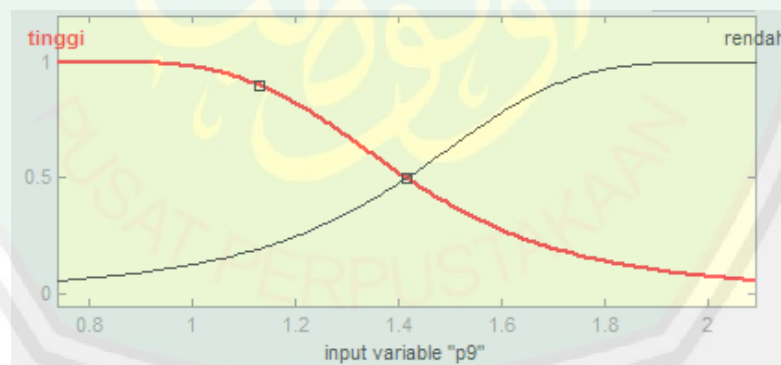
Rendah : bell {x; 1,347, 1, 0,845}

Tinggi : bell {x; 1,347, 1, 2,555}

Fungsi keanggotaan untuk variabel  $\rho_8$  dimulai dari 0,845 hingga 2,555.

Data terendah 0,845 dan data tertinggi 1,2,555.

Parameter untuk variabel  $\rho_9$  :



**Gambar 3.8** : Fungsi Keanggotaan  $\rho_9$

Persamaan fungsi keanggotaan adalah:

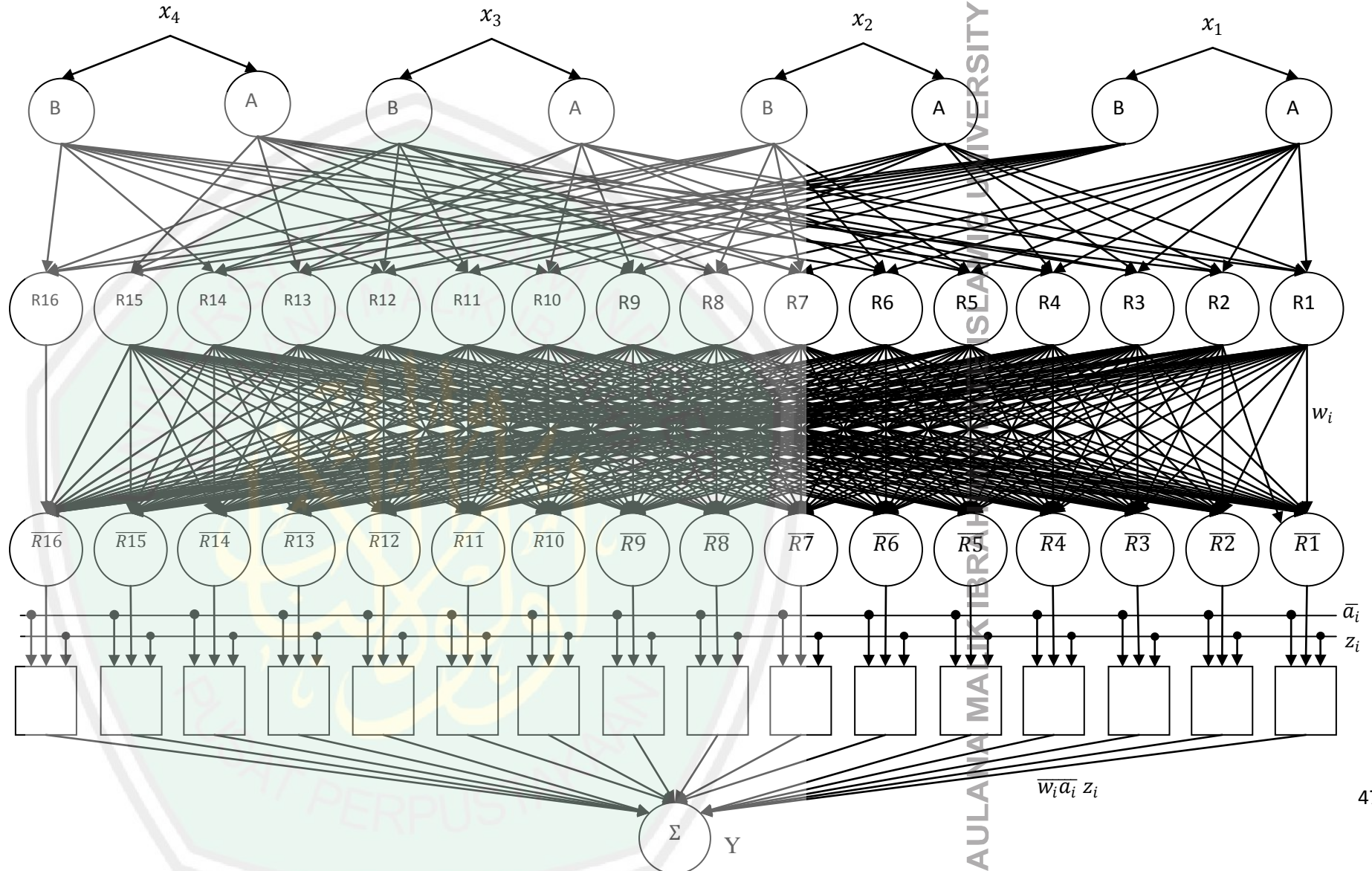
Rendah : bell {x; 1,214, 1, 1,033}

Tinggi : bell {x; 1,214, 1, 1,447}

Fungsi keanggotaan untuk variabel  $\rho_9$  dimulai dari 0,744 hingga 2,093.

Data terendah 0,744 dan data tertinggi 2,093.

**3.3.4 M-Anfis (Mamdani Adaptive Neuro Fuzzy Inference System)**



**Gambar 3.9 :** Arsitektur Jaringan M-ANFIS dengan 4 masukan(input), 16 aturan(rule) dan 1 keluaran (output)

Arsitektur jaringan M-ANFIS yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang terlihat dalam gambar 3.9, yaitu 4 masukan dengan 16 aturan serta 1 keluaran. Pada proses alur maju, terdapat 5 layer yaitu layer 1 sebagai fuzzifikasi, layer 2 sebagai tahap aturan fuzzy, layer 3 sebagai tahap normalisasi, layer 4 sebagai proses defuzzifikasi, dan layer 5 adalah tahap hasil keluaran(*output*) jaringan. Selanjutnya pada alur mundur menggunakan algoritma *backpropagation* sebagai pembelajarannya.

Penelitian ini menggunakan 16 aturan sesuai dengan basis Mamdani untuk 4 buah variabel masukan. 16 aturan tersebut adalah :

1. if  $x_1$  is  $A_1$ ,  $x_2$  is  $B_1$ ,  $x_3$  is  $C_1$ , and  $x_4$  is  $D_1$  then  $y_1 = \overline{w_1 a_1} z_1$
2. if  $x_1$  is  $A_1$ ,  $x_2$  is  $B_1$ ,  $x_3$  is  $C_1$ , and  $x_4$  is  $D_2$  then  $y_2 = \overline{w_2 a_2} z_2$
3. if  $x_1$  is  $A_1$ ,  $x_2$  is  $B_1$ ,  $x_3$  is  $C_2$ , and  $x_4$  is  $D_1$  then  $y_3 = \overline{w_3 a_3} z_3$
4. if  $x_1$  is  $A_1$ ,  $x_2$  is  $B_1$ ,  $x_3$  is  $C_2$ , and  $x_4$  is  $D_2$  then  $y_4 = \overline{w_4 a_4} z_4$
5. if  $x_1$  is  $A_1$ ,  $x_2$  is  $B_2$ ,  $x_3$  is  $C_1$ , and  $x_4$  is  $D_1$  then  $y_5 = \overline{w_5 a_5} z_5$
6. if  $x_1$  is  $A_1$ ,  $x_2$  is  $B_2$ ,  $x_3$  is  $C_1$ , and  $x_4$  is  $D_2$  then  $y_6 = \overline{w_6 a_6} z_6$
7. if  $x_1$  is  $A_1$ ,  $x_2$  is  $B_2$ ,  $x_3$  is  $C_2$ , and  $x_4$  is  $D_1$  then  $y_7 = \overline{w_7 a_7} z_7$
8. if  $x_1$  is  $A_1$ ,  $x_2$  is  $B_2$ ,  $x_3$  is  $C_2$ , and  $x_4$  is  $D_2$  then  $y_8 = \overline{w_8 a_8} z_8$
9. if  $x_1$  is  $A_2$ ,  $x_2$  is  $B_1$ ,  $x_3$  is  $C_1$ , and  $x_4$  is  $D_1$  then  $y_9 = \overline{w_9 a_9} z_9$
10. if  $x_1$  is  $A_2$ ,  $x_2$  is  $B_1$ ,  $x_3$  is  $C_1$ , and  $x_4$  is  $D_2$  then  $y_{10} = \overline{w_{10} a_{10}} z_{10}$
11. if  $x_1$  is  $A_2$ ,  $x_2$  is  $B_1$ ,  $x_3$  is  $C_2$ , and  $x_4$  is  $D_1$  then  $y_{11} = \overline{w_{11} a_{11}} z_{11}$
12. if  $x_1$  is  $A_2$ ,  $x_2$  is  $B_1$ ,  $x_3$  is  $C_2$ , and  $x_4$  is  $D_2$  then  $y_{12} = \overline{w_{12} a_{12}} z_{12}$
13. if  $x_1$  is  $A_2$ ,  $x_2$  is  $B_2$ ,  $x_3$  is  $C_1$ , and  $x_4$  is  $D_1$  then  $y_{13} = \overline{w_{13} a_{13}} z_{13}$
14. if  $x_1$  is  $A_2$ ,  $x_2$  is  $B_2$ ,  $x_3$  is  $C_1$ , and  $x_4$  is  $D_2$  then  $y_{14} = \overline{w_{14} a_{14}} z_{14}$

15. if  $x_1$  is  $A_2$ ,  $x_2$  is  $B_2$ ,  $x_3$  is  $C_2$ , and  $x_4$  is  $D_1$  then  $y_{15} = \overline{w_{15}a_{15}}z_{15}$

16. if  $x_1$  is  $A_2$ ,  $x_2$  is  $B_2$ ,  $x_3$  is  $C_2$ , and  $x_4$  is  $D_2$  then  $y_{16} = \overline{w_{16}a_{16}}z_{16}$

Dimana  $x_1$  adalah  $\rho_3$ ,  $x_2$  adalah  $\rho_5$ ,  $x_3$  adalah  $\rho_8$ ,  $x_4$  adalah  $\rho_9$  dan  $y$  adalah target output.  $a_i$  adalah daerah hasil dan  $z_i$  adalah *center of the concequent MFs*.

### 3.3.5 Desain database

#### a. Tabel Index RoI

Tabel index RoI digunakan untuk menyimpan nilai index RoI  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$ ,  $\rho_9$ , target output, nilai output dan nilai error. Struktur tabel Index RoI adalah:

**Tabel 3.2:** struktur tabel Index

Nama field	Tipe	Keterangan
id_gambar	int(3)	-
ptiga	double	-
plima	double	-
pdelapan	double	-
psembilan	double	-
target_output	varchar(6)	-
hasil_deteksi	double	-
nilai_error	double	-

#### b. Tabel Premis

Tabel premis ini digunakan untuk menyimpan nilai parameter premis pada saat alur mundur, dan dapat diupdate kembali pada saat alur maju. Struktur tabel premis ini adalah:

**Tabel 3.3:** Struktur tabel premis

Nama field	Tipe	Keterangan
id_dpr	int(3)	-
a11	double	-
a12	double	-
a13	double	-
a14	double	-
a21	double	-
a22	double	-
a23	double	-
a24	double	-
a31	double	-
a32	double	-
a33	double	-
a34	double	-
a41	double	-
a42	double	-
a43	double	-
a44	double	-
c11	double	-
c12	double	-
c13	double	-
c14	double	-
c21	double	-
c22	double	-
c23	double	-
c24	double	-
c31	double	-
c32	double	-
c33	double	-
c34	double	-
c41	double	-
c42	double	-
c42	double	-
c43	double	-

### 3.3.6 Desain Interface

Aplikasi ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman *java* dan menggunakan IDE Netbeans 7.0.1 dan JDK 1.6.0. Aplikasi terdiri dari 3 tab dalam 1 form, yaitu 1 tab awal, 1 tab *training* dan 1 tab *testing*.

#### a) Tab Awal

Tab awal ini berisi informasi tentang aplikasi ini. Mulai dari nama hingga informasi untuk tab *training* dan tab *testing*. Tampilan tab awal seperti ditunjukkan dalam gambar 3.10.

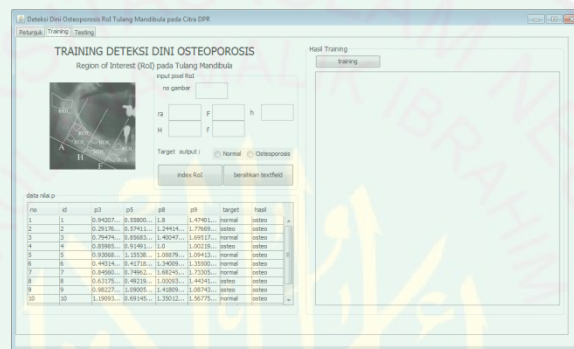


Gambar 3.10 : Tab awal

#### b) Tab *Training*

Pada tab *training* terdapat 6 *textfield* yang berfungsi untuk memasukkan nilai pixel daerah ROI  $r_a$ , ROI  $H$ , ROI  $h$ , ROI  $F$  dan ROI  $f$ , dan *radiobutton* untuk memilih target normal atau osteoporosis. Tombol index ROI untuk memproses perhitungan index ROI kemudian memasukkannya ke dalam *database* dan tombol bersihkan *textfield* untuk mengembalikan keadaan *textfield* dan *radiobutton* dalam keadaan normal setelah memasukkan data. Selanjutnya terdapat tabel index ROI, tabel ini memberikan informasi nilai index ROI yang

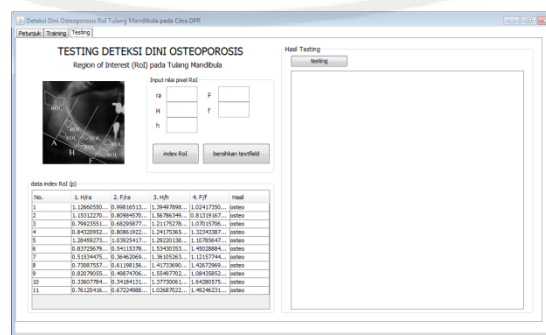
telah dihasilkan dari proses perhitungan index RoI. Kemudian tombol *training* berfungsi untuk perhitungan metode M-ANFIS dalam pembelajaran sistem. Kemudian hasil dari perhitungan tersebut ditampilkan pada *text area* di sisi sebelah kanan *interface* sistem. Tampilan tab *training* seperti terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 : Tab *training*

c) Tab *Testing*

Tab testing ini hampir sama dengan tab *training*. Terdapat *textfield* untuk memasukkan nilai pixel ROI. Namun tidak terdapat *radiobutton* untuk memasukkan target osteoporosis dan normal. Tampilan tab *testing* seperti dalam gambar 3.12.



Gambar 3.12 : Tab *testing*

### 3.4 Perhitungan M-ANFIS

Nilai hasil perhitungan index RoI yaitu  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$  dan  $\rho_9$ , digunakan sebagai variabel untuk perhitungan metode M-ANFIS.

#### 3.4.1 Lapisan 1 (Layer 1)

Dalam lapisan pertama ini terdapat proses fuzzifikasi. Proses fuzzifikasi adalah proses perubahan masukan variabel fuzzy menjadi peubah fuzzy yang disajikan dalam bentuk hmpunan-himpunan fuzzy dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing. Dalam fuzzifikasi ini menggunakan rumus fungsi bell:

$$\mu_{t_i}(x_i) = \frac{1}{1 + \left| \left( \frac{x - c_i}{a_i} \right)^2 \right|^{b_i}} = bell(x; a, b, c) \quad (3.2)$$

Dengan :

t= A,B,C,D

(a ,c) = parameter premis

x = *input data*

a = lebar MF

b = pengendalian slopes untuk titik crossover

c = pusat MF

Persamaan untuk mencari nilai a/ lebar *membership function*(MF) adalah :

$$a_{x_i} = (\max_{x_i} - \min_{x_i})/2 \quad (3.3)$$

$$\max_{x_1} = 1.956 \quad \min_{x_1} = 0.0195$$

$$\max_{x_2} = 1.614 \quad \min_{x_3} = 0.016$$

$$\max_{x_3} = 2.55 \quad \min_{x_3} = 0.98$$

$$\max_{x_4} = 2.069 \quad \min_{x_4} = 0.84$$

Sehingga:

$$a_{x_1} = 0.968 \quad a_{x_2} = 0.798 \quad a_{x_3} = 0.784 \quad a_{x_4} = 0.6129$$

Nilai c diambil dari nilai minimum dan maximum tiap variabel yang dimasukkan.

$$\mu_{A_1}(0.94) = \frac{1}{1 + \left| \left( \frac{0.94 - 1.95}{0.837} \right)^2 \right|^1} = \text{bell} \{x; 0.837, 1, 1.95\} = 0.52$$

$$\mu_{A_2}(0.94) = \frac{1}{1 + \left| \left( \frac{0.94 - 0.0195}{0.837} \right)^2 \right|^1} = \text{bell} \{x; 0.837, 1, 0.0195\} = 0.47$$

$$\mu_{B_1}(0.558) = \frac{1}{1 + \left| \left( \frac{0.558 - 1.614}{0.676} \right)^2 \right|^1} = \text{bell} \{x; 0.676, 1, 1.614\} = 0.68$$

$$\mu_{B_2}(0.558) = \frac{1}{1 + \left| \left( \frac{0.558 - 0.0164}{0.676} \right)^2 \right|^1} = \text{bell} \{x; 0.676, 1, 0.0164\} = 0.36$$

$$\mu_{C_1}(1.8) = \frac{1}{1 + \left| \left( \frac{1.8 - 0.985}{1.347} \right)^2 \right|^1} = \text{bell} \{x; 1.347, 1, 0.985\} = 0.48$$

$$\mu_{C_2}(1.8) = \frac{1}{1 + \left| \left( \frac{1.8 - 2.554}{1.347} \right)^2 \right|^1} = \text{bell} \{x; 1.347, 1, 2.554\} = 0.519$$

$$\mu_{D_1}(1.47) = \frac{1}{1 + \left| \left( \frac{1.47 - 0.84}{1.214} \right)^2 \right|^1} = \text{bell} \{x; 1.214, 0.84\} = 0.48$$

$$\mu_{D_2}(1.47) = \frac{1}{1 + \left| \left( \frac{1.47 - 2.069}{1.214} \right)^2 \right|^1} = \text{bell} \{x; 1.214, 1, 2.069\} = 0.514$$

*Pseudocode:*

```

//fungsi layer 1
input:x1,x2,x3,x4
input:b
input:a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7,a8,c1,c2,c3,c4,c5,c6,c7,c8
for i←1 TO 50
x = [i]
miuA1[i] ← 1/(1+abs((x1-c1)/a1)^2)*b
miuA2[i] ← 1/(1+abs((x1-c2)/a2)^2)*b
miuB1[i] ← 1/(1+abs((x2-c3)/a3)^2)*b
miuB2[i] ← 1/(1+abs((x2-c4)/a4)^2)*b
miuC1[i] ← 1/(1+abs((x3-c5)/a5)^2)*b
miuC2[i] ← 1/(1+abs((x3-c6)/a6)^2)*b
miuD1[i] ← 1/(1+abs((x4-c7)/a7)^2)*b
miuD2[i] ← 1/(1+abs((x4-c8)/a8)^2)*b
next i
//output
return miuA1[i], miuA2[i], miuB1[i], miuB2[i], miuC1[i], miuC2[i],
miuD1[i], miuD2[i]

```

**3.4.2 Lapisan 2 (Layer 2)**

Setiap neuron pada lapisan ini merupakan neuron yang mempunyai bobot tetap. Outputnya merupakan hasil dari nilai-nilai masukan neuron. Rumus pada lapisan kedua adalah sebagai berikut :

$$w_i = \mu_{A_i}(x_1) \mu_{B_i}(x_2) \mu_{C_i}(x_3) \mu_{D_i}(x_4) \quad (3.4)$$

Sehingga, hasil perhitungan lapisan 2 ini adalah :

$$\begin{aligned}
 w_1 &= 0.046 & w_2 &= 0.0437 & w_3 &= 0.0429 & w_4 &= 0.0406 \\
 w_5 &= 0.087 & w_6 &= 0.082 & w_7 &= 0.0809 & w_8 &= 0.076 \\
 w_9 &= 0.0509 & w_{10} &= 0.048 & w_{11} &= 0.047 & w_{12} &= 0.0446 \\
 w_{13} &= 0.0959 & w_{14} &= 0.0906 & w_{15} &= 0.0889 & w_{16} &= 0.084
 \end{aligned}$$

*Pseudocode:*

```

fungsi layer 2
input: miuA1[i], miuA2[i], miuB1[i], miuB2[i], miuC1[i], miuC2[i],
miuD1[i], miuD2[i]
for i←1 to 50
x = [i]
w1[i] ← miuA2[i]*miuB2[i]*miuC2[i]*miuD2[i]
w2[i] ← miuA2[i]*miuB2[i]*miuC2[i]*miuD1[i]

```

```

w3[i] ← miuA2[i] * miuB2[i] * miuC1[i] * miuD2[i]
w4[i] ← miuA2[i] * miuB2[i] * miuC1[i] * miuD1[i]
w5[i] ← miuA2[i] * miuB1[i] * miuC2[i] * miuD2[i]
w6[i] ← miuA2[i] * miuB1[i] * miuC2[i] * miuD1[i]
w7[i] ← miuA2[i] * miuB2[i] * miuC2[i] * miuD2[i]
w8[i] ← miuA2[i] * miuB1[i] * miuC1[i] * miuD1[i]
w9[i] ← miuA1[i] * miuB2[i] * miuC2[i] * miuD2[i]
w10[i] ← miuA1[i] * miuB2[i] * miuC2[i] * miuD1[i]
w11[i] ← miuA1[i] * miuB2[i] * miuC1[i] * miuD2[i]
w12[i] ← miuA1[i] * miuB2[i] * miuC1[i] * miuD1[i]
w13[i] ← miuA1[i] * miuB1[i] * miuC2[i] * miuD2[i]
w14[i] ← miuA1[i] * miuB1[i] * miuC2[i] * miuD1[i]
w15[i] ← miuA1[i] * miuB1[i] * miuC1[i] * miuD2[i]
w16[i] ← miuA1[i] * miuB1[i] * miuC1[i] * miuD1[i]
next i
//output
return w1[i], w2[i], w3[i], w4[i], w5[i], w6[i], w7[i], w8[i], w9[i]
      , w10[i], w11[i], w12[i], w13[i], w14[i], w15[i], w16[i]

```

### 3.4.3 Lapisan 3 (Layer 3)

Setiap neuron pada lapisan ketiga berupa node tetap yang merupakan hasil perhitungan rasio dari a predikat (w), dari aturan ke-i terhadap jumlah dari keseluruhan predikat a. Hasil pada lapisan ini dikenal dengan nama *normalised firing strength*. Rumusnya adalah :

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + \dots + w_{16}} \quad (3.5)$$

Hasil dari perhitungan lapisan ke-3 ini adalah:

$$\begin{aligned} \bar{w}_1 &= 0.044 & \bar{w}_2 &= 0.0416 & \bar{w}_3 &= 0.0408 & \bar{w}_4 &= 0.0386 \\ \bar{w}_5 &= 0.082 & \bar{w}_6 &= 0.078 & \bar{w}_7 &= 0.076 & \bar{w}_8 &= 0.0727 \\ \bar{w}_9 &= 0.048 & \bar{w}_{10} &= 0.0457 & \bar{w}_{11} &= 0.0449 & \bar{w}_{12} &= 0.0424 \\ \bar{w}_{13} &= 0.091 & \bar{w}_{14} &= 0.086 & \bar{w}_{15} &= 0.0846 & \bar{w}_{16} &= 0.0799 \end{aligned}$$

*Pseudocode:*

```

Fungsi layer 3
input wtotal, w1, w2, w3, w4, w5, w6, w7, w8, w9, w10, w11, w12, w13, w14, w15,
      w16

```

```

wtotal = wbar1+wbar2+wbar3+wbar4+wbar5+wbar6+wbar7+wbar8+wbar9+
        wbar10+wbar11+wbar12+wbar13+wbar14+wbar15+wbar16
for x ← 1 TO 50
x = [i]
wbar1[i] ← w1/wtotal
wbar2[i] ← w2/wtotal
wbar3[i] ← w3/wtotal
wbar4[i] ← w4/wtotal
wbar5[i] ← w5/wtotal
wbar6[i] ← w6/wtotal
wbar7[i] ← w7/wtotal
wbar8[i] ← w8/wtotal
wbar9[i] ← w9/wtotal
wbar10[i] ← w10/wtotal
wbar11[i] ← w11/wtotal
wbar12[i] ← w12/wtotal
wbar13[i] ← w13/wtotal
wbar14[i] ← w14/wtotal
wbar15[i] ← w15/wtotal
wbar16[i] ← w16/wtotal
next i
// output
return wbar1[i], wbar2[i], wbar3[i], wbar4[i], wbar5[i], wbar6[i],
        wbar7[i], wbar8[i], wbar9[i], wbar10[i], wbar11[i], wbar12[i],
        wbar13[i], wbar14[i], wbar15[i], wbar16[i]

```

#### 3.4.4 Lapisan 4 (Layer 4)

Setiap neuron pada lapisan keempat ini merupakan node adaptif terhadap suatu output. Rumus yang digunakan dalam lapisan 4 ini adalah sebagai berikut:

$$f_i = \overline{w_i} a_i z_i, i = 1, 2, \dots, 16 \quad (3.6)$$

dengan  $\overline{w_i}$  merupakan *normalised firing strength* pada lapisan ketiga dan konsekuensi parameter  $a_i$ ,  $z_i$  adalah area dan pusat konsekuensi MFs.

Namun sebelumnya harus dicari nilai dari  $a_i$  luas area dan  $z_i$  momen.

$$a_i = \frac{\mu_{t_i}(x_i) * b_i}{2} \quad (3.7)$$

$$z_i = \frac{a_i}{\int_z \mu(z) dz} \quad (3.8)$$

Untuk mendapatkan nilai awal dari parameter konsekuen  $a$  dan  $z$ , maka digunakan matriks  $A$  sebagai berikut :

$$A = \begin{bmatrix} \left( \frac{a_i}{a_1 + \dots + a_{13}} \right)_1 & z_i \\ \vdots & \vdots \\ \left( \frac{a_i}{a_1 + \dots + a_{13}} \right) & z_i \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

Parameter konsekuen dari matriks  $A$  didapatkan dengan metode LSE (*Least Square Estimator*) dengan target output  $y$  menggunakan persamaan berikut:

$$\theta = (A^T A)^{-1} A^T y \quad (3.10)$$

Selanjutnya didapatkan parameter konsekuen dengan matriks :

$$\theta = \begin{bmatrix} a_1 \\ z_1 \\ \vdots \\ a_{16} \\ z_{16} \end{bmatrix}$$

Hasil dari persamaan 3.7 adalah nilai  $a$  dan  $z$  seperti dalam tabel berikut :

**Tabel 3.4 :** Nilai parameter konsekuen

No	$a$	$z$	No	$a$	$z$
1	88.67	-28.879	9	-128.15	44.4
2	-10.5	-8.9	10	10.36	-4.8
3	-1.7	-30.38	11	27.75	38.7
4	-1.63	8.37	12	-1.39	-3.78
5	13.9	-4.39	13	26.1	-9.2
6	-1.8	35.6	14	-1.9	-19.28
7	-1.6	-17.9	15	-4.14	1.102
8	-1.44	-3.8	16	-7.48	5.87

Selanjutnya untuk perhitungan *output* pada lapisan keempat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$O_4 = \overline{w_i} a_i z_i \quad (3.11)$$

Sehingga hasil rumus 3.8 adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll}
 O4_1 = -112.86 & O4_2 = 3.92 & O4_3 = 2.15 & O4_4 = -0.527 \\
 O4_5 = -5.08 & O4_6 = -5.04 & O4_7 = 2.258 & O4_8 = 0.4 \\
 O4_9 = -275.7 & O4_{10} = -2.304 & O4_{11} = 48.34 & O4_{12} = 0.225 \\
 O4_{13} = -21.96 & O4_{14} = 3.19 & O4_{15} = -0.38 & O4_{16} = -3.516
 \end{array}$$

*Pseudocode:*

```

Fungsi layer 4
input: a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, a9, a10, a11, a12, a13, a14, a15, a16
atotal = a1 + a2 + a3 + a4 + a5 + a6 + a7 + a8 + a9 + a10 + a11 + a12 + a13 + a14 + a15 + a16
for i ← 1 TO 50
  x = [i]
  abar1[i] ← a1/atotal
  abar2[i] ← a2/atotal
  abar3[i] ← a3/atotal
  abar4[i] ← a4/atotal
  abar5[i] ← a5/atotal
  abar6[i] ← a6/atotal
  abar7[i] ← a7/atotal
  abar8[i] ← a8/atotal
  abar9[i] ← a9/atotal
  abar10[i] ← a10/atotal
  abar11[i] ← a11/atotal
  abar12[i] ← a12/atotal
  abar13[i] ← a13/atotal
  abar14[i] ← a14/atotal
  abar15[i] ← a15/atotal
  abar16[i] ← a16/atotal
next i
//output
return abar1, abar2, abar3, abar4, abar5, abar6, abar7, abar8, abar9,
      abar10, abar11, abar12, abar13, abar14, abar15, abar16

input: wbar1, wbar2, wbar3, wbar4, wbar5, wbar6, wbar7, wbar8, wbar9,
      wbar10, wbar12, wbar13, wbar14, wbar15, wbar16
input: abar1, abar2, abar3, abar4, abar5, abar6, abar7, abar8, abar9, abar10
      abar11, abar12, abar13, abar14, abar15, abar16, atotal
input: z1, z2, z3, z4, z5, z6, z7, z8, z9, z10, z11, z12, z13, z14, z15, z16
for i ← 1 TO 50
  x = [i]
  f1[i] ← wbar1*abar1*z1
  f2[i] ← wbar2*abar2*z2
  f3[i] ← wbar3*abar3*z3
  f4[i] ← wbar4*abar4*z4
  f5[i] ← wbar5*abar5*z5
  f6[i] ← wbar6*abar6*z6
  f7[i] ← wbar7*abar7*z7
  f8[i] ← wbar8*abar8*z8
  f9[i] ← wbar9*abar9*z9
  f10[i] ← wbar10*abar10*z10

```

```

f11[i] ← wbar11*abar11*z11
f12[i] ← wbar12*abar12*z12
f13[i] ← wbar13*abar13*z13
f14[i] ← wbar14*abar14*z14
f15[i] ← wbar15*abar15*z15
f16[i] ← wbar16*abar16*z16
next i
//output
return f1, f2, f3, f4, f5, f6, f7, f8, f9, f10, f11, f12, f13, f14, f15, f16

```

### 3.4.5 Lapisan 5 (Layer 5)

Neuron pada lapisan kelima adalah node tetap yang merupakan jumlahan dari semua masukan. Persamaan pada lapisan 5 ini adalah :

$$O_5 = \sum \bar{w}_i f_i = \sum O_{4i} \quad (3.12)$$

Berdasarkan persamaan 3.9 hasil perhitungan pada lapisan 5 untuk data pertama adalah -348,884.

*Pseudocode:*

```

input: f1, f2, f3, f4, f5, f6, f7, f8, f9, f10, f11, f12, f13, f14, f15, f16
for i ← 1 TO 50
x = [i]
o5[i] ← f1+f2+f3+f4+f5+f6+f7+f8+f9+f10+f11+f12+f13+f14+f15+f16
next i
//output
return o5

```

## 3.5 Algoritma Pembelajaran (Propagasi Error)

Algoritma propagasi error dipakai dalam alur mundur untuk melakukan perhitungan error tiap lapisan guna mendapatkan *update* parameter-parameter ANFIS.

### 3.5.1 Error lapisan 5

Lapisan output yang hanya memiliki 1 neuron, maka propagasi error yang menuju pada lapisan ke-5 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{O5} = \frac{\partial E_p}{\partial x_{O5}} = -2(d_{O5} - x_{O5}) = -2(y_i - y_i') \quad (3.13)$$

Dimana  $y_i$  adalah *output* target dan  $y_i'$  adalah output dari M-ANFIS lapisan kelima. Sehingga hasil dari persamaan 3.10 adalah:

$$y_1' = -366.9422 \text{ dan } y_1 = 1 \text{ maka,}$$

$$-2(-366.9422 - 1) = -369,9422$$

*Pseudocode:*

```
Fungsi eror layer 5
input: youtput, ytarget
for i ← 1 TO 50
x = [i]
error5 [i] ← -2(ytarget-youtput)
next i
//output
return error5
```

### 3.5.2 Eror lapisan 4

Propagasi eror yang menuju lapisan keempat pada arus balik dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{04} = \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{05}} \right) \left( \frac{\partial E_{05}}{\partial x_{04i}} \right) = \varepsilon_{05} \left( \frac{\partial E_{05}}{\partial x_{04i}} \right) = \varepsilon_{05}(1) = \varepsilon_{05} \quad (3.14)$$

Berdasarkan perhitungan tiap neuron eror pada layer 4 data pertama menjadi:

$$\varepsilon_{04_1} = \varepsilon_{04_2} = \varepsilon_{04_3} = \varepsilon_{04_4} = \varepsilon_{04_5} = \varepsilon_{04_6} = \varepsilon_{04_7} = \varepsilon_{04_8} = \varepsilon_{04_9} = \varepsilon_{04_{10}} = \varepsilon_{04_{11}} =$$

$$\varepsilon_{04_{12}} = \varepsilon_{04_{13}} = \varepsilon_{04_{14}} = \varepsilon_{04_{15}} = \varepsilon_{04_{16}} = \varepsilon_{05}$$

Hasil nilai eror pada lapisan 4 ini sama dengan nilai eror pada lapisan 5.

Lapisan 4 pada alur mundur jaringan adaptif ini bersifat tetap.

*Pseudocode:*

```
Fungsi eror layer 4
input: error5
for i ← 1 TO 50
x = [i]
error4[i] ← error5
next i
//output
return error4
```

### 3.5.3 Eror lapisan 3

Propagasi eror yang menuju lapisan ketiga pada arus balik dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon_{03ij} = \varepsilon_{04ij} f_i = \varepsilon_{04ij} (\overline{w_i a_i z_i}) \quad (3.15)$$

dengan  $f_i$  sesuai dengan  $f_i$  pada lapisan 4. Hasil perhitungan lapisan 4 adalah

$\varepsilon_{03_1} = 83052.96$	$\varepsilon_{03_2} = -2890.29$	$\varepsilon_{03_3} = -1586.07$	$\varepsilon_{03_4} = 388.05$
$\varepsilon_{03_5} = 3741.01$	$\varepsilon_{03_6} = 3711.8$	$\varepsilon_{03_7} = -1661.6$	$\varepsilon_{03_8} = -295.37$
$\varepsilon_{03_9} = 202922$	$\varepsilon_{03_{10}} = 1695.7$	$\varepsilon_{03_{11}} = -35572.7$	$\varepsilon_{03_{12}} = -165.5$
$\varepsilon_{03_{13}} = 202922$	$\varepsilon_{03_{14}} = 1695.7$	$\varepsilon_{03_{15}} = -35572.7$	$\varepsilon_{03_{16}} = -165.5$

*Pseudocode:*

```

input: eror4, wbar1, wbar2, wbar3, wbar4, wbar5, wbar6, wbar7,
      wbar8, wbar9, wbar10, wbar11, wbar12, wbar13, wbar14, wbar15, wbar16, z
      1, z2, z3, z4, z5, z6, z7, z8, z9, z10, z11, z12, z13, z14, z15, z16, abar1,
      abar2, abar3, abar4, abar5, abar6, abar7, abar8, abar9, abar10, abar1
      1, abar12, abar13, abar14, abar15, abar16
for i ← 1 TO 50
x = [i]
eror31[i] ← eror4 * (wbar1 * abar1 * z1)
eror32[i] ← eror4 * (wbar2 * abar2 * z2)
eror33[i] ← eror4 * (wbar3 * abar3 * z3)
eror34[i] ← eror4 * (wbar4 * abar4 * z4)
eror35[i] ← eror4 * (wbar5 * abar5 * z5)
eror36[i] ← eror4 * (wbar6 * abar6 * z6)
eror37[i] ← eror4 * (wbar7 * abar7 * z7)
eror38[i] ← eror4 * (wbar8 * abar8 * z8)
eror39[i] ← eror4 * (wbar9 * abar9 * z9)
eror310[i] ← eror4 * (wbar10 * abar10 * z10)
eror311[i] ← eror4 * (wbar11 * abar11 * z11)
eror312[i] ← eror4 * (wbar12 * abar12 * z12)
eror313[i] ← eror4 * (wbar13 * abar13 * z13)
eror314[i] ← eror4 * (wbar14 * abar14 * z14)
eror315[i] ← eror4 * (wbar15 * abar15 * z15)
eror316[i] ← eror4 * (wbar16 * abar16 * z16)
next i
//output
return eror31[i], eror32[i], eror33[i], eror34[i], eror35[i],
eror36[i], eror37[i], eror38[i], eror39[i], eror310[i], eror311[i],
eror312[i], eror313[i], eror314[i], eror315[i], eror316[i]

```

### 3.5.4 Eror Lapisan 2

Propagasi eror yang menuju lapisan kedua pada arus balik dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \varepsilon_{O2_i} = & \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{O5}} \right) \left( \frac{\partial f_{O5}}{\partial x_{O4_1}} \right) \left( \frac{\partial x_{O4_1}}{\partial x_{O3_1}} \right) \left( \frac{\partial x_{O3_1}}{\partial x_{O2_i}} \right) \\ & + \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{O5}} \right) \left( \frac{\partial f_{O5}}{\partial x_{O4_2}} \right) \left( \frac{\partial x_{O4_2}}{\partial x_{O3_2}} \right) \left( \frac{\partial x_{O3_2}}{\partial x_{O2_i}} \right) \\ & + \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{O5}} \right) \left( \frac{\partial f_{O5}}{\partial x_{O4_3}} \right) \left( \frac{\partial x_{O4_3}}{\partial x_{O3_3}} \right) \left( \frac{\partial x_{O3_3}}{\partial x_{O2_i}} \right) + \dots \\ & + \left( \frac{\partial E_p}{\partial x_{O5}} \right) \left( \frac{\partial f_{O5}}{\partial x_{O4_{16}}} \right) \left( \frac{\partial x_{O4_{16}}}{\partial x_{O3_{16}}} \right) \left( \frac{\partial x_{O3_{16}}}{\partial x_{O2_i}} \right) \end{aligned} \quad (3.16)$$

Hasil perhitungan pada tiap neuron 2 adalah

$$\begin{array}{llll} \varepsilon_{O2_1} = 58823.6 & \varepsilon_{O2_2} = -12291.39 & \varepsilon_{O2_3} = -11212.2 & \varepsilon_{O2_4} = -9578.6 \\ \varepsilon_{O2_5} = -6804.2 & \varepsilon_{O2_6} = -6828.37 & \varepsilon_{O2_7} = -11274.7 & \varepsilon_{O2_8} = -10144.18 \\ \varepsilon_{O2_9} = 158011.5 & \varepsilon_{O2_{10}} = -8496.6 & \varepsilon_{O2_{11}} = -39335.03 & \varepsilon_{O2_{12}} = -10036.7 \\ \varepsilon_{O2_{13}} = 3475.14 & \varepsilon_{O2_{14}} = -11843.48 & \varepsilon_{O2_{15}} = -9664.2 & \varepsilon_{O2_{16}} = -7758.7 \end{array}$$

*Pseudocode:*

```
Fungsi eror layer 2
input: error3
input: totalw
total2r ← totalw*totalw
next i
input:w1,w2,w3,w4,w5,w6,w7,w8,w9,w10,w11,w12,w13,w14,w15,w16,
      total2r
for i ← 1 TO 50
x = [i]
eT1A ← error3[i][0]*((-w1[i])/totalR2)
eT1B ← error3[i][1]*((-w2[i])/totalR2)
eT1C ← error3[i][2]*((-w3[i])/totalR2)
eT1D ← error3[i][3]*((-w4[i])/totalR2)
eT1E ← error3[i][4]*((-w5[i])/totalR2)
eT1F ← error3[i][5]*((-w6[i])/totalR2)
eT1G ← error3[i][6]*((-w7[i])/totalR2)
eT1H ← error3[i][7]*((-w8[i])/totalR2)
eT1I ← error3[i][8]*((-w9[i])/totalR2)
eT1J ← error3[i][9]*((-w10[i])/totalR2)
eT1K ← error3[i][10]*((-w11[i])/totalR2)
eT1L ← error3[i][11]*((-w12[i])/totalR2)
eT1M ← error3[i][12]*((-w13[i])/totalR2)
eT1N ← error3[i][13]*((-w14[i])/totalR2)
```

```

eT10← error3[i][14]*((-w15[i])/totalR2)
eT1P← error3[i][15]*((-w16[i])/totalR2)
error21← error3*((total_w-w1[i])/totalR2)
      +eT1B+eT1C+eT1D+eT1E+eT1F+eT1G+eT1H+eT1I+eT1J+eT1K+eT1L+eT1
      M+eT1N+eT1O+eT1P
error22← error3*((total_w-w2[i])/totalR2)
      +eT1C+eT1D+eT1E+eT1F+eT1G+eT1H+eT1I+eT1J+eT1K+eT1L+eT1M+eT1
      N+eT1O+eT1P+eT1A
error23← error3*((total_w-w3[i])/totalR2)
      +eT1D+eT1E+eT1F+eT1G+eT1H+eT1I+eT1J+eT1K+eT1L+eT1M+eT1N+eT1
      O+eT1P+eT1A+eT1B;
error24← error3*((total_w-w4[i])/totalR2)
      +eT1E+eT1F+eT1G+eT1H+eT1I+eT1J+eT1K+eT1L+eT1M+eT1N+eT1O+eT1
      P+eT1A+eT1B+eT1C
error25← error3*((total_w-w5[i])/totalR2)
      +eT1F+eT1G+eT1H+eT1I+eT1J+eT1K+eT1L+eT1M+eT1N+eT1O+eT1P+eT1
      A+eT1B+eT1C+eT1D
error26← error3*((total_w-w6[i])/totalR2)
      +eT1G+eT1H+eT1I+eT1J+eT1K+eT1L+eT1M+eT1N+eT1O+eT1P+eT1A+eT1
      B+eT1C+eT1D+eT1E
error27← error3*((total_w-w7[i])/totalR2)
      +eT1H+eT1I+eT1J+eT1K+eT1L+eT1M+eT1N+eT1O+eT1P+eT1A+eT1B+eT1
      C+eT1D+eT1E+eT1F
error28← error3*((total_w-w8[i])/totalR2)
      +eT1I+eT1J+eT1K+eT1L+eT1M+eT1N+eT1O+eT1P+eT1A+eT1B+eT1C+eT1
      D+eT1E+eT1F+eT1G
error29← error3*((total_w-w9[i])/totalR2)
      +eT1J+eT1K+eT1L+eT1M+eT1N+eT1O+eT1P+eT1A+eT1B+eT1C+eT1D+eT1
      E+eT1F+eT1G+eT1H
error210← error3*((total_w-w10[i])/totalR2)
      +eT1K+eT1L+eT1M+eT1N+eT1O+eT1P+eT1A+eT1B+eT1C+eT1D+eT1E+eT1
      F+eT1G+eT1H+eT1I
error211← error3*((total_w-w11[i])/totalR2)
      +eT1L+eT1M+eT1N+eT1O+eT1P+eT1A+eT1B+eT1C+eT1D+eT1E+eT1F+eT1
      G+eT1H+eT1I+eT1J
error212← error3*((total_w-w12[i])/totalR2)
      +eT1M+eT1N+eT1O+eT1P+eT1A+eT1B+eT1C+eT1D+eT1E+eT1F+eT1G+eT1
      H+eT1I+eT1J+eT1K
error213← error3*((total_w-w13[i])/totalR2)
      +eT1N+eT1O+eT1P+eT1A+eT1B+eT1C+eT1D+eT1E+eT1F+eT1G+eT1H+eT1
      I+eT1J+eT1K+eT1L
error214← error3*((total_w-w14[i])/totalR2)
      +eT1O+eT1P+eT1A+eT1B+eT1C+eT1D+eT1E+eT1F+eT1G+eT1H+eT1I+eT1
      J+eT1K+eT1L+eT1M
error215← error3*((total_w-w15[i])/totalR2)
      +eT1P+eT1A+eT1B+eT1C+eT1D+eT1E+eT1F+eT1G+eT1H+eT1I+eT1J+eT1
      K+eT1L+eT1M+eT1N
error216← error3*((total_w-w16[i])/totalR2)
      +eT1A+eT1B+eT1C+eT1D+eT1E+eT1F+eT1G+eT1H+eT1I+eT1J+eT1K+eT1
      L+eT1M+eT1N+eT1O
next i
//output
return eror21,eror22,eror23,eror24,eror25,eror26,eror27,eror28,
      eror29,eror210,eror211,eror212,eror213,eror214,eror215,eror21
      6,

```

### 3.5.5 Error Lapisan 1

Propagasi eror yang menuju lapisan pertama pada arus balik dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \varepsilon O1_i = & \varepsilon O2_a \left( \frac{\partial f O2_a}{\partial x O1_i} \right) + \varepsilon O2_b \left( \frac{\partial f O2_b}{\partial x O1_i} \right) + \varepsilon O2_c \left( \frac{\partial f O2_c}{\partial x O1_i} \right) + \varepsilon O2_d \left( \frac{\partial f O2_d}{\partial x O1_i} \right) \quad (3.17) \\ & + \varepsilon O2_e \left( \frac{\partial f O2_e}{\partial x O1_i} \right) + \varepsilon O2_f \left( \frac{\partial f O2_f}{\partial x O1_i} \right) + \varepsilon O2_g \left( \frac{\partial f O2_g}{\partial x O1_i} \right) \\ & + \varepsilon O2_h \left( \frac{\partial f O2_h}{\partial x O1_i} \right) \end{aligned}$$

dengan i adalah neuron pada lapisan 1 dan a, b, c, d, e, f, g, h adalah neuron pada lapisan 2 yang terkoneksi dengan neuron lapisan 1 tersebut.

*Pseudocode:*

```
Fungsi eror layer 1
input:eror2
input:w1,w2,w3,w4,w5,w6,w7,w8,w9,10,w12,w13,w14,w15,w16
input:miuA1,miuA2,miuB1,miuB2,miuC1,miuC2,miuD1,miuD2
for i←1 TO 50
x = [i]
error11=error2[i][0]*(w1[i]/n2a[i])+error2[i][1]*(w2[i]/n2a[i])
+error2[i][2]*(w3[i]/n2a[i])+error2[i][3]*(w4[i]/n2a[i])+er
ror2[i][4]*(w5[i]/n2a[i])+error2[i][5]*(w6[i]/n2a[i])+error
2[i][6]*(w7[i]/n2a[i])+error2[i][7]*(w8[i]/n2a[i])
error12=error2[i][0]*(w9[i]/n1a[i])+error2[i][9]*(w10[i]/n1a[i])
+error2[i][10]*(w11[i]/n1a[i])+error2[i][11]*(w12[i]/n1a[i]
)+error2[i][12]*(w13[i]/n1a[i])+error2[i][13]*(w14[i]/n1a[i]
])+error2[i][14]*(w15[i]/n1a[i])+error2[i][15]*(w16[i]/n1a[
i])
error13=error2[i][0]*(w1[i]/n2b[i])+error2[i][1]*(w2[i]/n2b[i])
+error2[i][2]*(w3[i]/n2b[i])+error2[i][3]*(w4[i]/n2b[i])+er
ror2[i][8]*(w9[i]/n2b[i])+error2[i][9]*(w10[i]/n2b[i])+erro
r2[i][10]*(w11[i]/n2b[i])+error2[i][11]*(w12[i]/n2b[i])
error14=error2[i][4]*(w5[i]/n1b[i])+error2[i][5]*(w6[i]/n1b[i])
+error2[i][6]*(w7[i]/n1b[i])+error2[i][7]*(w8[i]/n1b[i])+er
ror2[i][12]*(w13[i]/n1b[i])+error2[i][13]*(w14[i]/n1b[i])+e
rror2[i][14]*(w15[i]/n1b[i])+error2[i][15]*(w16[i]/n1b[i])
error15=error2[i][0]*(w1[i]/n2c[i])+error2[i][1]*(w2[i]/n2c[i])
+error2[i][4]*(w5[i]/n2c[i])+error2[i][5]*(w6[i]/n2c[i])+er
ror2[i][8]*(w9[i]/n2c[i])+error2[i][9]*(w10[i]/n2c[i])+erro
r2[i][12]*(w13[i]/n2c[i])+error2[i][13]*(w14[i]/n2c[i])
error16=error2[i][2]*(w3[i]/n1c[i])+error2[i][3]*(w4[i]/n1c[i])
+error2[i][6]*(w7[i]/n1c[i])+error2[i][7]*(w8[i]/n1c[i])+er
ror2[i][10]*(w11[i]/n1c[i])+error2[i][11]*(w12[i]/n1c[i])+e
rror2[i][14]*(w15[i]/n1c[i])+error2[i][15]*(w16[i]/n1c[i])
error17=error2[i][0]*(w1[i]/n2d[i])+error2[i][2]*(w3[i]/n2d[i])
+error2[i][4]*(w5[i]/n2d[i])+error2[i][6]*(w7[i]/n2d[i])+er
```

```

ror2[i][8]*(w9[i]/n2d[i])+error2[i][10]*(w11[i]/n2d[i])+err
ror2[i][12]*(w13[i]/n2d[i])+error2[i][14]*(w15[i]/n2d[i])
error18[i][7]=error2[i][1]*(w2[i]/n1d[i])+error2[i][3]*
(w4[i]/n1d[i])+error2[i][5]*(w6[i]/n1d[i])+error2[i][7]*(w8
[i]/n1d[i])+error2[i][9]*(w10[i]/n1d[i])+error2[i][11]*(w12
[i]/n1d[i])+error2[i][13]*(w14[i]/n1d[i])+error2[i][15]*(w1
6[i]/n1d[i])
next i
//output
return
eror11,eror12,eror13,eror14,eror15,eror16,eror17,eror18,eror19,ero
r110,eror111,eror112,eror113,eror114,eror115,eror116

```



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengolahan Data

Berdasarkan korelasi data yang dilakukan sebelumnya, data yang dipakai dalam perhitungan metode dalam penelitian ini adalah intensitas pixel  $ROI_{ra}$ ,  $ROI_H$ ,  $ROI_h$ ,  $ROI_F$ , dan  $ROI_f$ . Dari data tersebut akhirnya akan diperoleh  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$ , dan  $\rho_9$  yang dijadikan variabel masukan dalam perhitungan metode. Terdapat 50 data untuk *training* dan 50 data untuk *testing*.

**Tabel 4.1** data yang digunakan

No	Data Training				Data Testing			
	No gambar	Kelompok	No gambar	Kelompok	No gambar	Kelompok	No gambar	Kelompok
1	1	Normal	26	Normal	48	Normal	76	Normal
2	2	Osteoporosis	27	Normal	49	Normal	77	Osteoporosis
3	3	Normal	28	Normal	50	Normal	78	Osteoporosis
4	4	Osteoporosis	29	Normal	52	Normal	79	Osteoporosis
5	5	Normal	30	Normal	53	Normal	80	Normal
6	6	Normal	31	Normal	54	Normal	81	Osteoporosis
7	7	Normal	32	Normal	56	Normal	82	Normal
8	8	Osteoporosis	33	Normal	57	Normal	83	Normal
9	9	Osteoporosis	34	Normal	59	Normal	84	Osteoporosis
10	10	Normal	35	Normal	60	Normal	85	Normal
11	11	Normal	36	Normal	61	Osteoporosis	86	Normal
12	12	Osteoporosis	37	Osteoporosis	62	Normal	87	Normal
13	13	Normal	38	Normal	63	Normal	88	Normal
14	14	Normal	39	Normal	64	Normal	89	Normal
15	15	Osteoporosis	40	Normal	65	Normal	90	Normal
16	16	Normal	41	Normal	66	Normal	91	Osteoporosis
17	17	Normal	42	Normal	67	Normal	92	Normal
18	18	Normal	43	Normal	68	Normal	93	Normal
19	19	Osteoporosis	44	Normal	69	Osteoporosis	94	Normal
20	20	Normal	45	Normal	70	Normal	95	Normal
21	21	Osteoporosis	46	Normal	71	Normal	96	Osteoporosis
22	22	Normal	47	Normal	72	Osteoporosis	97	Normal
23	23	Normal	51	Osteoporosis	73	Osteoporosis	98	Normal
24	24	Normal	55	Osteoporosis	74	Normal	99	Normal
25	25	Osteoporosis	58	Osteoporosis	75	Osteoporosis	100	Normal

## 4.2 Lingkungan Uji Coba

Untuk implementasi program, ada beberapa hal yang perlu dipersiapkan baik dari segi perangkat keras dan juga perangkat lunak untuk dapat menjalankan program Deteksi dini osteoporosis dengan metode M-ANFIS ini dengan optimal.

Instalasi Program:

- a. Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*)
  1. CPU minimal setara Inter Pentium 4
  2. RAM minimal 1 GB
  3. *Hardisk* dengan kapasitas minimal 40GB
  4. *Keyboard*
  5. *Mouse* atau *touchpad* pada laptop
- b. Kebutuhan Perangkat Lunak
  1. Sistem Operasi *Windows* XP, Linux, atau Mac OS
  2. *JRE(Java Runtime Environment)* versi 1.6
  3. Netbeans versi 7.0.1
  4. MySQL

## 4.3 Output program

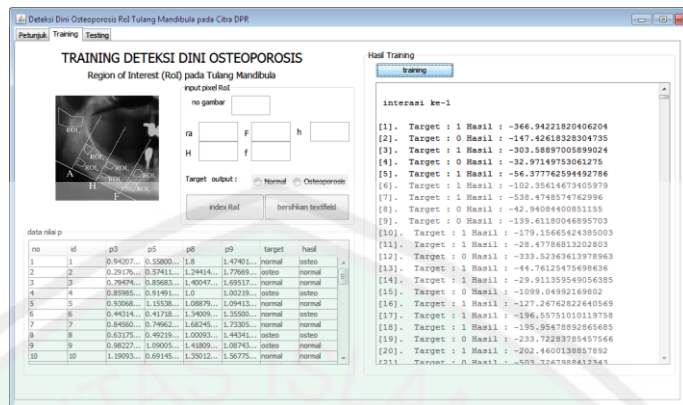
Penelitian deteksi dini osteoporosis menggunakan metode Mamdani ANFIS menghasilkan 2 proses program yaitu *training* dan *testing*. Pada program *training* diperoleh hasil 18 data dari 50 data yang dimasukkan, tidak sesuai antara hasil dan target keluaran(*output*). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kesalahan pada program *training* sebesar 36%. Data gambar yang tidak sesuai adalah data nomor

1,2,6,11,14,17,18,19,22,28,29,30,31,32,34,35,36 dan 38. Hasil keluaran lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4.2** data hasil deteksi pada program *training*

Data	target	hasil	Data	target	hasil
1	normal	osteoporosis	26	normal	normal
2	osteoporosis	normal	27	normal	normal
3	normal	normal	28	normal	osteoporosis
4	osteoporosis	osteoporosis	29	normal	osteoporosis
5	normal	normal	30	normal	osteoporosis
6	normal	osteoporosis	31	normal	osteoporosis
7	normal	normal	32	normal	osteoporosis
8	osteoporosis	osteoporosis	33	normal	normal
9	osteoporosis	osteoporosis	34	normal	osteoporosis
10	normal	normal	35	normal	osteoporosis
11	normal	osteoporosis	36	normal	osteoporosis
12	osteoporosis	osteoporosis	37	osteoporosis	osteoporosis
13	normal	normal	38	normal	osteoporosis
14	normal	osteoporosis	39	normal	normal
15	osteoporosis	osteoporosis	40	normal	normal
16	normal	normal	41	normal	normal
17	normal	osteoporosis	42	normal	normal
18	normal	osteoporosis	43	normal	normal
19	osteoporosis	normal	44	normal	normal
20	normal	normal	45	normal	normal
21	osteoporosis	osteoporosis	46	normal	normal
22	normal	osteoporosis	47	normal	normal
23	normal	normal	51	osteoporosis	osteoporosis
24	normal	normal	55	osteoporosis	osteoporosis
25	osteoporosis	osteoporosis	58	osteoporosis	osteoporosis

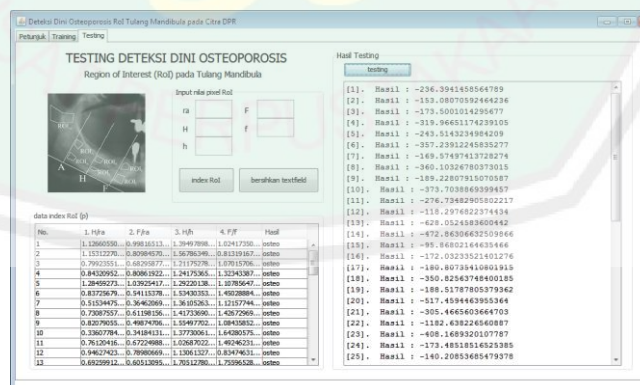
*Output* pada proses *training* ini menampilkan data, nilai intensitas pixel  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$ , dan  $\rho_9$ , target dan hasil pada sebuah tabel. Dan juga menampilkan target serta nilai hasil perhitungan pada sebuah *textarea*. Parameter konsekuensi yang dihasilkan dari proses *training* ini dapat dilihat pada lampiran 4.



Gambar 4.1: hasil output program training

Sedangkan pada program *testing*, diperoleh hasil deteksi 38 dari 50 data yang dimasukkan tidak sesuai dengan data deteksi hasil pengukuran BMD. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kesalahan deteksi pada program *testing* ini sebesar 76%.

Tampilan *output* pada proses *testing* ini menampilkan data, nilai intensitas pixel  $\rho_3$ ,  $\rho_5$ ,  $\rho_8$ , dan  $\rho_9$ , hasil pada sebuah tabel. Serta juga menampilkan nilai hasil perhitungan pada sebuah *textarea*.



Gambar 4.2 : hasil output program testing

Data hasil program *testing* ini dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4.3** data hasil deteksi pada program *testing*

Data	hasil	target	Data	hasil	target
48	osteoporosis	normal	76	osteoporosis	normal
49	osteoporosis	normal	77	osteoporosis	osteoporosis
50	osteoporosis	normal	78	osteoporosis	osteoporosis
52	osteoporosis	normal	79	osteoporosis	osteoporosis
53	osteoporosis	normal	80	osteoporosis	normal
54	osteoporosis	normal	81	osteoporosis	osteoporosis
56	osteoporosis	normal	82	osteoporosis	normal
57	osteoporosis	normal	83	osteoporosis	normal
59	osteoporosis	normal	84	osteoporosis	osteoporosis
60	osteoporosis	normal	85	osteoporosis	normal
61	osteoporosis	osteoporosis	86	osteoporosis	normal
62	osteoporosis	normal	87	osteoporosis	normal
63	osteoporosis	normal	88	osteoporosis	normal
64	osteoporosis	normal	89	osteoporosis	normal
65	osteoporosis	normal	90	osteoporosis	normal
66	osteoporosis	normal	91	osteoporosis	osteoporosis
67	osteoporosis	normal	92	osteoporosis	normal
68	osteoporosis	normal	93	osteoporosis	normal
69	osteoporosis	osteoporosis	94	osteoporosis	normal
70	osteoporosis	normal	95	osteoporosis	normal
71	osteoporosis	normal	96	osteoporosis	osteoporosis
72	osteoporosis	osteoporosis	97	osteoporosis	normal
73	osteoporosis	osteoporosis	98	osteoporosis	normal
74	osteoporosis	normal	99	osteoporosis	normal
75	osteoporosis	osteoporosis	100	osteoporosis	normal

#### 4.4 Hasil Uji Coba

Data yang digunakan dalam uji coba adalah data *testing*, yaitu 50 data yaitu diambil 50% dari jumlah data keseluruhan. Terdiri dari 50% data osteoporosis dan 50% data normal. Yaitu 12 data osteoporosis dan 38 data normal. Setelah didapatkan hasil deteksi dari proses *testing* maka hasil dibandingkan dengan data hasil pemeriksaan osteoporosis berdasarkan BMD.

**Tabel 4.4 :** data output *testing* beserta nilai hasil perhitungan *testing*

No	Target		Proses <i>testing</i>	
	Hasil	Keterangan	Hasil	Keterangan
48	1	normal	-236.3	osteoporosis
49	1	normal	-153.08	osteoporosis
50	1	normal	-173.5	osteoporosis
52	1	normal	-319.9	osteoporosis
53	1	normal	-243.5	osteoporosis
54	1	normal	-357.2	osteoporosis
56	1	normal	-169.57	osteoporosis
57	1	normal	-360	osteoporosis
59	1	normal	-189.2	osteoporosis
60	1	normal	-373.7	osteoporosis
61	0	osteoporosis	-276.73	osteoporosis
62	1	normal	-118.29	osteoporosis
63	1	normal	-628.052	osteoporosis
64	1	normal	-472.8	osteoporosis
65	1	normal	-95.8	osteoporosis
66	1	normal	-172.03	osteoporosis
67	1	normal	-180.8	osteoporosis
68	1	normal	-350.8	osteoporosis
69	0	osteoporosis	-188.5	osteoporosis
70	1	normal	-517.4	osteoporosis
71	1	normal	-305.46	osteoporosis
72	0	osteoporosis	-1182.6	osteoporosis
73	0	osteoporosis	-408.16	osteoporosis
74	1	normal	-173.48	osteoporosis
75	0	osteoporosis	-140.2	osteoporosis
76	1	normal	-457.9	osteoporosis
77	0	osteoporosis	-162.39	osteoporosis
78	0	osteoporosis	-109.5	osteoporosis
79	0	osteoporosis	-279.8	osteoporosis
80	1	normal	-114.7	osteoporosis
81	0	osteoporosis	-49.45	osteoporosis
82	1	normal	-284.9	osteoporosis
83	1	normal	-153.7	osteoporosis
84	0	osteoporosis	-165.7	osteoporosis
85	1	normal	-305.26	osteoporosis
86	1	normal	-131.07	osteoporosis
87	1	normal	-270.4	osteoporosis
88	1	normal	-140.49	osteoporosis
89	1	normal	-145.9	osteoporosis
90	1	normal	-106.6	osteoporosis
91	0	osteoporosis	-285.5	osteoporosis
92	1	normal	-206.9	osteoporosis

93	1	normal	-89.14	osteoporosis
94	1	normal	-116.8	osteoporosis
95	1	normal	-116.8	osteoporosis
96	0	osteoporosis	-252.9	osteoporosis
97	1	normal	-252.9	osteoporosis
98	1	normal	-478.7	osteoporosis
99	1	normal	-142	osteoporosis
100	1	normal	-235.8	osteoporosis

Pengukuran dilakukan dengan melakukan perhitungan *presicion*, *recall*, dan *accuracy* pada hasil jawaban pada masing-masing pertanyaan. *Precision* adalah bagian yang dari dokumen ditemukan yang relevan dan *recall* adalah bagian dari dokumen relevan yang ditemukan. Nilai *precision*, *recall*, dan *accuracy* dapat dihitung dengan menggunakan tabel ketergantungan (tabel 4.5).

**Table 4.5:** Tabel Ketergantungan

	<i>Relevant</i>	<i>nonrelevant</i>
<i>retrieved</i>	<i>true positives (tp)</i>	<i>false positives (fp)</i>
<i>not retrieved</i>	<i>false negative (fn)</i>	<i>true negatives (tn)</i>

Rumus menentukan *precision*:

$$P = \frac{tp}{(tp + fp)} \quad (4.1)$$

Rumus menentukan *recall*:

$$R = \frac{tp}{(tp + fn)} \quad (4.2)$$

Rumus menentukan *accuracy*:

$$A = \frac{(tp + tn)}{N} \quad (4.3)$$

$$N = tp + fp + tn + fn$$

Dalam rumus ini dapat dikatakan bahwa nilai N adalah jumlah dari semua hasil deteksi sistem yang disimpan dalam *database*.

Dalam data yang diuji dalam aplikasi ini dapat dilihat *recall*, *precision* serta tingkat *accuracy* dari uji coba ini. Parameter premis dan konsekuen yang digunakan adalah hasil dari pembelajaran pada proses *training* dengan iterasi 50 kali. Pada proses uji coba, hasil *training* mencapai tingkat kesalahan yang minimum pada iterasi ke 50. Sehingga *update* parameter premis dan konsekuen yang dipakai dalam uji coba adalah dari hasil *training* iterasi ke 50.

**Tabel 4.6:** tabel hasil perhitungan *precision*, *recall*, *accuracy*

no	Proses	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
1	<i>training</i>	0,357	0,345	0,58
2	<i>testing</i>	0,24	1	0,24

Hasil perhitungan *precision*, *recall*, dan *accuracy* pada proses *training* adalah 0,357 untuk *precision*, 0,345 untuk *recall*, dan 0,58 untuk *accuracy*. Perhitungan tersebut sesuai dengan persamaan 4.1 yaitu data hasil deteksi yang *relevan* dan *retrieve* dibagi dengan data yang *relevan* dan *retrieve* ditambah dengan data yang *relevan* akan tetapi *nonretrieve*. Hasilnya masih tergolong rendah karena tingginya hasil deteksi yang tidak relevan.

Nilai *recall* pada *testing* adalah satu dikarenakan nilai *true positive* 12 dibagi *true positive* ditambah dengan *false negative* 0. Sehingga 12 dibagi 12 hasilnya adalah 1. Nilai *accuracy* diambil dari data hasil yang *relevan* dan *retrieve* ditambah dengan data hasil yang *nonrelevan* dan *nonretrieve* dibagi semua data. Hasil nilai pada proses *training* sangat rendah. Dikarenakan tidak ada arus balik dan perhitungan parameter-parameter premis dan konsekuen berdasarkan data yang dimasukkan.

#### 4.5 Deteksi Dini Osteoporosis dari sudut pandang Islam

Deteksi penyakit secara umum merupakan sebuah pintu gerbang untuk dapat mengetahui masalah kesehatan manusia secara detail. Landasan adanya deteksi penyakit adalah bahwasanya Tuhan menciptakan setiap lekuk dan guratan di tubuh manusia dengan maksud tertentu. (Mahendra, B. 2010)

Mendeteksi suatu penyakit sangatlah penting jika kita ingin hidup sehat. Karena tubuh akan memberikan tanda-tanda munculnya suatu penyakit dalam tubuh kita. (Mahendra, B. 2010). Kita sebagai manusia diwajibkan untuk berfikir, meneliti dengan ilmu pengetahuan untuk menemukan tanda-tanda tersebut. Berdasarkan pada Al-Qur'an surat At-thariq ayat 5-7 yang berbunyi:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ مِمَّ خُلِقَ ﴿٥﴾ خُلِقَ مِنْ مَّاءٍ دَافِقٍ ﴿٦﴾ تَخْرُجُ مِنْ بَيْنِ  
الْصُّلْبِ وَالتَّرَائِبِ ﴿٧﴾

*(5) Maka hendaklah manusia memperhatikan dari Apakah Dia diciptakan? (6) Dia diciptakan dari air yang dipancarkan, (7) yang keluar dari antara tulang sulbi laki-laki dan tulang dada perempuan.*

Pada surat At-thariq Ayat 5-7 Allah SWT berfirman tentang bagaimana manusia diciptakan dari air yang berasal dari tulang sulbi dan tulang dada. Allah mempertemukan sperma itu dengan sel telur yang telah siap menunggu. Dan Allah sebagai penentu segala sesuatu yang telah menetapkan 1 dari jutaan sel benih lainnya yang dapat bertemu dengan sel telur dan tumbuh menjadi makhluk hidup yang sempurna. (Machmud H. Sakib, 2005)

Berdasarkan surat Ath-thariq ayat 5-7, kita sebagai makhluk yang sempurna diwajibkan untuk berpikir bagaimana proses terjadinya manusia. Termasuk mempelajari kesehatan manusia untuk mempertahankan kehidupan di dunia.

Mempelajari bagaimana hidup sehat, memeriksa kesehatan, mencegah penyakit dan mengobati penyakit.

Osteoporosis merupakan salah satu penyakit yang harus ditangani lebih serius, baik dalam hal pencegahan maupun pemeriksaan. Pada tahun 2003 WHO mencatat lebih dari 75 juta orang di Eropa, Amerika dan Jepang menderita osteoporosis dan penyakit tersebut mengakibatkan 2,3 juta kasus patah tulang per tahun di Eropa dan Amerika. Sedangkan di Cina tercatat angka kesakitan sebesar 7% dari jumlah populasi. (Kemenkes.2008)

Banyak sekali usaha dalam pencegahan dan pemeriksaan dini osteoporosis. Mulai dari olahraga setiap hari, makan makanan bergizi seperti yang banyak mengandung vitamin D hingga terapi hormon. (Graber, A. Mark.2006).

Sedangkan untuk pemeriksaan osteoporosis terdapat beberapa jenis pemeriksaan untuk mengetahui gejala-gejala osteoporosis, diantaranya adalah diagnosis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang. Contohnya adalah mengukur *Bone Mineral Density (BMD)* yaitu mengukur tingkat kepadatan tulang, guna mengetahui kemungkinan terjadinya osteoporosis sebelum terjagkit osteoporosis lebih parah.

Penelitian ini adalah membuat suatu sistem yang dapat mendeteksi osteoporosis secara dini dengan berdasarkan ukuran *BMD (Bone Mineral Density)* dan *RBD (Relative Bone Density)* pada tulang mandibula. *RBD* dari tulang mandibula secara signifikan lebih rendah pada kelompok osteoporosis perempuan. (Bozic,2005). Sehingga ukuran kepadatan mineral tulang (*BMD*) seseorang dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit osteoporosis. Ukuran

BMD juga berpengaruh pada kepadatan tulang relatif / *Relative Bone Density (RBD)*. Seperti dalam firman Allah surat Ar-ra'd ayat 8:

..... وَكُلُّ شَيْءٍ عِنْدَهُ بِمِقْدَارٍ ﴿٨﴾

(8)..... dan segala sesuatu pada sisi-Nya ada ukurannya.

Berdasarkan tafsir ayat al-qur'an diatas, "dan segala sesuatu pada sisi-Nya ada ukurannya.." yakni segala sesuatu ada dalam hukum, ketentuan dan aturanNya yaitu terdapat ukuran tertentu yang tidak akan bertambah/berkurang dalam dzat, sifat, kondisi, waktu dan tempat. (Syaih Abu Bakar Jabir Al-Jaziri:2008). Berdasarkan tafsir surat Ar-ra'd ayat 8, dalam penelitian mendeteksi osteoporosis secara dini ini terdapat ukuran-ukuran *Relative Bone Density (RBD)* tertentu yang dapat digunakan dalam mendeteksi dini osteoporsis.

Dengan demikian tugas manusia untuk memeriksa kesehatan tubuh dalam rangka mencegah penyakit osteoporosis lebih lanjut dapat terbantu oleh penelitian ini. Sehingga kewajiban kita sebagai makhluk ciptaan Tuhan yang sempurna untuk memelihara anugerah Allah SWT dapat terlaksana. Sebagai bentuk rasa syukur pada Tuhan yang maha Esa atas karunia kesehatan yang telah diberikan pada kita. Allah berfirman:

وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ ۖ وَلَئِن كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي

لَشَدِيدٌ ﴿٧﴾

(7). dan (ingatlah juga), tatkala Tuhanmu memaklumkan; "Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), Maka Sesungguhnya azab-Ku sangat pedih".

Ayat 7 dari surat Ibrahim adalah perkataan nabi Musa terhadap bani Israil yaitu dengan mengingatkan mereka ketika Tuhan mengumandangkan dengan cara bersumpah kepada mereka “*jika kamu bersyukur..*” dengan cara beribadah kepadaNya, mentaatinya, dan rasul-rasulNya dengan cara melaksanakan perintah-perintahku dan menjauhi laranganku. Pasti Allah akan memberikan nikmat dan kebahagiaan. Dan jika tidak mensyukuri nikmatnya dan melanggar perintahNya dan rasulNya, niscaya Allah akan menyiksa dan menarik kembali nikmatnya yang telah diberikan, sehingga berhati-hatilah terhadap azabNya. (Syaih Abu Bakar Jabir Al-Jaziri:2008)

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian deteksi dini osteoporosis melalui *region of interest (RoI)* pada tulang mandibula dengan menggunakan metode Mamdani ANFIS diperoleh bahwa aplikasi ini dapat digunakan untuk mendeteksi dini osteoporosis. Namun masih kurang maksimal, sehingga masih diperlukan informasi lainnya dalam mendeteksi osteoporosis.

Hasil dari proses pembelajaran terdapat kesalahan sebesar 36% dari 50 data yang dimasukkan. Namun dalam proses *testing* diperoleh kesalahan yang lebih besar dari proses *training*, yaitu sebesar 76%. Dan hasil dari perhitungan *precision* sebesar 24%, *recall* sebesar 10%, dan *accuracy* 24 %. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini dapat digunakan dalam mendeteksi osteoporosis namun masih kurang maksimal.

#### 5.2 Saran

Dalam penelitian ini terdapat beberapa hal yang masih harus dikembangkan. Nilai eror yang masih besar dalam perhitungan metode serta perancangan aplikasi yang lebih memudahkan dalam pendeteksian osteoporosis dapat lebih dikembangkan lebih baik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

*Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Al-Jumanatul 'Ali. Bandung.

Arifin A.Z., Asano, A., Taguchi, A., Nakamoto, T., Ohtsuka, M., and Tanimoto

K. (2005), *Computer-aided System for Measuring the Mandibular*

*Cortical Width on Panoramic Radiographs in Osteoporosis Diagnosis,*

*Medical Image 2005 : Image Processing, Vol. 5747, hal.813-821.*

Bozic M, Hren N.Ihan.2005. *Osteoporosis and Mandibles*. The British Institute

Radiology. *Dentomaxillofacial Radiology* (2005) 35, 178-184

Compston, Juliet DR.2002.*Seri Kesehatan, Bimbingan Dokter pada Osteoporosis.*

Jakarta:Dian Rakyat.

Compston, Juliet DR.2002.*Seri Kesehatan, Bimbingan Dokter pada Osteoporosis.*

Jakarta:Dian Rakyat.

Graber, A. Mark, Peter P. Toth, Robert L.Herting.2006.Dokter Keluarga

University of Iowa.Jakarta:Penerbit buku kedokteran EGC

Horner K, Devlin H, Alsop CW, Hodgkinson IM, Adams JE. *Mandibular bone*

*mineral density as a predictor of skeletal osteoporosis*. *British Journal Of*

*Radiology*. 1996 ; 69(827):1019-1025.

Indriyani,Tutuk,Zainal Arifin,Agus,Soelaiman Rully.2006.*Segmentasi Cortical*

*bone pada Citra Dental Panoramic Radiograph Menggunakan Watersheld*

*berintegrasi dengan Active Contour berbasis Level Set*. Teknik

Informatika Institut Teknologi Sepuluh November

- Jang, J.S.R. 1997. ANFIS: *Adaptif Network-Based Fuzzy Inference System*.IEEE.Trans. On System
- Kemkes. 2008. *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1142/menkes/sk/xii/2008 Tentang Pedoman Pengendalian Osteoporosis*.  
Kemkes. Jakarta
- Machmud H, Sakib.2005.Mutiara Juz Amma.Bandung:Mizan
- Mahendra, B.2010.Tubuh Anda cermin Kesehatan Anda.Depok:PT Niaga Swadaya
- Syaih Abu Bakar Jabir Al-Jazairi.2008.Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar jilid 1. Jakarta: Darus Sunnah Press
- Syaih Abu Bakar Jabir Al-Jazairi.2008.Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar jilid 2. Jakarta: Darus Sunnah Press
- Syaih Abu Bakar Jabir Al-Jazairi.2008.Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar jilid 4. Jakarta: Darus Sunnah Press
- Syaih Abu Bakar Jabir Al-Jazairi.2008.Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar jilid 5. Jakarta: Darus Sunnah Press
- Taguchi, Akira, dkk.2005.*Use of Dental Panoramic Radiographs in Identifying Younger Postmenopausal Women with Osteoporosis*. Osteoporos Int. 2006;17(3):387-94. Epub 2005 Dec 6.
- Tandra,Hans.2009.Osteoporosis.Jakarta:PT Gramedia Pustaka Utama

Tosoni M, dkk.2006.*Pixel Intensity and fractal analyses: detecting osteoporosis in perimenopausal and postmenopausal women by using digital panoramic images*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006;102:235-41

Wibowo S, Daniel.2008.Anatomi tubuh manusia.Jakarta:Grasindo

Wirakusumah, Emma S.2007.*Mencegah Osteoporosis*. Jakarta: Penebar Plus +

Yuan yuan chai, Limin Jia, Zundong Zhang. *Mamdani Model based Adaptive Neural Fuzzy Inference System and its Application*.International Journal of Information and Mathematical Sciences 5:1 2009



Lampiran 1 : Data *Testing*

no gambar	LS	roi ra	roi A	roi a	roi H	roi h	roi F	roi f
48	1	54,5183	56,0866	40,3579	61,4117	44,0153	54,4017	53,1168
49	1	68,0502	87,3129	40,1806	78,4776	50,0496	55,1104	67,7701
50	1	149,6435	107,4470	95,3569	119,6080	98,7331	102,2175	95,5536
52	1	70,5410	58,8958	42,2093	59,4816	47,9369	57,0402	43,1034
53	1	101,9163	129,0899	82,0562	130,9987	101,3435	105,9628	95,5916
54	1	176,2964	176,8349	118,0835	147,6198	96,2394	95,4488	65,7896
56	1	150,5422	127,7765	91,4481	77,5812	57,0254	54,8909	48,9446
57	1	108,5164	96,5736	59,3201	79,3129	55,9520	66,4388	46,5497
59	1	123,7135	120,2060	79,8061	101,5409	65,3235	61,7724	56,9215
60	1	133,6642	72,1705	41,1399	44,9317	32,6492	45,6724	27,8078
61	0	88,3663	89,7402	82,4719	67,2677	65,5183	59,4306	39,8716
62	1	65,1624	78,4652	55,4663	61,6615	54,5381	51,4657	61,6543
63	1	110,4356	121,2132	72,5243	76,4876	44,8574	66,8280	38,0577
64	1	95,4757	140,1702	76,3238	90,6164	50,3176	54,6911	34,8645
65	1	157,6949	124,1892	109,8306	103,3625	103,5611	88,6259	98,6606
66	1	83,6590	107,9276	66,3395	77,0953	61,2850	59,8808	57,1667
67	1	111,8889	102,1349	76,2261	87,2987	72,6254	76,9886	70,5376
68	1	111,2628	75,2296	33,3904	48,3624	35,3235	49,8907	32,9112
69	0	34,4238	46,8793	46,7691	55,8442	66,0579	66,0579	65,4286
70	1	96,2346	74,5200	51,5606	71,2790	40,2223	49,2222	30,0672
71	1	87,3405	87,0432	80,8258	80,0559	64,3032	71,0815	54,2469
72	0	61,2095	97,5120	58,7079	95,5687	54,7617	83,0302	39,6611
73	0	114,9378	81,2362	64,4377	70,1913	42,3495	48,9985	32,3075
74	1	84,9832	99,0682	42,4855	59,4824	34,1624	41,0308	42,9003
75	0	88,0546	70,9000	58,9046	64,3272	62,9165	62,3666	60,1342
76	1	62,2613	77,5589	46,6718	54,7604	39,5283	58,4440	42,6984
77	0	65,0441	59,7923	45,4674	44,1811	45,5091	44,9188	38,5849
78	0	99,5888	88,7717	60,5801	66,2178	58,0250	51,4530	56,1213
79	0	68,0318	84,2187	63,3423	83,1725	60,9095	57,8729	45,9635
80	1	108,1346	112,4026	91,0685	101,4571	77,1190	71,3281	91,1723
81	0	88,3884	122,3006	34,1194	85,1001	42,1400	53,7739	31,5595
82	1	165,4210	116,2765	91,1747	82,9019	72,7300	59,7712	36,8446
83	1	130,8363	103,9243	76,7175	88,9370	70,1140	66,0061	62,1720
84	0	67,6995	68,7827	81,1911	75,0701	80,5614	65,4404	58,6033
85	1	83,4211	90,8274	78,1188	96,2445	60,7681	57,0347	43,1380
86	1	110,0331	121,9355	83,7639	108,3737	81,5826	74,2734	83,8079
87	1	91,0360	56,3406	33,5328	53,3003	36,5422	50,2166	40,3823
88	1	55,3476	44,6959	33,2734	29,8440	25,8715	26,3885	24,6505
89	1	127,8824	95,7717	66,6563	63,6850	63,8987	43,6982	34,6144
90	1	47,5925	72,9725	81,0806	55,2374	55,9436	44,8975	54,2951
91	0	130,1533	92,3237	104,5278	81,1064	75,6037	54,2131	31,9727
92	1	81,6477	58,9245	39,9741	61,2891	41,8027	47,5185	43,1626
93	1	125,7095	73,3916	52,1980	63,3534	47,4387	33,0945	44,4731
94	1	59,6453	56,5239	54,1965	35,4013	39,3359	38,9561	37,5572
95	1	51,8313	81,3482	54,2873	68,9256	49,8679	48,9867	54,2669
96	0	58,8324	78,6694	28,0276	70,2919	29,5406	51,6981	55,5010
97	1	78,1492	77,0180	52,4897	73,0148	52,6371	52,6850	53,3006
98	1	61,1073	98,8517	58,9914	78,0620	66,0630	88,8768	66,4043
99	1	60,6467	89,7774	76,7568	89,3922	68,8390	56,5039	62,5872
100	1	74,4121	78,5248	48,6737	65,4303	44,5758	61,8545	60,0720

Keterangan: 1= normal, 0=osteoporosis

Lampiran 2 : Data *Training*

no gambar	LS	roi ra	roi A	roi a	roi H	roi h	roi F	roi f
1	0	127,0666	135,8700	95,7920	119,7140	66,5487	70,9176	48,1968
2	1	127,5467	56,3436	41,9200	37,2326	29,8209	73,2859	41,2491
3	1	155,9448	126,5663	87,6413	123,9120	88,4744	133,5863	78,8141
4	0	99,9184	99,4230	78,4305	85,9641	80,3633	91,4481	91,2121
5	1	66,8092	79,9007	53,0495	62,1795	57,1141	77,1896	70,5438
6	1	183,3517	138,9633	77,4632	81,2534	60,6399	76,4958	56,4545
7	1	118,0468	109,9425	79,5088	99,8293	59,3323	88,4984	51,0649
8	0	135,7855	98,9929	45,6739	85,7849	43,3059	66,8372	46,3244
9	0	70,5143	63,5666	45,9524	69,2635	48,8461	76,8683	70,6807
10	1	90,0134	135,7440	94,0068	107,2004	79,4435	62,2435	39,7420
11	1	153,1154	40,6712	122,7135	90,6982	86,9532	103,7082	122,1534
12	0	159,8418	125,6473	71,9478	113,9661	54,3781	69,9662	54,9065
13	1	80,5546	73,1863	42,8710	44,9438	33,8818	21,8000	24,4843
14	1	159,3207	170,6197	137,6064	134,0434	125,8529	93,9723	103,4412
15	0	79,7123	114,4040	66,1247	109,7541	51,5861	102,4207	64,2497
16	1	138,1380	134,3749	88,9375	114,9225	87,4875	97,5508	71,5023
17	1	82,7951	89,5096	52,2372	69,2301	43,8642	44,7210	33,2541
18	1	142,3138	121,7700	99,3716	128,4692	66,4792	48,0872	40,6776
19	0	166,4106	145,4418	81,5138	118,7519	83,9431	98,8158	58,3617
20	1	100,2694	116,5896	69,4070	98,0980	69,7604	81,4676	56,9842
21	0	52,9360	96,3556	40,9408	75,1349	45,2937	66,4992	44,7563
22	1	79,2302	51,9720	29,8483	79,2262	31,0123	55,7820	41,8958
23	1	87,1641	117,7069	83,9049	89,4914	65,9791	81,5540	75,1243
24	1	154,6130	158,1222	120,2453	142,5171	98,9405	114,1169	88,5501
25	0	77,7402	40,5757	49,9475	61,9220	33,6991	51,4985	37,0293
26	1	116,6275	134,5994	97,6782	136,6513	106,6690	106,2115	101,6795
27	1	99,4153	113,2856	49,9351	88,2013	65,5999	65,2814	47,4155
28	1	58,2437	109,8059	71,3497	104,7787	73,3797	94,0189	74,7168
29	1	54,1663	90,1008	68,8498	106,1154	80,4896	89,3009	49,8894
30	1	79,7064	100,1657	45,9630	81,2082	43,6937	53,2008	48,3655
31	1	68,9949	70,9718	24,8254	50,4551	27,7044	44,6072	26,5142
32	1	84,5195	69,8638	36,7191	63,7388	55,0348	49,6662	48,8009
33	1	83,3551	72,8003	63,2549	70,2456	64,0315	59,1622	70,1184
34	1	102,0235	86,2569	43,3548	64,4538	55,9229	62,1463	64,8237
35	1	104,8283	56,4255	35,5021	51,7774	29,7929	39,1177	30,7182
36	1	104,6962	101,7245	56,9533	72,2543	35,6490	41,7683	35,2052
37	0	166,9050	125,9363	94,2741	106,7830	65,8887	85,5204	41,3204
38	1	97,3082	107,0269	69,8632	69,2953	50,2396	57,5413	47,2758
39	1	46,5756	50,8317	31,7898	44,0653	35,9318	51,4107	40,5338
40	1	131,4654	103,2256	60,8779	88,4844	72,6059	104,4930	56,9976
41	1	158,7738	117,2337	92,9322	116,0008	87,0771	115,2735	92,1411
42	1	67,7434	41,3726	31,8216	46,4357	47,1049	47,8907	41,6331
43	1	59,6650	101,0037	65,5505	89,5159	72,3404	71,7361	79,8695
44	1	61,7124	70,2515	43,9155	51,1825	43,2247	55,1027	49,9612
45	1	52,8821	49,0009	33,7585	53,5944	48,0164	67,7316	55,9030
46	1	87,3050	94,8354	66,3268	82,8951	66,8518	95,7873	70,3687
47	1	114,8175	91,3869	70,3684	85,4360	83,5706	56,4740	50,4143
51	0	41,9527	48,2887	27,0695	82,0775	49,5146	49,3548	54,2673
55	0	88,0493	85,0353	61,9293	51,8642	48,0709	32,4150	29,1968
58	0	148,0282	122,0002	112,8426	114,2947	74,9338	55,2218	37,2752

Keterangan : 1= normal, 0=Osteoporosis

Lampiran 3 : Data nilai pixel RoI citra dental panoramic radiograph

image	roiA	roiA	roiA	roiH	roiH	roiF	roiF
001	127,0666	135,8700	95,7920	119,7140	66,5487	70,9176	48,1968
002	127,5467	56,3436	41,9200	37,2326	29,8209	73,2859	41,2491
003	155,9448	126,5663	87,6413	123,9120	88,4744	133,5863	78,8141
004	99,9184	99,4230	78,4305	85,9641	80,3633	91,4481	91,2121
005	66,8092	79,9007	53,0495	62,1795	57,1141	77,1896	70,5438
006	183,3517	138,9633	77,4632	81,2534	60,6399	76,4958	56,4545
007	118,0468	109,9425	79,5088	99,8293	59,3323	88,4984	51,0649
008	135,7855	98,9929	45,6739	85,7849	43,3059	66,8372	46,3244
009	70,5143	63,5666	45,9524	69,2635	48,8461	76,8683	70,6807
010	90,0134	135,7440	94,0068	107,2004	79,4435	62,2435	39,7420
011	153,1154	40,6712	122,7135	90,6982	86,9532	103,7082	122,1534
012	159,8418	125,6473	71,9478	113,9661	54,3781	69,9662	54,9065
013	80,5546	73,1863	42,8710	44,9438	33,8818	21,8000	24,4843
014	159,3207	170,6197	137,6064	134,0434	125,8529	93,9723	103,4412
015	79,7123	114,4040	66,1247	109,7541	51,5861	102,4207	64,2497
016	138,1380	134,3749	88,9375	114,9225	87,4875	97,5508	71,5023
017	82,7951	89,5096	52,2372	69,2301	43,8642	44,7210	33,2541
018	142,3138	121,7700	99,3716	128,4692	66,4792	48,0872	40,6776
019	166,4106	145,4418	81,5138	118,7519	83,9431	98,8158	58,3617
020	100,2694	116,5896	69,4070	98,0980	69,7604	81,4676	56,9842
021	52,9360	96,3556	40,9408	75,1349	45,2937	66,4992	44,7563
022	79,2302	51,9720	29,8483	79,2262	31,0123	55,7820	41,8958
023	87,1641	117,7069	83,9049	89,4914	65,9791	81,5540	75,1243
024	154,6130	158,1222	120,2453	142,5171	98,9405	114,1169	88,5501
025	77,7402	40,5757	49,9475	61,9220	33,6991	51,4985	37,0293
026	116,6275	134,5994	97,6782	136,6513	106,6690	106,2115	101,6795
027	99,4153	113,2856	49,9351	88,2013	65,5999	65,2814	47,4155
028	58,2437	109,8059	71,3497	104,7787	73,3797	94,0189	74,7168
029	54,1663	90,1008	68,8498	106,1154	80,4896	89,3009	49,8894
030	79,7064	100,1657	45,9630	81,2082	43,6937	53,2008	48,3655
031	68,9949	70,9718	24,8254	50,4551	27,7044	44,6072	26,5142
032	84,5195	69,8638	36,7191	63,7388	55,0348	49,6662	48,8009
033	83,3551	72,8003	63,2549	70,2456	64,0315	59,1622	70,1184
034	102,0235	86,2569	43,3548	64,4538	55,9229	62,1463	64,8237
035	104,8283	56,4255	35,5021	51,7774	29,7929	39,1177	30,7182
036	104,6962	101,7245	56,9533	72,2543	35,6490	41,7683	35,2052
037	166,9050	125,9363	94,2741	106,7830	65,8887	85,5204	41,3204
038	97,3082	107,0269	69,8632	69,2953	50,2396	57,5413	47,2758
039	46,5756	50,8317	31,7898	44,0653	35,9318	51,4107	40,5338
040	131,4654	103,2256	60,8779	88,4844	72,6059	104,4930	56,9976
041	158,7738	117,2337	92,9322	116,0008	87,0771	115,2735	92,1411
042	67,7434	41,3726	31,8216	46,4357	47,1049	47,8907	41,6331
043	59,6650	101,0037	65,5505	89,5159	72,3404	71,7361	79,8695
044	61,7124	70,2515	43,9155	51,1825	43,2247	55,1027	49,9612
045	52,8821	49,0009	33,7585	53,5944	48,0164	67,7316	55,9030
046	87,3050	94,8354	66,3268	82,8951	66,8518	95,7873	70,3687
047	114,8175	91,3869	70,3684	85,4360	83,5706	56,4740	50,4143
048	54,5183	56,0866	40,3579	61,4117	44,0153	54,4017	53,1168
049	68,0502	87,3129	40,1806	78,4776	50,0496	55,1104	67,7701
050	149,6435	107,4470	95,3569	119,6080	98,7331	102,2175	95,5536
051	41,9527	48,2887	27,0695	82,0775	49,5146	49,3548	54,2673
052	70,5410	58,8958	42,2093	59,4816	47,9369	57,0402	43,1034
053	101,9163	129,0899	82,0562	130,9987	101,3435	105,9628	95,5916

054	176,2964	176,8349	118,0835	147,6198	96,2394	95,4488	65,7896
055	88,0493	85,0353	61,9293	51,8642	48,0709	32,4150	29,1968
056	150,5422	127,7765	91,4481	77,5812	57,0254	54,8909	48,9446
057	108,5164	96,5736	59,3201	79,3129	55,9520	66,4388	46,5497
058	148,0282	122,0002	112,8426	114,2947	74,9338	55,2218	37,2752
059	123,7135	120,2060	79,8061	101,5409	65,3235	61,7724	56,9215
060	133,6642	72,1705	41,1399	44,9317	32,6492	45,6724	27,8078
061	88,3663	89,7402	82,4719	67,2677	65,5183	59,4306	39,8716
062	65,1624	78,4652	55,4663	61,6615	54,5381	51,4657	61,6543
063	110,4356	121,2132	72,5243	76,4876	44,8574	66,8280	38,0577
064	95,4757	140,1702	76,3238	90,6164	50,3176	54,6911	34,8645
065	157,6949	124,1892	109,8306	103,3625	103,5611	88,6259	98,6606
066	83,6590	107,9276	66,3395	77,0953	61,2850	59,8808	57,1667
067	111,8889	102,1349	76,2261	87,2987	72,6254	76,9886	70,5376
068	111,2628	75,2296	33,3904	48,3624	35,3235	49,8907	32,9112
069	34,4238	46,8793	46,7691	55,8442	66,0579	66,0579	65,4286
070	96,2346	74,5200	51,5606	71,2790	40,2223	49,2222	30,0672
071	87,3405	87,0432	80,8258	80,0559	64,3032	71,0815	54,2469
072	61,2095	97,5120	58,7079	95,5687	54,7617	83,0302	39,6611
073	114,9378	81,2362	64,4377	70,1913	42,3495	48,9985	32,3075
074	84,9832	99,0682	42,4855	59,4824	34,1624	41,0308	42,9003
075	88,0546	70,9000	58,9046	64,3272	62,9165	62,3666	60,1342
076	62,2613	77,5589	46,6718	54,7604	39,5283	58,4440	42,6984
077	65,0441	59,7923	45,4674	44,1811	45,5091	44,9188	38,5849
078	99,5888	88,7717	60,5801	66,2178	58,0250	51,4530	56,1213
079	68,0318	84,2187	63,3423	83,1725	60,9095	57,8729	45,9635
080	108,1346	112,4026	91,0685	101,4571	77,1190	71,3281	91,1723
081	88,3884	122,3006	34,1194	85,1001	42,1400	53,7739	31,5595
082	165,4210	116,2765	91,1747	82,9019	72,7300	59,7712	36,8446
083	130,8363	103,9243	76,7175	88,9370	70,1140	66,0061	62,1720
084	67,6995	68,7827	81,1911	75,0701	80,5614	65,4404	58,6033
085	83,4211	90,8274	78,1188	96,2445	60,7681	57,0347	43,1380
086	110,0331	121,9355	83,7639	108,3737	81,5826	74,2734	83,8079
087	91,0360	56,3406	33,5328	53,3003	36,5422	50,2166	40,3823
088	55,3476	44,6959	33,2734	29,8440	25,8715	26,3885	24,6505
089	127,8824	95,7717	66,6563	63,6850	63,8987	43,6982	34,6144
090	47,5925	72,9725	81,0806	55,2374	55,9436	44,8975	54,2951
091	130,1533	92,3237	104,5278	81,1064	75,6037	54,2131	31,9727
092	81,6477	58,9245	39,9741	61,2891	41,8027	47,5185	43,1626
093	125,7095	73,3916	52,1980	63,3534	47,4387	33,0945	44,4731
094	59,6453	56,5239	54,1965	35,4013	39,3359	38,9561	37,5572
095	51,8313	81,3482	54,2873	68,9256	49,8679	48,9867	54,2669
096	58,8324	78,6694	28,0276	70,2919	29,5406	51,6981	55,5010
097	78,1492	77,0180	52,4897	73,0148	52,6371	52,6850	53,3006
098	61,1073	98,8517	58,9914	78,0620	66,0630	88,8768	66,4043
099	60,6467	89,7774	76,7568	89,3922	68,8390	56,5039	62,5872
100	74,4121	78,5248	48,6737	65,4303	44,5758	61,8545	60,0720

## Lampiran 4 : Parameter Konsekuen

Parameter Konsekuen 1

NO	$\bar{a}$	z	accuracy : 24%
1	-0,065251955	-0,202059713	
2	-0,067713278	-0,209681465	
3	-0,065251955	-0,202059713	
4	-0,069043748	8,003195442	
5	-0,065251955	-0,202059713	
6	-0,067713278	-0,209681465	
7	-0,065251955	-0,202059713	
8	-0,069043748	-0,213801409	
9	-0,065251955	-0,202059713	
10	-0,067713278	-0,209681465	
11	-0,065251955	-0,202059713	
12	-0,069043748	-0,213801409	
13	-0,065251955	-0,202059713	
14	-0,067713278	-0,209681465	
15	-0,065251955	-0,202059713	
16	-0,069043748	-0,213801409	

Parameter Konsekuen 3

NO	$\bar{a}$	z	accuracy: 24%
1	-0,112612047	-30,44027118	
2	-0,175386993	-4,286932932	
3	-0,112612047	-0,312523616	
4	-0,132518551	4,282731581	
5	-0,112612047	-0,312523616	
6	-0,175386993	-0,460822421	
7	-0,112612047	-0,312523616	
8	-0,132518551	-0,36185168	
9	-0,112612047	-0,312523616	
10	-0,175386993	-0,460822421	
11	-0,112612047	-0,312523616	
12	-0,132518551	-0,36185168	
13	-0,112612047	-0,312523616	
14	-0,175386993	-0,460822421	
15	-0,112612047	-0,312523616	
16	-0,132518551	-0,36185168	

Parameter Konsekuen 2

NO	$\bar{a}$	z	accuracy: 24%
1	-0,065251955	9,688100044	
2	-0,067713278	-13,61892662	
3	-0,065251955	-0,20205971	
4	-0,069043748	-0,213801409	
5	-0,065251955	-0,20205971	
6	-0,067713278	-0,209681465	
7	-0,065251955	-0,20205971	
8	-0,069043748	-0,213801409	
9	-0,065251955	-0,20205971	
10	-0,067713278	-0,209681465	
11	-0,065251955	-0,20205971	
12	-0,069043748	-0,213801409	
13	-0,065251955	-0,20205971	
14	-0,067713278	-0,209681465	
15	-0,065251955	-0,20205971	
16	-0,069043748	-0,213801409	

Parameter Konsekuen 4

No	$\bar{a}$	z	accuracy: 24%
1	-0,112612047	-0,312523616	
2	-0,175386993	-4,286932932	
3	-0,112612047	-3,210242862	
4	-0,132518551	42,82731581	
5	-0,112612047	-0,312523616	
6	-0,175386993	-0,460822421	
7	-0,112612047	-0,312523616	
8	-0,132518551	-0,36185168	
9	-0,112612047	-0,312523616	
10	-0,175386993	-0,460822421	
11	-0,112612047	-0,312523616	
12	-0,132518551	-0,36185168	
13	-0,112612047	-0,312523616	
14	-0,175386993	-0,460822421	
15	-0,112612047	1,34963383	
16	-0,132518551	-0,36185168	

Parameter Konsekuen 5

No	$\bar{a}$	$z$	
1	-0,184814266	-5,904910374	
2	-0,216989037	-3,774718012	
3	-0,129807611	-2,869012951	
4	-0,149714115	4,29566534	
5	-0,29179195	-0,805388279	
6	-0,216989037	-0,575255888	
7	-0,129807611	-0,359822927	
8	-0,149714115	-0,40915099	
9	-0,184814266	-0,511128045	accuracy: 24%
10	-0,216989037	-0,575255888	
11	-0,129807611	-0,359822927	
12	-0,149714115	-0,40915099	
13	-0,274686903	-0,758337951	
14	-0,216989037	-0,575255888	
15	-0,357371291	4,931412577	
16	-0,149714115	-0,40915099	

Parameter Konsekuen 7

No	$\bar{a}$	$z$	
1	-0,311171686	-2,300139655	
2	-122,826505	73,9655163	
3	-0,213124952	-9,82209771	
4	-0,278369256	-10,7998944	
5	-0,41814937	8,44586918	
6	-0,384559068	1,020501452	
7	-0,213124952	-0,589136109	
8	-0,278369256	-0,748380938	
9	-0,311171686	-0,871968916	accuracy: 24%
10	-0,384559068	1,020501452	
11	-0,213124952	-0,589136109	
12	-0,278369256	-0,748380938	
13	-0,401044323	-1,119178822	
14	-0,384559068	1,020501453	
15	-0,54574404	-5,204273877	
16	-0,278369256	-0,748380938	

Parameter Konsekuen 6

No	$\bar{a}$	$z$	
1	-0,2711121	-7,716209	
2	-0,278726279	-2,992495449	
3	-0,173065367	-24,9674018	
4	-0,19297187	43,3425666	
5	-0,378089784	-6,913174205	
6	-0,278726279	-0,763920896	
7	-0,173065367	-0,492015822	
8	-0,19297187	-0,541343886	
9	-0,2711121	-0,774848629	accuracy: 24%
10	-0,278726279	-0,763920896	
11	-0,173065367	-0,492015822	
12	-0,19297187	-0,541343886	
13	-0,360984737	-1,02205853	
14	-0,278726279	-0,763920896	
15	-0,505684454	0,049656622	
16	-0,19297187	-0,541343886	

Parameter Konsekuen 8

No	$\bar{a}$	$z$	
1	-0,311171686	-2,63114148	
2	-127,61993	78,0730757	
3	-0,213124952	-11,700949	
4	-0,278369256	-12,3223	
5	-0,41814937	10,7719926	
6	-0,384559068	1,020501452	
7	-0,213124952	-0,589136109	
8	-0,278369256	-0,748380938	
9	-0,311171686	-0,871968916	accuracy: 24%
10	-0,384559068	1,020501452	
11	-0,213124952	-0,589136109	
12	-0,278369256	-0,748380938	
13	-0,401044323	-1,11917882	
14	-0,384559068	1,02050145	
15	-15,48409964	1,541711759	
16	-0,278369256	-0,748380938	

Parameter Konsekuen 9

No	$\bar{a}$	z
1	-0,311171686	-7,888181577
2	-129,3421767	79,548895
3	-0,213124952	-10,58223117
4	-0,278369256	-12,8692969
5	-0,41814937	-6,21332147
6	-0,384559	-1,02050145
7	-0,213124952	-0,589136109
8	-0,278369256	-0,748380938
9	-0,311171686	-0,871968916
10	-0,384559068	-1,02050145
11	-0,213124952	-0,589136109
12	-0,278369256	-0,748380938
13	-0,401044323	18,80130976
14	-0,384559068	1,02050145
15	-20,85135484	1,019146196
16	-0,278369256	-0,748380938

accuracy:  
24%

Parameter Konsekuen 10

No	$\bar{a}$	z
1	-0,367943785	-7,817197369
2	-126,6007977	77,8826407
3	-0,260976212	-8,7667735
4	-0,326220515	-15,07705697
5	-0,474921469	-6,949600507
6	-0,466453004	-1,251416401
7	-0,260976212	-0,724061497
8	8,57627	-0,883306326
9	-0,367943785	-1,032048246
10	-0,466453004	-1,251416401
11	-0,260976212	-0,724061497
12	-0,326220515	-0,883306326
13	-0,457816422	19,14228416
14	-0,466453004	-1,251416401
15	-20,22503501	1,274782366
16	-0,326220515	-0,883306326

accuracy:  
24%