

**DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS DENGAN *NEURO-FUZZY SYSTEM*
MELALUI *ANATOMIC INDEX* DARI *CITRA DENTAL PANORAMIC*
RADIOGRAPH PADA AREA *TULANG MANDIBLE***

SKRIPSI

Oleh:

**RISMALIL ISMI AFIDA
NIM. 09650200**



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

**DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS DENGAN *NEURO-FUZZY SYSTEM*
MELALUI *ANATOMIC INDEX* DARI CITRA *DENTAL PANORAMIC*
RADIOGRAPH PADA AREA TULANG *MANDIBLE***

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim (UIN Maliki) Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

Oleh:

**RISMALIL ISMI AFIDA
NIM. 09650200**

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

**DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS DENGAN *NEURO-FUZZY SYSTEM*
MELALUI *ANATOMIC INDEX* DARI CITRA *DENTAL PANORAMIC*
RADIOGRAPH PADA AREA TULANG MANDIBLE**

Oleh:

RISMALIL ISMI AFIDA
NIM. 09650200

Telah Disetujui untuk Diuji
Malang, 01 Juli 2013

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Zainal Abidin, M.Kom
NIP. 197606132005011004
197007312005011002

Fatchurrochman, M.Kom
NIP.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Ririen Kusumawati, M.Kom
NIP. 197203092005012002

LEMBAR PENGESAHAN

DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS DENGAN *NEURO-FUZZY SYSTEM* MELALUI *ANATOMIC INDEX* DARI *CITRA DENTAL PANORAMIC* *RADIOGRAPH* PADA AREA TULANG MANDIBLE

SKRIPSI

Oleh

RISMALIL ISMI AFIDA

NIM. 09650200

Diajukan Kepada:
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim (UIN Maliki) Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal, April 2013

Susunan Dewan Penguji:

Tanda Tangan

- | | | | |
|------------------|-----------------------------|---|---|
| 1. Penguji Utama | : Dr. Cahyo Chrysdian | (|) |
| | NIP. 19740424 200901 1 008 | | |
| 2. Ketua | : Irwan Budi Santoso, M.Kom | (|) |
| | NIP. 19770103 201101 1 004 | | |
| 3. Sekretaris | : Zainal Abidin, M.Kom | (|) |
| | NIP. 19760613 200501 1 004 | | |
| 4. Anggota | : Fatchurrochman, M.Kom | (|) |
| | NIP. 19700731 200501 1 002 | | |

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Ririen Kusumawati, M.Kom

NIP. 197203092005012002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rismalil Ismi Afida

NIM : 09650200

Jurusan: Teknik Informatika

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS DENGAN NEURO-FUZZY SYSTEM MELALUI ANATOMIC INDEX DARI CITRA DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH PADA AREA TULANG MANDIBLE* dalam rangka untuk memenuhi persyaratan kelulusan pada Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang ini adalah hasil karya saya sendiri dan tidak menjiplak atau duplikasi dari karya orang lain, kecuali yang tercantum dalam daftar pustaka dalam skripsi ini. Apabila dikemudian ternyata skripsi yang saya tulis mendapatkan klaim dari pihak lain dan terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung resiko yang akan saya terima dan hal ini bukan merupakan tanggung jawab dosen pembimbing dan atau pengelola Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan segala kesadaran dan sebenarnya.

Malang, 01 Juli 2013

Yang menyatakan,

Rismalil Ismi Afida

MOTTO

“Allah tidak akan memberikan cobaan melebihi kemampuan hamba-Nya”

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa apa yang pada diri mereka ”

“Man Jadda Wajada”- Kesungguhan akan Membuahkan Hasil”



PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim

Karya ini saya persembahkan kepada:

- *Kedua orangtua ku, Suyitno dan Suparmi yang selalu memberi kepercayaan dan kekuatan untuk dapat melangkah menuju puncak pengharapan dan cita-cita. Terimakasih atas semua yang telah kalian berikan, bahkan seumur hidup ini, belum aku bisa untuk membalas kalian, tapi yang pasti, aku akan menjadi anak yang kalian damba-dambakan itu, sama seperti dulu, tak akan berubah.*
- *Adik-adikku, Dimas Setyo Prayogi, dan Nizar Nova Zakaria, kalian selalu menjadi kekuatan yang luar biasa, karena kalian, aku akan terus memberikan yang terbaik dalam hal apapun, dari dahulu, sekarang dan bahkan yang akan datang. Mbak sangat menyayangi kalian...*
- *Suamiku, Akbar Sandi Prakoso yang senantiasa memberikan problem solvungnya ketika banyak kendala dan menjadi penyemangat agar aku terus melakukan yang terbaik. Serta seluruh anggota keluarganya Bapak Natsir, Ibu Natsir, Dendi dan Fajar.*
- *Tim penelitian osteoporosis, yang selama hampir setahun terakhir menjadi partner dalam pengerjaan Tugas Akhir, Alif, Myta, Yoan, Ida, Del, Asa, Shen, Devi dan David. Dan untuk seluruh teman-teman Angkatan 2009 Jurusan Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. I love u all.*
- *Keluarga pesantren Firdaus Ibu Nur Ainy Al Mascaty, Ibu Hijriatun, Ibu Rukmini dan ustad-ustadzahku lainnya, terimakasih telah dengan sabar membimbingku dalam hal beragama dan berkehidupan di dunia serta bekal-bekal menuju Jannah-Nya, sahabat-sahabat terbaikku di Pesantren Firdaus, Izah Caius. Ammah Oppah, Zilvi Vivi, El Dina Bathok, Izah Fauziyah serta lainnya terimakasih mau mendengar curhat-curhat skripsiku, dan bahkan kalian tidak mengerti apa maksudnya, maaf ya...*
- *Dan seluruh rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis selama ini. Terima Kasih.....*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah rabbi ‘alamin. Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang melimpahkan segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini dengan judul “**DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS DENGAN *NEURO-FUZZY SYSTEM MELALUI ANATOMIC INDEX DARI CITRA DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH PADA AREA TULANG MANDIBLE***”. Semoga Allah melimpahkan rahmat atas Nabi Muhammad SAW yang senantiasa memberikan cahaya petunjuk, dan atas keluarganya yang baik dan suci dengan rahmat yang berkah-Nya menyelamatkan kita pada hari akhirat. Penelitian ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam meraih gelar Sarjana Komputer di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini, penulis telah mendapat begitu banyak bantuan baik moral maupun materiil dari banyak pihak. Atas bantuan yang telah diberikan, penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Prof. DR. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Malang beserta seluruh staf. Darma Bakti Bapak dan Ibu sekalian terhadap Universitas Islam Negeri Malang turut membesarkan dan mencerdaskan penulis.
2. Bapak Dr. Hj. Bayyinatul Muchtaromah., drh, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang beserta staf. Bapak dan ibu sekalian sangat berjasa memupuk dan menumbuhkan semangat untuk maju kepada penulis.

3. Ibu Ririen Kusumawati, M.Kom selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika yang telah memotivasi, membantu dan memberikan penulis arahan yang baik dan benar dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Zainal Abidin, M.Kom dan Bapak Fatchurrochman, M.Kom selaku pembimbing skripsi penulis di jurusan Teknik Informatika UIN Malang yang telah banyak memberikan bimbingan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Negeri (UIN Maliki) Malang, khususnya Dosen Teknik Informatika dan staf yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama empat tahun lamanya, dan dukungan untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Keluarga tercintaku, Ibu, Papa, kedua adik laki-lakiku, serta seluruh keluarga besar di Jember yang telah banyak memberikan doa, motivasi dan dorongan dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Akbar Sandi Prakoso, suami yang selalu memberikan nasehat terbaiknya agar penulis terus melakukan yang terbaik dalam pengerjakan skripsi.
8. Semua sahabat yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya skripsi ini, khususnya kepada tim penelitian osteoporosis sub tim pendukung keputusan, Alif dan Myta, serta semua sahabat di TI UIN Malang angkatan 2009 semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas jasa dan bantuan yang telah diberikan.
9. Dan kepada seluruh pihak yang mendukung penulisan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu penulis ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya. Semoga penulisan laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, dan mengandung banyak kekurangan, sehingga dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Malang, 01 Juli 2013

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengajuan	ii
Lembar Persetujuan	iii
Halaman Pengesahan	iv
Surat Pernyataan	v
Motto	vi
Persembahan	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xiv
Abstrak	xv
Bab I Pendahuluan	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Batasan Masalah	8
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	9
1.6 Metodologi Penelitian	9
1.7 Sistematika Penulisan	11
Bab II Tinjauan Pustaka	
2.1 Osteoporosis	13
2.2 <i>Dental Panoramic Radiograph</i>	17
2.3 <i>Neuro-Fuzzy System</i>	21
2.4 Penelitian Terkait.....	28
Bab III Metode Penelitian	
3.1 Data.....	31
3.1.1 Data Training	31
3.1.2 Data Testing.....	31
3.2 Perancangan Sistem.....	31
3.3 Pembuatan Aplikasi.....	45
3.3.1 Desain Output	45
3.3.2 Desain Input.....	45
3.3.3 Desain Fuzzy	46
3.3.5 Desain <i>Neuro Fuzzy System</i> (NFS).....	47
3.3.4 Desain Database.....	54
3.3.5 Desain Interface	56
3.3 Contoh Perhitungan Manual	58
Bab IV Analisis dan Pembahasan	
4.1 Skenario Uji Coba	60
4.1.1 Tujuan uji Coba	60
4.1.2 Skenario Uji Coba.....	60

4.1.2.1 Data Uji	61
4.1.2.2 Proses Uji Coba	61
4.1.2.3 Lingkungan Operasi	62
4.1.2.4 Parameter Pengujian	62
4.2 Implementasi	62
4.2.1 Implementasi Antar Muka	62
4.2.2 Implementasi Pendeteksi Osteoporosis	65
4.2.2.1 Implementasi Preprocessing	65
4.2.2.2 Implementasi Database	69
4.2 Ruang Lingkup Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	69
4.2.1 Ruang Lingkup Perangkat Keras	69
4.2.2 Ruang Lingkup perangkat Lunak	69
4.3 Hasil Uji Coba	70
4.3.1 Pengujian pada 23 Data pada Proses Training	70
4.3.2 Pengujian pada 23 Data pada Proses Testing	86
4.4 Integrasi dengan Islam	88
Bab V Kesimpulan dan Saran	
5.1 Kesimpulan	90
5.2 Saran	90
Daftar Pustaka	
Lampiran 1	
Lampiran 2	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tulang Mandibula.....	6
Gambar 2.1 Akibat Osteoporosis.....	13
Gambar 2.2 Tulang normal (kiri) dan Tulang Rapuh / Osteoporosis (kanan).....	14
Gambar 2.3 Perubahan Tulang dan Tindakan yang harus Dilakukan	15
Gambar 2.4 <i>Dental Panoramic Radiograph</i>	17
Gambar 2.5 Lebar Ra pada Tulang Mandibula.....	18
Gambar 2.6 Tinggi dari <i>Corpus Mandibulae</i> (pa, ph dan pf) di Tiga Tempat Karakteristik (A, H dan F)	18
Gambar 2.7 Beberapa <i>Anatomic</i> yang Dihasilkan dari Pembatas <i>Canal Mandibular</i>	19
Gambar 2.8 <i>Mental Index</i> dan <i>Panoramic Mental Index</i>	20
Gambar 2.9 <i>Neuro-fuzzy Equivalent system</i>	22
Gambar 2.10 Mamdani <i>Fuzzy Inference System</i>	24
Gambar 3.1 Blok Diagram Aplikasi Deteksi Dini Osteoporosis melalui <i>Anatomic Index</i> dari Citra <i>Dental Panoramic Radiograph</i> Proses Training	33
Gambar 3.2 Blok Diagram Aplikasi Deteksi Dini Osteoporosis melalui <i>Anatomic Index</i> dari Citra <i>Dental Panoramic Radiograph</i> Proses Testing	34
Gambar 3.3 Flowchart <i>praprocessing</i>	35
Gambar 3.4 Flowchart Layer-1: Layer Input.....	36
Gambar 3.5 Flowchart Layer-2: Fuzzifikasi Input	37
Gambar 3.6 Menghitung nilai a dan b (Parameter Fuzzifikasi Input)	38
Gambar 3.7 Flowchart Layer-3: Aturan Fuzzy.....	39
Gambar 3.8 Flowchart Layer-4: Fuzzifikasi Output.....	40
Gambar 3.9 Flowchart Menghitung Nilai $\mu_{WR}[]$	41
Gambar 3.10 Flowchart Layer-5: Defuzzifikasi	42
Gambar 3.11 Menghitung nilai aCe dan bCe (Parameter Fuzzifikasi Output).....	43
Gambar 3.12 <i>Use Case</i>	44
Gambar 3.13 <i>Activity Diagram</i>	44
Gambar 3.14 Beberapa <i>Anatomic Index</i> dari Citra <i>Dental Panoramic Radiograph</i>	46
Gambar 3.15 Fungsi Keanggotaan dengan Korelasi Positif.	46
Gambar 3.16 Fungsi Keanggotaan dengan Korelasi Positif.	46
Gambar 3.17 <i>Source Code Feedforward</i> Layer-1.....	47
Gambar 3.18 <i>Source Code Feedforward</i> Layer-2.....	49
Gambar 3.19 Arsitektur Sistem.....	50
Gambar 3.20 <i>Source Code Feedforward</i> Layer-3.....	52
Gambar 3.21 <i>Source Code Feedforward</i> Layer-4.....	53
Gambar 3.22 <i>Source Code Feedforward</i> Layer-5.....	54
Gambar 3.23 <i>Entity Relationship Diagram (ERD)</i>	54
Gambar 3.24 Rancangan Desain Interface, Halaman Awal	57
Gambar 3.25 Rancangan Desain Interface, Halaman Utama	57
Gambar 4.1 Halaman Utama untuk Proses Training	63
Gambar 4.2 Halaman Utama untuk Proses Testing	64
Gambar 4.3 Halaman Bantuan.....	65
Gambar 4.4 Halaman Tentang	65
Gambar 4.5 <i>Source Code Indexing</i> dan Penyimpanan ke dalam <i>Database</i>	66
Gambar 4.6 <i>Source Code Backpropagation</i> Error-5.....	67
Gambar 4.7 <i>Source Code Backpropagation</i> Error-4.....	67
Gambar 4.8 <i>Source Code Backpropagation</i> Error-3.....	68

Gambar 4.9 <i>Source Code Backpropagation Error-2</i>	68
Gambar 4.10 Halaman Hasil Training	85
Gambar 4.11 Halaman Hasil Testing	88



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jumlah Penderita Osteoporosis Tahun 2000.....	5
Tabel 2.1 Perbandingan <i>Fuzzy System</i> dan <i>Neural Network</i>	21
Tabel 2.2 Penelitian Terkait.....	29
Tabel 3.1 Korelasi <i>Anatomic Index</i> Dengan Hasil Deteksi Osteoporosis.....	36
Tabel 3.2 Parameter Nilai <i>Anatomic</i>	46
Tabel 3.3 Struktur Tabel <i>Anatomic Index</i>	54
Tabel 3.4 Struktur Tabel <i>Temp_test</i>	55
Tabel 3.5 Struktur Tabel Parameter.....	55
Tabel 3.6 Struktur Tabel <i>y_Output</i>	56
Tabel 3.7 Struktur Tabel Konsekuen.....	56
Tabel 3.8 Hasil Pengukuran <i>Anatomic</i>	58
Tabel 3.9 Hasil Perhitungan <i>Anatomic Index</i>	58
Tabel 3.10 Input <i>Neuro Fuzzy System</i>	58
Tabel 3.11 Layer 2 <i>Neuro Fuzzy System</i>	58
Tabel 3.12 Layer 3 <i>Neuro Fuzzy System</i>	59
Tabel 3.13 Layer 4 <i>Neuro Fuzzy System</i>	59
Tabel 3.14 Layer 5 <i>Neuro Fuzzy System</i>	59
Tabel 4.1 Pengujian Proses Training: Data Input <i>Anatomic</i>	70
Tabel 4.2 Pengujian Proses Training: Data Input <i>Anatomic Index</i>	71
Tabel 4.3 Pengujian Proses Training: Fuzzifikasi Input.....	72
Tabel 4.4 Pengujian Proses Training: Aturan <i>Fuzzy</i>	74
Tabel 4.5 Pengujian Proses Training: Fuzzifikasi Output.....	78
Tabel 4.6 Pengujian Proses Training: Defuzzifikasi.....	78
Tabel 4.7 Pengujian Training: <i>Error-5</i>	79
Tabel 4.8 Pengujian Training: <i>Error-4</i>	80
Tabel 4.9 Pengujian Training: <i>Error-3</i>	80
Tabel 4.10 Pengujian Training: <i>Error-2</i>	84
Tabel 4.11 Pengujian Proses Testing: Data Input <i>Anatomic</i>	86
Tabel 4.12 Pengujian Proses Testing: Data Input <i>Anatomic Index</i>	86
Tabel 4.13 Pengujian Proses Testing: Defuzzifikasi.....	87

ABSTRAK

Afida, Rismalil Ismi. 2013. **DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS DENGAN *NEURO-FUZZY SYSTEM* MELALUI *ANATOMIC INDEX* DARI CITRA *DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH* PADA AREA TULANG *MANDIBLE***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (1) Zainal Abidin, M.Kom, (2) Fatchurrochman, M.Kom

Kata Kunci: osteoporosis, tulang *mandible* (mandibula), *neuro-fuzzy system*, deteksi penyakit

Tulang yang digunakan untuk beraktivitas setiap hari mengalami penyusutan, pada usia muda perbaikan dalam penyusutan tulang dapat dilakukan dengan baik dan cepat sedangkan pada usia yang relatif tua perbaikan penyusutan tulang berlangsung lebih lambat. Keadaan ini dinamakan osteoporosis atau tulang keropos. Area tulang mandibula pada tulang rahang dapat dijadikan obyek yang berhubungan dengan kepadatan massa tulang (korelasi) sehingga dapat digunakan sebagai identifikasi adanya penyakit osteoporosis. Nilai tiap-tiap *anatomic index* bersifat tidak pasti (*uncertain*), dikarenakan bentuk wajah (anatomi wajah) yang berbeda. Sehingga diperlukan adanya pembobotan yang dikendalikan oleh *Neuro-Fuzzy System*. Metode *Neuro-Fuzzy System* yaitu metode yang menggunakan jaringan syaraf tiruan (*neural network*) untuk merealisasikan atau mengimplementasikan sistem inferensi fuzzy. Dari penelitian serta pembuatan program perhitungan *Neuro Fuzzy System* (NFS) dalam aplikasi yang dirancang dapat disimpulkan bahwa perhitungan NFS memberikan keakuratan pendeteksian penyakit osteoporosis pada proses training sebesar berhasil mendeteksi 20 data dari 23 data keseluruhan. Artinya memiliki keakuratan sebesar 86,96%. Sedangkan untuk proses testing data yang terdeteksi lebih sedikit, yaitu berhasil 19 data dari 23 data keseluruhan atau sebesar 82,61%. Nilai ini cukup besar untuk mencapai hasil yang diharapkan.

ABSTRACT

Afida, Rismalil Ismi. 2013. **DETEKSI DINI OSTEOPOROSIS DENGAN NEURO-FUZZY SYSTEM MELALUI ANATOMIC INDEX DARI CITRA DENTAL PANORAMIC RADIOGRAPH PADA AREA TULANG MANDIBLE**. Department of Informatic Engineering, Faculty of Sains and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang

Advisor: (1) Zainal Abidin, M.Kom, (2) Fatchurrochman, M.Kom

Keywords: osteoporosis, mandible bone, neuro-fuzzy system, disease detection

Bones are used to move everyday shrinkage, at a young age improvements in bone shrinkage can be done well and quickly, while at the relatively old age of improvement is slower bone loss. This condition is called osteoporosis or brittle bones. Areas of mandibular bone in the jaw bone can be used as objects related to bone mass density (correlation) so it can be used as an identification of the disease osteoporosis. Value of each anatomic index are uncertain (uncertain), due to the shape of the face (facial anatomy) different. So it is necessary to weighting is controlled by the Neuro-Fuzzy System. Neuro-Fuzzy System method is a method that uses artificial neural networks (neural network) to realize or implement the fuzzy inference system. Of the research and manufacture of the calculation program Neuro Fuzzy System (NFS) in the application that is designed it can be concluded that the calculation of NFS provides osteoporosis detection accuracy on the training process of the data managed mendeteksi 20 of 23 overall data. Means to have the accuracy of 86.96%. As for the testing process less terdeteksi data, ie data from 23 managed 19 overall data or by 82.61%. This value is large enough to achieve the desired results.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Apabila Allah mempunyai kehendak menciptakan sesuatu, Allah Subhanallahu wa Ta'ala cukup berkata: “*Kun*”, “*Jadilah*”, maka jadilah dia. Begitu pun dalam penciptaan manusia, Allah sesungguhnya cukup mengatakan: “*Jadilah*”, maka pasti tercipta manusia. Tetapi Allah menginginkan dalam penciptaan manusia itu berupa sesuatu proses yang dapat diterima akal. Dalam Al-Qur'an Allah berkali-kali memerintahkan kepada manusia untuk berpikir, maka Allah menciptakan manusia melalui proses yang dikenal selama ini, yaitu melalui ayah dan ibu.

Manusia yang Allah ciptakan tersebut terdiri dari susunan tulang, dimana tulang adalah organ yang sudah terbentuk sejak masih dalam kandungan yang kemudian berkembang terus-menerus sampai dekade kedua sehingga menjadi susunan yang teratur (Cahyaningsih, 2010). Di dalam Al-Qur'an proses kejadian manusia secara biologis dijelaskan secara terperinci melalui firman-Nya:

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﴾

“Dan sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia itu dari suatu saripati (berasal) dari tanah. Kemudian Kami jadikan saripati itu air mani (yang disimpan) dalam tempat yang kokoh (rahim). 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 ia makhluk yang (berbentuk) lain. Maka Maha Sucilah Allah, Pencipta Yang Paling Baik.” (QS. Al Mu'minuun [23]: 12-14).

Dari ayat tersebut dapat dijelaskan bahwa janin dalam rahim mengalami serangkaian proses pembentukan organ untuk menjadi bentuk yang lebih sempurna. Berawal dari jaringan tulang rawan ketika masih menjadi embrio, kemudian jaringan tulang tersebut mulai mengeras dan akhirnya menjadi tulang keras. Selanjutnya tulang-tulang ini dibungkus oleh sel-sel otot. Allah menjelaskan perkembangan ini dalam ayat: “...*dan segumpal daging itu Kami jadikan tulang belulang, lalu tulang belulang itu Kami bungkus dengan daging*”. Tulang inilah yang mendukung struktur tubuh, melindungi organ-organ internal, serta memungkinkan pergerakan atau perpindahan (Umah, 2009).

Tulang yang digunakan untuk beraktivitas setiap hari mengalami penyusutan, pada usia muda perbaikan dalam penyusutan tulang dapat dilakukan dengan baik dan cepat sedangkan pada usia yang relatif tua perbaikan penyusutan tulang berlangsung lebih lambat. Keadaan ini dinamakan osteoporosis atau tulang keropos yang ditandai dengan punggung yang mulai membungkuk, tulang yang rapuh dan mudah patah, dan tubuh tampak semakin memendek. Hal ini jelas suatu penyakit yang sebenarnya bisa dicegah apabila bertindak dini (Tandra, 2009: 1). Sesuai sebuah hadits yang mengatakan bahwa Rasulullah SAW adalah pribadi yang sangat menjaga kesehatan beliau. Berikut adalah sabda Rasulullah yang dimaksud:

حدثنا أبو بكر بن أبي شيبة وابن ثمير قالوا حدثنا عبد الله بن إدريس عن ربيعة بن عثمان عن محمد بن يحيى بن حبان عن الأعرج عن أبي هريرة قال: قال رسول الله صلى الله عليه وسلم المؤمن القوي خير وأحب إلى الله من المؤمن الضعيف وفي كل خير احرص على ما ينفعك واستعن بالله ولا تعجز وان أصابك شيء فلا تقل لو أني فعلت كان كذا وكذا ولكن قل قدر الله وما شاء فعل فان لوتفتح عمل الشيطان (أخرجه مسلم في كتاب القدم باب في الأمر بالقوة وترك العجز والاستعانة بالله)

“.....Abdurahman ibn Shakbar (Abu Hurairah) Ra. Berkata: “Rasulullah SAW bersabda:”“Orang mukmin yang kuat lebih baik dan lebih dicintai oleh Allah SWT daripada orang mukmin yang lemah. Pada masing-masing memang terdapat kebaikan. Capailah dengan sungguh-sungguh apa yang berguna bagimu, mohonlah pertolongan kepada Allah dan janganlah kamu menjadi orang yang lemah. Apabila kamu tertimpa suatu kemalangan, maka janganlah kamu mengatakan, ‘Seandainya tadi saya berbuat begini dan begitu, niscaya tidak akan menjadi begini dan begitu.’ Tetapi katakanlah, ‘Ini sudah takdir Allah dan apa yang dikehendaki-Nya pasti akan dilaksanakan-Nya.’ Karena sesungguhnya ungkapan kata ‘law’ (seandainya) akan membukakan jalan bagi godaan setan.” (HR. Muslim dalam kitab al-Qadr bab perintah untuk kuat dan meninggalkan kelemahan dan meminta tolong kepada Allah, HR. Ibnu Majah dan H.R Imam Ahmad)

Dalam hadits tersebut dijelaskan bahwa umat muslim di dalam kehidupannya dituntut untuk menjadi kuat. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia kata kuat didefinisikan banyak tenaga dan tahan (terhadap penyakit). Artinya bahwa kuat adalah tidak sakit atau sehat. Dengan hidup sehat, pelaksanaan ibadah kepada Allah menjadi lebih sempurna daripada dalam keadaan sakit atau lemah. Apabila terjadi kerusakan di tulang yang menyebabkan osteoporosis, hal ini menjadikan pelaksanaan ibadah kurang maksimal. Dengan menggunakan sistem ini diharapkan setiap muslim dapat melakukan tindakan yang benar, misalkan melakukan tindakan-tindakan pencegahan maupun pengobatan yang sesuai dengan petunjuk kesehatan. Maka penggunaan sistem ini merupakan salah satu cara melaksanakan perintah agama, yaitu menjadi muslim yang kuat.

Penyakit osteoporosis mempunyai sifat khas berupa massa tulang (*Bone Mineral Density, BMD*) rendah atau berkurang, disertai gangguan mikroarsitektur tulang dan penurunan kualitas jaringan tulang yang dapat menimbulkan kerapuhan tulang atau fragilitas (*fragile*). Tulang yang rapuh dan keropos ini mudah patah atau fraktur (*fracture*)¹. *World Health Organization* (WHO) mendefinisikan standar osteoporosis ini yaitu “*a skeletal disorder characterized by compressed bone strength predisposing a person to an increased risk of fracture*”, yaitu tulang yang rapuh hingga mudah menjadi patah tulang. Jadi, osteoporosis ditandai oleh dua hal, yaitu pertama densitas² (kepadatan) tulang berkurang, dan kedua kualitas tulang³ menurun. Untuk mengetahui terjadinya osteoporosis dapat dilakukan beberapa pemeriksaan seperti pengukuran kepadatan massa tulang, misalnya dengan alat densitometri, pemeriksaan laboratorium yang meliputi *Quantitative Komputerized Tomography* (QCT), *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan *Quantitative Ultra Sound* (QUS). (Wirakusumah: 5-6)

Osteoporosis telah diketahui sebagai penyakit yang mempengaruhi lebih dari 75 juta orang di AS, Eropa dan Jepang. Osteoporosis menyebabkan lebih dari 8,9 juta patah tulang per tahun di seluruh dunia. Osteoporosis tidak hanya merupakan penyebab utama patah tulang, tetapi juga menempati peringkat tertinggi diantara penyakit yang menyebabkan orang menjadi terbaring di tempat tidur dengan komplikasi yang serius. Penyakit osteoporosis ini menduduki peringkat kedua, di bawah penyakit jantung sebagai masalah kesehatan utama

¹Fraktur atau patah tulang adalah terputusnya kontinuitas tulang dan ditentukan sesuai jenis dan luasnya (Smeltzer S.C & Bare B.G, 2001).

²Densitas tulang adalah kepadatan tulang, yaitu berapa gram mineral per volume tulang.

³Kualitas menyangkut arsitektur, penghancuran, pembentukan kembali (mineralisasi) tulang.

dunia. Menurut data *International Osteoporosis Foundation*, lebih dari 30% wanita diseluruh dunia mengalami risiko seumur hidup untuk patah tulang akibat osteoporosis, bahkan mendekati 40%, sedangkan pada pria, risikonya berada pada angka 13%. (WHO, 2007: 6-7)

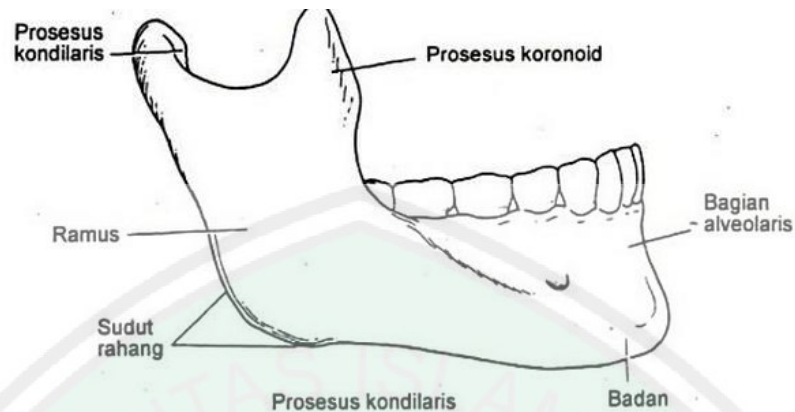
Di Indonesia pun masalah osteoporosis telah mencapai tingkat yang perlu diwaspadai. Berdasarkan data Puslitbang Gizi Departemen Kesehatan Republik Indonesia, penderita osteoporosis yang terdapat di Indonesia telah mencapai 19,7% dan berada di urutan keenam terbesar setelah Cina. Menurut WHO, saat ini lebih dari 200 juta wanita di seluruh dunia menderita osteoporosis. Penyakit ini bisa disebut *silent killer disease* karena terjadi secara diam-diam dan tidak menampakkan gejala yang jelas.

Berikut tabel perkiraan jumlah osteoporosis pada pria dan wanita yang berusia lebih dari 50 tahun pada tahun 2000 oleh WHO:

Tabel 1.1 Jumlah Penderita Osteoporosis Tahun 2000 (Sumber: modifikasi dari tabel oleh O Johnell & JA Kanis, 2006)

Wilayah WHO	Jumlah Penderita Osteoporosis (ribu)				Semua Osteoporosis	
	Panggul	Tulang Belakang	Lengan Atas	Tulang Bawah	Jumlah	%
Africa	8	12	6	16	75	0,8
Amerika Serikat	311	214	111	248	1 406	15,7
Asia Tenggara	221	253	121	306	1 562	17,8
Eropa	620	490	250	574	3 119	34,8
Mediterania Timur	35	43	21	52	261	2,9
Pasifik Barat *	432	405	197	464	2 536	28,6
Total	1 672	1 416	706	1 660	8 959	100

* Termasuk Australia, China, Jepang, Selandia Baru, dan Republik Korea Selatan.



Gambar 1.1 Tulang Mandibula (Sumber: Syabariyah, 2002: 151)

Beberapa penelitian yang telah dilakukan memanfaatkan citra x-ray hasil pemeriksaan radiologi pada area *mandible* atau tulang mandibula⁴ (terlihat pada gambar 1.1), disebut dengan *Dental Panoramic Radiograph* digunakan untuk deteksi dini osteoporosis. Diantaranya adalah pengukuran lebar atau tinggi *anatomic* dari tulang mandibula, khususnya area ramus (M Bozic dkk, 2005) dan mengukur lebar pada *cortical shape* atau *mental index* (Taguchi dkk, 2005). Penelitian dari dalam negeri merupakan pengembangan dari penelitian kedua peneliti sebelumnya, Bozic dan Taguchi, menyebutkan bahwa dengan mengukur ketebalan dan bentuk *mandibular cortex* dari citra *Dental Panoramic Radiograph* menggunakan bantuan komputer dapat digunakan untuk mendeteksi osteoporosis (Arifin dkk, 2006).

Dental Panoramic Radiograph sering diambil untuk pemeriksaan gigi dan rahang dalam praktek dokter gigi di seluruh dunia (Taguchi dkk, 2005). Pada tulang mandibula terdapat beberapa bagian, diantaranya ramus (vertikal) dan *body* (horizontal), *foramen mentale*, *canal mandibular* serta *mental index* (Syabariyah,

⁴ Tulang mandibula merupakan tulang yang tidak teratur dan merupakan satu-satunya tulang kepala yang dapat bergerak

2002: 152). Beberapa bagian dari tulang mandibula ini dapat disebut dengan *anatomic*⁵. *Anatomic* dapat dihasilkan dengan cara mengukur secara langsung bagian dari tulang mandibula dengan alat ukur seperti jangka sorong dan dilakukan oleh professional, misalkan dokter atau *assistant* dokter atau ahli lain yang berkecimpung di bidang ini. Sedangkan *anatomic index* didapatkan dari hasil perhitungan dari satu atau lebih *anatomic* yang telah diukur sebelumnya, nilai inilah yang digunakan sebagai parameter pendeteksi osteoporosis.

Nilai tiap-tiap *anatomic index* bersifat tidak pasti (*uncertain*), dikarenakan bentuk wajah (anatomi wajah) yang berbeda. Sehingga diperlukan adanya pembobotan yang dikendalikan oleh *Neuro-Fuzzy System*. Metode *Neuro-Fuzzy System* yaitu metode yang menggunakan jaringan syaraf tiruan (*neural network*) untuk merealisasikan atau mengimplementasikan sistem inferensi *fuzzy*. Keunggulan sistem *fuzzy* yaitu dapat menerjemahkan pengetahuan dari pakar dalam bentuk aturan-aturan, namun biasanya dibutuhkan waktu yang lama untuk menetapkan fungsi keanggotannya. Sehingga dibutuhkan teknik pembelajaran jaringan syaraf tiruan untuk mengotomatisasi proses tersebut untuk mengurangi waktu pencarian.

Pada prinsipnya ada dua cara untuk melatih *network*, yaitu dengan *supervised learning* dan *unsupervised learning* (Hagan et al, 1996). *Supervised learning* atau pembelajaran dengan diawasi memerlukan seperangkat data input untuk melatih yang terdiri dari pasangan data input dan data target. *Network* dilatih agar dapat memproses data input dan mengeluarkan output seperti yang

⁵*Anatomic / anatomical* dalam bahasa Indonesia anatomi merupakan cabang dari biologi yang berhubungan dengan struktur dan organisasi dari makhluk hidup

ditargetkan. Jadi *network* akan mengatur sendiri agar dapat bertingkah seperti yang dilatihkan. Kedua metode tersebut diharapkan dapat digunakan untuk mendapatkan koefisien yang diinginkan oleh sistem. Koefisien yang dicari inilah yang akan mendeteksi kemungkinan seseorang terindikasi memiliki tulang yang kurang sehat atau penyakit osteoporosis.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana membangun system perangkat lunak yang mampu membantu mendeteksi penyakit osteoporosis menggunakan nilai-nilai *anatomic index* yang didapat dari area tulang *mandible* pada citra *Dental Panoramic Radiograph*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Citra yang digunakan adalah citra *Dental Panoramic Radiograph* khususnya area mandibula (*mandible*) yang dicetak sesuai dengan *scale* dari citra X-ray digitalnya.
- b. Menggunakan alat perhitungan konvensional, seperti jangka sorong atau sejenisnya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk membangun sebuah aplikasi (perangkat lunak) yang mampu membantu mendeteksi kemungkinan seseorang

terkena osteoporosis dari hasil perhitungan nilai *anatomic index* di tulang area mandibula (*mandible*) dengan pembobotan hasil *neuro-fuzzy system*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

- a. Mempermudah mendeteksi kemungkinan penyakit osteoporosis dengan hanya mengukur *anatomic* untuk mendapatkan *anatomic index* pada area tulang mandibula dengan media citra *Dental Panoramic Radiograph*.
- b. Membantu dokter ahli tulang dan gigi mempertimbangkan serta memberi keputusan seorang pasien terkena osteoporosis atau tidak.

1.6 Metodologi Penelitian

Peneliti membagi pengerjaan penelitian ini menjadi beberapa tahap, antara lain:

- a. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan berbagai pengumpulan informasi terkait beberapa hal berikut:

- a) Pengumpulan informasi tentang bagaimana area tulang mandibula pada tulang rahang dapat dijadikan obyek yang berhubungan dengan kepadatan massa tulang (korelasi) sehingga dapat digunakan sebagai identifikasi adanya penyakit osteoporosis.
- b) Pengumpulan informasi bermacam *anatomic* pada area tulang mandibula di tulang rahang sehingga dengan nilai-nilai tersebut dapat dijadikan acuan

identifikasi, dengan menelaah penelitian-penelitian nasional dan internasional yang telah terbukti.

- c) Pengumpulan informasi tentang metode *Neuro-Fuzzy System* sebagai proses penarik kesimpulan dan pembelajaran sehingga dapat menghasilkan pembobotan yang dapat diharapkan dijadikan pedoman indikasi osteoporosis.
- d) Pengumpulan informasi penggunaan metode *Neuro-Fuzzy System* yang diimplementasikan ke dalam bahasa pemrograman Java.

b. Perancangan dan desain aplikasi

Perancangan aplikasi dikerjakan dengan menitikberatkan pada sistem sedangkan desain yang dikerjakan menggunakan *interface* utama untuk memasukkan input dan menghasilkan output. Untuk proses fuzzifikasi dilakukan dengan *fuzzy mamdani* menggunakan set segitiga. Sedangkan untuk proses training menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan model *multy layer network*. Pembelajaran pada JST menggunakan *backpropagation* dan *feedforward* dengan target output yang bersifat *supervised learning*.

c. Pembuatan aplikasi

Pembuatan perancangan dan desain aplikasi diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Java dan *database* MySQL. Aplikasi dibangun dengan IDE NetBeans 7.0.1 untuk desain antarmuka dan *database* yang digunakan adalah MySQL. Pemilihan ini dikarenakan MySQL mudah dan tidak berat dalam pengoperasiannya.

d. Uji coba dan evaluasi

Uji coba dan evaluasi dilakukan menggunakan data citra *Dental Panoramic Radiograph* yang didapatkan dari penelitian-penelitian sebelumnya.

e. Penyusunan laporan

Penyusunan laporan akhir merupakan dokumentasi dari keseluruhan pelaksanaan penelitian dan diharapkan bermanfaat bagi penelitian lebih lanjut.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan urgensi penelitian yang dilakukan, perintah agama yang berkaitan dengan penelitian dan konsep awal yang akan diberikan untuk *problem solving* yang termuat dalam latar belakang. Terdapat pula rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan metodologi penelitian untuk memperjelas hal-hal yang akan dikerjakan oleh peneliti serta sistematika penulisan untuk menjelaskan isi setiap bab dalam pengerjaan tugas akhir.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan konsep dan teori dasar yang mendukung penulisan tugas akhir yaitu osteoporosis, citra X-ray *Dental Panoramic Radiograph* dan metode *Neuro-Fuzzy System* dengan inferensi fuzzy *mamdani* dan pelatihan atau pembelajaran *multi layer neural network*. Dalam bab ini juga membahas materi deteksi osteoporosis menggunakan media citra *Dental Panoramic Radiograph*

yang merupakan obyek dari penelitian ini, menjelaskan pula penelitian terkait yang didapat dari jurnal nasional maupun internasional.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan mengenai metode penelitian mulai dari desain sistem aplikasi, pembuatan aplikasi yang terdiri dari desain output, desain input, dan desain proses serta desain *database* serta perancangan uji coba. Dalam bab ini juga terdapat perhitungan manual dengan menggunakan metode *Neuro-Fuzzy System*.

BAB IV Hasil Dan Pembahasan

Bab ini berisi pengujian terhadap hasil penelitian dari aplikasi yang telah dibangun serta integrasi dalam dunia keislaman.

BAB V Penutup

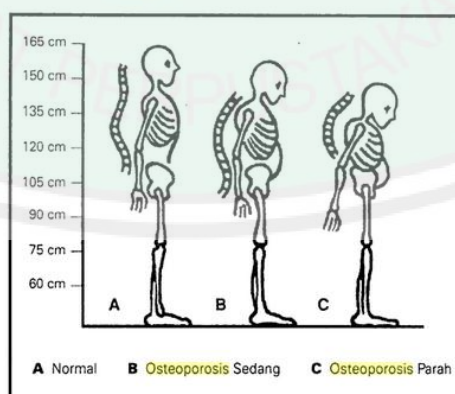
Bab ini berisi kesimpulan dan saran terhadap seluruh kegiatan tugas akhir yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Osteoporosis

Osteoporosis berasal dari kata *osteo* dan *porous*, *osteo* artinya tulang, dan *porous* berarti berlubang-lubang atau keropos (Hans Tandra, 2009: 5-6). Tulang merupakan struktur hidup yang di dalamnya terdapat protein dan mineral terutama kalsium dan fosfor. Kandungan protein dan mineral tersebut menyebabkan tulang menjadi keras dan padat. Untuk mempertahankan kepadatan tulang, diperlukan pula beberapa hormon dalam jumlah yang mencukupi seperti hormon paratiroid¹, hormon kalsitonin², estrogen³ dan testosteron⁴. Jika tubuh tidak mampu mengatur kandungan zat protein dan mineral dalam tulang maka tulang menjadi kurang padat dan rapuh (Wirakusumah: 8). Gambar 2.1 memperlihatkan akibat osteoporosis.



Gambar 2.1 Akibat Osteoporosis (Sumber: Cosman, 2009: 17)

¹ Hormon paratiroid (PTH) disekresikan oleh kelenjar paratiroid, mengatur konsentrasi kalsium dan fosfor di dalam cairan ekstraseluler.

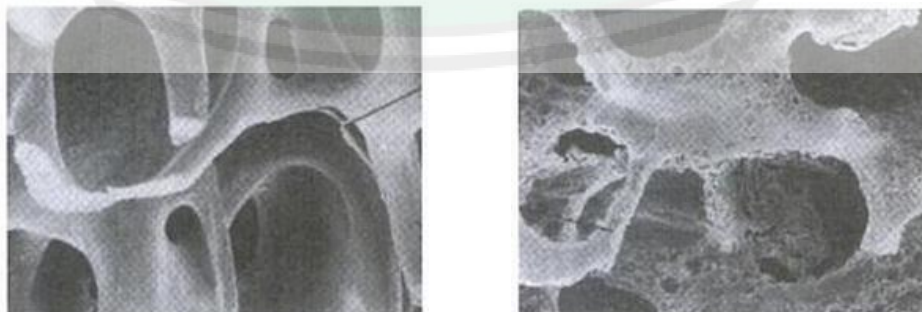
² Hormon kalsitonin (CT) adalah hormon protein yang disekresikan oleh sel-sel di kelenjar tiroid, menghambat degradasi tulang dan merangsang penyerapan kalsium dan fosfat oleh tulang.

³ Estrogen adalah senyawa steroid yang berfungsi terutama sebagai hormon seks wanita

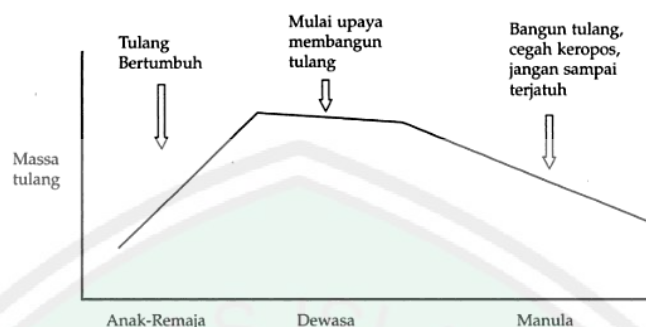
⁴ Testosteron adalah senyawa steroid yang berfungsi terutama sebagai hormon seks laki-laki

Akibat osteoporosis yaitu tubuh memendek, bungkuk, berubahnya bentuk tubuh, dan tulang rusuk seperti terasa berada di atas tulang pinggul. Umumnya puncak massa tulang lebih tinggi pada orang yang mempunyai rangka tubuh lebih besar dibandingkan dengan orang yang memiliki rangka tubuh lebih kecil. Rangka tubuh dapat pula menentukan tingkat risiko dan seberapa cepat seseorang terkena osteoporosis. Apabila nilai massa tulang rendah maka kehilangan massa tulang yang diikuti dengan kerapuhan tulang sangat mungkin terjadi.

Faktor yang mempengaruhi puncak massa tulang belum diketahui secara pasti, tetapi dipercaya sangat dipengaruhi oleh faktor genetik, konsumsi kalsium, olahraga teratur serta menghindari konsumsi alkohol, kafein, *soft-drink* dan rokok. Kehilangan massa tulang berhubungan langsung dengan peningkatan usia baik pria maupun wanita. Penurunan massa tulang dimulai pada usia 40 tahun dan terus berlangsung hingga akhir masa kehidupan. (Wirakusumah: 8) Pada gambar 2.2 terlihat perbedaan antara tulang normal dengan tulang rapuh. Tulang normal terlihat padat dan keras sedangkan tulang rapuh/osteoporosis terlihat berlubang-lubang disepanjang struktur tulang.



Gambar 2.2 Tulang Normal (kiri) dan Tulang Rapuh/Osteoporosis (kanan)
(Sumber: Wirakusumah: 9)



Gambar 2.3 Perubahan Tulang dan Tindakan yang harus Dilakukan (Sumber: Tandra, 2009: 10)

Gambar 2.3 memperlihatkan perubahan tulang manusia sesuai dengan usia dan tindakan yang harus dilakukan pada tiap-tiap stadium perubahan. Terdapat empat stadium osteoporosis, Pada stadium pertama, tulang bertumbuh cepat, yang dibentuk masih lebih banyak dan lebih cepat daripada tulang yang dihancurkan. Ini biasanya terjadi pada usia 30-35 tahun. Pada stadium kedua, umumnya pada usia 35-45 tahun, kepadatan tulang mulai turun (osteopenia). Pada stadium ketiga, usia 45-55 tahun, fraktur bisa timbul sekalipun hanya dengan sentuhan atau benturan ringan. Sampai pada stadium keempat, biasanya di atas 55 tahun, rasa nyeri yang hebat akan timbul akibat patah tulang, tidak bisa bekerja, bergerak, bahkan mengalami stres dan depresi. (Tandra, 2009: 9)

Faktor risiko osteoporosis digolongkan menjadi dua kelompok besar yaitu risiko yang tidak dapat dikendalikan dan risiko yang dapat dikendalikan. Risiko yang tidak dapat dikendalikan terdiri dari jenis kelamin, umur, ras, riwayat keluarga, tipe tubuh dan menopause. Adapun Faktor risiko yang dapat dikendalikan yaitu gaya hidup sehat, kurang aktivitas fisik, pengaturan makan atau pola konsumsi, kebiasaan merokok dan minum-minuman beralkohol. (Wirakusumah: 12)

Faktor risiko yang tidak dapat dikendalikan

- a. Jenis Kelamin: Wanita mempunyai risiko terkena osteoporosis lebih besar daripada pria. Sekitar 80% diantara penderita osteoporosis adalah wanita.
- b. Usia: Proses densitas (kepadatan) tulang hanya berlangsung samapai seseorang berusia 25 tahun, selanjutnya, kondisi tulang akan tetap (konstan) hingga usia 40 tahun. Setelah 40 tahun, densitas mulai berkurang secara perlahan.
- c. Ras: Semakin terang kulit seseorang maka risiko terkena osteoporosis menjadi semakin tinggi, ras Kaukasia dan Asia memiliki insiden terkena osteoporosis yang lebih besar dibandingkan dengan ras Afrika – Amerika (Latin). Ras campuran Afrika – Amerika memiliki massa tulang tertinggi, sedangkan ras kulit putih dari Eropa memiliki massa tulang terendah.
- d. Riwayat Keluarga: Bila salah seorang anggota keluarga memiliki massa tulang yang rendah atau mengalami osteoporosis maka ada kecenderungan seseorang mempunyai risiko yang lebih tinggi untuk mengalami hal yang sama.
- e. Tipe Tubuh: Semakin kecil rangka tubuh maka semakin besar risiko terkena osteoporosis.
- f. Menopause: Menopause dini berisiko tinggi mengalami osteoporosis karena berkurangnya hormon estrogen dan progesteron.

Faktor risiko yang dapat dikendalikan

- a. Kurang Aktifitas (Olahraga): Semakin rendah aktivitas fisik, semakin besar risiko terkena osteoporosis.
- b. Diet yang Buruk: Bila makanan yang dikonsumsi tidak mencukupi akan berpengaruh buruk terhadap kesehatan tulang.

- c. Merokok: Asap rokok dapat menghambat kerja ovarium dalam memproduksi hormon estrogen.
- d. Minum Minuman Beralkohol: Alkohol dapat menyebabkan luka-luka kecil pada dinding lambung yang terjadi beberapa saat setelah minum minuman beralkohol. Banyak luka kecil akibat minum minuman beralkohol akan menyebabkan pendarahan. Hal ini dapat menyebabkan tubuh kehilangan kalsium karena kalsium banyak terdapat dalam darah.

2.2 *Dental Panoramic Radiograph (DPR)*

Radiograf adalah gambar bayangan material yang transparan oleh radiasi. Sinar-X dapat menggelapkan film sehingga daerah dengan kerapatan lebih rendah akan terlihat lebih gelap pada negatif film daripada daerah dengan kerapatan tinggi. Sehingga lubang atau retak muncul sebagai daerah yang lebih gelap, sedangkan inklusi tembaga pada paduan alumunium muncul lebih terang. Dalam hal ini, lubang pada tulang dikenali sebagai gambaran tulang yang terkena osteoporosis. (Cahyaningsih, 2010: 18)



Gambar 2.4 *Dental Panoramic Radiograph* (Sumber: J Zhang dkk, 2008)

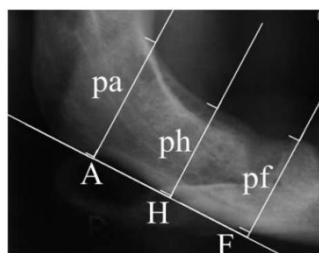
Pada gambar 2.4 memperlihatkan sebuah citra sinar-X *Dental Panoramic Radiograph*. Manfaat sinar-X dalam ilmu kedokteran, yaitu sinar-X dapat digunakan untuk melihat kondisi tulang, gigi serta organ tubuh yang lain tanpa melakukan pembedahan langsung pada tubuh pasien. Selain bermanfaat, sinar-X mempunyai efek atau dampak yang sangat berbahaya bagi tubuh kita yaitu apabila digunakan secara berlebihan karena akan dapat menimbulkan penyakit yang berbahaya, misalnya kanker. Oleh sebab itu para dokter tidak menganjurkan terlalu sering memakai “foto rontgen” secara berlebihan. (Gabriel, 1996: 282-283)

Anatomic yang diukur terdiri dari 12 macam yaitu (Bozic, 2005 dan Gulsahi, 2010) yaitu:

- a. Ra: nilai Ra diambil dari garis yang tegak lurus terhadap dua garis lain, yaitu garis paling luar dari tulang mandibula bagian samping dan kedua adalah garis paling dalam ramus mandibula.



Gambar 2.5 Lebar Ra pada Tulang Mandibula (Sumber: Bozic, 2005: 180)

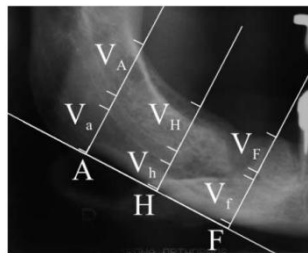


Gambar 2.6 Tinggi dari *Corpus Mandibulae* (pa, ph dan pf) di Tiga Tempat Karakteristik (A, H dan F) (Sumber: Bozic, 2005: 180)

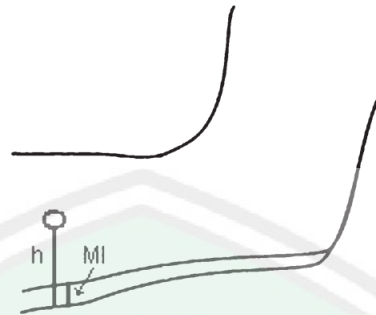
Terlihat pada gambar 2.6 sebuah garis lurus ditarik pada margin yang lebih rendah dari *corpus mandibulae*. Tiga garis tegak ditarik, melalui tengah *mentale foramen* (titik F) dan melalui tengah garis lurus yang menghubungkan titik A dan F (titik H).

- b. Pa: tinggi garis yang tegak lurus dari titik A dan sudut terluar bagian dalam rahang.
- c. Ph: tinggi garis yang tegak lurus dari titik H dan sudut terluar bagian dalam rahang.
- d. Pf: tinggi garis yang tegak lurus dari titik F dan sudut terluar bagian dalam rahang yang melalui *foramen mentale*.
- e. VA: tinggi garis yang tegak lurus dari titik atas *canal mandibular* dan sudut terluar bagian dalam rahang.
- f. Va: tinggi garis yang tegak lurus dari titik bawah *canal mandibular* dan titik A.
- g. VH: tinggi garis yang tegak lurus dari titik atas *canal mandibular* dan sudut terluar bagian dalam rahang yang lurus dengan titik H.
- h. Vh: tinggi garis yang tegak lurus dari titik bawah *canal mandibular* dan titik H.

Gambar 2.7 merupakan *anatomic* yang melalui garis yang sama, tetapi dibatasi oleh *canal mandibular*, sehingga terdapat dua garis baru dari satu garis lama.



Gambar 2.7 Beberapa *Anatomic* yang Dihasilkan dari pembatas *Canal Mandibular* (Sumber: Bozic, 2005: 180)



Gambar 2.8 *Mental Index dan Panoramic Mental Index* (Sumber: Gulsahi, 2010: 286)

- i. VF: tinggi garis yang tegak lurus dari titik atas *canal mandibular* dan sudut terluar bagian dalam rahang yang lurus dengan titik F.
- j. Vf: tinggi garis yang tegak lurus dari titik bawah *canal mandibular* dan titik F.
- k. MI: tinggi dari lebar *cortical* di wilayah *foramen mentale*.
- l. PMI: rasio ketebalan korteks mandibula dengan jarak antara foramen mental dan mandibula rendah korteks.

pengukuran didapatkan dari ahli radiologi atau dokter gigi maupun dengan mempelajari aturan pengukuran dari berbagai jurnal internasional.

Terdapat 8 *anatomic index* yang didapat dari hasil perhitungan 12 *anatomic* tulang *mandible* terdiri dari (Bozic, 2005 dan Gulsahi, 2010) yaitu:

Index-1: pa / Ra

Index-5: VH / Vh

Index-2: ph / Ra

Index-6: VF / Vf

Index-3: pf / Ra

Index-7: MI

Index-4: VA / Va

Index-8: $PMI = MI / h$

2.3 Neuro-Fuzzy System

Fuzzy logic dan jaringan syaraf tiruan adalah komponen utama dalam membangun sistem cerdas. Di satu sisi jaringan syaraf tiruan memiliki struktur komputasi yang rendah tetapi memiliki kinerja yang baik ketika berhadapan dengan data mentah. *Fuzzy logic* memiliki penalaran tingkat tinggi dengan menggunakan informasi yang diperoleh dari para ahli *domain linguistic*. Namun *system fuzzy* tidak memiliki kemampuan untuk belajar dan tidak dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan. Berbeda dengan jaringan syaraf yang dapat belajar. Penggunaan jaringan syaraf dan *fuzzy logic* dapat dipadukan menghasilkan *Neuro-Fuzzy System*. (Negnevitsky, 2005: 268)

Penggabungan ini dilakukan karena manusia memiliki nalar dan proses pembelajaran yang bisa dikatakan memiliki nilai kekaburan. Nilai kekaburan ini membuat penilaian manusia akan suatu hal menjadi tidak terlalu konstan atau kaku untuk sebuah kondisi atau objek. Dengan hal ini, komputer akan mampu untuk melakukan proses pembelajaran yang lebih baik lagi.

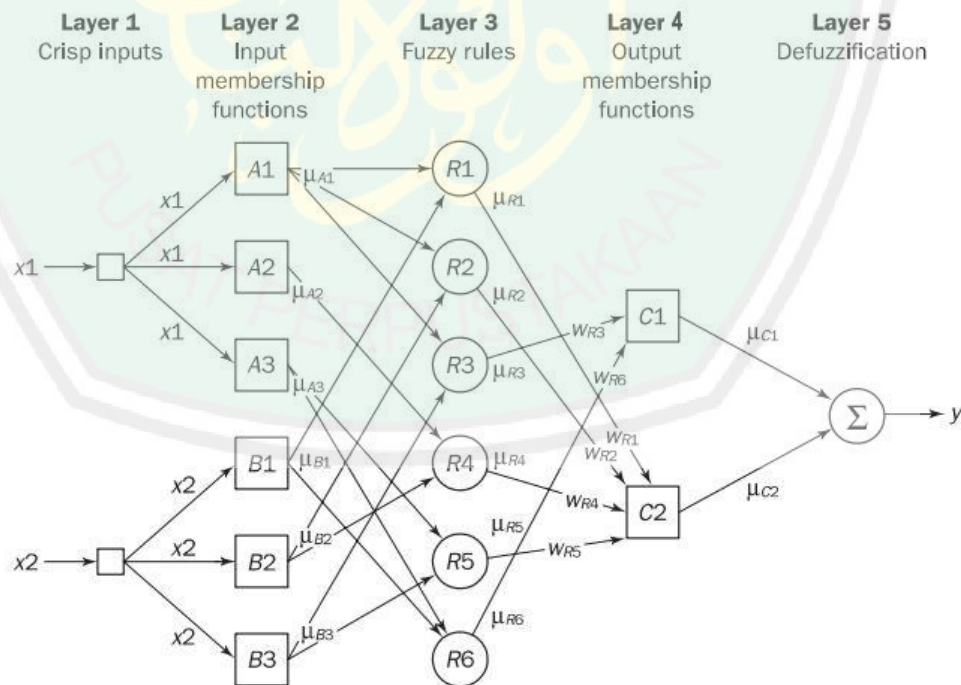
Tabel 2.1 Perbandingan *Fuzzy System* dan *Neural Network* (Sumber: Negnevitsky, 2005: 261)

	FS	NN
Knowledge representation	●	□
Uncertainty tolerance	●	●
Imprecision tolerance	●	●
Adaptability	■	●
Learning ability	□	●
Explanation ability	●	□
Knowledge discovery and data mining	■	●
Maintainability	○	●

The terms used for grading are: □ bad, ■ rather bad, ○ rather good and ● good

Struktur dari *Neuro-Fuzzy System* mirip dengan multi-layer jaringan saraf tiruan (*neural network*). Secara umum, *Neuro-Fuzzy System* memiliki layer-layer input dan output, dan tiga layer tersembunyi (*hidden layer*) yang mewakili fungsi keanggotaan dan aturan *fuzzy*.

Gambar 2.9 menunjukkan *Neuro-Fuzzy System*, gambar 2.10 menggambarkan model inferensi *fuzzy* Mamdani representasi segitiga. Untuk mempermudah, diasumsikan bahwa sistem *fuzzy* memiliki dua input x_1 and x_2 dan satu output y . Input x_1 is diwakili oleh *fuzzy set* A1, A2, dan A3, masukan x_2 oleh *fuzzy set* B1, B2 dan B3, dan output y dengan *fuzzy set* C1 dan C2. Setiap layer dalam *Neuro-Fuzzy System* dikaitkan dengan langkah tertentu dalam proses inferensi *fuzzy*.



Gambar 2.9 *Neuro-fuzzy Equivalent System* (Sumber: Negnevitsky, 2005: 271)

2.3.1 Feedforward

Layer 1 adalah layer input. Setiap neuron dalam layer ini mentransmisikan sinyal *crisp* eksternal langsung ke layer berikutnya. Artinya,

$$x_i = y_i \quad (2.1)$$

dimana $x_i^{(1)}$ adalah input dan $y_i^{(1)}$ adalah output yang menjadi neuron input i di layer 1.

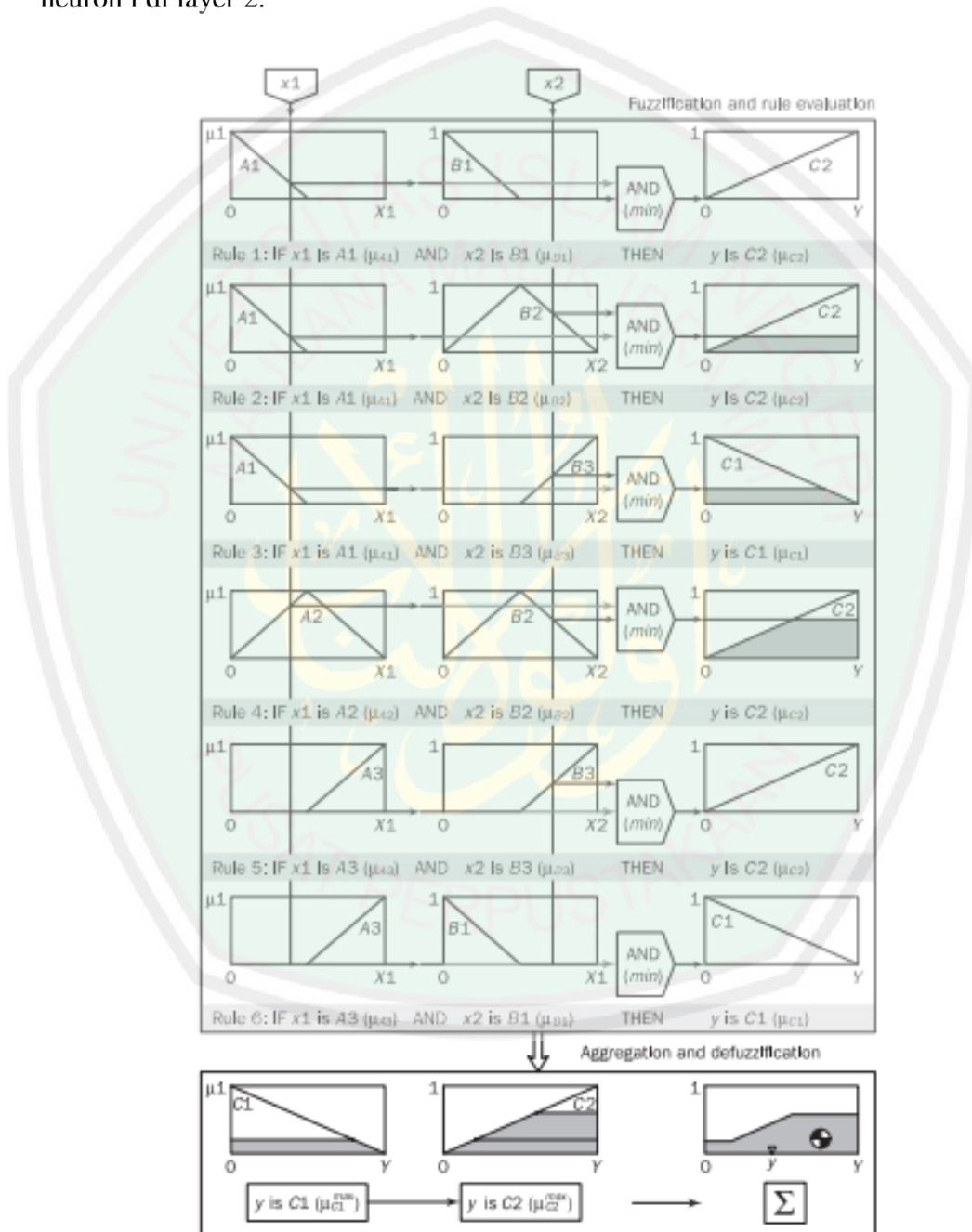
Layer 2 adalah layer keanggotaan input atau fuzzifikasi. Neuron di layer ini merupakan representasi *fuzzy set* (himpunan *fuzzy*) yang digunakan sebagai pendahulu (*antecedents*) *fuzzy rules* (aturan *fuzzy*). Sebuah neuron fuzzifikasi menerima sebuah input *crisp* dan menentukan sejauh mana masukan ini milik neuron *fuzzy set*, yaitu sebagai berikut. Fungsi aktivasi keanggotaan neuron diatur ke fungsi yang menentukan neuron *fuzzy set*.

Dalam penelitian ini yang disajikan pada gambar 2.10, penulis menggunakan set segitiga. Oleh karena itu, fungsi aktivasi untuk neuron di layer 2 ditetapkan dengan fungsi keanggotaan segitiga. Hal ini dikarenakan variabel yang diinputkan dibagi ke dalam dua himpunan *fuzzy* yaitu rendah dan tinggi.

Fungsi keanggotaan segitiga dapat ditentukan oleh dua parameter $\{a, b\}$ sebagai berikut:

$$y[i] = \begin{cases} 0; & x_i \leq a - \frac{b}{2} \\ 1 - \frac{2|x_i - a|}{b}; & a - \frac{b}{2} < x_i < a + \frac{b}{2} \\ 0; & x_i \geq a + \frac{b}{2} \end{cases} \quad (2.2)$$

dimana a dan b adalah parameter yang mengontrol pusat dan lebar segitiga, masing-masing, $x_i^{(2)}$ adalah masukan dan $y_i^{(2)}$ adalah output dari fuzzifikasi neuron i di layer 2.



Gambar 2.10 Mamdani Fuzzy Inference System (Sumber: Negnevitsky, 2005: 270)

Layer 3 adalah layer aturan *fuzzy* (*fuzzy rule*). Setiap neuron dalam layer ini sesuai dengan aturan *fuzzy* tunggal (*single fuzzy rule*). Sebuah neuron *fuzzy rule* menerima masukan dari neuron-neuron fuzzifikasi yang mewakili *fuzzy set* dalam aturan pendahulunya. Misalnya, neuron R1, yang sesuai dengan Aturan 1, menerima masukan dari neuron A1 dan B1.

Dalam sistem *fuzzy*, jika aturan tertentu memiliki beberapa pendahulunya, operator *fuzzy* digunakan untuk memperoleh satu nomor yang merupakan hasil dari evaluasi pendahuluan. Konjungsi dari aturan pendahulunya dievaluasi oleh operasi *fuzzy intersection*. Operasi *fuzzy* yang sama dapat digunakan untuk menggabungkan beberapa input ke neuron *fuzzy rule*. Dalam *neuro fuzzy sistem*, *intersection* dapat diimplementasikan oleh operator produk (perkalian). Dengan demikian, output dari neuron i di layer 3 diperoleh sebagai:

$$y_i^{(3)} = x_{1i}^{(3)} \times x_{2i}^{(3)} \times \dots \times x_{ki}^{(3)} \quad (2.3)$$

dimana $x_{1i}^{(3)}$, $x_{2i}^{(3)}$, ..., $x_{ki}^{(3)}$ adalah input dan $y_i^{(3)}$ adalah output dari *fuzzy neuron rule* i di layer 3. Misalnya,

$$y_{R1}^{(3)} = \mu_{A1} \times \mu_{B1} = \mu_{R1} \quad (2.4)$$

Nilai μ_{R1} mewakili kekuatan penembakan neuron *fuzzy rule* R1.

Bobot antara layer 3 dan layer 4 merupakan *normalised degrees of confidence* (dikenal sebagai faktor kepastian) dari *fuzzy rule* yang sesuai. Bobot ini disesuaikan selama pelatihan dari *Neuro-Fuzzy System*.

Layer 4 adalah layer keanggotaan output. Neuron di layer ini merupakan representasi *fuzzy set* yang digunakan dalam konsekuen *fuzzy rule*. Sebuah neuron

keanggotaan output menerima input dari neuron *fuzzy rule* yang sesuai dan menggabungkannya dengan menggunakan operasi *fuzzy union*. Operasi ini dapat diimplementasikan oleh probabilitistik **OR** (juga dikenal sebagai penjumlahan aljabar). Artinya,

$$y_i^{(4)} = x_{1i}^{(4)} \oplus x_{2i}^{(4)} \oplus \dots \oplus x_{li}^{(4)}, \quad (2.5)$$

di mana $x_{1i}^{(4)}$, $x_{2i}^{(4)}$, ..., $x_{li}^{(4)}$ adalah input, dan $y_i^{(4)}$ adalah output dari neuron keanggotaan output dalam layer 4. Misalnya,

$$y_{C1}^{(4)} = \mu_{R3} \oplus \mu_{R6} = \mu_{C1} \quad (2.6)$$

Nilai μ_{C1} merupakan kekuatan penembakan terintegrasi neuron *fuzzy rule* R3 dan R6. Bahkan, kekuatan penembakan neuron di layer keanggotaan output digabungkan dalam cara yang sama seperti nilai-nilai kebenaran aturan *fuzzy* dalam gambar 2.9.

Layer 5 adalah lapisan defuzzifikasi. Setiap neuron dalam lapisan ini merupakan satu output dari sistem neuro-*fuzzy*. Dibutuhkan *fuzzy set* output yang dipotong oleh kekuatan tembak masing terpadu dan menggabungkan mereka ke dalam himpunan *fuzzy* tunggal.

Komposisi *sum-product* menghitung output *crisp* sebagai rata-rata tertimbang dari *centroid* dari semua fungsi keanggotaan output. Sebagai contoh, rata-rata tertimbang dari *centroid* dari *fuzzy set* dipotong C1 dan C2 adalah dihitung sebagai,

$$y = \frac{\mu_{C1} \times a_{C1} \times b_{C1} + \mu_{C2} \times a_{C2} \times b_{C2}}{\mu_{C1} \times b_{C1} + \mu_{C2} \times b_{C2}}, \quad (2.7)$$

dimana a_{C1} dan a_{C2} adalah pusat, dan b_{C1} b_{C2} adalah lebar dari *fuzzy set* C1 dan C2. (Negnevitsky, 2005)

2.3.2 Backpropagation

Jumlah kuadrat *error* (SSE) di *Neuro-Fuzzy System* pada lapisan ke-L data ke-p, $1 \leq p \leq N$ adalah:

$$E_p = \sum_{k=1}^{N(L)} (d_k - X_{L,k})^2 \quad (2.8)$$

Error pada lapisan ke-5, merupakan *error* pada lapisan ke-5 jaringan *neuro-fuzzy system*. Memiliki 1 neuron pada lapisan output, maka propagasi *error* yang menuju pada lapisan ke-5 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_5 = \frac{\partial E_p}{\partial x_p} = -2(d_k - x_p) = -2(y_p - y_p^*) \quad (2.9)$$

dengan y_p adalah target output data pelatihan ke-p dan y_p^* adalah output jaringan pada data pelatihan ke-p.

Error 4, merupakan *error* pada lapisan ke-4 fuzzifikasi output dan memiliki lebih dari atau 2 neuron.

$$E_{4_p} = \left(\frac{\partial E_p}{\partial x_p} \right) \left(\frac{\partial C e_p}{\partial x_p} \right) = E_5 \left(\frac{\partial C e_p}{\partial x_p} \right) = E_5 C e_p \quad (2.10)$$

Error 3, merupakan *error* pada lapisan ke-3 yaitu *error* dari aturan-aturan *fuzzy*.

$$E_{3_p} = \left(\frac{\partial E_p}{\partial x_p} \right) \left(\frac{\partial C e_p}{\partial x_p} \right) \left(\frac{\partial R_p}{\partial x_p} \right) = E_4 \times \frac{(\sum \mu w_R - \mu w_{R_p})}{\mu w_R^2} \quad (2.11)$$

Error 2, merupakan *error* pada lapisan ke-2 fuzzifikasi input memiliki neuron yang lebih banyak dari lapisan input.

$$E_{2p} = (E_{3p} \times \mu R_p) - (E_{3p} \times \overline{\mu R_p}) \quad (2.12)$$

Error 1, merupakan *error* pada lapisan ke-1 input, tidak memiliki nilai *error*. (2.13)

$$E_{1p} = 0$$

(Kusumadewi, 2006)

2.4 PENELITIAN TERKAIT

Beberapa jurnal nasional dan internasional yang terkait dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:



Tabel 2.2 Penelitian Terkait

No	Judul	Penulis / Tahun	Lembaga Publikasi	Objek	Metode	Pembahasan dan Hasil Penelitian
1	<i>Mandibular Bone Mineral Density As A Predictor Of Skeletal Osteoporosis</i>	K Horner, H Delvin, C W Alsop dan I M Hodgkinson / 1996	The British Journal of Radiology	area tulang mandibula	metode-metode dari densitometri tulang	Penelitian ini mendukung persyaratan pertama untuk validasi dari radiograf sebagai alat untuk mendeteksi individu yang berada pada peningkatan risiko patah tulang osteoporosis. Dari beberapa tulang yang dijadikan objek penelitian diketahui bahwa tulang mandibula merupakan tulang yang paling tepat untuk setiap penilaian dari validasi pengukuran sebagai <i>predictor</i> umum massa tulang.
2	<i>Use of dental panoramic radiographs in identifying younger postmenopausal women with osteoporosis</i>	Akira Taguchi, Mikio Tsuda, Masahiko Ohtsuka, Ichiro Kodama, Mitsuhiro Sanada, Takashi Nakamoto, Koji Inagaki, Toshihide Noguchi, Yoshiki Kudo, Yoshikazu Suei, Keiji Tanimoto dan Anne-Marie Bollen / 2005	International Osteoporosis Foundation and National Osteoporosis Foundation	area inferior <i>cortex</i> yang tipis dari tulang mandibula	-	Area yang dimaksud adalah <i>cortical mandibular</i> , yaitu tulang yang berada pada ujung rahang, tepatnya diukur dari bawah <i>foramen mentale</i> . Penelitian ini menunjukkan bahwa lebar dari <i>cortical mandibular</i> berhubungan dengan kepadatan massa tulang sehingga dapat digunakan sebagai pendeteksi adanya penyakit osteoporosis
3	<i>Osteoporosis and mandibles</i>	M Bozic dan N Ihan Hren / 2005	British Institute of Radiology	jaringan tulang mandibula (6 anatomic index)	-	Anatomic index yang dijadikan pedoman pengukuran adalah lebar ramus, tinggi body ramus yang dibagi menjadi 3 bagian, dan tinggi body ramus yang tidak menghitung tinggi canal mandibular sehingga menjadi 6 bagian. Objek-objek inilah yang menjadi analisis adanya osteoporosis.
4	<i>An Intelligent Fuzzy Neural Diagnostic System for Osteoporosis</i>	Chin-Min Hong, Chin-Theng Lin, Chao-Yen Huang, dan Yi-Ming Lin / 2008	World Academy of Science, Engineering dan Technology	-	<i>Intelligent Fuzzy Neural</i>	Artikel ini merancang sebuah sistem dengan interface <i>web-based</i> yang dapat dipergunakan secara online dengan melakukan skrining awal osteoporosis. Pendekatan fundamental yang dibangun menggunakan

No	Judul	Penulis / Tahun	Lembaga Publikasi	Objek	Metode	Pembahasan dan Hasil Penelitian
	<i>Risk Assesment</i>					teory <i>fuzzy-neural</i> yang menunjukkan keunggulan daripada teknologi konvensional yang lain
5	<i>Developing Computer-Aided Osteoporosis Diagnosis System Using Fuzzy Neural Network</i>	Agus Zainal Arifin, Akira Asano, Akira Taguchi, Takashi Nakamoto, Masahiko Ohtsuka, Mikiyo Tsuda, Yoshiki Kudo, dan Keiji Tanimoto	-	Lebar cortical mandibula dan bentuknya	<i>Fuzzy Neural Network (FNN)</i>	Lebar cortical mandibular dan bentuk diukur dengan dibantu komputer sistem dan digunakan sebagai masukan. Sistem ini mempartisi input space ke dalam sebuah subspaces menggunakan thresholding <i>fuzzy</i> baru dan dibangun system inferensi <i>fuzzy</i> digabungkan dengan multiplayer perceptron nueral network. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi lebar kortikal dan bentuknya dengan menggunakan JST dapat digunakan untuk identifikasi wanita pascamenopause terindikasi osteoporosis.
6	Deteksi Osteoporosis Menggunakan JST Dengan Memanfaatkan Citra X-Ray Tulang Melalui Filter Gabor Dan Angka Euler	Nanik Inayatul Umah / 2009	Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang	area tulang mandibula	analisis filter gabor dan angka euler	Menggunakan metode analisis filter gabor dan angka euler citra X-Ray tulang rahang (<i>Dental Panoramic</i>) dapat digunakan untuk deteksi tulang osteoporosis dan tulang normal dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan dan memanfaatkan citra X-Ray tulang dengan mencari nilai energi gabor dan angka euler pada objek tersebut
7	Deteksi Osteoporosis dengan <i>Thresholding</i> Metode Otsu Pada Citra X-Ray Tulang Rahang	Sri Cahyaningsih / 2010	Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang	area tulang mandibula	<i>thresholding</i> metode otsu	Mengungkapkan bahwa, pertama, dengan <i>thresholding</i> metode otsu dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk mendeteksi osteoporosis pada citra x-ray tulang rahang, selain itu dari pengujian pada citra x-ray tulang rahang dari objek trabekula yang dilakukan dengan metode alternatif yang dibuat dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi osteoporosis dengan tingkat akurasi sebesar 89,47%.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil dari perhitungan nilai *anatomic* yang diukur dari citra *Dental Panoramic Radiograph*. Kelompok data ini dibagi menjadi 2, yaitu data testing dan data training, pembagian berdasarkan target output masing-masing data.

3.1.1 Data Training

Data training yang digunakan dalam penelitian ini sejumlah 23 data yang didapat dari 50% jumlah keseluruhan data. Yaitu 5 data osteoporosis dan 18 data normal. Selain data training, data lain yang menjadi parameter input dalam pengolahan data menggunakan metode *neuro-fuzzy system* adalah data target output. Jumlah data target output sama dengan jumlah data training yang digunakan.

3.1.2 Data Testing

Sama halnya dengan data training, data testing yang digunakan dalam penelitian ini sejumlah 23 data yang didapat dari 50% jumlah keseluruhan data. Yaitu 5 data osteoporosis dan 18 data normal.

3.2 Perancangan Sistem

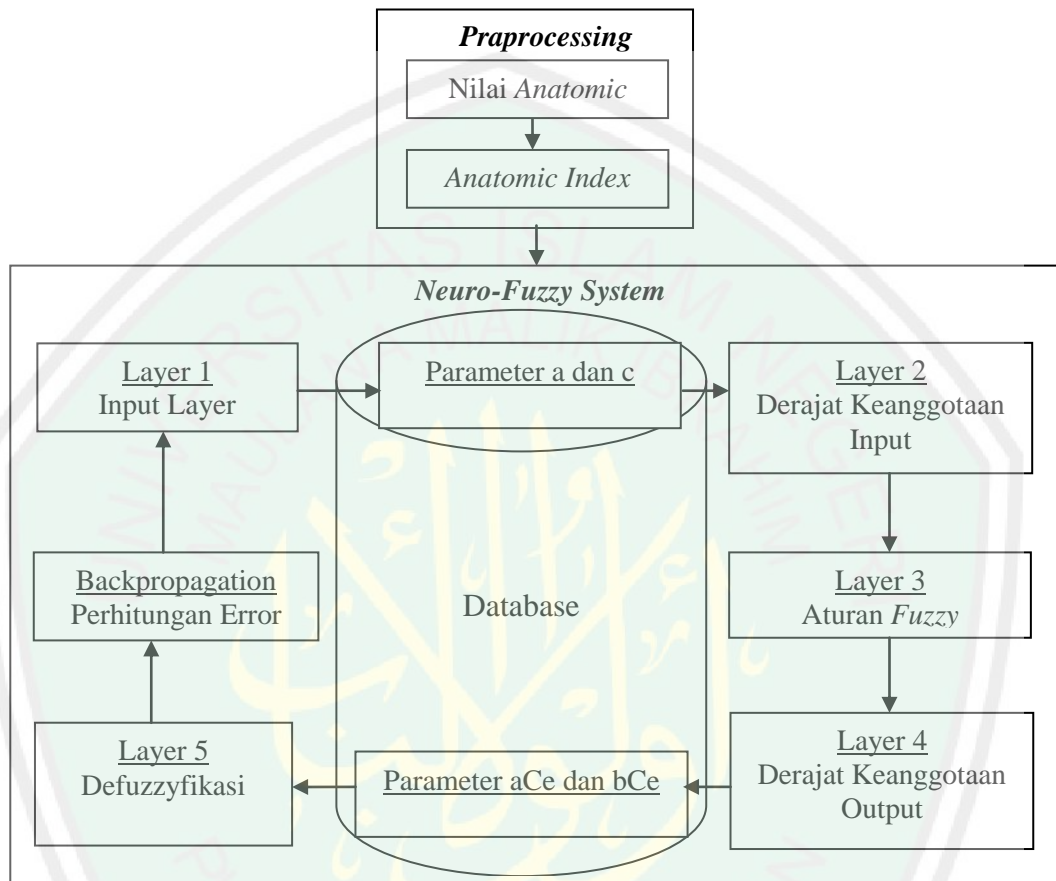
Aplikasi yang dibangun dalam penelitian ini adalah deteksi dini osteoporosis dengan *neuro-fuzzy system* melalui *anatomic index* dari citra *Dental*

Panoramic Index pada area tulang *mandible*. Dalam penelitian ini, input yang dimasukkan ke dalam *database* berupa *anatomic* (12 macam) kemudian *anatomic* tersebut diproses menjadi *anatomic index* (8 macam), nilai *anatomic index* inilah yang akan diproses menggunakan *neuro fuzzy*.

Selanjutnya, nilai difuzzikan (fuzzifikasi) untuk mendapat derajat keanggotaannya (fungsi keanggotaan input). Proses ini menghasilkan *fuzzy set* (himpunan *fuzzy*). Setelah *fuzzy set* terbentuk selanjutnya himpunan dimasukkan ke dalam *fuzzy rule* (aturan *fuzzy*) yang telah disiapkan. Setelah proses *fuzzy rule* selesai, hasil dari proses ini menjadi fungsi keanggotaan output kemudian nilai yang masih berupa himpunan *fuzzy* ini dikembalikan (defuzzifikasi) dan proses yang terakhir adalah neuron-neuron proses pelatihan dan pembelajaran jaringan syaraf tiruan.

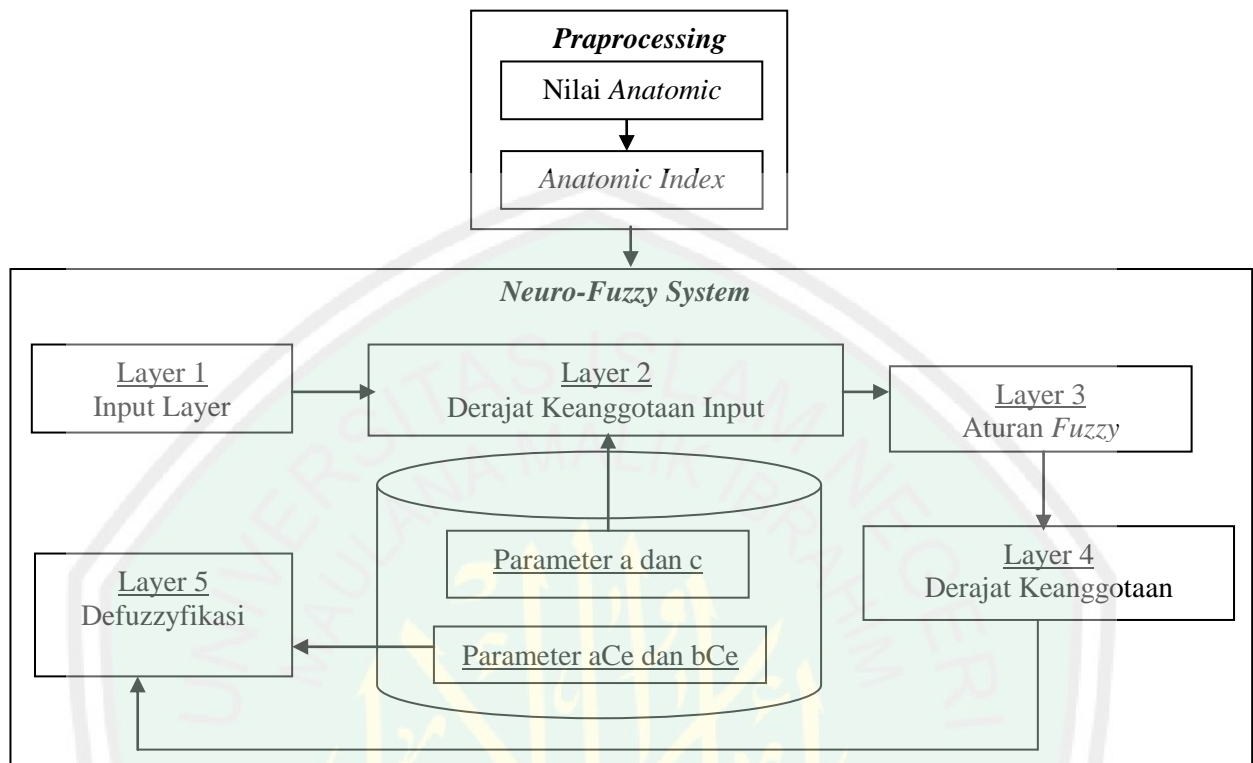
Dalam blok diagram pada gambar 3.1 tersebut terdapat 2 proses utama yang dilakukan yaitu *praprocessing* dan proses *neuro-fuzzy sistem (NFS)*. Pada *preprocessing* data input yang dimasukkan berupa *anatomic* dikonversikan menjadi *anatomic index*. Sedangkan pada proses utama nilai akhir dari *preprocessing* ini menjadi inputan pada layer-1 perhitungan *neuro-fuzzy system*. Kemudian pada layer-2 terdapat perhitungan untuk mendapatkan derajat keanggotaan input *fuzzy*. Kombinasi perhitungan output layer-2 menjadi input untuk layer-3. Layer-3 yang berupa aturan *fuzzy* ini mengarah ke neuron pada layer-4 yang merupakan layer derajat fungsi keanggotaan output *fuzzy*. Proses pada layer-5 adalah defuzzifikasi pengembalian nilai *fuzzy* menjadi nilai linear.

Tahapan-tahapan proses *neuro-fuzzy sistem (NFS)* dari blok diagram gambar 3.1 dibagi menjadi dua, *training* (pelatihan) dan *testing* (pengujian).



Gambar 3.1 Blok Diagram Aplikasi Deteksi Dini Osteoporosis melalui *Anatomic Index* dari Citra *Dental Panoramic Radiograph* Proses Training

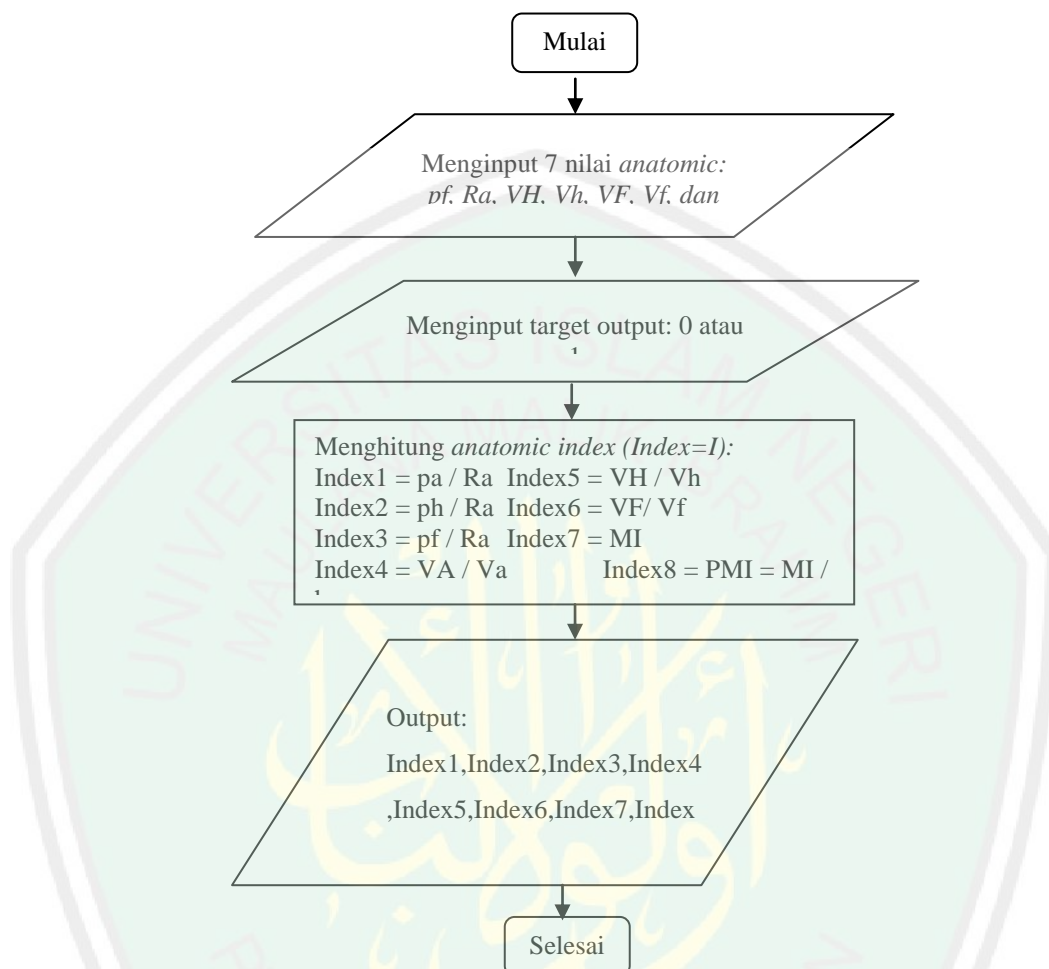
Pada proses *training*, terdapat 5 input untuk proses, 4 diantaranya menjadi inputan *neuro-fuzzy system* dan 1 menjadi output target. Pertama dilakukan fuzzifikasi terhadap input, kemudian data dari derajat keanggotaan *fuzzy* tersebut menjadi input yang dimasukkan ke dalam neuron-neuron Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk dilakukan *training* data dan pencocokan nilai bobot akhir (selanjutnya disebut nilai *matching*). Nilai *matching* ini kemudian dimasukkan ke dalam *database*, dan *dimatching* dengan output target yaitu keputusan normal atau osteoporosis.



Gambar 3.2 Blok Diagram Aplikasi Deteksi Dini Osteoporosis melalui *Anatomic Index* dari Citra *Dental Panoramic Radiograph* Proses Testing

Pada proses *testing* terdapat 4 input yang dimasukkan ke dalam *database* dan menjadi input *neuro fuzzy system*. Fuzzifikasi dilakukan terhadap input, kemudian data derajat keanggotaan hasil fuzzifikasi tersebut menjadi neuron-neuron input yang dimasukkan ke dalam Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk dilakukan *testing* data dan analisa nilai *matching*. Nilai bobot ini kemudian dimasukkan ke dalam *database*, dan *dimatching* dengan nilai *matching* yang hampir sama dengan nilai bobot pada data *training* yang dilakukan sebelumnya. Hasil akhir dari sistem adalah keputusan normal atau osteoporosis.

Berikut adalah flowchart untuk *praprocessing*:



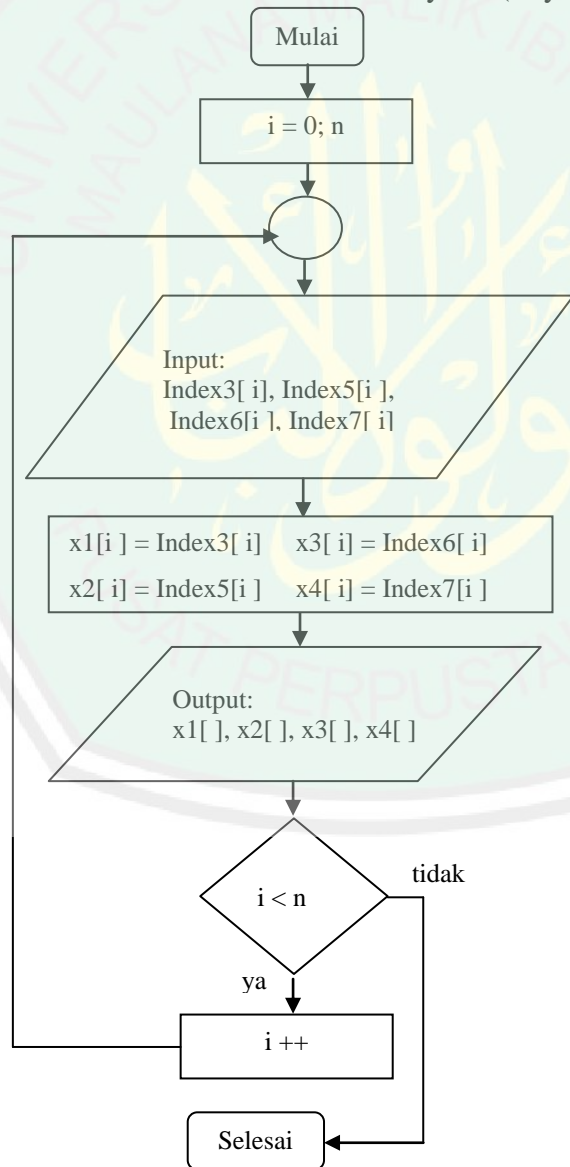
Gambar 3.3 Flowchart *praprocessing*

Calon variabel input yang merupakan data *anatomic index* dikorelasikan dengan output yang diteliti sebelumnya. Dari hasil perhitungan korelasi, data yang memiliki korelasi rendah dapat dihilangkan, sedangkan data yang memiliki korelasi tinggi digunakan untuk perhitungan metode selanjutnya. *Index-3*, *index-5*, *index-6*, dan *index-7* mempunyai korelasi tertinggi sehingga dijadikan variabel input. Sehingga dari 8 *index* yang dihasilkan terdapat 4 *index* yang menjadi variabel input. Empat *anatomic index* tersebut dihasilkan dari *anatomic* yaitu *pf*, *Ra*, *VH*, *Vh*, *VF*, *Vf*, dan *MI*. Berikut ini tabel korelasi *index* dengan hasil osteoporosis.

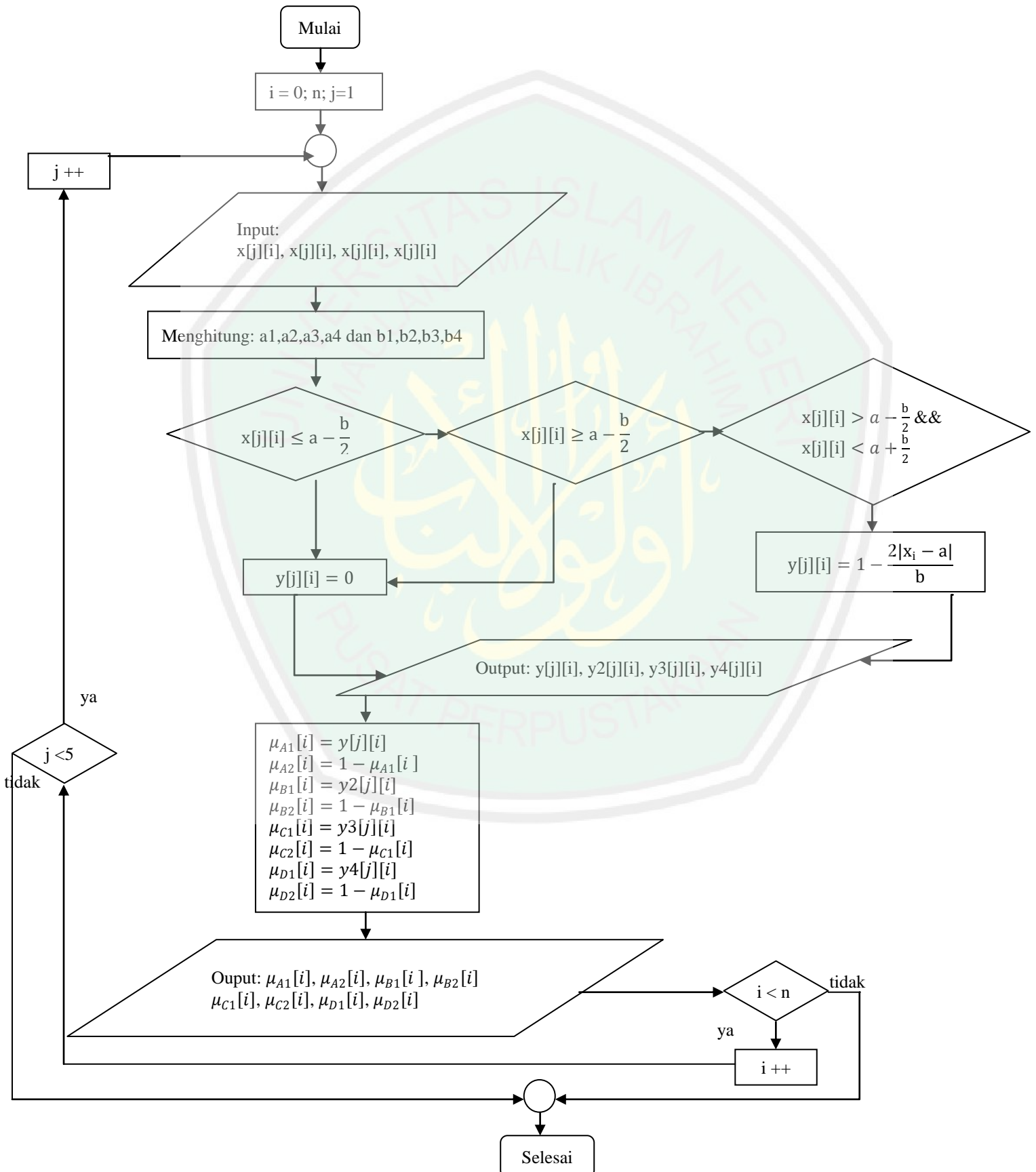
Tabel 3.1 Korelasi *Anatomic Index* Dengan Hasil Deteksi Osteoporosis

Index ke-	Nilai Korelasi
1	-0,0940009
2	-0,02069017
3	-0,23062447
4	0,121661098
5	0,171970362
6	-0,26557073
7	0,15920399
8	-0,04686112

Berikut adalah flowchart untuk Layer 1 (Layer Input):

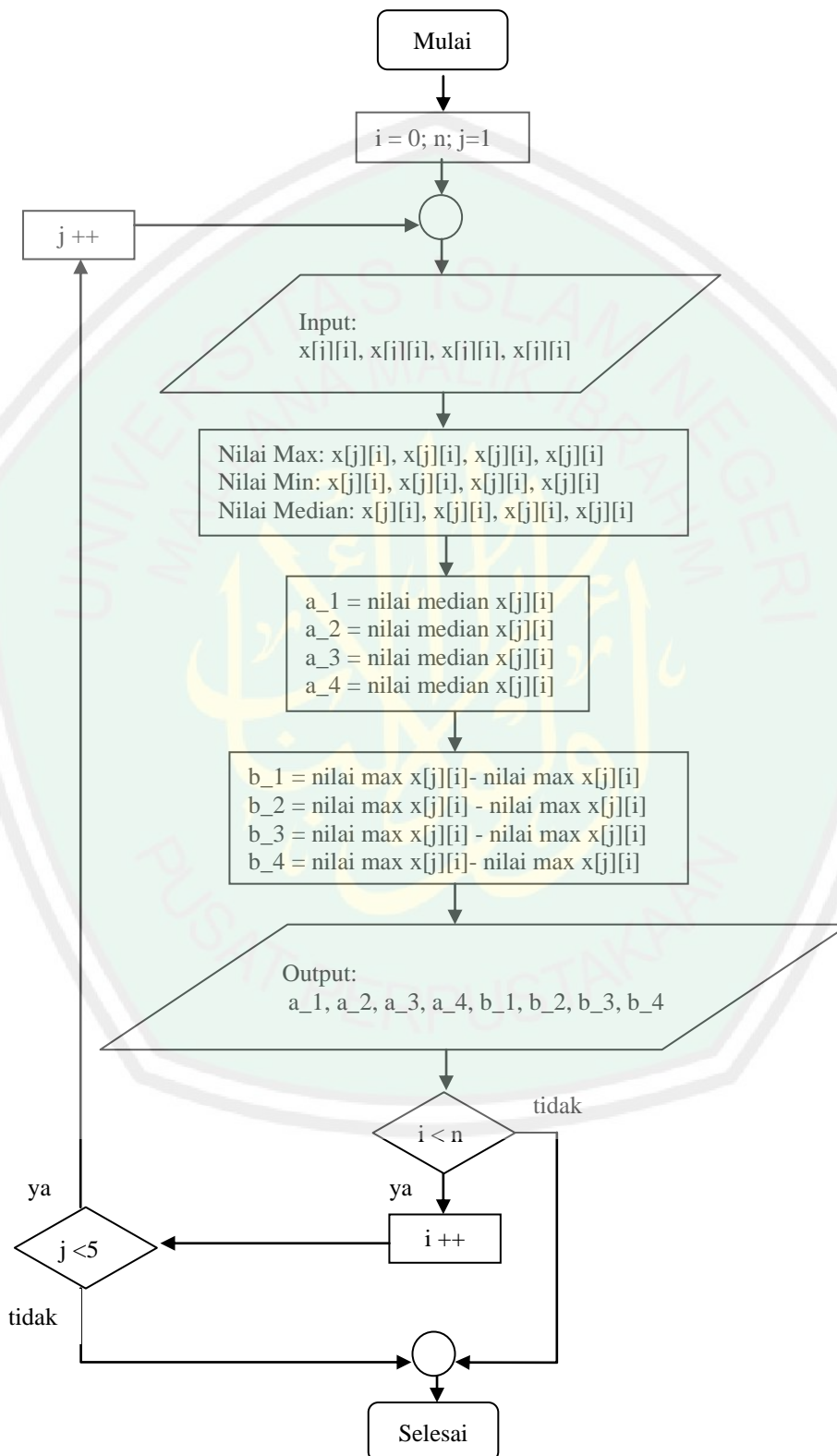
**Gambar 3.4** Flowchart Layer-1: Layer Input

Berikut adalah flowchart untuk Layer 2 (Layer Fuzzifikasi Input):



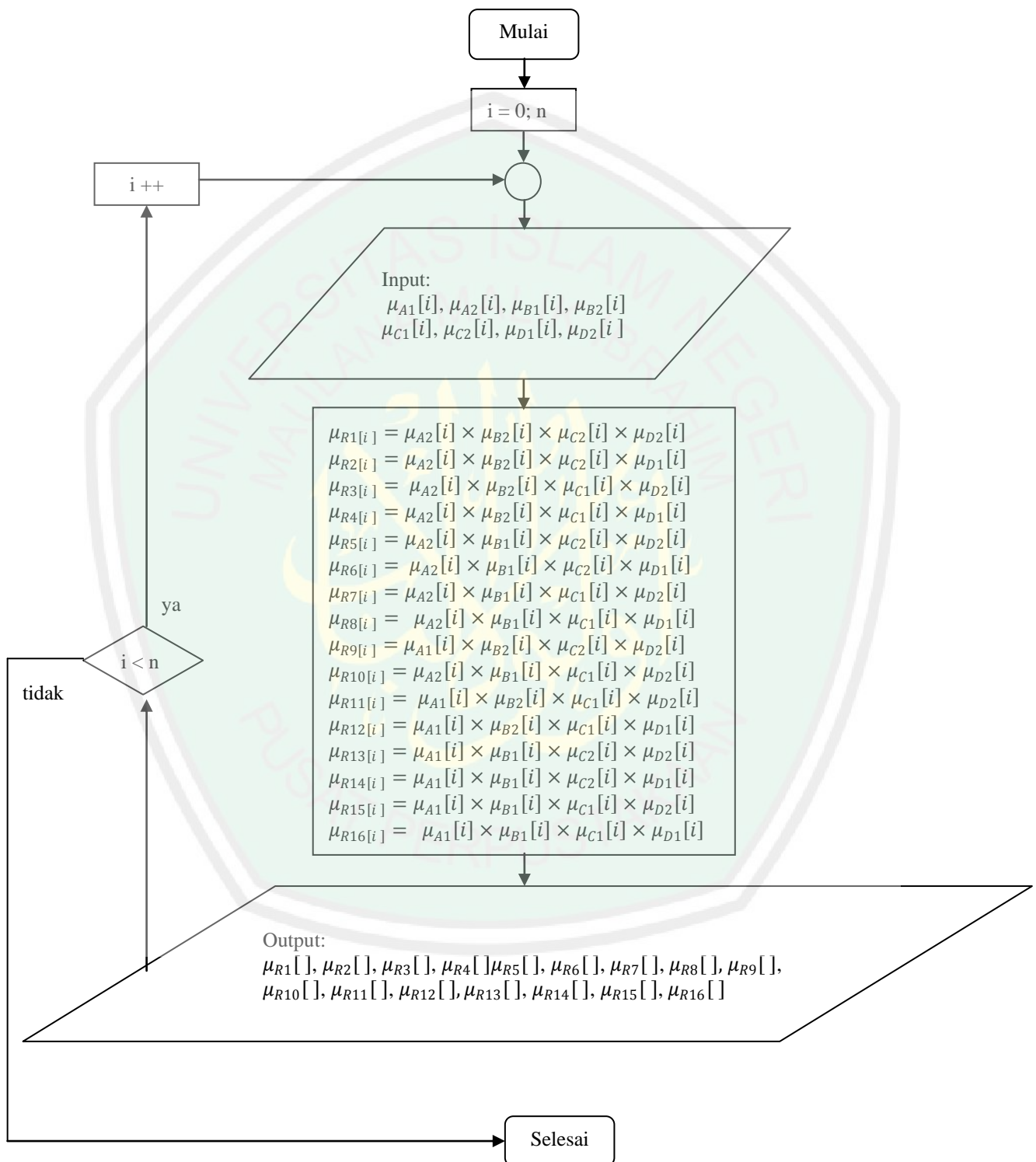
Gambar 3.5 Flowchart Layer-2: Fuzzifikasi Input

Berikut adalah flowchart untuk menghitung nilai a dan b:



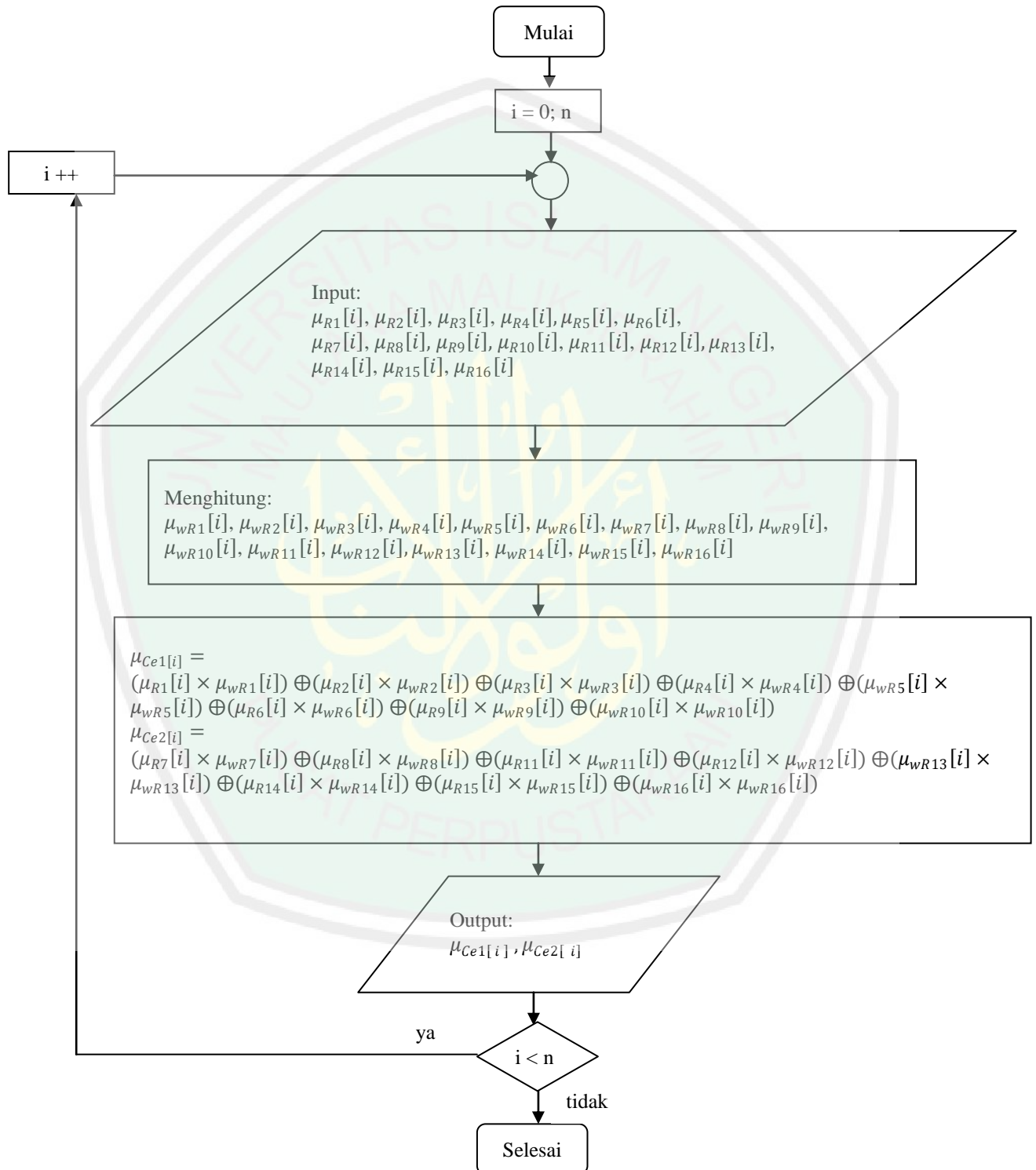
Gambar 3.6 Menghitung nilai a dan b (Parameter Fuzzifikasi Input)

Berikut adalah flowchart untuk Layer 3 (Layer Aturan Fuzzy):



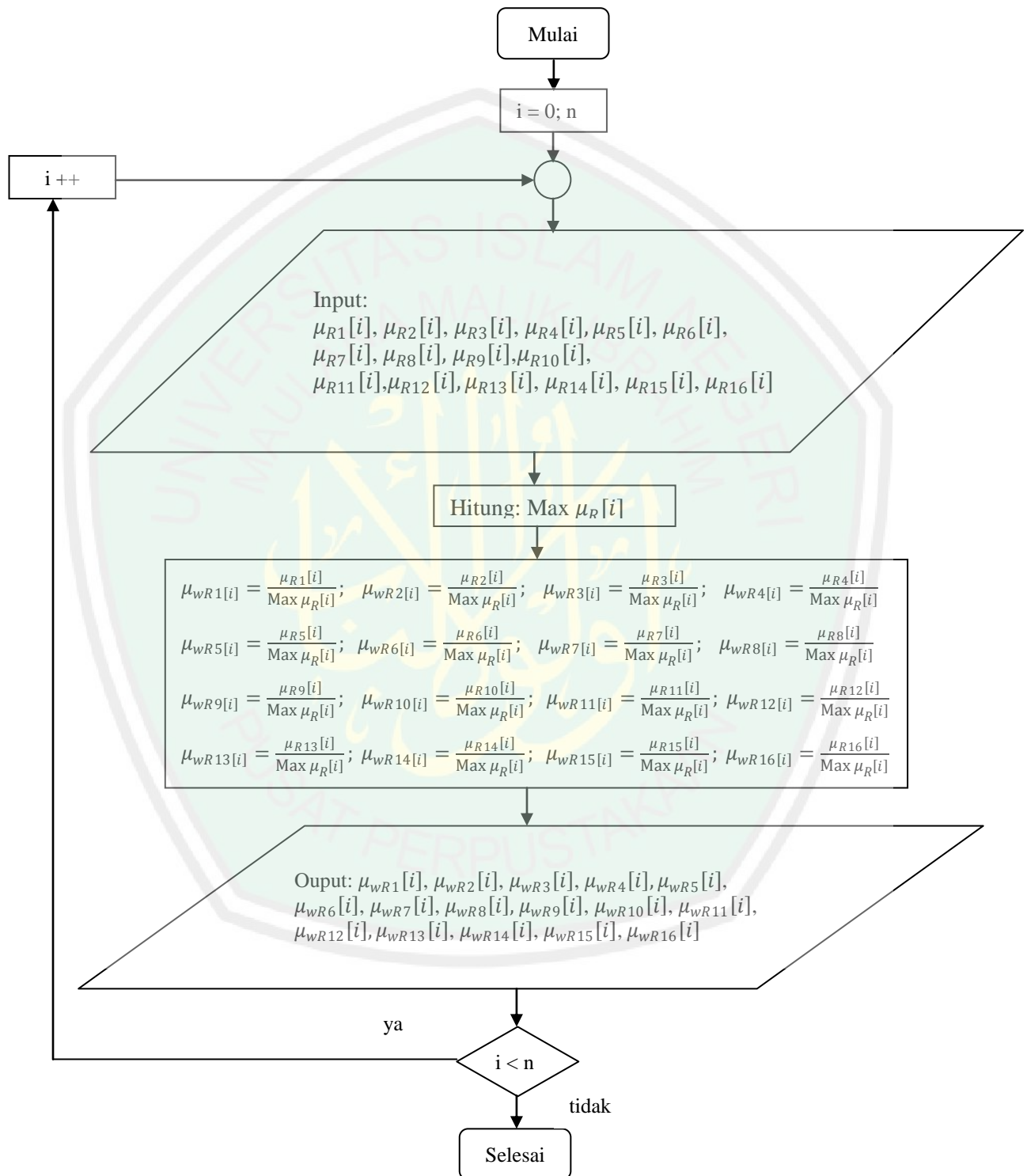
Gambar 3.7 Flowchart Layer-3: Aturan Fuzzy

Berikut adalah flowchart untuk Layer 4 (Layer Fuzzifikasi Output):



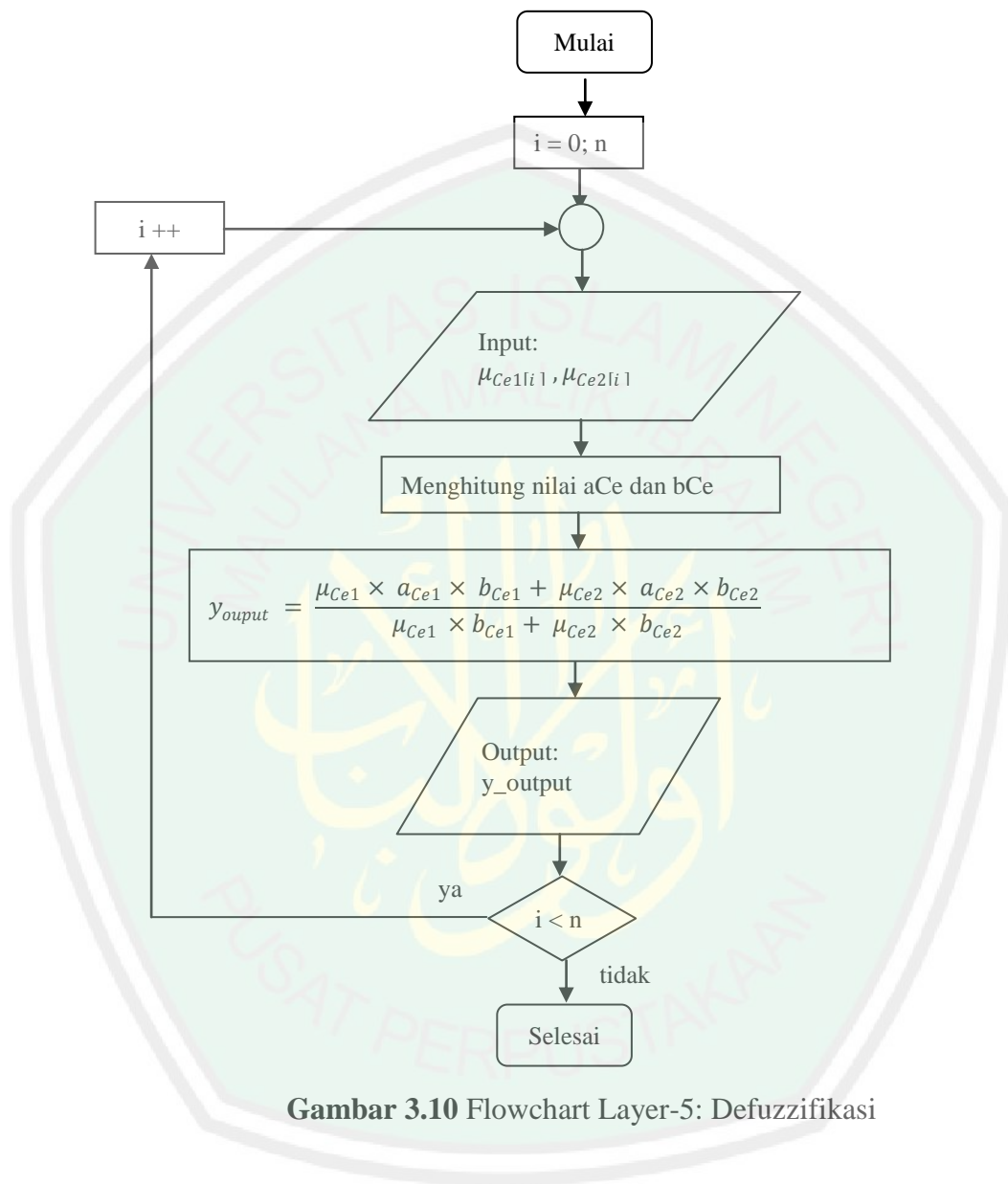
Gambar 3.8 Flowchart Layer-4: Fuzzifikasi Output

Berikut adalah flowchart untuk menghitung nilai μ_{wR1} :

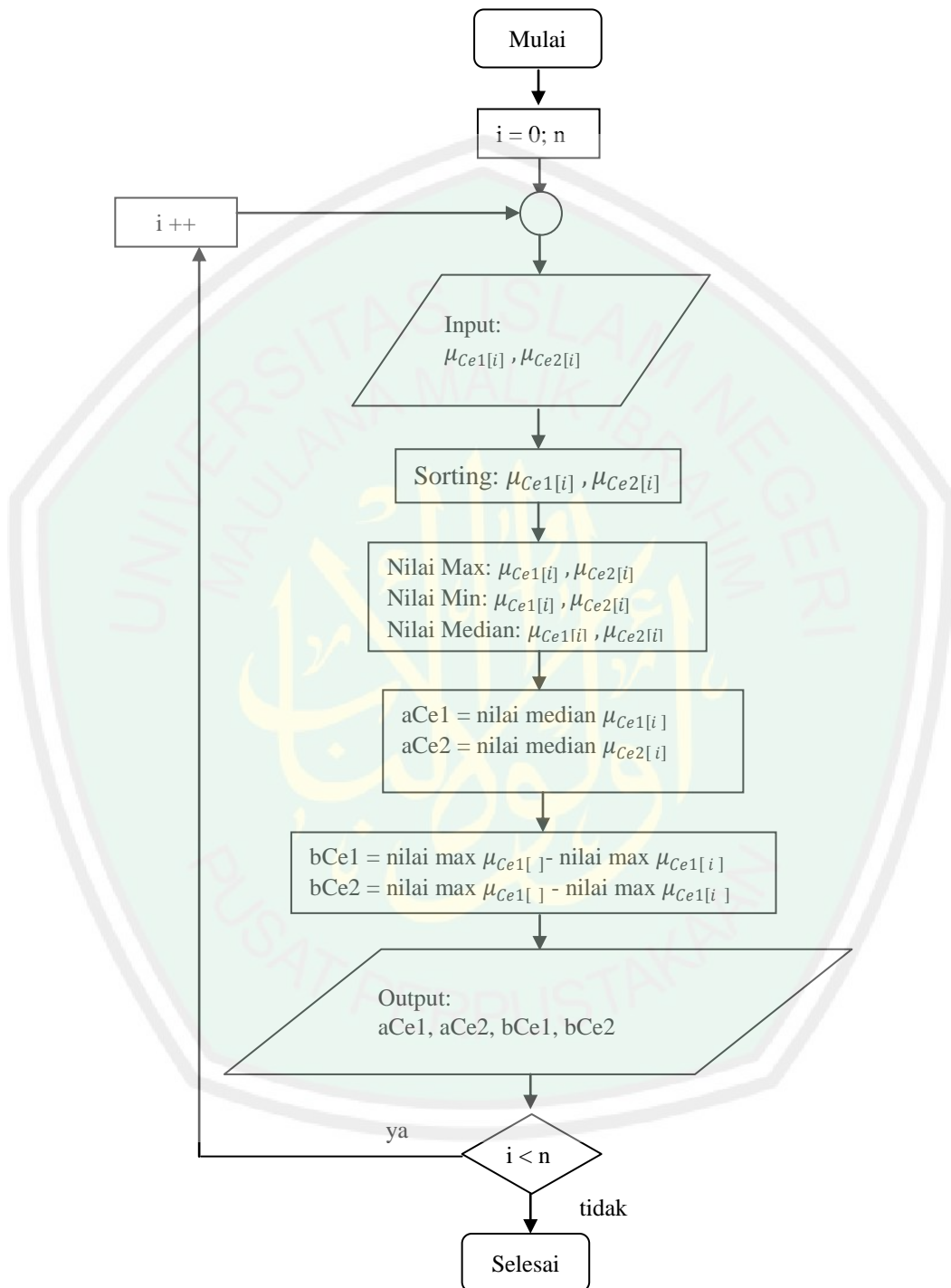


Gambar 3.9 Flowchart Menghitung Nilai $\mu_{wR} []$

Berikut adalah flowchart untuk Layer 5 (Layer Defuzzifikasi):

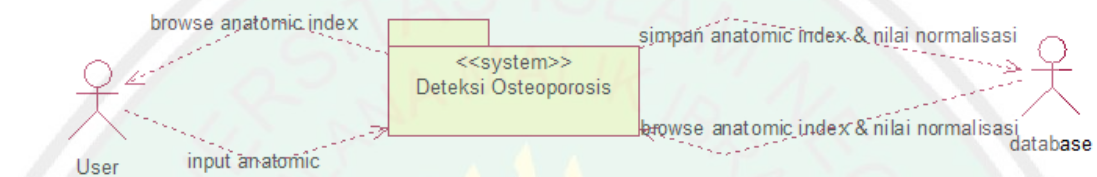


Gambar 3.10 Flowchart Layer-5: Defuzzifikasi

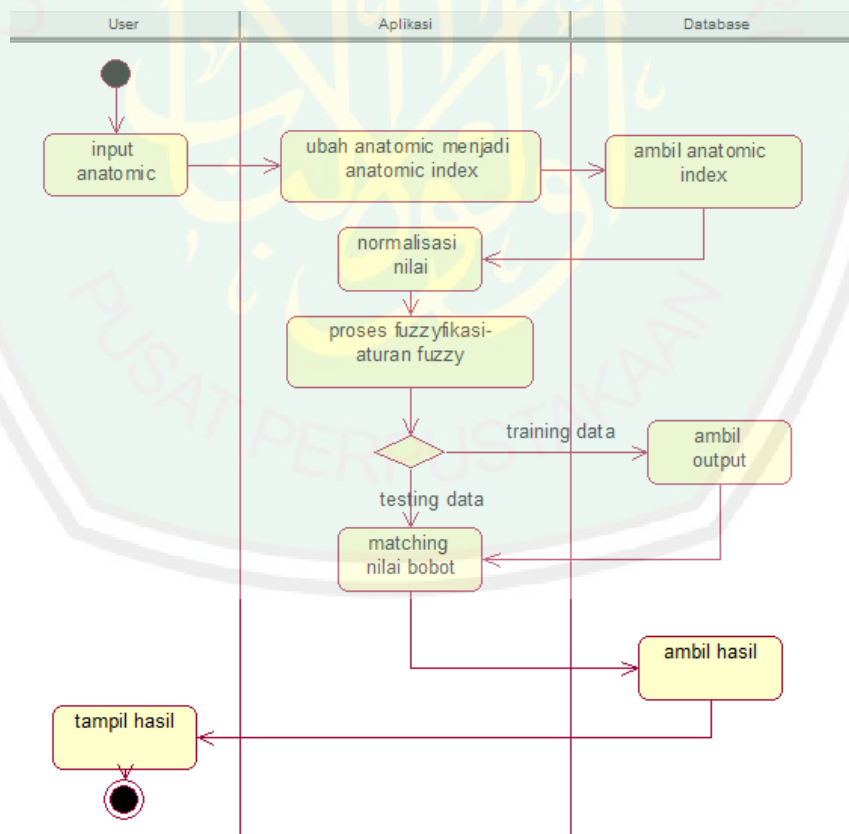


Gambar 3.11 Menghitung nilai aCe dan bCe (Parameter Fuzzifikasi Output)

Dalam sistem ini terdapat aktor *user*. *User* dapat menginputkan data dari gambar citra *X-ray Dental Panoramic Radiograph* berupa *anatomic* yang kemudian diproses menjadi *anatomic index*, nilai ini disimpan ke dalam *database*. Proses-proses selanjutnya menggunakan nilai *anatomic* ini. Proses *training* dan *testing* dapat dilakukan dengan input data lebih dari satu.



Gambar 3.12 Use Case



Gambar 3.13 Activity Diagram

Untuk mendapatkan proses yang benar dengan data yang diinputkan *user* terdapat tahapan proses *neuro-fuzzy system*: fuzzifikasi dan *neural neuro-fuzzy system*.

3.3 Pembuatan Aplikasi

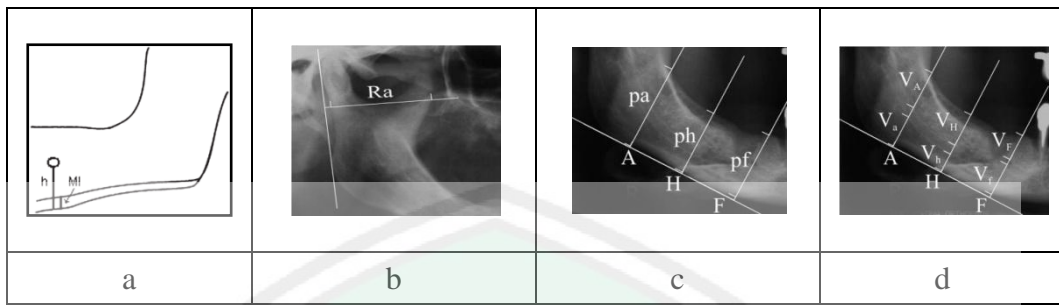
Pada tahap ini, perancangan dan desain aplikasi diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Java dan *database* MySQL. Aplikasi dibangun dengan IDE NetBeans 7.0.1 untuk mempermudah desain antarmuka dan *database* yang digunakan adalah MySQL. Pemilihan ini dikarenakan MySQL mudah dan tidak berat dalam pengoperasiannya.

3.3.1 Desain Output

Keluaran atau *output* yang diharapkan dalam aplikasi ini adalah keputusan sistem apakah nilai-nilai yang diinputkan mengarah ke kondisi osteoporosis atau normal. Informasi tambahan yang dapat ditampilkan adalah nilai *matching* dan persentase *error*.

3.3.2 Desain Input

Masukan atau *input* yang dibutuhkan untuk menghasilkan keluaran yang diharapkan adalah nomor *Dental Panoramic Radiograph* yang tercetak ketika selesai melakukan foto rontgen berupa nomor urut citra dan ukuran *anatomic* dari citra X-ray *Dental Panoramic Radiograph* berupa satuan cm. Untuk input pada proses *training* ditambahkan dengan target output.



Gambar 3.14 Beberapa *Anatomic Index* dari *Citra Dental Panoramic Radiograph*.

3.3.3 Desain Fuzzy

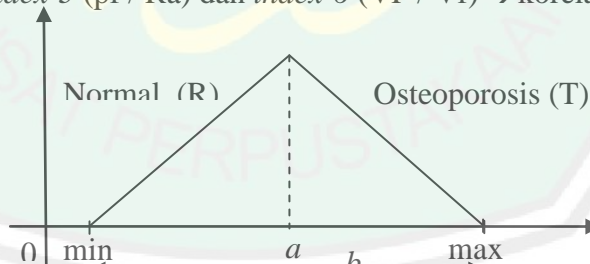
Untuk mendapatkan keempat nilai *anatomic index*, input *anatomic* dari citra *Dental Panoramic Radiograph* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- Index-3: pf / Ra
- Index-5: VH / Vh
- Index-6: VF / Vf
- Index-7: MI

Tabel 3.2 Parameter Nilai *Anatomic*

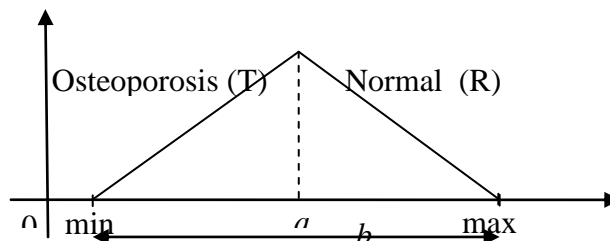
	<i>Index-3</i>	<i>Index-5</i>	<i>Index-6</i>	<i>Index-7</i>
<i>Min</i>	0,482758621	0,44	0,575	0,2
<i>Median</i>	1	1,723731884	1,366666667	0,425
<i>Max</i>	1,634615385	3,6	3,142857143	0,7

Parameter untuk *index-3* (pf / Ra) dan *index-6* (VF / Vf) → korelasi negatif adalah:



Gambar 3.15 Fungsi Keanggotaan dengan Korelasi Negatif.

Parameter untuk *index-5* (VH / Vh) dan *index-7* (MI) → korelasi positif adalah:



Gambar 3.16 Fungsi Keanggotaan dengan Korelasi Positif.

Keterangan:

R: Rendah	a : centroid segitiga	max: nilai paling tinggi
T: Tinggi	b : lebar segitiga	min: nilai paling kecil

Setiap variabel *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan seperti gambar 3.7 dan gambar 3.8 sebagai pendekatan untuk memperoleh derajat keanggotaan. Semua parameter dibagi dalam dua himpunan *fuzzy*, yaitu: rendah dan tinggi.

Desain *fuzzy* ini selanjutnya menjadi dasar proses fuzzifikasi pada metode *neuro-fuzzy system* yaitu pada layer 2.

3.3.4 Neuro-Fuzzy System

Salah satu bagian terpenting dari metode *neuro-fuzzy system* adalah terjadinya proses *training* atau pembelajaran. Tujuan utama proses ini adalah melakukan pengaturan terhadap bobot-bobot yang ada pada jaringan syaraf, sehingga diperoleh bobot akhir yang tepat sesuai dengan pola data yang dilatih.

Arsitektur sistem *neuro-fuzzy* seperti terlihat pada gambar 3.9 terdapat 5 layer yang terdiri dari 1 layer input, 3 layer hidden (fuzzifikasi input, aturan *fuzzy* dan fuzzifikasi output) dan 1 layer output. Berikut penjelasan masing-masing layer:

3.3.4.1 Feedforward

Layer 1: Layer Input

Merupakan layer awal, input layer 1 merupakan hasil *praprocessing*, diisialisasikan dengan 4 neuron yaitu I_3 (Index – 3), I_5 (Index – 5), I_6 (Index – 6) dan I_7 (Index – 7). Sedangkan output layer 1 sama dengan input, 4 neuron pula, diisialisasikan dengan x_1 , x_2 , x_3 dan x_4 .

Persamaan 2.1 pada penelitian ini menjadi:

$$x_1 = I_3$$

$$x_3 = I_6$$

$$x_2 = I_5$$

$$x_4 = I_7$$

Implement Layer 1

```
public void layer1(){
    for(int i=0; i<index_ternormalisasi.size(); i++){
        for(int j=0; j<4; i++){
            x[i][j]=getAnatomic(i, j);
            System.out.println("x["+i+"] ["+j+"]:"+x[i][j]);
        }
        System.out.print("\n");
    }
}
```

Gambar 3.17 Source Code Feedforward Layer-1

Layer 2: Fuzzifikasi Input (Fuzzification, Fuzzy Set)

Merupakan layer yang digunakan untuk membangkitkan fungsi keanggotaan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan dan rumus yang digunakan telah dijelaskan pada sub bab desain *fuzzy*. Input layer 2 diisialisasikan dengan 4 neuron x_1, x_2, x_3 dan x_4 . Setiap satu input yang diproses menghasilkan dua output (1 neuron menghasilkan 2 neuron), sehingga output layer 2 memiliki 8 neuron, yaitu hasil dari fungsi representatif segitiga dengan inisialisasi $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2, D_1$ dan D_2 .

Persamaan 2.2 pada penelitian ini menjadi:

$$A_1 = \begin{cases} 0; x_i \leq a - \frac{b}{2} \\ 1 - \frac{2|x_i - a|}{b}; a - \frac{b}{2} < x_i < a + \frac{b}{2} \\ 0; x_i \geq a + \frac{b}{2} \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{A1} = A_1$$

$$\mu_{A2} = 1 - \mu_{A1}$$

$$B_1 = \begin{cases} 0; x_i \leq a - \frac{b}{2} \\ 1 - \frac{2|x_i - a|}{b}; a - \frac{b}{2} < x_i < a + \frac{b}{2} \\ 0; x_i \geq a + \frac{b}{2} \end{cases}$$

$$\mu_{B1} = B_1$$

$$\mu_{B2} = 1 - \mu_{B1}$$

$$C_1 = \begin{cases} 0; x_i \leq a - \frac{b}{2} \\ 1 - \frac{2|x_i - a|}{b}; a - \frac{b}{2} < x_i < a + \frac{b}{2} \\ 0; x_i \geq a + \frac{b}{2} \end{cases}$$

$$\mu_{C1} = C_1$$

$$\mu_{C2} = 1 - \mu_{C1}$$

$$D_1 = \begin{cases} 0; x_i \leq a - \frac{b}{2} \\ 1 - \frac{2|x_i - a|}{b}; a - \frac{b}{2} < x_i < a + \frac{b}{2} \\ 0; x_i \geq a + \frac{b}{2} \end{cases}$$

$$\mu_{D1} = D_1$$

$$\mu_{D2} = 1 - \mu_{D1}$$

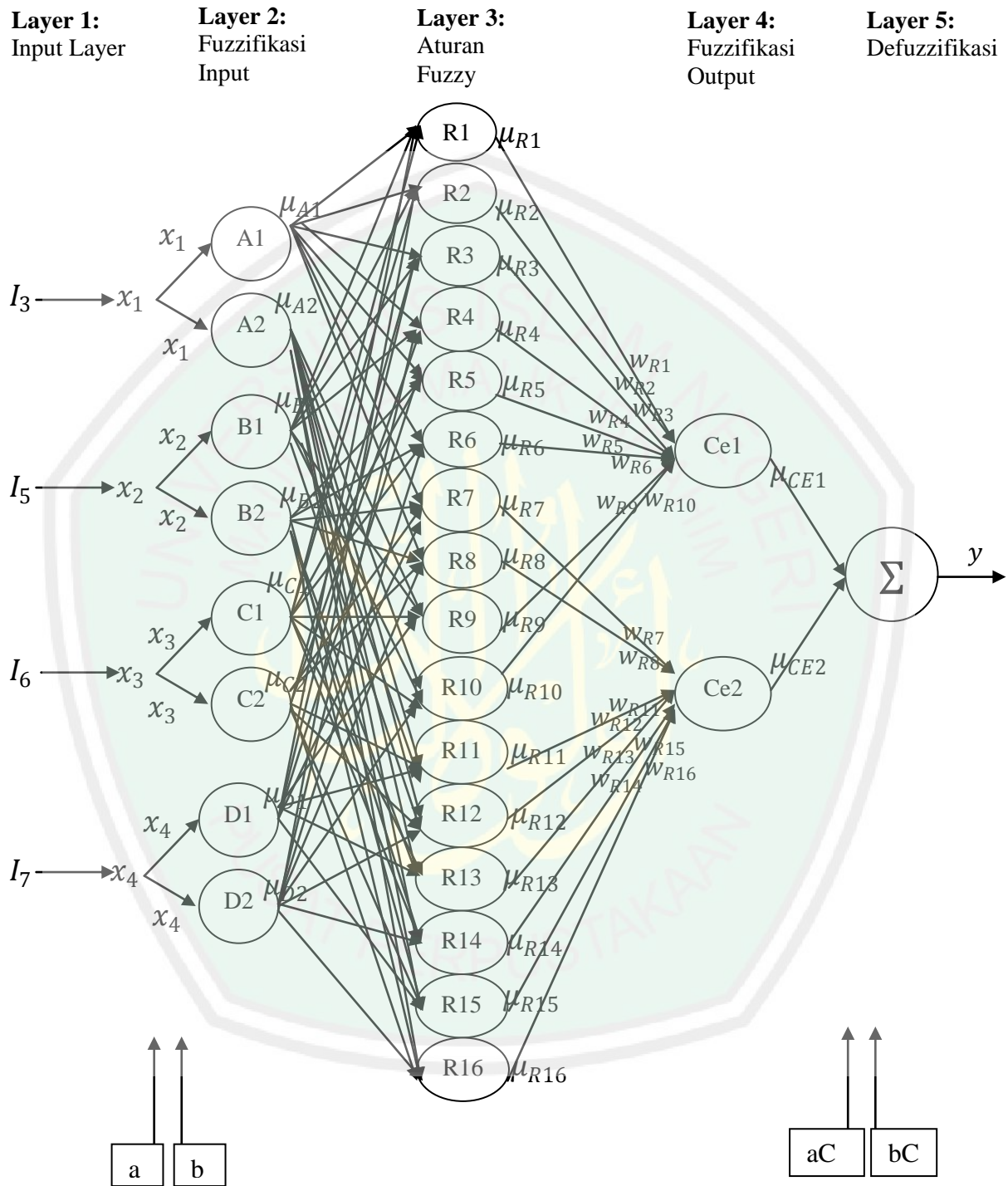
Implemen Layer 2

```

public void layer2() {
for (int i=0; i<index_ternormalisasi.size(); i++){
    if(x[i][0]<=a[i][0]-(b[i][0]/2)){
A1[i] =0;           A2[i] =1;
    }else if(x[i][0]>=a[i][0]-(b[i][0]/2)){
A1[i] =0;           A2[i] =1;
    }else{
        double yabsolut=Math.abs(x[i][0]-a[i][0]);
        A1[i] =1-((2*yabsolut)/b[i][0]);
        A2[i] =1-A1[i];
    }
    if(x[i][1]<=a[i][1]-(b[i][1]/2)){
B1[i] =0;           B2[i] =1;
    }else if(x[i][1]>=a[i][1]-(b[i][1]/2)){
B1[i] =0;           B2[i] =1;
    }else{
        double yabsolut=Math.abs(x[i][1]-a[i][1]);
        B1[i] =1-((2*yabsolut)/b[i][1]);
        B2[i]=1-B1[i];
    }
    if(x[i][2]<=a[i][2]-(b[i][2]/2)){
C1[i] =0;           C2[i] =1;
    }else if(x[i][2]>=a[i][2]-(b[i][2]/2)){
C1[i] =0;           C2[i] =1;
    }else{
        double yabsolut=Math.abs(x[i][2]-a[i][2]);
        C1[i] =1-((2*yabsolut)/b[i][2]);
        C2[i]=1-C1[i];
    }
    if(x[i][3]<=a[i][3]-(b[i][3]/2)){
D1[i] =0;           D2[i] =1;
    }else if(x[i][3]>=a[i][3]-(b[i][3]/2)){
D1[i] =0;           D2[i] =1;
    }else{
        double yabsolut=Math.abs(x[i][3]-a[i][3]);
        D1[i] =1-((2*yabsolut)/b[i][3]);
        D2[i]=1-D1[i];
    }
}
}

```

Gambar 3.18 Source Code Feedforward Layer-2



Gambar 3.19 Arsitektur Sistem

Layer 3: Aturan Fuzzy (Fuzzy Rule)

Pembelajaran yang digunakan pada penelitian ini bersifat *supervised learning*, sehingga setiap kemungkinan (*probabilty*) dimasukkan ke dalam *rule*. *Rule probabilty* yang digunakan adalah:

$$R_{[i]}: i = n^x \Rightarrow 2^4 = 16 \quad (3.2)$$

R : kemungkinan *rule*

n : jenis (rendah dan tinggi)

x : inputan (x_1, x_2, x_3 dan x_4)

Sehingga ada 16 *rule*, diinisialisasi dengan R_1 sampai dengan R_{16} . Layer 3 merupakan bagian ANTESEDEN (bagian IF), rumus untuk mencari nilai R dengan *intersection*, yaitu pada persamaan 2.4.

$$\mu_{R1} = \mu_{A2} \times \mu_{B2} \times \mu_{C2} \times \mu_{D2}$$

$$\mu_{R2} = \mu_{A2} \times \mu_{B2} \times \mu_{C2} \times \mu_{D1}$$

$$\mu_{R3} = \mu_{A2} \times \mu_{B2} \times \mu_{C1} \times \mu_{D2}$$

$$\mu_{R4} = \mu_{A2} \times \mu_{B2} \times \mu_{C1} \times \mu_{D1}$$

$$\mu_{R5} = \mu_{A2} \times \mu_{B1} \times \mu_{C2} \times \mu_{D2}$$

$$\mu_{R6} = \mu_{A2} \times \mu_{B1} \times \mu_{C2} \times \mu_{D1}$$

$$\mu_{R7} = \mu_{A2} \times \mu_{B1} \times \mu_{C1} \times \mu_{D2}$$

$$\mu_{R8} = \mu_{A2} \times \mu_{B1} \times \mu_{C1} \times \mu_{D1}$$

$$\mu_{R9} = \mu_{A1} \times \mu_{B2} \times \mu_{C2} \times \mu_{D2}$$

$$\mu_{R10} = \mu_{A2} \times \mu_{B1} \times \mu_{C1} \times \mu_{D2}$$

$$\mu_{R11} = \mu_{A1} \times \mu_{B2} \times \mu_{C1} \times \mu_{D2}$$

$$\mu_{R12} = \mu_{A1} \times \mu_{B2} \times \mu_{C1} \times \mu_{D1}$$

$$\mu_{R13} = \mu_{A1} \times \mu_{B1} \times \mu_{C2} \times \mu_{D2}$$

$$\mu_{R14} = \mu_{A1} \times \mu_{B1} \times \mu_{C2} \times \mu_{D1}$$

$$\mu_{R15} = \mu_{A1} \times \mu_{B1} \times \mu_{C1} \times \mu_{D2}$$

$$\mu_{R16} = \mu_{A1} \times \mu_{B1} \times \mu_{C1} \times \mu_{D1}$$

Pada layer 3 ini juga menghasilkan nilai bobot untuk proses backpro-nya.

Rumusnya:

(3.3)

$$w_{R[i]} = \mu_{R[i]} ; \mu_{wR[i]} = \frac{w_{R[i]}}{\max[w_R]}$$

w_R : nilai bobot *rule* awal

$\mu_{wR[i]}$: nilai bobot *rule* akhir

$$\begin{array}{llll} \mu_{wR1} = \frac{\mu_{R1}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR2} = \frac{\mu_{R2}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR3} = \frac{\mu_{R3}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR4} = \frac{\mu_{R4}}{\text{Max } \mu_R} \\ \mu_{wR5} = \frac{\mu_{R5}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR6} = \frac{\mu_{R6}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR7} = \frac{\mu_{R7}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR8} = \frac{\mu_{R8}}{\text{Max } \mu_R} \\ \mu_{wR9} = \frac{\mu_{R9}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR10} = \frac{\mu_{R10}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR11} = \frac{\mu_{R11}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR12} = \frac{\mu_{R12}}{\text{Max } \mu_R} \\ \mu_{wR13} = \frac{\mu_{R13}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR14} = \frac{\mu_{R14}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR15} = \frac{\mu_{R15}}{\text{Max } \mu_R} & \mu_{wR16} = \frac{\mu_{R16}}{\text{Max } \mu_R} \end{array}$$

Implemen Layer 3

```
for (int i=0; i<index_ternormalisasi.size(); i++){
    R1[i] = A2[i]*B2[i]*C2[i]*D2[i]; // AAAA
    R2[i] = A2[i]*B2[i]*C2[i]*D1[i]; // AAAB
    R3[i] = A2[i]*B2[i]*C1[i]*D2[i]; // AABA
    R4[i] = A2[i]*B2[i]*C1[i]*D1[i]; // AABB

    R5[i] = A2[i]*B1[i]*C2[i]*D2[i]; // ABAA
    R6[i] = A2[i]*B1[i]*C2[i]*D1[i]; // ABAB
    R7[i] = A2[i]*B1[i]*C1[i]*D2[i]; // ABBA
    R8[i] = A2[i]*B1[i]*C1[i]*D1[i]; // ABBB

    R9 [i] = A1[i]*B2[i]*C2[i]*D2[i]; // BAAA
    R10[i] = A1[i]*B2[i]*C2[i]*D1[i]; // BAAB
    R11[i] = A1[i]*B2[i]*C1[i]*D2[i]; // BABA
    R12[i] = A1[i]*B2[i]*C1[i]*D1[i]; // BABB

    R13[i] = A1[i]*B1[i]*C2[i]*D2[i]; // BBAA
    R14[i] = A1[i]*B1[i]*C2[i]*D1[i]; // BBAB
    R15[i] = A1[i]*B1[i]*C1[i]*D2[i]; // BBBA
    R16[i] = A1[i]*B1[i]*C1[i]*D1[i]; // BBBB
}
```

Gambar 3.20 Source Code Feedforward Layer-3

Layer 4: Fuzzifikasi Output

Merupakan bagian KONSEKUEN (bagian THEN) dan hanya memiliki 2 neuron. Kedua neuron ini mempresentasikan nilai rendah atau nilai tinggi. Layer 4 menggunakan operator union untuk menghasilkan nilai. Berikut rumus seperti persamaan 2.6 untuk penelitian ini menjadi:

$$\mu_{Ce1}[] = (\mu_{R1}[] \times \mu_{wR1}[]) \oplus (\mu_{R2}[] \times \mu_{wR2}[]) \oplus (\mu_{R3}[] \times \mu_{wR3}[]) \oplus (\mu_{R4}[] \times \mu_{wR4}[]) \oplus (\mu_{wR5}[] \times \mu_{wR5}[]) \oplus (\mu_{R6}[] \times \mu_{wR6}[]) \oplus (\mu_{R9}[] \times \mu_{wR9}[]) \oplus (\mu_{wR10}[] \times \mu_{wR10}[]) \quad (3.4)$$

$$\mu_{Ce2}[] = (\mu_{R7}[] \times \mu_{wR7}[]) \oplus (\mu_{R8}[] \times \mu_{wR8}[]) \oplus (\mu_{R11}[] \times \mu_{wR11}[]) \oplus (\mu_{R12}[] \times \mu_{wR12}[]) \oplus (\mu_{wR13}[] \times \mu_{wR13}[]) \oplus (\mu_{R14}[] \times \mu_{wR14}[]) \oplus (\mu_{R15}[] \times \mu_{wR15}[]) \oplus (\mu_{wR16}[] \times \mu_{wR16}[]) \quad (3.5)$$

Implemen Layer 4

```
public void layer4() {
    Ce1 = new double[index_ternormalisasi.size()]; Ce2 = new
double[index_ternormalisasi.size()];
    int brs = 0;
    for (int i=0; i<index_ternormalisasi.size(); i++){
        Ce1[i] = R1[i]+R2[i]+R3[i]+R4[i]+R5[i]+R6[i]+R9[i]+R10[i];
        Ce2[i] =
R7[i]+R8[i]+R11[i]+R12[i]+R13[i]+R14[i]+R15[i]+R16[i];

        try { // simpan database
            stat = con.createStatement();
            brs = i+1;
            String sql = "INSERT INTO y_output (no,Ce1,Ce2)"
                + "VALUES
('"+brs+"', '"+Ce1[i]+"', '"+Ce2[i]+"')";
            stat.executeUpdate(sql);
            //stat.close();
        } catch (Exception e){
            System.out.println("input ke db parameter error : "+e);
        }
    }
}
```

Gambar 3.21 Source Code Feedforward Layer-4

Layer 5: Defuzzifikasi

Merupakan tahap akhir dari serangkaian perhitungan metode, rumus untuk menghasilkan output menggunakan komposisi *sum product*.

$$y = \frac{\mu_{Ce1} \times a_{Ce1} \times b_{Ce1} + \mu_{Ce2} \times a_{Ce2} \times b_{Ce2}}{\mu_{Ce1} \times b_{Ce1} + \mu_{Ce2} \times b_{Ce2}} \quad (3.6)$$

dimana a_{Ce1} dan a_{Ce2} adalah pusat, serta b_{Ce1} dan b_{Ce2} adalah lebar dari *fuzzy set* Ce1 dan Ce2.

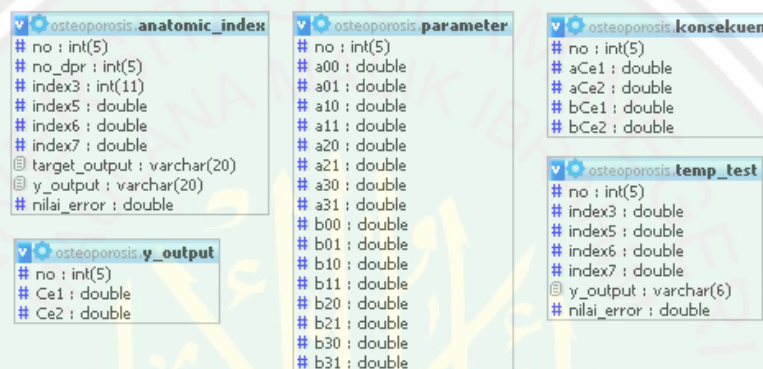
Implemen Layer 5

```
y_output[i] = (Ce1[i]*aC[i]*bC[i])+(Ce2[i]*aC[i+1]*bC[i+1])
/Ce1[i]*aC[i])+(Ce2[i]*bC[i+1]);
```

Gambar 3.21 Source Code Feedforward Layer-5

3.3.5 Desain Database

Berikut ini adalah desain *database* dalam penelitian ini



Gambar 3.10 Entity Relationship Diagram (ERD)

3.3.5.1 Tabel Anatomic Index

Tabel *anatomic index* ini merupakan tabel yang digunakan untuk menyimpan hasil perhitungan *anatomic index*. Selain itu dalam tabel ini juga menyimpan target output, nilai hasil serta nilai *error*. Struktur tabel *anatomic index* ini adalah seperti pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Struktur Tabel *Anatomic Index*

Nama Field	Tipe	Keterangan
No	int(5)	
No_DPR	int(5)	
Index3	Double	
Index5	Double	
Index6	Double	
Index7	Double	
Target_Output	Varchar(10)	
Y_output	Double	
Nilai_error	Double	

3.3.5.2 Tabel Temp_test

Tabel tempt_test merupakan tabel yang digunakan untuk menyimpan nilai input dan output pada proses *testing*. Struktur tabel konsekuen ini adalah seperti pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Struktur Tabel Temp_test

Nama Field	Tipe	Keterangan
No	int(5)	
Index3	Double	
Index5	Double	
Index6	Double	
Index7	Double	
Target_Output	Varchar(10)	
Y_output	Double	
Nilai_error	Double	

3.3.5.3 Tabel Parameter

Tabel parameter merupakan tabel yang digunakan untuk menyimpan hasil perhitungan parameter fuzifikasi input a dan b dari aplikasi. Struktur tabel parameter ini adalah seperti pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Struktur Tabel Parameter

Nama Field	Tipe	Keterangan
No	int(5)	
A00	Double	
A01	Double	
A10	Double	
A11	Double	
A20	Double	
A21	Double	
A30	Double	
A31	Double	
B00	Double	
B01	Double	
B10	Double	
B11	Double	
B20	Double	

Nama Field	Tipe	Keterangan
B21	Double	
B30	Double	
B31	Double	

3.3.5.4 Tabel y_output

Tabel y_output merupakan tabel yang digunakan untuk menyimpan nilai fuzzifikasi output Ce1 dan Ce2. Struktur tabel y_output ini adalah seperti pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Struktur Tabel y_Output

Nama Field	Tipe	Keterangan
No	int(5)	
Ce1	Double	
Ce2	Double	

3.3.5.5 Tabel Konsekuen

Tabel konsekuen merupakan tabel yang digunakan untuk menyimpan hasil perhitungan parameter fuzzifikasi output a dan b dari aplikasi. Struktur tabel konsekuen ini adalah seperti pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Struktur Tabel Konsekuen

Nama Field	Tipe	Keterangan
No	int(11)	
aCe1	Double	
aCe2	Double	
bCe1	Double	
bCe2	Double	

3.3.6 Desain Interface

Aplikasi yang dibangun dengan bahasa pemrograman Java ini menggunakan netbeans 7.01 dengan JDK 1.6. Penggunaan Netbeans dikarenakan kemudahan dalam membuat *interface*. Pada aplikasi ini terdapat halaman awal

bagi *user* berisi pilihan apakah melakukan training atau testing. Halaman utama pada training maupun testing berisi proses menginputkan data *anatomic* ke dalam aplikasi. Setelah itu, terdapat tombol proses untuk mendapatkan nilai *anatomic index* dan sistem akan menampilkan ke dalam tabel yang telah disediakan. Di dalam tabel, field nomor DPR dan nilai-nilai *anatomic index*. Kemudian terdapat satu tombol lain yang digunakan untuk memproses training atau testing.

Rancangan tampilan awal dan halaman utama dapat dilihat pada gambar 3.11 dan gambar 3.12.



Gambar 3.11 Rancangan Desain *Interface*, Halaman Awal

DETEKSI OSTEOPOROSIS MENGGUNAKAN NEURO-FUZZY SYSTEM

INPUT ANATOMIC

No DPR Nilai VF Nilai VF Nilai MI

Nilai Ra Nilai Pf Nilai Vh Nilai Vb

Target Osteoporosis Normal Dapatkan Nilai Anatomic Index:

NILAI ANATOMIC INDEX

No DPR	Index1	Index2	Index3	Index4	Index5	Index6	Index7	Index8

Dapatkan Hasil Deteksi:

HASIL DETEKSI

No DPR	Hasil	Nilai Matching	Error

Gambar 3.12 Rancangan Desain *Interface*, Halaman Utama

3.4 CONTOH PERHITUNGAN MANUAL

Input:

Tabel 3.8 Hasil Pengukuran *Anatomic*

No DPR	Pf	Ra	VH	Vh	VF	Vf	MI
003	3,7	4,8	2,4	0,7	2,2	0,7	0,6

Proses (Praprocessing):

Indexing (I):

Tabel 3.9 Hasil Perhitungan *Anatomic Index*

No DPR	Index-3: pf / Ra	Index-5: VH / Vh	Index-6: VF/ Vf	Index-7: MI
003	$3,7/4,8 = 0,7083$	$2,4/0,7 = 3,4286$	$2,2/0,7 = 3,1429$	0,6

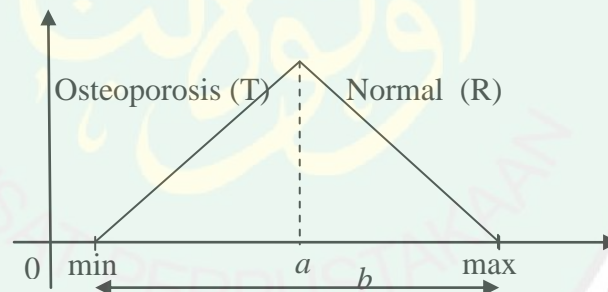
Proses Neuro-Fuzzy System:

Layer 1 (Input):

Tabel 3.10 Layer 1 *Neuro-Fuzzy System*

Layer 1	X_1	X_2	X_3	X_4
	0,7083	3,4286	3,1429	0,6

Layer 2 (Fuzzifikasi Input):



1 → rendah : 0 - 0,4556

2 → tinggi : 0,4557 - 1

(asumsi nilai $a = 0,45$ dan nilai $b = 1$)

$$a - \frac{b}{2} = 0,45 - \frac{1}{2} = 0,45 - 0,5 = -0,05; \quad a + \frac{b}{2} = 0,45 + \frac{1}{2} = 0,45 + 0,5 = 0,95$$

Tabel 3.11 Layer-2 *Neuro-Fuzzy System*

Layer 2	
	Nilai
A1	0,6002
A2	0,3998
B1	0,0085

Layer 2	
	Nilai
B2	0,9915
C1	0
C2	1
D1	0,3
D2	0,7

Layer 3 (Aturan *Fuzzy*):

Tabel 3.12 Layer-3 *Neuro-Fuzzy System*

Layer 3			
Nilai		Nilai	
R1	0	R9	0
R2	0	R10	0
R3	0,00153051	R11	0,00101949
R4	0,00357119	R12	0,00237881
R5	0	R13	0
R6	0	R14	1
R7	0,17852949	R15	0,11892051
R8	0,41656881	R16	0,27748119

Layer 4 (Fuzzifikasi Output):

Tabel 3.13 Layer 4 *Neuro-Fuzzy System*

Layer 4	$Ce1$	$Ce2$
	0,0051017	0,9948983

Layer 5 (Defuzzifikasi):

$$a_{Ce1} = \tilde{x}[Ce1] = 0,00255085 \quad b_{Ce1} = \ell[Ce1] = 0,00357119$$

$$a_{Ce2} = \tilde{x}[Ce2] = 0,148725 \quad b_{Ce2} = \ell[Ce2] = 0,41656881$$

Tabel 3.14 Layer 5 *Neuro-Fuzzy System*

Layer 5	y
	0,1487184622648725

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Skenario Uji Coba

Dalam bab ini dibahas tentang skenario uji coba yang dibangun dengan tahapan-tahapan fuzzifikasi dan metode *Neuro Fuzzy System*. Uji coba akan dilakukan berdasarkan input dan menilai akurasi dengan menampilkan *error*.

4.1.1 Tujuan Uji Coba

Tujuan pengujian pada aplikasi ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan pemeriksaan terhadap algoritma yang digunakan. Hal ini untuk penilaian apakah algoritma tersebut cocok dan dapat berjalan baik dalam penelitian.
- b. Untuk menghitung nilai *error* untuk mengetahui besar keakuratan system, ditampilkan dalam nilai persen.
- c. Untuk menghitung nilai *matching* yang digunakan sebagai acuan akhir, menyimpan nilai ini dari training data untuk digunakan kembali ketika melakukan testing data.

4.1.2 Skenario

Dalam pengujian pendeteksian osteoporosis ini dilakukan skenario pengujian terhadap hasil deteksi yang ditemukan. Dalam skenario ini, obyek penelitian adalah citra *X-ray Dental Panoramic Radiographs* yang telah digunakan oleh peneliti luar negeri sejak tahun 1960-an. Dalam pengujian ini akan dihitung nilai *matching* dan *error* dari hasil pembobotan.

4.1.2.1 Data Uji

Dalam proses pengujian ini, data citra X-ray *Dental Panoramic Radiographs* didapat dari hasil kerjasama oleh Institut Teknik Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) Jurusan Teknik Informatika dengan salah satu perguruan tinggi di Jepang, salah satu penelitiannya adalah Akira Taguchi yang digunakan penulis sebagai referensi utama dalam pengambilan teori-teori yang berhubungan dengan osteoporosis, sehingga data citranya adalah citra warga Jepang. Jumlah keseluruhan data adalah 56 citra.

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang juga diundang dan diikutkan dalam kerjasama penelitian oleh pihak Institut Teknik Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) mendapat bahan-bahan penelitian dan seminar. Citra yang didapat ini kemudian dicetak (*print*) dengan ketentuan *scale* pada cetakan samadengan citra digitalnya. Selanjutnya pengukuran dilakukan secara manual dengan mengacu pada beberapa jurnal Internasional, diantaranya Bozic dan Taguchi, serta bimbingan dari dokter gigi.

4.1.2.2 Proses Uji Coba

Hal yang perlu dilakukan untuk melakukan pengujian terhadap aplikasi yang dibangun yaitu:

- a. Menyiapkan 56 data yang akan di uji coba, digunakan untuk *training* maupun *testing*.
- b. Menyiapkan perangkat komputer lengkap dengan sistem operasi windows.
- c. Menginputkan *anatomic* dari hasil pengukuran dari citra sinar X-ray *Dental Panoramic Radiographs* dan memprosesnya.

- d. Mencatat hasil pendeteksian dan nilai *matching*.
- e. Mengukur tingkat akurasi aplikasi berdasarkan hasil yang dicatat.
- f. Melakukan analisa terhadap hasil uji coba.

4.1.2.3 Lingkungan Operasi

Aplikasi ini dirancang dan dibangun berbasis *desktop*. Dalam penggunaannya dapat menggunakan *desktop* maupun *notebook* dengan dukungan Java.

4.1.2.4 Parameter Pengujian

Pengukuran performansi dari aplikasi ini dilakukan dengan aturan-aturan tertentu yang setiap aturan mempunyai prioritas tersendiri.

4.2 Implementasi

Tujuan dari tahap pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan aplikasi serta melihat apakah telah sesuai dengan perancangannya. Dari tahap ini juga dapat diketahui detail jalan aplikasi serta kesalahan apa saja yang ada sehingga dapat dilakukan perbaikan dari kesalahan yang ditemukan. Dalam proses ini akan dibutuhkan baik berupa perangkat keras maupun perangkat lunak agar pengujian dapat berjalan baik.

4.2.1 Implementasi Antar Muka (*Interface*)

Dalam aplikasi terdapat halaman awal yang akan muncul ketika program pertama kali dijalankan. Kemudian memilih menu *training* atau *testing*, sehingga muncul halaman utama. Halaman utama ini adalah halaman yang berisi inputan lengkap *anatomic* dari citra sinar-x *Dental Panoramic Radiograph*. Inputan ini

terdiri dari 7 *anatomic* yang telah diukur secara manual. Halaman utama untuk proses *training* pada aplikasi ditunjukkan oleh gambar 4.1.

Pada halaman utama untuk proses *training* terdapat *menu* dan dua proses, pada *menu* ‘pilih aksi’ ini terdapat *menu item* utama, keluar, bantuan dan tentang. *Menu item* ‘keluar’ untuk keluar dari program, *menu item* ‘bantuan’ untuk menampilkan bantuan apabila *user* kesulitan dalam menjalankan aplikasi. Dalam bantuan terdapat penjelasan lengkap bagaimana cara menjalankan aplikasi ini dan bagaimana melihat hasil dari proses pendeteksian dalam aplikasi ini.

Menu item ‘tentang’ menampilkan informasi tentang aplikasi ini. Selain itu terdapat di dalam halaman bantuan dan tentang terdapat tombol kembali yang akan menutup *menu item* bantuan atau tentang dan membuka *menu* utama.

Gambar 4.1 Halaman Utama untuk Proses *Training*

Gambar 4.2 Halaman Utama untuk Proses *Testing*

Pada halaman utama untuk proses *testing*, interfacenya sama dengan halaman utama pada proses *training*, yang membedakan hanya proses di dalamnya. Bagian pertama pada halaman utama untuk proses *training* maupun *testing* adalah ‘input *anatomic*’ yaitu bagian untuk mengentri input *anatomic* dari pengukuran manual yang telah dilakukan, terdapat 9 input yaitu No DPR, Nilai Ra, Nilai Pf, Nilai VF, Nilai Vf, Nilai VH, Nilai Vh dan Nilai MI serta pilihan target antara normal atau osteoporosis. Terdapat tombol submit untuk mendapat *anatomic index* yaitu hasil dari penghitungan *anatomic* ke *anatomic index*, 7 *anatomic* menjadi 4 *anatomic index*, yang kemudian ditampilkan dalam sebuah *text area*. Proses terakhir adalah ‘hasil deteksi’ yaitu menampilkan hasil proses perhitungan dari aplikasi. Bagian ini terdapat *text area* yang memberikan informasi hasil, nilai *matching* dan *error*.

Halaman bantuan terlihat pada gambar 4.6 berikut. Terdapat dua informasi yaitu informasi macam-macam perhitungan dan informasi langkah-langkah dalam menggunakan aplikasi. Tombol mulai digunakan untuk kembali ke halaman utama.



Gambar 4.3 Halaman Bantuan



Gambar 4.4 Halaman Tentang

Halaman tentang terlihat pada gambar 4.7, terdapat informasi aplikasi dan pengembang aplikasi. Tombol mulai digunakan untuk kembali ke halaman utama.

4.2.2 Implementasi Pendeteksi Osteoporosis

Implementasi aplikasi deteksi osteoporosis merupakan penerapan dari perancangan sebelumnya yang telah dimuat dalam bab sebelumnya yaitu bab analisis dan perancangan.

4.2.2.1 Implementasi *Preprocessing*

Dalam tahap *preprocessing* terdapat proses *indexing anatomic*. Dalam proses *indexing, anatomic* yang diinputkan dari aplikasi diubah menjadi nilai

anatomic index. Nilai dari hasil *indexing anatomic* menjadi input *neuro fuzzy system layer 1*.

Indexing Anatomic

Gambar 4.6 menampilkan *source code indexing* dan penyimpanan nilai index ini ke dalam *database*.

```

public void diIndex() {
    //int noDPR = Integer.parseInt(No_DPR.getText());
    double pf = Double.parseDouble(nilai_Pf.getText());
    double Ra = Double.parseDouble(nilai_Ra.getText());
    double VH = Double.parseDouble(nilai_VH.getText());
    double Vh = Double.parseDouble(nilai_Vh.getText());
    double VF = Double.parseDouble(nilai_VF.getText());
    double Vf = Double.parseDouble(nilai_Vf.getText());
    double MI = Double.parseDouble(nilai_MI.getText());
    if(osteo.isSelected()){
        target_="osteporosis";
    }else{
        target_="normal";
    }
    index3= pf / Ra;
    index5= VH / Vh;
    index6= VF / Vf;
    index7= MI;
}

public void anatomicindex_db(){
    try {
        Data_Anatomic dt;
        dt = new Data_Anatomic();
        int baris = dt.getRowCount();
        int brs = baris+1;
        String no_dpr=No_DPR.getText();
        statement=connection.createStatement();
        String sql_index="INSERT INTO anatomic_index (no, no_dpr,
index3, index5, index6, index7, target) "
+ "VALUES
('"+brs+"', '"+no_dpr+"', '"+index3+"', '"+index5+"', '"+index6+"', '"+index
7+"', '"+target_+"')";
        statement.executeUpdate(sql_index);
        statement.close();
        //javax.swing.JOptionPane.showMessageDialog(null, "Data
Anatomic Index Sukses Masuk ke DB");
        //System.out.println("Anatomic Index Tersimpan");
        statement = connection.createStatement();
        statement.close();
        output1.setText("Data tersimpan \n No. Gambar : "+no_dpr+"\n 1.
pf/Ra \t= "+index3+"\n 2. VH/Vh \t= "+index5+
"\n 3. VF/Vf \t= "+index6+"\n 4. MI \t= "+index7+"\n
Target output = "+target_);
    } catch (Exception ex) {
        javax.swing.JOptionPane.showMessageDialog(null, "Data
Anatomic Index Gagal Masuk ke DB \n"+ex);
    }
}
}

```

Gambar 4.5 *Source Code Indexing* dan Penyimpanan ke dalam *Database*

Backpropagation

Error-5

```

public void error5(){
    error5 = new double[index_ternormalisasi.size()];
    for(int i=0; i<index_ternormalisasi.size(); i++){
        error5[i] = -2*(getTarget(i, 0)-y_output[i]);
        int no = i+1;
        try {
            stat = con.createStatement();
            String sql = "UPDATE anatomic_index SET
nilai_error='"+error5[i]+' WHERE no='"+no+"'";
            stat.executeUpdate(sql);
            //stat.close();
        } catch (Exception e){
            System.out.println("Error : "+e);
        }
    }
}

```

Gambar 4.6 Source Code Backpropagation Layer-5

Error-4

```

public void error4(){
    error4 = new double[index_ternormalisasi.size()][2];
    for(int i=0; i<index_ternormalisasi.size(); i++){
        for(int j=0; j<2; j++){
            error4[i][0] = error5[i]*Ce1[i];
            error4[i][1] = error5[i]*Ce2[i];
        }
    }
}

```

Gambar 4.7 Source Code Backpropagation Layer-4

Error -3

```

public void error3(){
    error3 = new double[index_ternormalisasi.size()][16];
    double totalR2 = Math.pow(total_wR, 2);
    for(int i=0; i<index_ternormalisasi.size(); i++){
        error3[i][0] = ((total_wR-wR1[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][0]-error4[i][1]);
        error3[i][1] = ((total_wR-wR2[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][0]-error4[i][1]);
        error3[i][2] = ((total_wR-wR3[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][0]-error4[i][1]);
        error3[i][3] = ((total_wR-wR4[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][0]-error4[i][1]);
        error3[i][4] = ((total_wR-wR5[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][0]-error4[i][1]);
        error3[i][5] = ((total_wR-wR6[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][0]-error4[i][1]);
        error3[i][6] = ((total_wR-wR7[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][0]-error4[i][1]);
        error3[i][7] = ((total_wR-wR8[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][1]-error4[i][0]);
        error3[i][8] = ((total_wR-wR9[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][1]-error4[i][0]);
    }
}

```

```

        error3[i][9] = ((total_wR-wR10[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][0]-error4[i][1]);
        error3[i][10] = ((total_wR-wR11[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][0]-error4[i][1]);
        error3[i][11] = ((total_wR-wR12[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][1]-error4[i][0]);
        error3[i][12] = ((total_wR-wR13[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][1]-error4[i][0]);
        error3[i][13] = ((total_wR-wR14[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][1]-error4[i][0]);
        error3[i][14] = ((total_wR-wR15[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][1]-error4[i][0]);
        error3[i][15] = ((total_wR-wR16[i]) / (totalR2)) *
(error4[i][1]-error4[i][0]);
    }
}

```

Gambar 4.8 Source Code Backpropagation Layer-3

Error -2

```

public void error2(){
    error2 = new double[index_ternormalisasi.size()][8];
    for(int i=0; i<index_ternormalisasi.size(); i++){
        double z1 = A1[i]*getAnatomic(i, 0);    double z2 =
C1[i]*getAnatomic(i, 0);
        double z3 = A2[i]*getAnatomic(i, 1);    double z4 =
C2[i]*getAnatomic(i, 1);
        double z5 = B1[i]*getAnatomic(i, 2);    double z6 =
D1[i]*getAnatomic(i, 2);
        double z7 = B2[i]*getAnatomic(i, 3);    double z8 =
D2[i]*getAnatomic(i, 3);
        error2[i][0] = (error3[i][0]*z3*z5*z7)-
(error3[i][1]*z3*z5*z8)-(error3[i][2]*z3*z6*z7)-
(error3[i][3]*z3*z6*z8)-
            (error3[i][4]*z4*z5*z7)-(error3[i][5]*z4*z5*z8)-
(error3[i][6]*z4*z6*z7)-(error3[i][7]*z4*z6*z8);
        error2[i][1] = (error3[i][8]*z3*z5*z7)-
(error3[i][9]*z3*z5*z8)-(error3[i][10]*z3*z6*z7)-
(error3[i][11]*z3*z6*z8)-
            (error3[i][12]*z4*z5*z7)-(error3[i][13]*z4*z5*z8)-
(error3[i][14]*z4*z6*z7)-(error3[i][15]*z4*z6*z8);
        error2[i][2] = (error3[i][0]*z1*z5*z7 )-
(error3[i][1]*z1*z5*z8)-(error3[i][2]*z1*z6*z7)-
(error3[i][3]*z1*z6*z8)-
            (error3[i][8]*z2*z5*z7)-(error3[i][9]*z2*z5*z8)-
(error3[i][10]*z2*z6*z7)-(error3[i][11]*z2*z6*z8);
        error2[i][3] = (error3[i][4]*z1*z5*z7 )-
(error3[i][5]*z1*z5*z8)-(error3[i][6]*z1*z6*z7)-
(error3[i][7]*z1*z6*z8)-
            (error3[i][12]*z2*z5*z7)-(error3[i][13]*z2*z5*z8)-
(error3[i][14]*z2*z6*z7)-(error3[i][15]*z2*z6*z8);
        error2[i][4] = (error3[i][0]*z1*z3*z7 )-
(error3[i][1]*z1*z3*z8)-(error3[i][4]*z1*z4*z7)-
(error3[i][5]*z1*z4*z8)-
            (error3[i][8]*z2*z3*z7)-(error3[i][9]*z2*z3*z8)-
(error3[i][12]*z2*z4*z7)-(error3[i][13]*z2*z4*z8);
        error2[i][5] = (error3[i][2]*z1*z3*z7 )-
(error3[i][3]*z1*z3*z8)-(error3[i][6]*z1*z4*z7)-
(error3[i][7]*z1*z4*z8)-
            (error3[i][10]*z2*z3*z7)-(error3[i][11]*z2*z3*z8)-
(error3[i][14]*z2*z4*z7)-(error3[i][15]*z2*z4*z8);
    }
}

```

```

        error2[i][6] = (error3[i][0]*z1*z3*z5 )-
(error3[i][2]*z1*z3*z6)-(error3[i][4]*-z1*z4*z5)-
(error3[i][6]*z1*z4*z6)-
            (error3[i][8]*z2*z3*z5)-(error3[i][10]*z2*z3*z6)-
(error3[i][12]*z2*z4*z5)-(error3[i][14]*z2*z4*z6);
        error2[i][7] = (error3[i][1]*z1*z3*z5 )-
(error3[i][3]*z1*z3*z6)-(error3[i][5]*-z1*z4*z5)-
(error3[i][7]*z1*z4*z6)-
            (error3[i][9]*z2*z3*z5)-(error3[i][11]*z2*z3*z6)-
(error3[i][13]*z2*z4*z5)-(error3[i][15]*z2*z4*z6);
    }
}

```

Gambar 4.9 Source Code Backpropagation Layer-2

4.2.2.2 Implementasi Database

Agar dapat melakukan pembelajaran dengan benar, maka *database* diperlukan untuk mengupdate data terbaru, terutama bobot dan *error*. Semakin sedikitnya *error* yang terjadi maka keakuratan sistem semakin tinggi.

4.3 Ruang Lingkup Perangkat Keras Dan Perangkat Lunak

4.3.1 Ruang Lingkup Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam pengembangan ini adalah sebagai berikut:

- a. CPU : Core i5 dan RAM 2 GB
- b. Hardisk dengan Kapasitas minimal 40 GB
- c. Minimal monitor 15" dengan resolusi 1024 x 768 pixels
- d. Keyboard dan Mouse

4.3.2 Ruang Lingkup Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan antara lain:

- a. Sistem Operasi Windows XP atau Windows 7
- b. Java 1.6

c. Netbeans 7.0.1

d. MySQL

4.4 Hasil Uji Coba

Pengujian menggunakan data citra *Dental Panoramic Radiograph*. Dalam data yang diuji pada aplikasi ini dapat dilihat hasil deteksi, normal atau osteoporosis, dan tingkat *error* yang terjadi pada setiap lapisan. Hasil deteksi berupa kata ‘osteoporosis’ atau ‘normal’ sedangkan nilai error berupa angka desimal (*double*). Data pengujian lengkap untuk *anatomic* dan *anatomic index* terdapat pada **Lampiran 1**.

4.4.1 Pengujian pada 23 Data pada Proses Training

Hasil dari pengujian dengan nilai epoch 10 dapat ditabelkan:

Prapocessing:

Data Input (*Anatomic*):

Tabel 4.1 Pengujian Proses Training: Data Input *Anatomic*

No.	No. DPR	Ra	pf	VH	Vh	VF	Vf	MI
1	49	3,15	4,5	2,25	0,9	2,5	1,65	0,7
2	50	4	4	2	0,85	2,1	1,5	0,6
3	53	4,2	3,6	1,25	1	2,2	1,65	0,4
4	57	4,05	3,3	1,55	1,2	1,6	1,3	0,5
5	58	3,2	3,3	0,55	1,25	1,5	1,2	0,3
6	59	3,75	3,4	1,8	0,5	2,05	1	0,4
7	61	3,6	4,8	1,9	0,65	3,3	1,2	0,3
8	62	4,1	3	1,3	1	1,85	1,1	0,4
9	63	3,5	4,05	1,7	1,6	2	1,7	0,6
10	64	3,05	4,05	1,8	0,9	1,7	1,6	0,3
11	66	3,5	3,5	1,55	0,8	1,6	1,4	0,45
12	67	3,4	3,3	1,4	1	1,7	1,3	0,5
13	70	3,4	4,5	1,6	1,2	2,2	1,8	0,5
14	71	4,1	4,4	1,7	0,9	2,1	1,4	0,4

No.	No. DPR	Ra	pf	VH	Vh	VF	Vf	MI
15	72	2,6	4,25	2	0,9	2,55	1	0,4
16	76	3,2	3,7	2,1	0,7	1,6	1,6	0,5
17	78	3,35	3,6	1,6	0,8	2,05	1,2	0,5
18	79	3,6	4,1	1,55	1,1	2,05	1,55	0,45
19	89	3,75	4,4	2,1	1,1	2,5	1,45	0,4
20	92	3,6	3,9	2	1,15	2,2	1,35	0,45
21	94	3,25	3,9	1,6	0,85	2,35	1,25	0,3
22	95	4,1	4,25	2,1	1,05	2,15	1,65	0,5
23	97	3,6	3,4	1,9	0,8	1,75	1,15	0,5

Anatomic Index:

Tabel 4.2 Pengujian Proses Training: Data Input *Anatomic Index*

No.	No. DPR	Index-3	Index-5	Index-6	Index-7
1	49	1,428571429	2,5	1,515151515	0,7
2	50	1	2,352941177	1,4	0,6
3	53	0,857142857	1,25	1,333333333	0,4
4	57	0,814814815	1,291666667	1,230769231	0,5
5	58	1,03125	0,44	1,25	0,3
6	59	0,906666667	3,6	2,05	0,4
7	61	1,333333333	2,923076923	2,75	0,3
8	62	0,731707317	1,3	1,681818182	0,4
9	63	1,157142857	1,0625	1,176470588	0,6
10	64	1,229508197	2	1,0625	0,3
11	66	1	1,9375	1,142857143	0,45
12	67	0,970588235	1,4	1,307692308	0,5
13	70	1,323529412	1,333333333	1,222222222	0,5
14	71	1,073170732	1,888888889	1,5	0,4
15	72	1,634615385	2,222222222	2,55	0,4
16	76	1,15625	3	1	0,5
17	78	1,074626866	2	1,708333333	0,5
18	79	1,138888889	1,409090909	1,322580645	0,45
19	89	1,173333333	1,909090909	1,724137931	0,4
20	92	1,083333333	1,739130435	1,62962963	0,45
21	94	1,2	1,882352941	1,88	0,3
22	95	1,036585366	2	1,303030303	0,5
23	97	0,944444444	2,375	1,52173913	0,5

Feedforward

Layer-1 (Input) = *Anatomic Index*

Layer-2:

Tabel 4.3 Pengujian Proses Training: Fuzzifikasi Input

No.	No. DPR	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
1	49	1.0000000 00000000 2	1.0	0.9999996 67914518 3	1.0	0.9999997 42745403 6	2.57254 5964030 226E-7	1.0000001 27047152 1	- 1.2704715 21319649 4E-7
2	50	37.275783 36131386	- 36.2757 8336131 386	1.0	0.0	- 11108.362 49873337 7	11109.3 6249873 3377	0.9966575 68986350 3	0.0033424 31013649 727
3	53	1.1285842 86574886 7	- 36.2757 8336131 386	- 0.7634723 11797017 9	0.0	19.424903 55893823 7	- 18.4249 0355893 8237	1.0	0.0
4	57	143.12371 37201361 2	- 36.2757 8336131 386	0.8794787 49831601 6	0.0	36.850959 94348849	- 35.8509 5994348 849	2524.1832 50450264	- 2523.1832 50450264
5	58	- 9.5155014 21549258	- 36.2757 8336131 386	- 600.51268 93635913	0.0	4.9719651 17825505	- 3.97196 5117825 505	- 7.5704502 70415284	8.5704502 70415284
6	59	1.1511846 66231868	- 36.2757 8336131 386	1.0001555 90712562	0.0	14.978398 77308170 4	- 13.9783 9877308 1704	1.0	0.0
7	61	1.0270233 17699751 9	- 36.2757 8336131 386	- 2263.0165 65523064 4	0.0	0.4737432 25161981 53	: 0.52625 6774838 0185	1.0005936 46101218 4	- 5.9364610 12183702 E-4
8	62	1.2471621 84225917	- 36.2757 8336131 386	2.8392869 53475975	0.0	1.0009939 80509851 3	- 9.93980 5098513 332E-4	2.7854612 49261773 E7	- 2.7854611 49261773 E7
9	63	0.9999999 98002564	- 36.2757 8336131 386	1.2252656 22362181 4	0.0	0.9999916 98802613 8	8.30119 7386151 316E-6	1.0059550 6686831	- 0.0059550 66868309 933
10	64	0.0421643 31357985	- 36.2757 8336131 386	1.0000763 29786339	0.0	- 1.9339201	1.93392 0121353	1.0000000 00169353	- 1.6935364
		474	8336131 386	3		11353237 6E8	2376E8	6	22209263 E-10
11	66	- 610.63286 38527115	- 36.2757 8336131 386	- 50.773708 69776715 5	0.0	- 221953.71 02813874 7	221954. 7102813 8747	- 58.213435 55320101	59.213435 55320101
12	67	4048.1944 57934258	- 36.2757 8336131 386	1.0000000 00076607 4	0.0	0.9998592 17022395 6	1.40782 9776044 478E-4	1.0005234 67630215 7	- 5.2346763 02157126 E-4
13	70	1.0685507 95970263 8	- 36.2757 8336131 386	0.9692159 35325278 3	0.0	2.2563674 47026479 4	- 1.25636 7447026 4794	- 274.12855 13037561	275.12855 13037561
14	71	1.0270100 52366542 2	- 36.2757 8336131 386	403.77048 85852535	0.0	- 5.6889548 08546733	6.68895 4808546 733	2.0356989 46788667 3E68	- 2.0356989 46788667 3E68

No.	No. DPR	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
15	72	1.0	- 36.2757 8336131 386	- 2.6299905 23864958	0.0	3.2532107 97428995 4	- 2.25321 0797428 9954	- 5.2327197 24646366 E28	5.2327197 24646366 E28
16	76	0.7431441 54177739 6	- 36.2757 8336131 386	- 3.3108648 57432797 2	0.0	0.7460619 17828312 5	0.25393 8082171 68745	286.63325 11134944	- 285.63325 11134944
17	78	3.9248833 08528080 3	- 36.2757 8336131 386	1.0	0.0	0.9048589 52481974 7	0.09514 1047518 02532	- 16727.653 02501311 8	16728.653 02501311 8
18	79	1.0059148 85835180 7	- 36.2757 8336131 386	1.0000000 00000066 2	0.0	3238.2362 59182176 6	- 3237.23 6259182 1766	1.0	0.0
19	89	- 1107082.7 58896320 4	- 36.2757 8336131 386	- 155.09323 98431107	0.0	133.95414 42247830 2	- 132.954 1442247 8302	- 3.2880016 01483851 6E57	3.2880016 01483851 6E57
20	92	0.9994746 82817989 2	- 36.2757 8336131 386	5416.3451 28139877 5	0.0	5.6301783 57811359	- 4.63017 8357811 359	1.1770426 79314187 3	- 0.1770426 79314187 27
21	94	0.9999987 65033361 4	- 36.2757 8336131 386	0.9999999 99999997 3	0.0	2.1072159 07996696 6	- 1.10721 5907996 6966	0.9999999 46414969 7	5.3585030 30183925 4E-8
22	95	0.9851836 23795027 2	- 36.2757 8336131 386	0.9999999 99958225 5	0.0	0.4504072 88367733 36	0.54959 2711632 2666	0.9999987 07560419	1.2924395 81024318 3E-6
23	97	17595.845 66490863 7	- 36.2757 8336131 386	0.9621073 65063153 8	0.0	14.128701 78974533 9	- 13.1287 0178974 5339	14.260996 54467365 2	- 13.260996 54467365 2

Layer-3:

Tabel 4.4 Pengujian Proses Training: Aturan *Fuzzy*

No.	No. DPR	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
1	49	- 3.26834 6384586 205E-14	2.572 54629 08648 647E- 7	- 1.27047 1194485 0108E-7	0.999 99986 97925 231	- 3.268 34529 92158 22E- 14	2.572 54543 65595 906E- 7	- 1.270 47077 25799 724E- 7	0.999 99953 77070 846	- 3.268 34638 45862 064E- 14	2.572 54629 08648 65E-7	- 1.270 47119 44850 11E-7	0.999 99986 97925 233	- 3.268 34529 92158 226E- 14	2.572 54543 65595 91E-7	- 1.270 47077 25799 726E- 7	0.999 99953 77070 848
2	50	-0.0	-0.0	0.0	0.0	- 1347. 00246 36484 15	- 40165 3.824 82270 803	1346. 88121 43450 637	40161 7.670 28865 01	0.0	0.0	0.0	-0.0	1384. 13474 14060 585	41272 6.055 04368 374	- 1384. 01014 96716 936	- 41268 8.903 85205 68
3	53	0.0	0.0	-0.0	-0.0	- 510.2 87951 72180 884	0.0	537.9 83507 90691 89	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	15.87 56864 93262 247	-0.0	- 16.73 73293 47591 363	
4	57	-0.0	0.0	0.0	-0.0	- 28859 69.46 59207 105	28871 13.24 70810 385	29664 68.55 07560 913	- 29676 44.23 56970 194	0.0	-0.0	-0.0	0.0	1.138 64024 25315 669E7	- 1.139 09151 38541 427E7	- 1.170 40062 61956 694E7	1.170 86448 49447 265E7
5	58	0.0	-0.0	-0.0	0.0	- 74156 3.001 50918 59	65503 7.442 39486 26	92826 2.274 91951 3	- 81995 2.647 58011 62	0.0	-0.0	-0.0	0.0	- 19451 9.404 99110 485	17182 2.883 93869 586	24349 2.494 94049 407	- 21508 1.794 53878 745
6	59	0.0	0.0	-0.0	-0.0	507.1 56262 15901	0.0	- 543.4 37689 69530	0.0	0.0	-0.0	-	- 16.09 42220 47966	- 0.0	17.24 55858 27841 09		

No.	No. DPR	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
									57						714		
7	61	0.0	-0.0	0.0	-0.0	- 25.64 66031 93968 726	43227 .4854 45111 55	- 23.08 74073 12333 51	38913 .9472 39373 97	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.726 09485 05963 518	- 1223. 83671 43024 047	0.653 64007 21889 052	- 1101. 71380 17533 762
8	62	-0.0	0.0	0.0	-0.0	- 28516 81.77 89799 436	28516 81.88 13573 103	2.871 80308 54704 48E9	- 2.871 80318 85701 838E9	0.0	-0.0	-0.0	0.0	98040 .8786 97679 55	- 98040 .8822 17415 55	- 9.873 64096 32085 84E7	9.873 26531 76656 9E7
9	63	0.0	-0.0	0.0	-0.0	2.197 22449 16315 833E- 6	- 3.711 64448 57507 205E- 4	: 0.264 68546 04015 225	- 44.71 17867 70053 34	-0.0	0.0	-0.0	0.0	- 6.057 00079 68070 16E-8	1.023 17417 69345 81E-5	- 0.007 29647 81280 2584	1.232 55192 68710 563
10	64	0.0	-0.0	-0.0	0.0	1.188 18214 33205 5	- 7.015 98222 47682 04E9	- 1.188 18213 71766 45	7.015 98218 84896 52E9	-0.0	0.0	0.0	-0.0	- 0.001 38105 64779 70833	81548 67.29 48119 715	0.001 38105 64708 29604 8	- 81548 67.25 26444 215
11	66	-0.0	0.0	0.0	-0.0	2.420 69633 20984 936E1 0	- 2.379 81546 93435 604E1 0	- 2.420 68542 58359 997E1 0	2.379 80474 72666 72E10	-0.0	0.0	0.0	-0.0	4.074 77550 26110 08E11	- 4.005 96045 30442 596E1 1	: - 4.074 75714 40211 08E11	4.005 94240 44953 1E11
12	67	0.0	-0.0	0.0	-0.0	2.673 35588 62907 283E- 6	- 0.005 10968 61528 17175	0.018 98652 49959 33965	- 36.28 96628 76291 85	-0.0	0.0	-0.0	0.0	- 2.983 33033 22980 494E-	0.570 21520 27866 98	- 2.118 80042 66763 363	4049. 74334 18013 03

No.	No. DPR	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
														4			
13	70	0.0	-0.0	-0.0	0.0	12153 .1730 55693 773	- 12109 .0003 48069 996	21826 .4363 07187 13	21747 .1045 32263 16	-0.0	0.0	0.0	-0.0	- 357.9 87658 40230 226	356.6 86493 34071 23	642.9 26319 65906 53	- 640.5 89498 13831 65
14	71	0.0	-0.0	-0.0	0.0	1.994 45015 40738 132E7 3	- 1.994 45015 40738 132E7 3	- 1.696 27948 15009 58E73	1.696 27948 15009 58E73	-0.0	0.0	0.0	-0.0	- 5.646 52274 15660 08E71	5.646 52274 15660 08E71	4.802 36653 13384 8E71	- 4.802 36653 13384 8E71
15	72	0.0	-0.0	-0.0	0.0	:- 1.124 86468 06243 776E3 1	1.124 86468 06243 776E3 1	1.624 09213 05850 712E3 1	- 1.624 09213 05850 712E3 1	-0.0	0.0	0.0	-0.0	3.100 86944 06968 598E2 9	- 3.100 86944 06968 598E2 9	- 4.477 06976 96829 796E2 9	4.477 06976 96829 796E2 9
16	76	0.0	-0.0	0.0	-0.0	- 8711. 53833 71233 1	8742. 03737 14729 96	- 25594 .2194 39031 905	25683 .8246 20989 035	-0.0	0.0	-0.0	0.0	178.4 64203 64370 528	- 179.0 89005 56346 774	524.3 22090 23342 06	- 526.1 57738 17773 19
17	78	-0.0	0.0	-0.0	0.0	- 57735 .8683 20984 03	57732 .4170 04955 5	- 54910 9.124 74097 96	54907 6.300 27364 7	0.0	-0.0	0.0	-0.0	6246. 77194 75375 65	- 6246. 39853 00282 06	59411 .2390 84494 2	- 59407 .6876 18695 03
18	79	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	11743 3.281 22749 05	-0.0	- 11746 9.557 01085 183	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	- 3256. 38414 20769 622	0.0	3257. 39005 69627 976
19	89	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-	2.459	2.477	-	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-	7.505	7.562	-

No.	No. DPR	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	
						2.459 48154 05390 267E6 3	48154 05390 267E6 3	98026 09428 138E6 3	2.477 98026 09428 138E6 3						7.505 97053 20059 01E67	97053 20059 01E67	42586 53523 8E67	7.562 42586 53523 8E67
20	92	-0.0	0.0	0.0	-0.0	- 16106 4.127 18102 595	10708 11.58 35849 978	19584 9.855 66366 685	- 13020 79.47 45461 487	0.0	-0.0	-0.0	0.0	4437. 65792 24830 2	- 29503 .1276 70643 4	- 5396. 07843 66725 99	35875 .0480 13813 34	
21	94	0.0	0.0	-0.0	-0.0	2.152 24940 87310 555E- 6	40.16 51222 60439 07	- 4.096 08835 93700 1E-6	- 76.44 09036 77913 88	-0.0	-0.0	0.0	0.0	- 5.933 01247 09866 12E-8	- 1.107 21448 12918 607	1.129 15088 83598 05E-7	2.107 21319 27402 555	
22	95	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	- 2.576 72466 22763 016E- 5	- 19.93 68803 76049 67	- 2.111 70116 24103 845E- 5	- 16.33 88560 99490 545	0.0	0.0	0.0	0.0	6.997 91074 12208 39E-7	0.541 44903 94435 19	5.734 99235 79438 97E-7	0.443 73331 10200 428	
23	97	-0.0	0.0	0.0	-0.0	- 6076. 28708 20680 64	6534. 49450 72489 9	6539. 11175 27307 92	- 7032. 22037 62570 73	0.0	-0.0	-0.0	0.0	29473 49.43 82417 463	31696 06.44 79855 25	- 31718 46.07 81565 84	34110 32.18 06090 856	

Layer-4:

Tabel 4.5 Pengujian Proses Training: Fuzzifikasi Output

No.	No. DPR	Ce1	Ce2
1	49	1.0000005145091075	2.9999988213199296
2	50	-403000.8272863564	403001.8272863565
3	53	-510.28795172180884	537.1218650525898
4	57	1143.7811603280716	-1049.8106761146337
5	58	-86525.55911432323	114023.80668869452
6	59	507.15626215901	-542.2863259154313
7	61	43201.83884191758	36566.68905092863
8	62	0.10237736674025655	-99.5586844086647
9	63	-3.689672240834405E-4	-43.22183568973703
10	64	-7.015982223580022E9	7.015982187343637E9
11	66	4.0880862754933167E8	-4.0877578159820557E8
12	67	-0.005107012796930884	4011.923781893084
13	70	44.17270762377666	-78.29611846480975
14	71	0.0	0.0
15	72	0.0	0.0
16	76	30.499034349686553	87.14473209305561
17	78	-3.451316028527799	-28.899584024162323
18	79	117433.2812274905	-117468.55109596599
19	89	0.0	0.0
20	92	909747.4564039719	-1100816.1190535016
21	94	40.16512441268848	-75.44090900896887
22	95	-19.93690614329629	-15.353693592748298
23	97	458.2074251809263	16435.984085197095

Layer-5:

Tabel 4.6 Pengujian Proses Training: Defuzzifikasi

No.	No. DPR	Y_output	Hasil	Target
1	49	0.5882896895010642	Normal	Normal
2	50	0.5882896895243688	Normal	Normal
3	53	0.5882896895234956	Normal	Normal
4	57	0.5882896895259333	Normal	Normal
5	58	0.5882896895201536	Normal	Osteo
6	59	0.5882896895232366	Normal	Normal
7	61	0.5882896894862404	Normal	Osteo
8	62	0.5882896895069083	Normal	Normal
9	63	0.5882896895068902	Normal	Normal
10	64	0.5882896895243689	Normal	Normal
11	66	0.5882896895243702	Normal	Normal

No.	No DPR	Y_output	Hasil	Target
12	67	0.5882896895068904	Normal	Normal
13	70	0.5882896895167512	Normal	Normal
14	71	0.0	Osteo	Normal
15	72	0.0	Osteo	Osteo
16	76	0.5882896895007731	Normal	Normal
17	78	0.588289689504803	Normal	Osteo
18	79	0.5882896895243636	Normal	Osteo
19	89	0.0	Osteo	Normal
20	92	0.588289689521335	Normal	Normal
21	94	0.5882896895161961	Normal	Normal
22	95	0.5882896894841944	Normal	Normal
23	97	0.588289689506403	Normal	Normal

Backpropagation

Error-5:

Tabel 4.7 Pengujian Training: Error-5

No.	No. DPR	Error
1	49	-0.8234206209978716
2	50	-0.8234206209512624
3	53	-0.8234206209530088
4	57	-0.8234206209481334
5	58	1.1765793790403072
6	59	-0.8234206209535269
7	61	1.1765793789724808
8	62	-0.8234206209861834
9	63	-0.8234206209862196
10	64	-0.8234206209512622
11	66	-0.8234206209512596
12	67	-0.8234206209862192
13	70	-0.8234206209664976
14	71	-2.0
15	72	-0.0
16	76	-0.8234206209984538
17	78	1.176579379009606
18	79	1.1765793790487271
19	89	-2.0
20	92	-0.8234206209573298
21	94	-0.8234206209676078
22	95	-0.8234206210316113
23	97	-0.8234206209871939

Error-4:

Tabel 4.8 Pengujian Training: Error-4

No.	No. DPR	Error	
1	49	[0][0]: -0.8234210446552804	[0][1]: -2.470260892444139
2	50	[1][0]: 331839.1914480041	[1][1]: -331840.0148686251
3	53	[2][0]: 420.18162207161083	[2][1]: -442.2772196490417
4	57	[3][0]: -941.8129932661172	[3][1]: 864.4357588042914
5	58	[4][0]: -101804.18861384582	[4][1]: 134158.05966959623
6	59	[5][0]: -417.6029243074417	[5][1]: 446.52974321989115
7	61	[6][0]: 50830.39271509259	[6][1]: 43023.612294621424
8	62	[7][0]: -0.08429963489619229	[7][1]: 81.97867374035015
9	63	[8][0]: 3.038152207783482E-4	[8][1]: 35.58975078380761
10	64	[9][0]: 5.77710443912328E9	[9][1]: -5.777104409285493E9
11	66	[10][0]: -3.366214539469029E8	[10][1]: 3.3659440791343087E8
12	67	[11][0]: 0.004205219648633397	[11][1]: -3303.5007718357842
13	70	[12][0]: -36.37271834134172	[12][1]: 64.4706384855601
14	71	[13][0]: -0.0	[13][1]: -0.0
15	72	[14][0]: -0.0	[14][1]: -0.0
16	76	[15][0]: -25.113533804072077	[15][1]: -71.75676941680774
17	78	[16][0]: -4.060747269611137	[16][1]: -34.00265462478483
18	79	[17][0]: 138169.57710629533	[17][1]: -138211.07490624534
19	89	[18][0]: -0.0	[18][1]: -0.0
20	92	[19][0]: -749104.8154665099	[19][1]: 906434.6923108723
21	94	[20][0]: -33.07279168513717	[20][1]: 62.11960014252595
22	95	[21][0]: 16.416459637961978	[21][1]: 12.642547913269874
23	97	[22][0]: -377.2974425834215	[22][1]: -13533.728221968628

Error-3:

Tabel 4.9 Pengujian Training: Error-3

No.	No. DPR	Error	
1	49	0] 1.9441829969428407E69	1.9441829969132355E69
		1.944182996957461E69	1.9440679169910947E69
		1.9441829969428407E69	1.9441829969132355E69
		1.944182996957461E69	-1.944067917029311E69
		-1.9441829969428407E69	1.9441829969132355E69
		1.944182996957461E69	-1.9440679169910947E69
		-1.9441829969428407E69	-1.9441829969132355E69
		-1.944182996957461E69	-1.944067917029311E69
2	50	1] 7.835089915256539E74	7.835089915256539E74
		7.835089915256539E74	7.835089915256539E74
		8.459794886327451E74	1.9411176556199318E76
		7.210441176482587E74	1.7842481819187842E76
		-7.835089915256539E74	7.835089915256539E74
		7.835089915256539E74	-7.835089915256539E74

No.	No. DPR	Error
		-7.193163952295563E74 1.835766002890262E76 -8.476958095787332E74 -1.992295503558849E76
3	53	2] 1.0181790402312934E72 1.0181790402312934E72 1.0181790402312934E72 1.0181790402312934E72 1.0181790402312934E72 1.0489330716749718E72 1.0181790402312934E72 -9.857558531610845E71 -1.0181790402312934E72 1.0181790402312934E72 1.0181790402312934E72 -1.0181790402312934E72 -1.0181790402312934E72 -1.0172222444457838E72 -1.0181790402312934E72 -1.019187765503568E72
4	57	3] -2.1323737804495636E72 -2.1323737804495636E72 -2.1323737804495636E72 -2.1323737804495636E72 -3.663975483836172E74 3.6227716813117184E74 3.7229334255374443E74 3.767064842973758E74 2.1323737804495636E72 -2.1323737804495636E72 -2.1323737804495636E72 2.1323737804495636E72 -1.4350518780066056E75 1.4398862172733515E75 1.4794043736794792E75 -1.4757251055916368E75
5	58	4] -2.785661226554738E74 -2.785661226554738E74 -2.785661226554738E74 -2.785661226554738E74 -1.2506101835641E76 1.052226091958561E76 1.5027429584379453E76 1.3798658496248238E76 2.785661226554738E74 -2.785661226554738E74 -2.785661226554738E74 2.785661226554738E74 3.4859712474484565E75 -2.554599023654142E75 -3.736349901565777E75 3.8250218096082715E75
6	59	5] -1.0201550816038416E72 -1.0201550816038416E72 -1.0201550816038416E72 -1.0201550816038416E72 -1.0201550816038416E72 -9.895304709090422E71 -1.0201550816038416E72 1.0529705448556428E72 1.0201550816038416E72 -1.0201550816038416E72 -1.0201550816038416E72 1.0201550816038416E72 1.0201550816038416E72 1.0211269305613135E72 1.0201550816038416E72 1.019113707590371E72
7	61	6] 9.216324085626731E72 9.216324085626731E72 9.216324085626731E72 9.216324085626731E72 9.230315131400415E72 -1.4365657628272774E73 9.228919007849355E72 1.2012483992506416E73 -9.216324085626731E72 9.216324085626731E72 9.216324085626731E72 -9.216324085626731E72 -9.215927977564627E72 -9.883966321123497E72 -9.215967503973389E72 -9.817344349918716E72
8	62	7] -9.687975289700562E70 -9.687975289700562E70 -9.687975289700562E70 -9.687975289700562E70 -1.6449850886126557E73 1.6256091967415626E73 1.6468259899458437E76 1.646845425018974E76 9.687975289700562E70 -9.687975289700562E70 -9.687975289700562E70 9.687975289700562E70 -4.653357337808611E71 6.590952597588008E71 5.662793273324111E74 -5.660855881529622E74
9	63	8] 0.5828103012281353 0.6014650473341121 0.5878194460158512 0.6014650473341121 0.5706403269537571 0.6014650473341121 0.5789173352040377 -0.6014650473341121 -0.5092402775277076 0.6014650473341121 0.5340043360868346 -0.6014650473341121 -0.4490747266470777 -0.6014650473341121 -0.489994349794522 -0.6014650473341121
10	64	9] 0.8886822679427678 0.8886822679427678 0.898791213758345 0.898791213758345

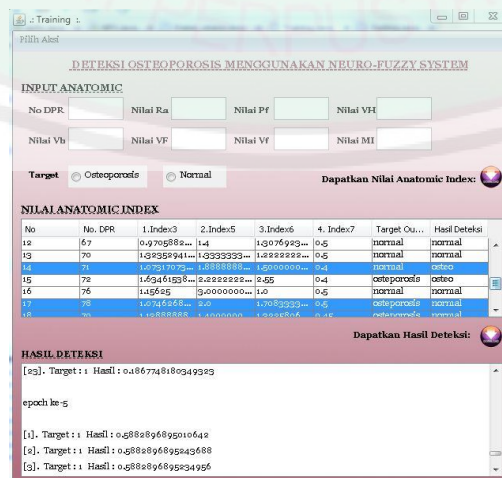
No.	No. DPR	Error	
		0.8481377450035205 0.8820526492421418 -0.8374782319032497 0.8776519328245989 -0.6763512886714207 -0.8111316351600824	0.8481377450035205 -0.8820526492421418 0.8374782319032497 -0.8776519328245989 -0.6763512886714209 -0.8111316351600825
11	66	10] 1.4060795294056545 1.4104939562966672 1.376817529584662 1.3922492756853855 -1.358600471562875 1.3808910497501148 -1.2108424701215539 -1.2887648259598934	1.3826300937605958 1.3958733744336338 1.2948440942976183 -1.341139332599789 1.2401929202322564 -1.307064654793976 -0.7969189159082947 -1.030685983423312
12	67	11] 1.0714335615808603 1.067217752686228 1.0538531725969469 1.043681390798886 -1.0259465297471757 1.0063203946472064 0.9441033774763004 0.896750006209796	1.0714335615808603 1.067217752686228 1.0538531725969469 -1.043681390798886 1.0259465297471757 -1.0063203946472064 -0.9441033774763004 -0.896750006209796
13	70	12] 0.47122963506923066 0.4718778260719749 0.46271841342503567 0.4641849911243372 -0.4596739611442381 0.4614332746397701 -0.4365728890239822 -0.44055345945415425	0.47122963506923066 0.4718778260719749 0.46271841342503567 -0.4641849911243372 0.4596739611442381 -0.4614332746397701 -0.4365728890239822 -0.44055345945415425
14	71	13] 2.4338263661693222 2.4338263661693222 2.4338263661693222 -2.4338263661693222 2.4338263661693222 -2.4338263661693222 -2.4338263661693222	2.406667249027248 2.330282232065162 2.338382611451322 -2.069947051306946 2.2700576541304858 -1.8094581515212567 -1.8583032112541533 -0.23964433805523583
15	72	14] 0.3790516348148233 0.3790516348148233 0.3790516348148233 0.3790516348148233 -0.3790516348148233 0.3790516348148233 -0.3790516348148233 -0.3790516348148233	0.35885412598549093 0.37889301563553535 0.3214024829066937 -0.3785988927841312 0.4084261261971456 -0.3792823245377211 -0.4628943765228614 -0.37971008566593356
16	76	15] 0.10591894223766159 0.10754113101530181 0.10568822690464669 0.10747576167094759 -0.09696506216229213 0.10500419832728047 -0.09582169833002875 -0.1046802452414725	0.10591894223766159 0.10754113101530181 0.10568822690464669 -0.10747576167094759 0.09696506216229213 -0.10500419832728047 -0.09582169833002875 -0.1046802452414725
17	78	16] -1.034511837768995 -1.008396025260765 -1.032527929213667 -0.9449109514902733 1.0302579223245032 -0.8722707310370292	-1.034511837768995 -1.008396025260765 -1.032527929213667 0.9449109514902733 -1.0302579223245032 0.8722707310370292

No.	No. DPR	Error	
		1.0182562991573638 0.488218789688569	1.0182562991573638 0.488218789688569
18	79	17] -0.4437642324108904 -0.4426925526751731 -0.44023901357017725 -0.43763134562529205 0.4334625403293693 -0.42790226618670346 0.415172390283623 0.40164283647816773	-0.4388450467387452 -0.4356300075315933 -0.4282693902166057 0.42044638638195003 -0.4079399704941819 0.39125914806618445 0.35306952035694306 0.3124808589405771
19	89	18] 2.1866830553910876 2.1866830553910876 2.1866830553910876 2.1866830553910876 -2.1866830553910876 2.1866830553910876 -2.1866830553910876 -2.1866830553910876	2.181003456427987 2.074931686904154 2.1664650516605133 -1.7888751116182016 2.159836628267556 -1.6584547439327106 -2.091116243849899 -0.3063175505297383
20	92	19] 2.424661120341357 2.3959685392528858 2.420431234197727 2.3292796085206606 -2.4150759905805783 2.2448481466535224 -2.389980848527418 -1.8491948989605538	2.420774850483388 2.3346971072179743 2.408085192052499 -2.1346303150212993 2.3920194612010537 -1.8813359294198857 -2.316734035041574 -0.6943761863409785
21	94	20] 1.751929149583739 1.7260392552566868 1.7251347100591292 1.6345325569719529 -1.7158088119571966 1.602683331573381 -1.598730935757859 -1.202846272718303	1.751929149583739 1.7260392552566868 1.7251347100591292 -1.6345325569719529 1.7158088119571968 -1.6026833315733813 -1.598730935757859 -1.2028462727183034
22	95	21] 1.7758336080599917 1.769359251880099 1.7266506442464713 1.704929569284387 -1.6810212992202986 1.6451551273001004 -1.4085610596741711 -1.288232213494673	1.7758336080599917 1.769359251880099 1.7266506442464713 -1.704929569284387 1.6810212992202986 -1.6451551273001004 -1.4085610596741711 -1.288232213494673
23	97	22] 1.3337830447235355 1.3109611407256931 1.3238401829679909 1.2665558291199122 -1.3120212957360602 1.2137720950933568 -1.2692168820606937 -1.022605469820964	1.3337830447235355 1.3109611407256931 1.3238401829679909 -1.2665558291199122 1.3120212957360602 -1.2137720950933568 -1.2692168820606937 -1.022605469820964

Error-2:**Tabel 4.10** Pengujian Training: Error-2

No.	No. DPR	Error
1	49	0 0.3686313657017423 3.928893089780355 0.6289086139853863 0.05740292678788961 0.6783174222966634 -1.2622174862627062 -3.4970962247403428 2.6221469828567896
2	50	1 -1.049274108327182 0.3667824550276842 -0.9357382853912294 0.18167072761955325 -0.2247696143581142 1.1323696628356195 2.199419898807407 1.6987223306114176
3	53	2 -0.08326225879840027 0.04390169230720877 0.04647803213215854 0.14472647912558295 0.04830895814996994 0.033083210258664876 0.19616381718652037 0.5615366635987011
4	57	3 -0.09234880722994257 0.12200485085606139 -0.02448477960507469 0.10726596961638223 0.02309673302869575 0.07942210972957998 0.16543807776685143 0.2752775191671699
5	58	4 8.508841040338839E-5 -4.855173544101493E-4 3.41611265928582E-4 -0.00284056148031479 8.035021239672651E-5 -9.358572306434847E-4 0.0011013205879614094 -0.002706725431237539
6	59	5 0.06814451558443291 -0.028491145497481492 0.0010875318278319897 -0.03390599552250988 -0.03753119256855908 -0.027372962958194285 0.2610313030739899 -0.4490098346268134
7	61	6 -0.055333222571350066 0.15713184863234497 -0.008240892170241092 -6.661251860022302E-4 -0.030288532489167217 0.017076218592732798 -0.28389906651937946 0.18251047416367627
8	62	7 -0.008660022690305988 -0.0362686920432815 2.0214372178654905E-4 0.15318274969644002 0.012123218686598866 -0.0074238819885281936 -0.06994917923183673 0.033298179150519
9	63	8 -0.17835490116832978 0.10345143664919962 -0.20905951750180812 -0.020147021184969038 -0.08987600957287435 0.3788365229184788 \0.3311330457990449 0.31547915380345803
10	64	9 -0.29437981802717617 0.3126934145568397 -0.08138102405257165 0.13685765644356185 -0.005284184941290619 0.32399032303592457 1.1532449593066394 2.1363261937439586
11	66	10 -0.5379971623221014 0.4909173513375477 0.04084491623920613 0.4568636579347116 0.1494108873090898 0.45572792129521084 1.6202451971389957 3.469112372081307
12	67	11 -0.26070239666908734 0.2671387474975907 -0.15008862387305857 0.43132148960788586 0.03624844498975187 0.2926176601295696 0.6616784939031436 1.2072533711026519
13	70	12 -0.11018796131483452 0.14243871728829927 -0.04773935822643643 0.1916499244799431 0.04020417264571284 0.15130684304405964 0.319805739563433 0.5349440421843824

No.	No. DPR	Error
14	71	13] -0.3216013105404125 0.0654253859835254 0.867569106802074 1.5650915183348548 0.3700243923937231 0.22482828184347803 2.373276070367662 3.6466819791570786
15	72	14] -0.43940471507632684 0.3596094557651034 -0.07717979407080021 -0.07441295405781352 -0.04165917683374443 -0.042057754552581705 0.24165359661330701 -1.3179863828439942
16	76	15] -0.02829398140594251 0.07188813969552427 -0.008352214128889791 0.024653554291733 -0.0101021960199588 0.11323377066215336 -0.01031599622046244 0.23335360176801395
17	78	16] 0.2054899668946925 0.1384793545411351 0.401757829797551 -0.9797053211491569 0.06139752785290822 -0.029742134353035656 -0.7860985963970154 -0.2616738219954716
18	79	17] 0.08174437602590282 -0.07400074464273182 -0.011371350226155826 -0.21920456558078652 -0.042952928860359466 -0.09136681565597261 -0.26635901290284086 -0.6937575443393027
19	89	18] -0.07823279995094616 -0.18915125507210923 0.7767819560551172 1.7228423293596162 0.20380330076885952 0.030640293706309413 0.777393855717671 0.7517473128023018
20	92	19] -0.2783358683391819 -0.14106277805926737 0.06885628300806862 1.9704519533316716 0.08436861172164331 0.08303551866098499 1.0880180581517946 0.9775522313006334
21	94	20] -0.45989567670797005 0.2077007435482647 -0.37843054652055164 1.0187607999697255 0.042695548105708345 0.2528486856277651 3.143611918660089 3.31760209024505
22	95	21] -0.8392697066637365 0.6408360479986207 -0.4105419616936756 0.7809027119937826 0.027641163400982216 0.7773163582926645 2.6528647510224492 4.092873247075299
23	97	22] -0.4095783028082597 0.1869619764519903 -0.21973897373729034 0.7930885461699436 0.0417202546299147 0.2806820432484889 1.1120506986933627 1.381465444509491



Gambar 4.10 Halaman Hasil Training

Dari pengujian data training dapat terdapat 23 data yang 3 diantaranya mengalami error atau tidak sesuai dengan target.

4.4.2 Pengujian pada 23 Data pada Proses Testing

Prapocessing:

Data Input (Anatomic):

Tabel 4.11 Pengujian Proses Testing: Data Input *Anatomic*

No.	No. DPR	Ra	pf	VH	Vh	VF	Vf	MI
1	3	4,8	3,7	2,4	0,7	2,2	0,7	0,6
2	4	4,35	2,1	0,8	1,1	1,1	1	0,5
3	9	3,7	3,7	0,9	0,8	2,2	1	0,4
4	10	3,9	3,9	0,8	1	2,3	1,25	0,4
5	13	2,375	3,6	1,1	1,1	2,2	1	0,5
6	15	2,9	4,1	1,7	1,2	2,4	1,3	0,4
7	19	3,65	3,6	1,5	1	2,05	1,05	0,2
8	20	2,95	3,3	1,35	0,9	1,8	1,1	0,55
9	22	4	3,1	2,1	0,8	1,4	1,9	0,3
10	23	4,15	3,3	1,4	1,35	1,15	2	0,6
11	26	4,5	3,7	1,35	0,95	2,1	1,4	0,3
12	28	4,1	3,6	1,7	0,6	1,9	1,5	0,3
13	29	3,85	3	1,4	0,8	1,9	1,5	0,2
14	30	3,8	3,7	1,9	0,9	1,95	1,6	0,3
15	31	3,65	4,55	2,3	0,8	2,9	1,2	0,4
16	32	4,2	3,8	1,7	1,2	2,15	1,8	0,55
17	33	3,9	2,95	1,3	0,9	1,5	0,9	0,3
18	34	3,05	4,25	2,05	1,2	2,35	1,65	0,3
19	39	4,75	2,6	0,65	1	1,15	1,15	0,4
20	45	3,9	4	2,5	0,8	2	1,6	0,65
21	46	3,9	3,4	1,5	0,95	1,4	1,65	0,55
22	47	3,1	2,7	1	1	1,3	1	0,7
23	51	3,3	4,25	1,8	1	2	1,8	0,6

Anatomic Index:

Tabel 4.12 Pengujian Proses Testing: Data Input *Anatomic Index*

No	No. DPR	Index-3	Index-5	Index-6	Index-7
1	3	0,770833333	3,428571429	3,142857143	0,6
2	4	0,482758621	0,727272727	1,1	0,5
3	9	1	1,125	2,2	0,4

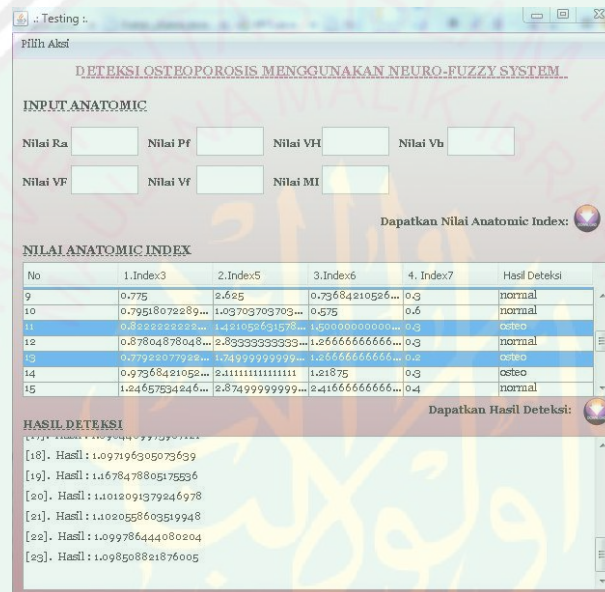
No	No. DPR	Index-3	Index-5	Index-6	Index-7
4	10	1	0,8	1,84	0,4
5	13	1,515789474	1	2,2	0,5
6	15	1,413793103	1,416666667	1,846153846	0,4
7	19	0,98630137	1,5	1,952380952	0,2
8	20	1,118644068	1,5	1,636363636	0,55
9	22	0,775	2,625	0,736842105	0,3
10	23	0,795180723	1,037037037	0,575	0,6
11	26	0,822222222	1,421052632	1,5	0,3
12	28	0,87804878	2,833333333	1,266666667	0,3
13	29	0,779220779	1,75	1,266666667	0,2
14	30	0,973684211	2,111111111	1,21875	0,3
15	31	1,246575342	2,875	2,416666667	0,4
16	32	0,904761905	1,416666667	1,194444444	0,55
17	33	0,756410256	1,444444444	1,666666667	0,3
18	34	1,393442623	1,708333333	1,424242424	0,3
19	39	0,547368421	0,65	1	0,4
20	45	1,025641026	3,125	1,25	0,65
21	46	0,871794872	1,578947368	0,848484848	0,55
22	47	0,870967742	1	1,3	0,7
23	51	1,287878788	1,8	1,111111111	0,6

Hasil Testing

Tabel 4.16 Pengujian Proses Testing: Defuzzifikasi

No	Index-3	Index-5	Index-6	Index7	Output	Target
1	0.7708333333333334	3.428571428571429	3.1428571428571432	0.6	osteo	normal
2	0.48275862068965525	0.7272727272727273	1.1	0.5	normal	osteo
3	1.0	1.125	2.2	0.4	osteo	osteo
4	1.0	0.8	1.8399999999999999	0.4	osteo	normal
5	1.5157894736842106	1.0	2.2	0.5	normal	normal
6	1.4137931034482758	1.4166666666666667	1.846153846153846	0.4	osteo	osteo
7	0.9863013698630138	1.5	1.952380952380952	0.2	osteo	osteo
8	1.11864406779661	1.5	1.6363636363636362	0.55	osteo	normal
9	0.775	2.625	0.7368421052631579	0.3	normal	normal
10	0.7951807228915662	1.037037037037037	0.575	0.6	normal	normal
11	0.8222222222222223	1.4210526315789476	1.5000000000000002	0.3	osteo	normal
12	0.878048780487805	2.8333333333333335	1.2666666666666666	0.3	normal	normal
13	0.7792207792207793	1.7499999999999998	1.2666666666666666	0.2	osteo	normal
14	0.9736842105263159	2.111111111111111	1.21875	0.3	osteo	normal
15	1.2465753424657533	2.8749999999999996	2.4166666666666665	0.4	normal	normal

No	Index-3	Index-5	Index-6	Index7	Output	Target
16	0.9047619047619047	1.4166666666666667	1.1944444444444444	0.55	osteo	normal
17	0.7564102564102565	1.4444444444444444	1.6666666666666665	0.3	osteo	normal
18	1.3934426229508197	1.7083333333333333	1.4242424242424243	0.3	osteo	normal
19	0.5473684210526316	0.65	1.0	0.4	normal	normal
20	1.0256410256410258	3.125	1.25	0.65	normal	normal
21	0.8717948717948718	1.5789473684210527	0.8484848484848485	0.55	normal	normal
22	0.8709677419354839	1.0	1.3	0.7	osteo	normal
23	1.2878787878787878	1.8	1.1111111111111112	0.6	osteo	osteo



Gambar 4.11 Halaman Hasil Testing

Dari pengujian data tseting dapat terdapat 23 data yang 4 diantaranya mengalami error atau tidak sesuai dengan target.

4.5 Integrasi Dengan Islam

Penelitian ini berlandaskan Al-Quran sebagai sumber utama keilmuan kesehatan. Al-Quran menegaskan bahwa:

مِنْ أَجْلِ ذَلِكَ كَتَبْنَا عَلَى بَنِي إِسْرَائِيلَ أَنَّهُ مَن قَتَلَ نَفْسًا بِغَيْرِ نَفْسٍ أُوِّ
 فَسَادٍ فِي الْأَرْضِ فَكَأَنَّمَا قَتَلَ النَّاسَ جَمِيعًا وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا النَّاسَ
 جَمِيعًا وَلَقَدْ جَاءَتْهُمْ رُسُلُنَا بِالْبَيِّنَاتِ ثُمَّ إِنَّ كَثِيرًا مِّنْهُمْ بَعَدَ ذَلِكَ فِي
 الْأَرْضِ لَمُسْرِفُونَ ﴿٣٢﴾

“... .Dan barangsiapa yang memelihara kehidupan seorang manusia, maka seolah-olah dia telah memelihara kehidupan manusia semuanya... .” (QS Al-Maidah [5]: 32)

Dari hasil uji coba dapat diketahui bahwa penelitian ini dapat melakukan deteksi osteoporosis. Sesuai dengan Al-Quran surah Al Maidah ayat ke 32, kata “Ahya” yang berarti “menghidupkan” dalam hal ini bermakna “memelihara kehidupan”, ayat Al-Quran ini dipahami dalam bidang kesehatan (Dr. M. Quraish Shihab, M.A, 2007). Dalam penelitian ini yaitu mengetahui apakah mengalami osteoporosis atau tidak, sehingga dapat menjalani solusi yang sesuai, pencegahan ataupun pengobatan. Selain itu juga berarti dapat mencakup upaya “memperpanjang harapan hidup” dengan cara apa pun yang tidak melanggar hukum (Dr. M. Quraish Shihab, M.A, 2007).

Sistem deteksi osteoporosis pada umumnya saat ini dengan pemeriksaan BMD. Sehingga dengan aplikasi ini diharapkan deteksi osteoporosis menjadi lebih mudah. Dengan hanya pemeriksaan gigi diharapkan juga dapat mendeteksi osteoporosis. Hal ini sesuai dengan firman Allah:

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.” (QS. An Nashr [110]: 6)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian serta pembuatan program perhitungan *Neuro Fuzzy System* (NFS) dalam aplikasi yang dirancang dapat disimpulkan bahwa perhitungan NFS memberikan keakuratan pendeteksian penyakit osteoporosis pada proses training sebesar berhasil mendeteksi 20 data dari 23 data keseluruhan. Artinya memiliki keakuratan sebesar 86,96%.

Sedangkan untuk proses testing data yang terdeteksi lebih sedikit, yaitu berhasil 19 data dari 23 data keseluruhan atau sebesar 82,61%. Nilai ini cukup besar untuk mencapai hasil yang diharapkan.

5.2 Saran

Ada beberapa hal yang perlu dikembangkan dari penelitian ini, antara lain,

1. Gambar yang digunakan sebagai acuan seharusnya di-*enchanced* agar terlihat lebih cerah dan bagus sehingga proses pengukuran lebih mudah.
2. Perhitungan manual diganti dengan perhitungan otomatis dengan metode pengolahan citra yang sesuai dengan objek yang dihitung.

Daftar Pustaka

- Ariani, Pepi Dwi dkk. *Sistem Pendukung Pemilihan Jurusan SMK Menggunakan Neuro-Fuzzy*
- Arifin, Agus Zainal dkk. *Developing Computer-Aided Osteoporosis System Using Fuzzy Neural Network*
- Bozic M & N Ihan Hren. 2005. *Osteoporosis and Mandibles*. *Dentomaxillofacial Radiology* (2005) 35, 178–18
- Cahyaningsih, Sri. 2010 . *Deteksi Osteoporosis Dengan Tresholding Metode Otsu Pada Citra X-Ray Tulang Rahang*. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang
- Cosman, Felicia. 2009. *Osteoporosis: Panduan Lengkap Agar Tulang Anda Tetap Sehat*. Yogyakarta: B First
- Gabriel, J.F. 1996. *Fisika Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran; EGC : Jakarta
- Gulsahi, A; Paksoy, CS; Ozden, S; Kucuk, NO; Cebeci, ARI; Genc, Y. 2010. *Assessment Of Bone Mineral Density In The Jaws And Its Relationship To Radiomorphometric Indices*. *Dentomaxillofacial Radiology* Volume 39 Halaman 284–289.
- Hong, Chin Ming dkk. 2008. *An Intelligent Fuzzy Neural Network Diagnostic System for Osteoporosis Risk Aessment*. World Academy of Science, Engineering and Technology 42.
- Horner K, H Delvin, C W Alsop, I M Hodgkinson. 1996. *Mandibular Bone Mineral Density as a Predictor of Skeletal Osteoporosis*. *The British Journal of Radiology*, 69, 1019-1025
- Kusumadewi, Sri & Sri Hartati. 2006. *Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Jakarta: Graha Ilmu
- Negnevitsky, Michael. 2005. *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems (Second Edition)*. Pearson Education Limited
- Shihab, Moh Quraish. 2007. *Wawasan Al Quran: Tafsir Maudhu'i Atas Pelbagai Persoalan Umat*. Bandung: Penerbit Mizan Pustaka
- Syabariyah, Sitti S.Kp, M.S. 2002. *Anatomi dan Fisiologi untuk Perawat (Terjemahan: Anatomy and Physiology for Nurses)*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC

Taguchi, Akira dkk. 2006. *Use Of Dental Panoramic Radiographs In Identifying Younger Postmenopausal Women With Osteoporosis*. Osteoporos Int. Volume 17 Halaman 387 – 394

Tandra, Hans. 2009. *Osteoporosis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

Umah, Nanik Inayatul. 2009. *Deteksi Osteoporosis Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Memanfaatkan Citra X-Ray Tulang Melalui Filter Gabor Dan Angka Euler*. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang

Wirakusumah, Emma S M.Sc. 2007. *Mencegah Osteoporosis*. Jakarta: Penebar Swadaya



Lampiran 1 Daftar Data Lengkap Dental Panoramic Radiograph

Daftar Data Lengkap Dental Panoramic Radiograph

No.	Inputan Awal												BMD LS	OST LS
	pa	ph	pf	Ra	VA	Va	VH	Vh	VF	Vf	MI	h		
1	3,3	3,4	3,4	3,85	1,5	-	-	-	1,9	1,7	0,3	1,8	0,838	1
2	3,35	3,7	4	4	1,4	1,5	-	-	1,3	1,5	0,3	1,5	0,593	0
3	3,3	3,4	3,7	4,8	1,75	1,25	2,4	0,7	2,2	0,7	0,6	1,8	1,311	1
4	2,75	2	2,1	4,35	1,25	1,2	0,8	1,1	1,1	1	0,5	1,2	0,755	0
5	2	3,2	2,2	2,8	1,5	1	-	1	1,5	1,5	0,5	1,65	0,965	1
6	3,2	3,5	3,8	2,75	1,4	1,3	-	-	2	1,5	0,4	1,6	0,974	1
7	3,2	2,9	3,4	3,25	1,4	1,3	-	-	2,1	1,25	0,5	1,3	0,893	1
8	3,8	3,6	4,2	3,35	1,3	2	-	-	2,4	1,2	0,4	1,45	0,708	0
9	2,8	2,2	3,7	3,7	1,3	1,3	0,9	0,8	2,2	1	0,4	1,2	0,7	0
10	2,75	2,2	3,9	3,9	0,6	1,7	0,8	1	2,3	1,25	0,4	1,4	1,062	1
11	2,8	2,8	3,2	3,75	0,55	1,3	-	1,1	1,5	1,5	0,2	1,6	1,081	1
12	3	2,9	2,9	4,2	1,6	1	-	-	2,2	1,2	0,5	1,35	0,773	0
13	2,4	2,7	3,6	2,375	0,6	1,3	1,1	1,1	2,2	1	0,5	1,2	0,987	1
14	3	2,1	2,4	2,85	-	-	-	-	1	0,9	0,5	1,2	0,829	1
15	3	3,3	4,1	2,9	1,15	1,4	1,7	1,2	2,4	1,3	0,4	1,5	0,767	0
16	3	2,8	3	3,2	1,45	1	-	0,9	1,1	1,8	0,3	1,9	0,913	1
17	3,45	3,1	3,6	3,9	-	-	-	-	1,15	1,9	0,6	1,5	1,526	1
18	2,2	-	-	3,95	-	-	-	-	-	-	-	-	1,062	1
19	3,3	3,1	3,6	3,65	1,3	1,4	1,5	1	2,05	1,05	0,2	1,25	0,773	0
20	3	2,8	3,3	2,95	0,7	1,7	1,35	0,9	1,8	1,1	0,55	1,3	1,1	1
21	3	2,9	3,5	3,65	-	-	-	-	1,8	1,4	0,2	1,65	0,716	0

No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal	
22	3,5	3,35	3,1	4	1,6	1,15	2,1	0,8	1,4	1,9	0,3	1,8	0,805	1
23	3	3,15	3,3	4,15	1,15	1,7	1,4	1,35	1,15	2	0,6	2	0,831	1
24	3	3,65	3,8	4,05	-	-	-	-	1,4	2,15	0,45	2,2	1,034	1
25	2,6	3,3	3,75	5	1,2	1	-	-	2,15	1,35	0,45	2,35	0,663	0
26	2,4	2,7	3,7	4,5	1	0,95	1,35	0,95	2,1	1,4	0,3	1,55	1,069	1
27	2,85	3,15	3,4	4,4	-	-	-	-	1,55	1,6	0,5	1,65	0,868	1
28	2,1	2,35	3,6	4,1	0,8	0,9	1,7	0,6	1,9	1,5	0,3	1,6	0,856	1
29	2,65	2,7	3	3,85	1,25	1	1,4	0,8	1,9	1,5	0,2	2,1	1,108	1
30	3,3	3,1	3,7	3,8	1,5	1,3	1,9	0,9	1,95	1,6	0,3	1,65	0,797	1
31	2,75	3,8	4,55	3,65	1,6	1	2,3	0,8	2,9	1,2	0,4	2,15	0,959	1
32	2,95	3,3	3,8	4,2	1,1	1	1,7	1,2	2,15	1,8	0,55	2,1	0,94	1
33	2,45	2,15	2,95	3,9	1	1	1,3	0,9	1,5	0,9	0,3	2,1	0,883	1
34	3,65	3,65	4,25	3,05	1,3	2	2,05	1,2	2,35	1,65	0,3	1,6	1,01	1
35	3	2,8	4,85	4	-	-	-	-	-	-	0,4	-	0,779	1
36	2,75	4	4,1	3,8	-	-	-	-	1,8	1,7	0,3	2	0,998	1
37	3	2,95	4,35	3,4	1	1,2	-	0,95	2,4	1,6	0,3	1,8	0,668	0
38	2,65	3,05	3,9	3,85	1,1	1,2	-	-	2,1	1,5	0,5	1,65	0,919	1
39	1,75	1,75	2,6	4,75	0,8	0,85	0,65	1	1,15	1,15	0,4	1,75	1,036	1
40	3,5	3,4	3,8	4	1,75	1,45	-	1	2,1	1,3	0,4	1,5	0,869	1
41	2,55	3,35	4	4,25	2	1,75	-	0,9	1,9	1,7	0,7	1,85	1,067	1
42	2,9	3,3	4,4	3,8	1,95	2,2	-	-	2,7	1,2	0,5	1,5	0,949	1
43	2,8	3,9	3,9	3,1	2,1	1,65	-	1	2	1,6	0,5	1,75	1,051	1
44	2,75	3,1	3,8	4,25	-	-	-	-	1,75	1,9	0,55	1,05	0,906	1
45	2,6	3,7	4	3,9	1,15	1	2,5	0,8	2	1,6	0,65	2,15	1,045	1
46	2,5	3	3,4	3,9	0,9	1,25	1,5	0,95	1,4	1,65	0,55	1,75	1,106	1
47	1,5	2,9	2,7	3,1	0,4	0,8	1	1	1,3	1	0,7	1,15	1,046	1

No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal	
48	3	3,1	3,8	3,2	-	-	-	-	1,8	1,65	0,4	1,8	0,976	1
49	2,9	4	4,5	3,15	1,5	0,9	2,25	0,9	2,5	1,65	0,7	2,2	0,919	1
50	3,15	3,15	4	4	1,5	1,5	2	0,85	2,1	1,5	0,6	1,7	0,885	1
51	2,4	3,5	4,25	3,3	1	1,1	1,8	1	2	1,8	0,6	2	0,778	0
52	2,95	2,9	4,1	3,2	1,5	1,2	-	0,9	2	1,8	0,4	1,9	0,942	1
53	3,03	2,4	3,6	4,2	1,15	1,4	1,25	1	2,2	1,65	0,4	1,8	0,886	1
54	3,4	3,35	3,85	5	-	-	-	-	1,1	1,8	0,3	2	1,055	1
55	2,3	3,6	3,65	3,8	-	-	-	-	1,4	1,75	0,3	2	0,756	0
56	3	3,1	4	4,1	-	1	-	-	-	-	0,35	2,1	0,988	1
57	3,15	3,2	3,3	4,05	1,35	1,5	1,55	1,2	1,6	1,3	0,5	1,8	0,817	1
58	2,2	2,2	3,3	3,2	0,6	1,3	0,55	1,25	1,5	1,2	0,3	1,75	0,741	0
59	2,65	2,7	3,4	3,75	1,6	0,5	1,8	0,5	2,05	1	0,4	1,9	1,162	1
60	3,2	3,7	3,75	4,2	-	-	-	-	-	-	0,4	2,15	0,909	1
61	2,6	3	4,8	3,6	1	1,2	1,9	0,65	3,3	1,2	0,3	1,5	0,757	0
62	3,25	2,8	3	4,1	1,5	1,15	1,3	1	1,85	1,1	0,4	1,3	0,848	1
63	3,3	3,5	4,05	3,5	1,2	1,8	1,7	1,6	2	1,7	0,6	2	0,987	1
64	2,2	3,25	3,75	3,05	1	1,4	1,8	0,9	1,7	1,6	0,3	2	1,154	1
65	3,15	3,2	3,05	4,3	-	1,2	-	0,65	1,15	1,6	0,4	1,8	1,1	1
66	2,85	2,9	3,5	3,5	1,3	0,9	1,55	0,8	1,6	1,4	0,45	1,7	0,895	1
67	2,6	2,8	3,3	3,4	0,85	1,4	1,4	1	1,7	1,3	0,5	1,5	0,999	1
68	3,2	3	3,9	4	1,1	1,4	-	-	1,85	1,6	0,4	1,8	0,924	1
69	2	-	-	3,1	0,3	1,2	-	-	-	-	0,4	-	0,601	0
70	3,3	3,6	4,5	3,4	1	1,6	1,6	1,2	2,2	1,8	0,5	2	1,43	1
71	3,9	4,1	4,4	4,1	1,9	1,9	1,7	0,9	2,1	1,4	0,4	1,7	0,914	1
72	3,3	3,2	4,25	2,6	1,3	1,4	2	0,9	2,55	1	0,4	1,3	0,754	0
73	3,75	3,4	3,9	3,8	2,1	1,3	-	-	1,75	1,5	0,4	1,8	0,783	0

No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal	
74	3,6	3,5	4,3	4,5	-	-	-	-	2,1	1,8	0,5	2	1,209	1
75	2,7	2,9	3,6	3,15	-	-	-	-	1,8	1,45	0,4	1,6	0,623	0
76	3,6	3,3	3,7	3,2	1,7	1,4	2,1	0,7	1,6	1,6	0,5	1,8	0,941	1
77	3,1	3,2	3	3,5	1,2	1,4	-	-	1,75	1,5	0,5	1,7	0,69	0
78	3,1	2,9	3,6	3,35	1,2	1,2	1,6	0,8	2,05	1,2	0,5	1,3	0,729	0
79	2,75	3,15	4,1	3,6	0,95	1,3	1,55	1,1	2,05	1,55	0,45	1,8	0,555	0
80	2,2	1,8	2,4	3,4	-	-	-	-	1,15	0,8	0,55	1,05	1,006	1
81	3,45	3,2	3,8	3,8	1,9	1,25	-	0,8	1,9	1,4	0,5	1,6	0,754	0
82	3,15	3,2	3,7	3,4	1,3	1,25	-	-	2,1	1,2	0,4	1,4	1,055	1
83	3,8	3,3	4,25	3,8	1,7	1,6	-	-	2,5	1,35	0,4	1,6	1,106	1
84	2,1	1,8	2,75	3,05	-	-	-	-	1,5	0,9	0,2	1	0,537	0
85	3,05	2,85	4,1	3,25	-	-	-	-	2,05	1,45	0,4	1,7	0,867	1
86	3,4	2,3	4	2,9	-	-	-	-	1,9	1,6	0,6	1,9	1,002	1
87	3,6	3	4,4	4	-	1,5	-	1	2,55	1,5	0,35	1,7	0,814	1
88	3,1	3,4	4,3	3,7	-	-	-	-	2,2	1,1	0,5	1,4	1,102	1
89	3,7	3,9	4,4	3,75	1,3	1,8	2,1	1,1	2,5	1,45	0,4	1,65	0,865	1
90	2	2	2,5	4,1	0,8	0,9	-	0,6	0,9	1,1	0,4	1,2	1,062	1
91	3,4	3,6	3,7	4,5	1	1,4	-	1,2	2	1,4	0,35	1,5	0,765	0
92	3,6	3,6	3,9	3,6	1	2	2	1,15	2,2	1,35	0,45	1,6	1,085	1
93	2,9	3,4	4,2	3,4	1,25	1,1	-	-	-	-	0,5	1,7	0,879	1
94	2,7	2,9	3,9	3,25	1	1,4	1,6	0,85	2,35	1,25	0,3	1,4	0,926	1
95	3,9	3,6	4,25	4,1	1,85	1,5	2,1	1,05	2,15	1,65	0,5	1,9	1,082	1
96	3	2,7	3,4	3,4	-	-	-	-	-	-	0,4	1,6	0,699	0
97	3,6	3,2	3,4	3,6	1,4	1,5	1,9	0,8	1,75	1,15	0,5	1,4	0,797	1
98	3,1	3,3	3,8	3,5	-	0,95	-	0,9	2,2	1,15	0,45	1,4	1,195	1
99	2,5	2,8	3,8	2,8	-	-	-	-	1,85	1,5	0,35	1,7	0,84	1

No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal			No.	Inputan Awal	
100	3,3	3,4	4,1	3,4	-	0,75	-	0,75	2	1,6	0,35	1,85	0,816	1



Training

parameter epoch ke-1			
neuron	aC	bC	akurasi
1	0,2684695802	0,1940521523	21,74%
2	0,7315304198	0,7315304198	21,74%

parameter epoch ke-2			
neuron	aC	bC	akurasi
1	0,3226467977	1,6624596855	21,74%
2	0,6827779091	7,7263261049	21,74%

parameter epoch ke-3			
neuron	aC	bC	akurasi
1	0,3226467977	5,6116929197	21,74%
2	0,6827779091	1,4415620630	21,74%

parameter epoch ke-4			
neuron	aC	bC	akurasi
1	0,2864445429	1,2831306980	21,74%
2	0,6827779091	2,2915102625	21,74%

parameter epoch ke-5			
neuron	aC	bC	akurasi
1	0,2684695802	0,9647350655	78,26%
2	0,7315304198	0,8948089620	78,26%

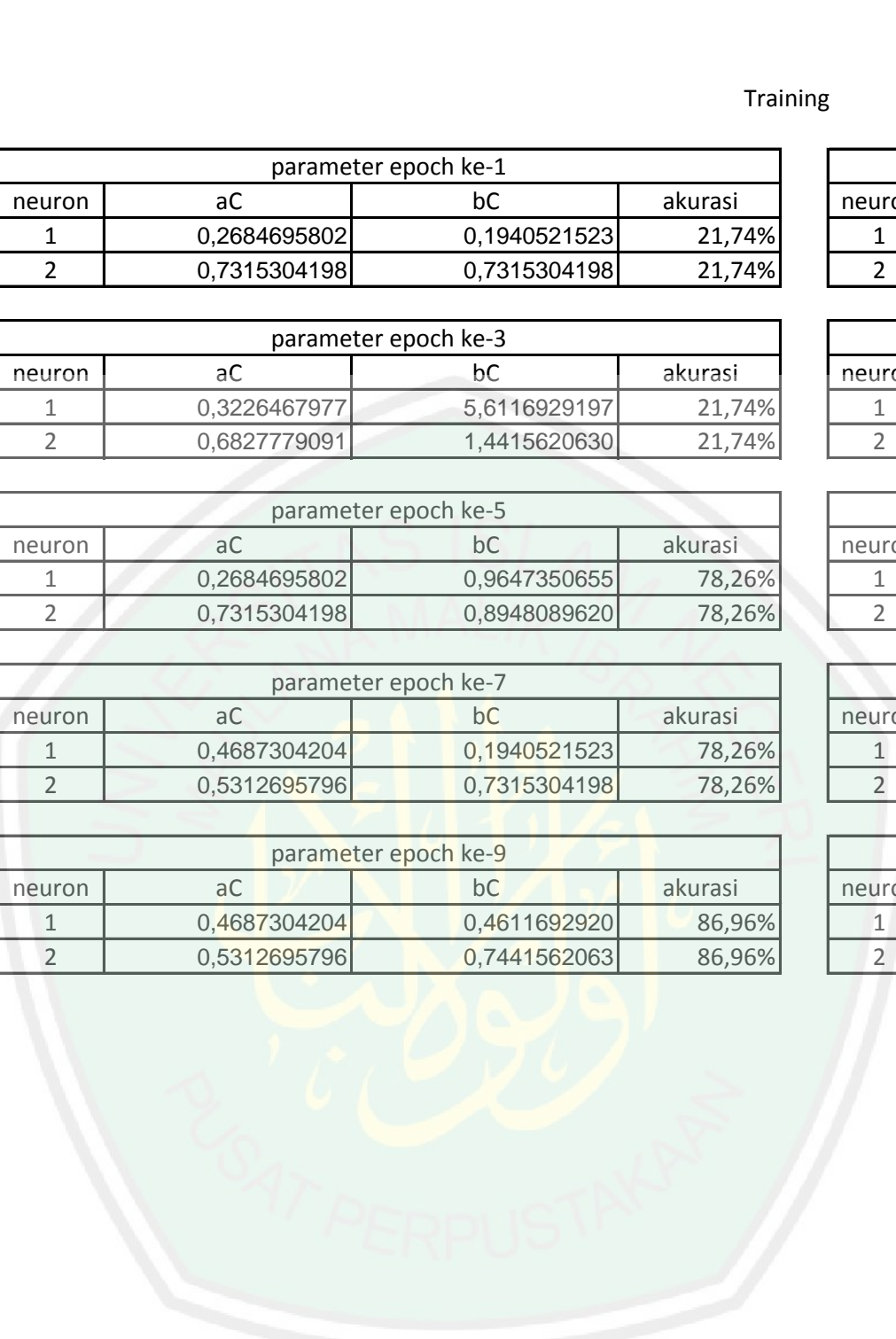
parameter epoch ke-6			
neuron	aC	bC	akurasi
1	0,2645506869	1,2831306980	78,26%
2	0,7318331037	2,2915102625	78,26%

parameter epoch ke-7			
neuron	aC	bC	akurasi
1	0,4687304204	0,1940521523	78,26%
2	0,5312695796	0,7315304198	78,26%

parameter epoch ke-8			
neuron	aC	bC	akurasi
1	0,3226467977	1,6624596855	78,26%
2	0,6827779091	7,7263261049	78,26%

parameter epoch ke-9			
neuron	aC	bC	akurasi
1	0,4687304204	0,4611692920	86,96%
2	0,5312695796	0,7441562063	86,96%

parameter epoch ke-10			
neuron	aC	bC	akurasi
1	0,4687304204	0,4187426660	86,96%
2	0,5312695796	0,7848360215	86,96%



Testing

neuron	aC	bC	akurasi
1	0,4687304204	0,4187426660	82,61%
2	0,5312695796	0,7848360215	82,61%

