

ANALISIS PERBANDINGAN CITRA ECVT (*ELECTRICAL CAPACITANCE VOLUME TOMOGRAPHY*) BRAIN SCANNER DENGAN METODE REKONSTRUKSI CITRA *ITERATIVE LINEAR BACK PROJECTION* (ILBP) DAN *NEURAL-NETWORK MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION IMAGE RECONSTRUCTION TECHNIQUE* (NN-MOIRT)

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Fisika**



Oleh:

**Kharisma Fajar Hidayanti
09620017**

Kepada

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2014**



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/1532/2014

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Analisis Perbandingan Citra ECVT (*Electrical Capacitance Volume Tomography*) Brain Scanner Dengan Metode Rekonstruksi Citra *Iterative Linear Back Projection* (ILBP) dan *Neural-Network Multi-Criteria Optimization Image Reconstruction Technique* (NN-MOIRT)

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Kharisma Fajar Hidayanti
NIM : 09620017
Telah dimunaqasyahkan pada : 02 Mei 2014
Nilai Munaqasyah : A-
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Dr. Warsito Purwo Taruno, M.Eng.

Penguji I

Nita Handayani, M.Si
NIP.19820126 200801 2 008

Penguji II

Frida Agung Rahmadi, M.Sc
NIP. 19780510 200501 1 003

Yogyakarta, 02 Juni 2014

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Prof. Dr. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D
NIP. 19580919 198603 1 002



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : KHARISMA FAJAR HIDAYANTI
NIM : 09620017
Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Citra ECVT (*Electrical Capacitance Volume Tomography*) Brain Scanner Dengan Metode Rekonstruksi Citra *Iterative Linear Back Projection* (ILBP) Dan *Neural-Network Multi-Criteria Optimization Image Reconstruction Technique* (NN-MOIRT)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Fisika

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I

Nita Handayani, M.Si
NIP. 19820126 200801 2 008

Yogyakarta, 12 April 2014

Pembimbing II

Dr. Warsito Purwo Taruno, M.Eng

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kharisma Fajar Hidayanti

NIM : 09620017

Prodi/Semester : Fisika/X

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Perbandingan Citra ECVT (*Electrical Capacitance Volume Tomography*) Brain Scanner dengan Metode *Iterative Linear Back Projection (ILBP)* dan *Neural-Network Multi-criteria Optimization Image Reconstruction Technique (NN-MOIRT)*” merupakan hasil karya sendiri dan bukan karya jiplakan. Adapun sumber yang dikutip maupun dirujuk dalam naskah ini secara jelas telah tertulis dengan benar dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 14 April 2014
Yang Menyatakan,



Kharisma Fajar Hidayanti
NIM. 09620017

MOTTO

“Untuk menunjukkan bahwa seseorang dikatakan bodoh hanya perlu satu bukti tanpa kerja keras, namun untuk membuktikan bahwa seseorang itu cerdas perlu banyak bukti dan kerja keras”

“Berterimakasihlah kepada orang-orang baik yang peduli saat kita mulai lengah.”

PERSEMBAHAN

Puji syukur Allah SWT, karya ini saya persembahkan kepada:

1. ALLAH SWT, atas segala kemudahan yang diberikan kepada saya sampai saat ini.
2. Umi dan Abah tercinta, terima kasih untuk segala bentuk kasih sayang dan perhatiannya selama ini. Yang tak pernah rela putra putrinya berada dalam kesulitan apapun itu. Alarm terbaik dalam hidup.
3. Kakak tercantik Mbak Farizka Artian Dini dan adikku Harits Sandhi Khaerully satu-satunya.
4. Mbah Kakung dan Mbah Putri, Ema dan Bapak, Pakde Machsus Aziz dan Bude Yati, Indah, Mas Sigit atas dukungannya.
5. Sahabat Avira, Astika Rusma Dewi, Vika Aprilia Sumarta dan Indah Khairun Ni'mah yang selama ini saling memotivasi serta almamaterku Prodi Fisika UIN Sunan Kalijaga terutama teman-teman Fisika 2009 yang bersedia berbagi pengalaman hidup. Terima kasih dukungan dan motivasi kalian.
6. Siti Nurhasanah dan Rizky Maharani yang setia menemani dan meyakinkan saya.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil 'Alamiin,

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas nikmat sehat, rahmat, dan karunia-Nya yang senantiasa memberikan kemudahan dalam setiap langkah, petunjuk, bimbingan serta keyakinan lahir dan batin sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Perbandingan Citra ECVT (*Electrical Capacitance Volume Tomography*) Brain Scanner dengan Metode Rekonstruksi Citra *Iterative Linear Back Projection (ILBP)* Dan *Neural-Network Multi-Criteria Optimization Image Reconstruction Technique (NN-MOIRT)*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 di Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Sholawat beserta salam tercurahkan kepada teladan sepanjang zaman, Nabiullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat serta pengikutnya yang setia yang kelak kita tunggu *syafa'atnya* hingga hari kiamat nanti. *Amin.*

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyampaikan terimakasih dengan hati yang tulus kepada pihak-pihak yang telah bersedia membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Musa Asyarie, selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A.,Ph.D selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

3. Bapak Frida Agung Rakhmadi. M.Sc selaku Ketua Program Studi Fisika, dan sekaligus selaku Penasehat Akademik, terima kasih atas dukungan dan semangat yang telah bapak berikan kepada penulis.
4. Ibu Nita Handayani, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dalam penulisan skripsi ini, terimakasih atas kesabaran dan keikhlasan ibu dalam membimbing serta memberikan banyak inspirasi dan motivasi kepada penulis.
5. Dr.Warsito Purwo Taruno, M.Eng selaku direktur PT. Edwar Technology dan Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian tugas akhir ini.
6. Ka Marlin R. Baidillah selaku pembimbing lapangandan Ka Almushfi Saputra yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmunya.
7. Dosen Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah mengajarkan dan membagikan ilmunya.
8. Seluruh Staf dan Karyawan di bagian Tata Usaha Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
9. Orang tua tercinta Umi dan Abah yang telah memberikan kasih sayang, perhatian, motivasi, nasehat, doa dan dukungan penuh dalam segala hal baik.
10. Kakak tercantik Farizka Artian Dini dan adikku tersayang Harits Sandhi Khaerully yang setia memberikan doa, motivasi, dan dukungannya atas skripsi ini
11. Mbah Kakung dan Mbah Putri, Ema dan Bapak, serta keluarga besar yang telah memberikan doanya selama ini.

12. Sahabatku Avira, Astika Rusma Dewi, Vika Aprilia Sumarta dan Indah Khairun Ni'mah serta Sahabat seperjuangan di Fisika'09 yang telah bersedia berbagi ilmu dan pengalamannya selama ini.

13. Sahabatku *Watery Brain* Siti Nurhasanah, Rizky Maharani, Timothy Alexander Tandian, Mas M. Fathul Ihsan dan Fitria Ariani yang telah membantu dan setia menemani selama ini, rekan-rekan semua di CTECH Labs Edwar Technology serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Dengan segala hal, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan dalam skripsi ini sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan bagi semua. Aamiin Yaa Rabbal 'Aalamiin.

Yogyakarta, 18 April 2013

Penulis

ANALISIS PERBANDINGAN CITRA ECVT (*ELECTRICAL CAPACITANCE VOLUME TOMOGRAPHY*) BRAIN SCANNER DENGAN METODE REKONSTRUKSI CITRA *ITERATIVE LINEAR BACK PROJECTION (ILBP)* DAN *NEURAL-NETWORK MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION IMAGE RECONSTRUCTION TECHNIQUE (NN-MOIRT)*

Kharisma Fajar Hidayanti
09620017

ABSTRAK

Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT) merupakan sistem pencitraan volumetrik yang berbasis pada pengukuran kapasitansi. Berdasarkan pada prinsip pengukurannya, citra ECVT diperoleh dari distribusi permitivitas material yang berada dalam sensor ECVT. Saat ini ECVT telah diaplikasikan untuk mengetahui aktivitas fungsional otak dikenal dengan ECVT *brain scanner*. Sinyal listrik otak dipetakan oleh ECVT dalam bentuk citra 3D secara *real time*. Dalam proses rekonstruksi citra, metode algoritma rekonstruksi citra ECVT memiliki peran yang sangat penting. Pada penelitian ini telah dilakukan simulasi pada sensor ECVT untuk pencitraan otak dengan 32 elektroda sensor. Citra ECVT diperoleh dengan menggunakan metode *Iterative Linear Back Projection (ILBP)* dan *Neural-Network Multi-Criteria Optimization Image Reconstruction Technique (NN-MOIRT)*. Telah dilakukan simulasi dengan memvariasi posisi objek, jumlah objek dan simulasi objek yang diberi rapat muatan. Berdasarkan penelitian, diketahui bahwa metode NN-MOIRT lebih konvergen dan lebih stabil saat merekonstruksi citra. Selain itu, metode NN-MOIRT lebih mampu menggambarkan citra objek mendekati kondisi sebenarnya daripada metode ILBP.

Kata Kunci: ECVT, ILBP, NN-MOIRT, rekonstruksi citra

**COMPARATIVE ANALYSIS OF ECVT BRAIN SCANNER IMAGE
USING *ITERATIVE LINEAR BACK PROJECTION (ILBP)* AND
*NEURAL-NETWORK MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION IMAGE
RECONSTRUCTION TECHNIQUE (NN-MOIRT)* AS IMAGE
RECONSTRUCTION TECHNIQUE**

Kharisma Fajar Hidayanti
09620017

ABSTRACT

Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT) is an electrical tomography techniques based on capacitance measurement that generates volumetric image of the region enclosed by the geometrically three-dimensional capacitance sensor. Currently, ECVT has been applied to reconstruct human brain activity. The electrical signals of brain are mapped by ECVT in 3D images real time. In the reconstruction process of ECVT, algorithm technique is very important role. In this study, has been carried simulation of ECVT for brain scanner with 32 electrodes. The image of ECVT obtained using Iterative Linear Back Projection (ILBP) dan Neural-Network Multi-Criteria Optimization Image Reconstruction Technique (NN-MOIRT) technique. Simulation carried with varied the position object, number of object and simulation object which given charge density in sensor. From this study, unknown that the NN-MOIRT technique more convergent, more stable when image reconstruction and more capable illustrate the image of object condition approach obvious than ILBP technique.

Keyword: ECVT, ILBP, Image Reconstruction, NN-MOIRT,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Yang Relevan.....	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Otak manusia	9
2.2.2 Anatomi dan Fungsi Otak Manusia	10

2.2.3	Aktivitas Otak.....	13
2.2.4	Hubungan Sinyal Listrik Dan Distribusi Permittivitas Jaringan Otak	16
2.2.5	Otak Manusia Dalam Perspektif Al-Qur'an	17
2.2.6	Pengembangan <i>Electrical Capacitance Volume Tomography</i> (ECVT) Untuk Pencitraan Otak.....	19
2.2.7	Prinsip Kerja ECVT	21
2.2.8	Rekonstruksi Citra ECVT	25
2.2.9	Metode Rekonstruksi Citra ECVT	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Waktu Dan Tempat Penelitian	38
3.2	Metode Penelitian.....	38
3.2.1	Penentuan Desain Sensor ECVT	40
3.2.2	Analisis Parameter	41
3.2.3	Simulasi Sensor ECVT.....	44
3.2.4	Perhitungan Sensitivitas Matriks	48
3.2.5	Pengukuran Data Kapasitansi.....	48
3.2.6	Rekonstruksi Citra Sistem ECVT.....	49
3.2.7	Metode Analisa Data	49

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Penelitian.....	53
4.1.1	Distribusi Sensitivitas Matriks.....	53
4.1.2	Simulasi Rekonstruksi Citra ECVT.....	53
4.2	Pembahasan	64
4.2.1	Distribusi Sensitivitas Matriks	64
4.2.2	Simulasi Rekonstruksi Citra ECVT	65
4.2.3	Integrasi-Interkoneksi	72

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan..... 74
5.2 Saran 74

DAFTAR PUSTAKA 75

LAMPIRAN..... 79

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Otak Manusia.....	9
2.2 Struktur Neuron Pada Otak.....	10
2.3 Bagian Utama Otak.....	11
2.4 Bagian Lobus Pada Otak.....	12
2.5 Pemeriksaan Electroencephalograph	14
2.6 Penempatan Elektroda EEG Dengan System 10-20	14
2.7 Gelombang Otak	16
2.8 Tampang Lintang Dari Sensor ECT 12 Elektroda.....	20
2.9 Sistem Tomografi ECVT	22
2.10 Proses pengerjaan rekonstruksi citra pada metode ILBP.....	29
2.11 Metode Hopfield <i>Network Evolution</i>	35
3.1 Diagram Alir Penelitian	39
3.2 Desain Sensor ECVT Untuk Pencitraan Otak.....	40
3.3 Pengaturan Subdomain.....	41
3.4 Pengaturan Parameter Boundary	42
3.5 Hasil Meshing Pada Sensor ECVT Untuk Pencitraan Otak.....	43
3.6 Hasil Dari Solving Dan Post-Processing Pada Sensor Ecvt Untuk Pencitraan Otak	43
3.7 Variasi Posisi Objek Dalam Sensor ECVT Untuk Pencitraan Otak	44
3.8 Variasi Jumlah Objek Dengan Permittivitas Relatif (ϵ_r) 604,55 Dalam Sensor ECVT	46
3.9 Posisi Objek Tanpa Rapat Muatan Dan Objek Yang Diberi Rapat Muatan Dalam Sensor ECVT Untuk Pencitraan Otak.....	47
3.10 Diagram Alir Proses Rekonstruksi Citra Dengan Metode ILBP.....	50

4.1	Distribusi sensitivitas ternormalisasi pada sumbu Z.....	53
4.2	Distribusi sensitivitas 3D pengukuran (a) pasangan sensor 1 dan 2, (b) pasangan sensor 1 dan 9.....	53
4.3	Hasil rekonstruksi citra menggunakan ILBP	54
4.4	Grafik hubungan iterasi dengan nilai eror pada posisi B5	56
4.5	Hasil rekonstruksi citra menggunakan NN-MOIRT	57
4.6	Grafik hubungan iterasi dengan nilai eror pada posisi B5	60
4.7	Hasil rekonstruksi citra untuk dua objek yang berada di posisi atas bagian depan dan belakang.....	60
4.8	Grafik hubungan Iterasi dengan Nilai Eror [-] untuk dua objek di atas bagian depan-belakang.	61
4.9	Hasil rekonstruksi citra untuk dua objek yang berada di posisi atas bagian kanan dan kiri.....	61
4.10	Grafik hubungan Iterasi dengan Nilai Eror [-] untuk dua objek di atas bagian kanan-kiri.	62
4.11	Hasil rekonstruksi citra untuk empat objek yang berada dalam sensor ECVT di posisi atas	62
4.12	Grafik hubungan Iterasi dengan Nilai Eror [-] untuk empat objek dalam sensor ECVT di posisi atas	63
4.13	Posisi sebelum rekonstruksi (kiri) dan hasil rekonstruksi ILBP (tengah) dan NN-MOIRT (kanan).	63

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Grafik Hubungan Iterasi Dengan Nilai Error [-] Pada Hasil Rekonstruksi Citra Dengan Menggunakan Metode ILBP	79
Lampiran 2 Tabel Nilai Error Pada Variasi Posisi Objek Rekonstruksi ILBP	88
Lampiran 3 Grafik Hubungan Iterasi Dengan Nilai Error [-] Pada Hasil Rekonstruksi Citra Dengan Menggunakan Metode NN-MOIRT	89
Lampiran 4 Tabel Nilai Error Pada Variasi Posisi Objek Rekonstruksi NN-MOIRT	98
Lampiran 5 Sertifikat Penelitian.....	99
Lampiran 6 <i>Curriculum Vitae</i>	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan tidak pernah lepas dari kehidupan manusia. Dalam segala bidang yang berhubungan dengan ilmu pengetahuan, manusia memiliki peran yang sangat penting dalam pengembangannya. Dalam surat Al Baqarah ayat 164 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفَلَكَ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٦٤﴾

Artinya: "Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu dia hiduskan bumi sesudah mati (kering)-nya dan dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan" (Bakry, 1984)

Dalam surat Al Baqarah ayat 164 tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT yang menciptakan langit dan bumi beserta isinya untuk keperluan manusia. Oleh karena itu, seharusnya kita memperhatikan dan merenungkan segala yang diberikan kepada kita agar ilmu pengetahuan kita bertambah serta

mampu memanfaatkannya dengan baik. Dalam hal ini, ilmu pengetahuan yang dikembangkan yaitu pada bidang medis tentang sistem pencitraan.

Perkembangan sistem pencitraan memiliki peran yang semakin penting. Teknik yang dikenal dengan istilah tomografi ini banyak digunakan di berbagai bidang seperti pada proses industri dan bidang medis. Berdasarkan sudut pandang teknik untuk melihat bagian dalam suatu objek, teknik tomografi yang saat ini sedang dikembangkan adalah yang bersifat *non-invasive* (dimana tidak terdapat kontak langsung antara sensor dengan objek atau domain) dan *non-intrusive* (tidak mengganggu proses yang sedang diujikan). Sebagian besar teknik tomografi memungkinkan untuk menyajikan informasi dalam bentuk citra tampang lintang yang diperoleh dari hasil proyeksi keseluruhan tampang lintang dari arah yang berbeda (Williams dan Beck, 1995). Tomografi sebagai teknologi baru mampu menggambarkan objek secara cepat dan mudah serta dapat memberikan informasi lengkap dalam menggambarkan keadaan benda (Dewi, 2003).

ECT (*Electrical Capacitance Tomography*) merupakan salah satu teknik pencitraan dalam sistem tomografi yang telah mengalami perkembangan lebih dari satu dekade. Teknik ini digunakan untuk menggambarkan tampang lintang dari material dielektrik pada proses industri (Yang dan Peng, 2002). Perkembangan teknologi tomografi semakin meningkat dengan ditemukannya sistem ECVT (*Electrical Capacitance Volume Tomography*) yang merupakan pencitraan volume secara dinamis berdasarkan prinsip ECT (Warsito et al., 2007).

Sistem ECVT merupakan suatu teknik pencitraan volumetrik untuk mendapatkan citra objek yang memanfaatkan sifat dielektrik dari suatu material. Citra dari objek yang berada dalam ruang sensor multi-elektroda diperoleh berdasarkan pengukuran kapasitansi untuk menentukan distribusi permitivitas dari objek tersebut. Teknologi ini memungkinkan untuk membuat pencitraan 3D dari sebuah objek bergerak (real-time) atau real time volume imaging 4-D (Warsito et al., 2007). ECVT merupakan sistem pencitraan yang nonlinier, tidak merusak fisik objek dan tidak perlu memasukkan alat ke dalam objek sehingga memiliki potensi yang besar untuk dapat diaplikasikan dalam mencitrakan organ tubuh manusia (Warsito, 2005).

Di CTECH Labs saat ini ECVT dikembangkan sebagai perangkat untuk mendeteksi kanker payudara (breast scanner) dan untuk mengetahui aktivitas fungsional otak manusia (brain scanner/sensor helm). Pada ECVT yang digunakan untuk pencitraan otak sensor berupa helm yang terdiri dari 32 elektroda sensor berbentuk segilima dan segienam. Sensor ini telah diaplikasikan untuk mendeteksi tumor otak (Warsito, et al., 2013), mengetahui aktivitas motorik (Muhtadi, 2012), aktivitas visual (Mahendra, 2013), dan mengetahui distribusi permitivitas pada penderita epilepsi (Arif, 2013). Dalam penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa sensor ECVT untuk pencitraan otak yang digunakan mampu mendeteksi perubahan distribusi permitivitas dan sinyal listrik pada otak namun belum diketahui bagian yang paling sensitif pada sensor helm tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini terlebih dahulu

dilakukan analisis sensitivitas sensor ECVT dengan mencari bagian yang paling sensitif dari sensor saat mendeteksi suatu objek.

Dalam memperoleh citra ECVT untuk pencitraan otak, peran algoritma sangat penting saat pengukuran data dan proses rekonstruksi, yaitu untuk menyelesaikan permasalahan terkait dengan hubungan nonlinear antara kapasitansi terukur dan distribusi permitivitas. Pengembangan algoritma rekonstruksi citra yang selama ini dikembangkan adalah atas dasar analisa anatomi pada distribusi dielektrik medium yang direkonstruksi. Perbedaan distribusi dielektrik pada medium memiliki karakteristik batas-batas tegas antara dua atau tiga medium yang berbeda. Dengan demikian, pengembangan algoritma rekonstruksi citra diupayakan untuk menentukan batas-batas tersebut setegas pada kondisi sebenarnya. Sehingga diupayakan dimensi citra rekonstruksi sesuai dengan dimensi yang sebenarnya.

Proses rekonstruksi pada ECVT dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa algoritma (Warsito et al., 2007). Dalam penelitian ini menggunakan metode komputasi algoritma Iterative Linear Back Projection (ILBP) dan Neural-Network Multicriteria Optimization Image Reconstruction Technique (NN-MOIRT). Pemilihan algoritma ini dilakukan untuk mengetahui kualitas citra yang diperoleh dari sensor ECVT untuk pencitraan otak dengan 32 elektroda sensor berdasarkan tingkat sensitivitas sensor serta mengetahui nilai eror yang diperoleh dari citra ECVT untuk pencitraan otak dengan kedua metode tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini adalah bagaimana citra yang diperoleh dari ECVT untuk pencitraan otak dengan 32 elektroda sensor menggunakan metode ILBP dan NN-MOIRT?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan citra hasil rekonstruksi ECVT untuk pencitraan otak dengan 32 elektroda sensor menggunakan metode ILBP dan NN-MOIRT.

1.4 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini masalah yang akan diteliti dibatasi pada:

1. Pengambilan data dilakukan dengan metode simulasi sistem ECVT untuk pencitraan otak dengan variasi 27 posisi objek, variasi jumlah objek dan simulasi objek yang diberi rapat muatan.
2. Simulasi dilakukan menggunakan program COMSOL Multiphysics 3.5 dan MATLAB 2009a untuk mengetahui distribusi sensitivitas dan proses rekonstruksi citra sensor ECVT untuk pencitraan otak.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang telah dilakukan ini adalah memberikan sumbangan pengembangan pada sistem ECVT untuk pencitraan otak serta

memperoleh metode rekonstruksi citra pada ECVT untuk pencitraan otak yang optimal dalam menghasilkan citra yang lebih baik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa metode NN-MOIRT lebih konvergen dan lebih stabil saat merekonstruksi citra. Selain itu, metode NN-MOIRT lebih mampu menggambarkan citra objek mendekati kondisi sebenarnya daripada metode ILBP.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dapat menambahkan jumlah iterasi dan alfa yang lebih banyak lagi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Selain itu perlu juga dengan memvariasikan volume objek yang akan direkonstruksi. Penelitian yang dilakukan ini merupakan bagian dari analisa anatomi, sehingga untuk penelitian selanjutnya diharapkan mampu melakukan analisa dinamis dengan menambahkan parameter konduktivitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. Sistem Saraf. Diakses 3 November 2013 dari <http://Bioonline.mdl2.com/course/index.php?categories=14/sistem-saraf/>
- Arif, Muhammad. 2013. *Studi Distribusi Permittivitas Pada Citra ECVT Otak Pasien Epilepsi*. (Thesis), Jurusan Fisika Medis dan Biofisika, FMIPA Universitas Indonesia.
- Bakry, Oemar. 1984. *Tafsir Rahmat*. Mutiara. Jakarta
- Bintoro, Aris Catur. 2012. Pemeriksaan EEG untuk Diagnosis dan Monitoring pada Kelainan Neurologi. *Medical Hospital 2012*; vol 1: 64-70.
- Chambell, Neil A. 2004. *BIOLOGI*, edisi kelima, Jilid 3. Airlangga. Jakarta
- Dewi, Vivi Iramaya. 2003. *Algoritma Iteratif Pada Rekonstruksi Citra Tomografi Kapasitansi*. (Skripsi), Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Jember.
- Djamal, Esmeralda C dan Tjokronegoro, Harijono A. 2005. Identifikasi dan Klasifikasi Sinyal EEG terhadap Rangsangan Suara dengan Ekstraksi Wavelet dan Spektral Daya. *PROC. ITB Sains & Tek. Vol 37 A, No. 1, 2005*, 69-92.
- Fang, Weifu. 2004. A Nonlinear Image Reconstruction Algorithm For Electrical Capacitance Tomography. *IOP Publishing Ltd Measurement Science And Technology. Vol. 15 : 2124-2132*
- Fatmi, Sri Elsa. 2010. *Pengembangan Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT) Untuk Detektor Sinyal Dan Rekonstruksi Citra Otak Manusia*. (Skripsi), Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.
- Griffiths, David J. 1999. *Introduction To Electrodynamics*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey
- Hakim, Ahmad Novian Rahman. 2008. *Algoritma Rekonstruksi Citra Pada Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT) Untuk Sistem Pencitraan Tubuh Manusia*. (Skripsi). Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Indonesia.

- Herman G T. 1980. *Image Reconstruction From Projections* (New York: Academic)
- Hernanta, Iyan. 2013. *Ilmu Kedokteran Lengkap Tentang Neurosains*. D-Medika. Yogyakarta
- Hossler, Fred. 2013. Diakses 3 November 2013 dari Science.nationalgeographic.com /photos/brain
- Huang S M, Plaskowski A, Xie C G and Beck M S. 1989. *Tomographic Imaging Of Two-Component flow Using Capacitance Sensors* J. Phys. E: Sci. Instrum. 22 173–7
- J, Hopfield., D, Tank. 1985. Neural Computation Of Decisions In Optimization Problems *Biol. Cybern.* 52 141–52.
- Mahendra, Mahdi. 2013. *Observasi Aktivitas Visual Otak Manusia Dengan Electrical Capacitance Volume Tomography*. (Skripsi), Jurusan Fisika, FMIPA Institut Teknologi Bandung.
- Muhtadi, Almas Hilman. 2012. *Citra Fungsional Otak Berbasis Metode Tomografi Electrical Capacitance Volume Tomography*. (Skripsi), Jurusan Fisika, FMIPA Institut Teknologi Bandung.
- Paik J K dan Katsagelos A K. 1992. Image Reconstruction Using A Modified Hopfield Networks. *IEEE Trans. Image Process.* 149–63
- S.Gabriel, R.W.Lau dan C.Gabriel: The Dielectric Properties Of Biological Tissues: Ii. Measurements In The Frequency Range 10 Hz To 20 Ghz, *Phys. Med. Biol.* 41 (1996), 2251-2269
- Sun Y, Li J-G and Yu S-Y. 1995. Improvement On Performance Of Modified Hopfield Neural Network For Image Restoration. *IEEE Trans. Image Process.* 4 688–92
- Wang Y. 1998. Neural Network Approach To Image Reconstruction From Projections *Int. J. Imaging Sys. Technol.* 9 381–7
- Warsito, Fan, Liiang shih. 2001. Neural Network Based Multi-Criteria Optimization Image Reconstruction Technique For Imaging Two And Three-Phase Flow System Using Electrical Capacitance Tomography. *Measurement Science And Technology* Vol 12 : 2198-2210

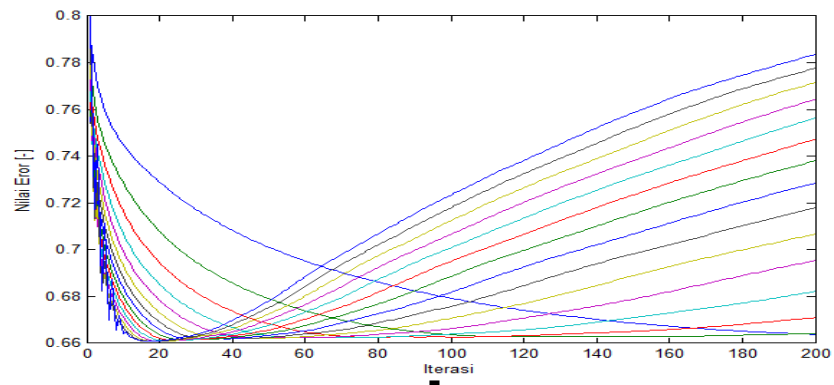
- Warsito. 2005. Review: Komputasi Tomografi dan Aplikasinya dalam Proses Industri. Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi.
- Warsito, Marashdeh dan Fan, L S. 2005. Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT): Sensor Design And Image Reconstruction. Proceeding of 4th World Congress on industrial process tomography. Vol 1, 5-8 September 2005 : 82-87.
- Warsito, Marashdeh dan Fan, Liang Shih. 2007. Electrical Capacitance Volume Tomography. IEEE Sensors Journal, VOL. 7, NO. 4, APRIL 2007
- Warsito, Wang, Fei., Marashdeh dan Fan, Liang Shih. 2010. Electrical Capacitance Volume Tomography: Design and Applications. Journal Sensors Vol. 10, 9 Maret 2010 : 1890-1917.
- Warsito, Baidillah, Marlin R., Sulaiman, Rommy I., Ihsan, Muhammad F., Yusuf, Arbai., Wahyu, Widada., Aljohani, Muhammad. 2013. Brain Tumor Detection using Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT). International IEEE EMBS Conference on Neural Engineering.
- Webster, John G. (1998). Medical Instrumentation 3rd edition. John Wiley & Sons, Inc. Page 156-167.
- Widodo, Pamuji. 2009. Rekonstruksi Citra Pada *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT) Secara Nonlinier Dengan Menggunakan Dual Neural Network. (Skripsi) Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.
- Williams, R. A dan Beck, M. S. 1995. *Process Tomography: Principles, Technique and Applications*. Butterworth-Heinemann Ltd. Linacre House, Jordan Hill, Oxford.
- Xie C G, Huang S M, Hoyle B S, Thorn R, Lean C, Snowden D dan Beck M S. 1992. *Electrical Capacitance Tomography For flow Imaging System Model For Development Of Image Reconstruction Algorithms And Design Of Primary Sensor*. IEEE Proc. G 139 89–98
- Yang, WQ dan Peng, Lihui. 2003. Image reconstruction algorithms for electrical capacitance tomography. Measurement Science And Technology Vol 14.

Yang, WQ., Spink, DM., York, TA., dan H McCann. 1999. *An Image Reconstruction Algorithm based on Landweber's Iteration Method for Electrical Capacitance Tomography*. s.l. : IOP Publishing Ltd, 1999, Vols. 10(1999) 1065-1069.

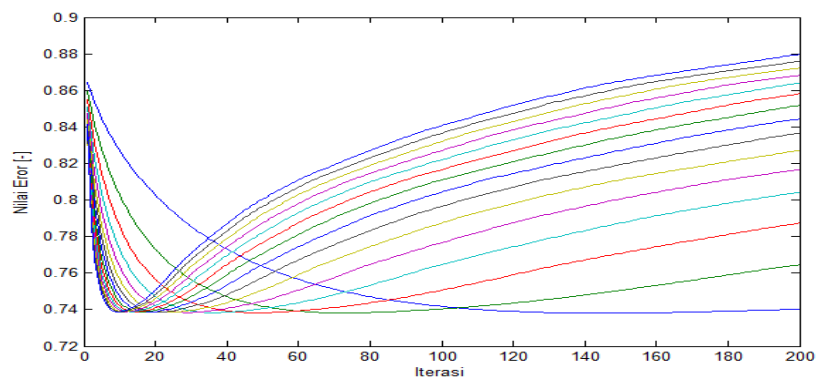
Lampiran 1

**Grafik Hubungan Iterasi Dengan Nilai Error [-] Pada Hasil Rekonstruksi Citra
Dengan Menggunakan Metode ILBP**

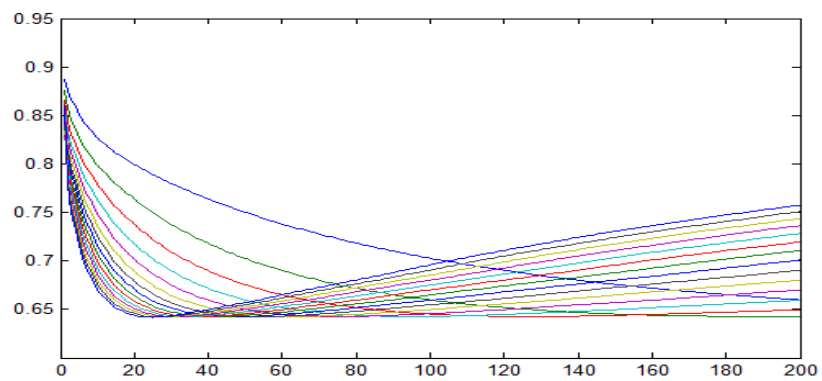
Posisi B1

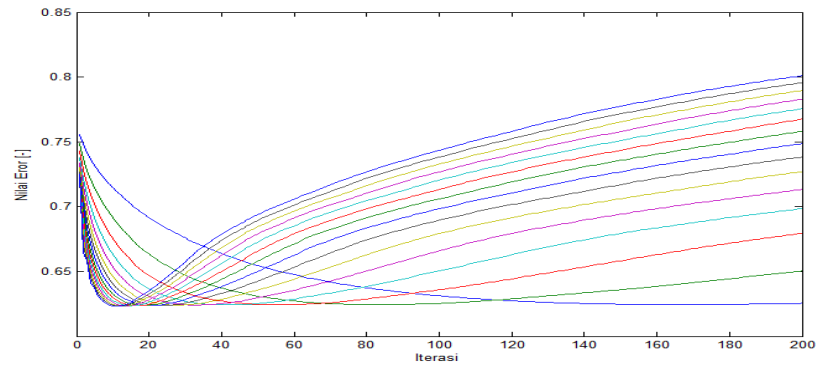
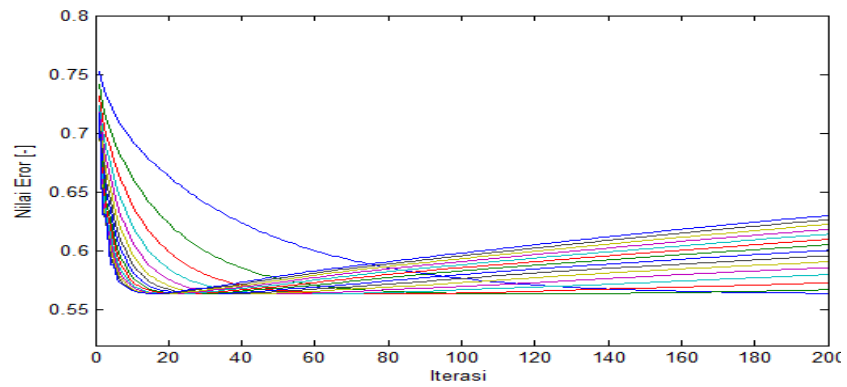
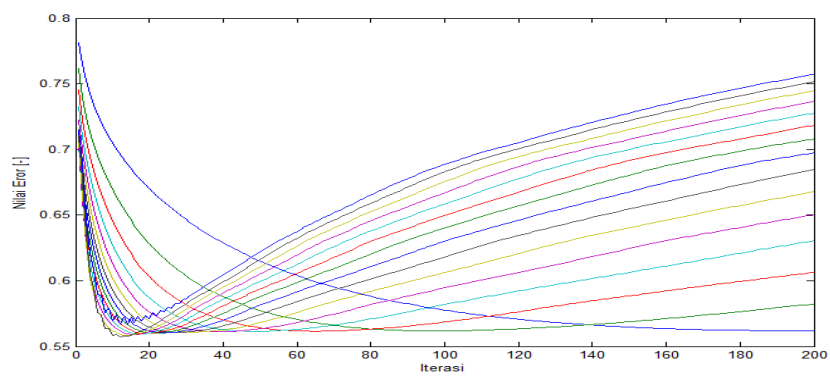


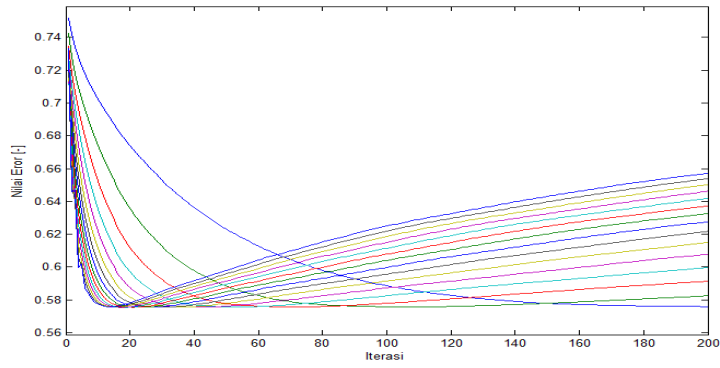
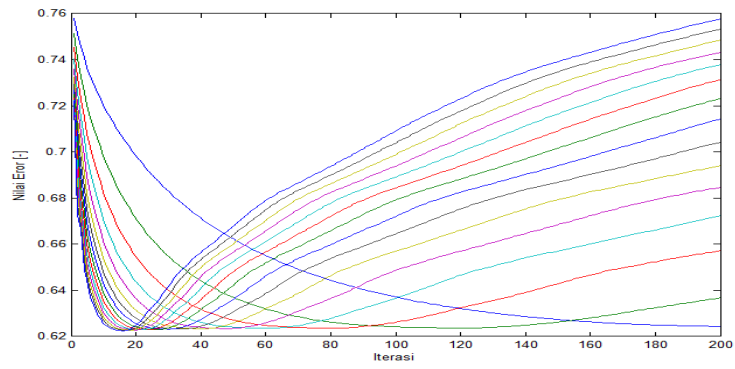
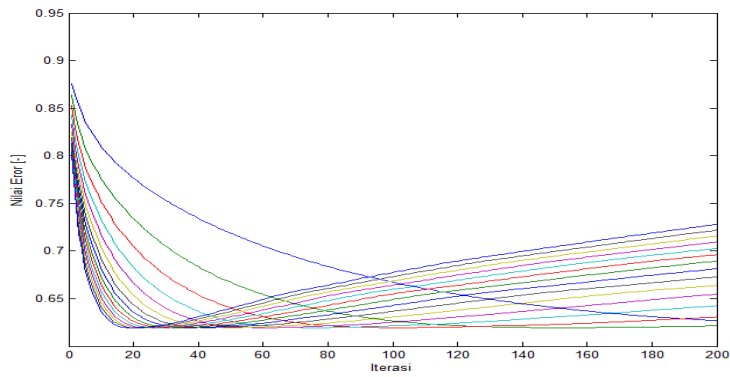
Posisi B2

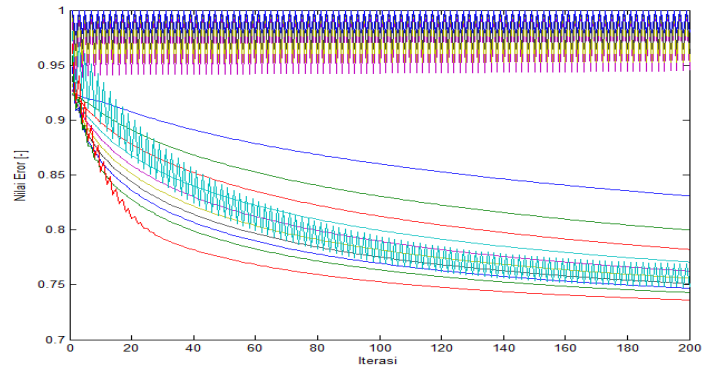
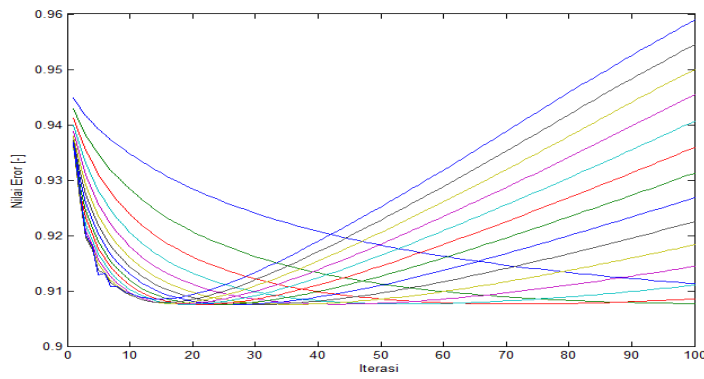
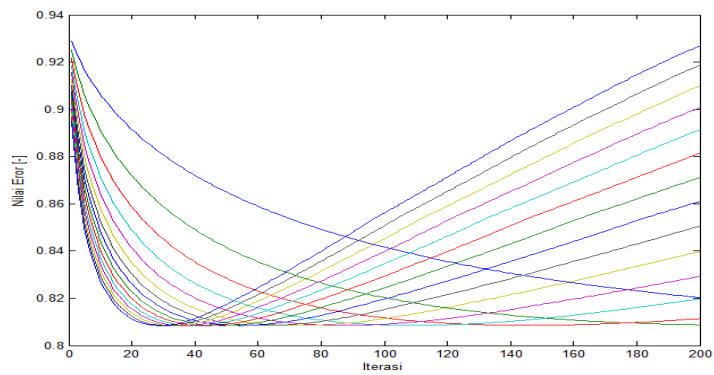


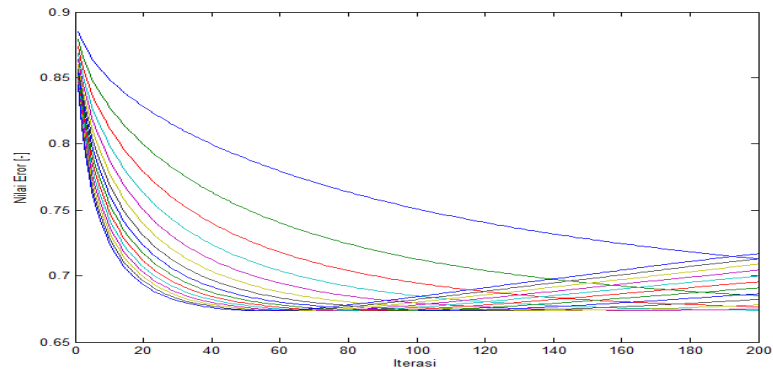
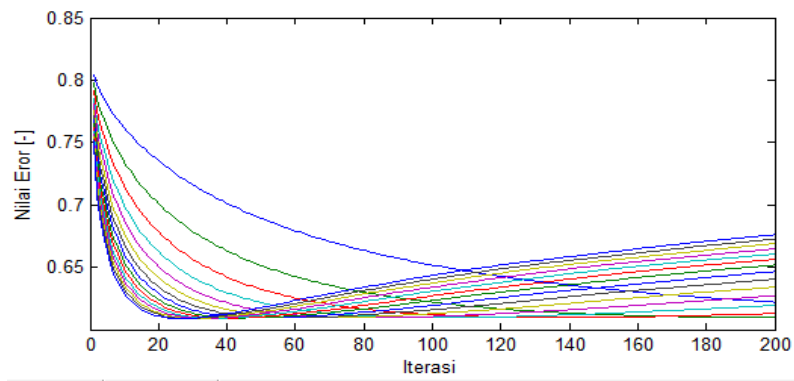
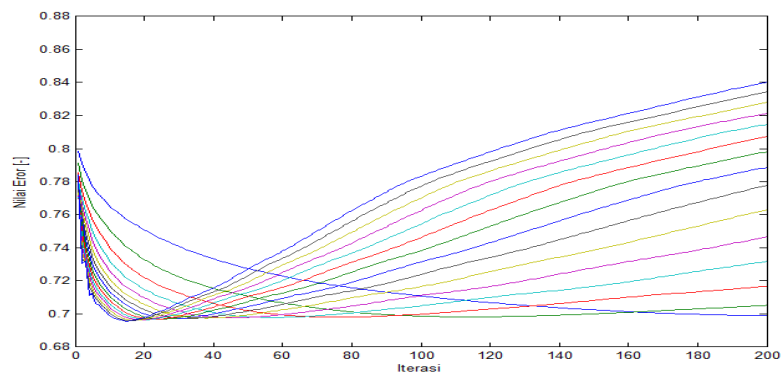
Posisi B3

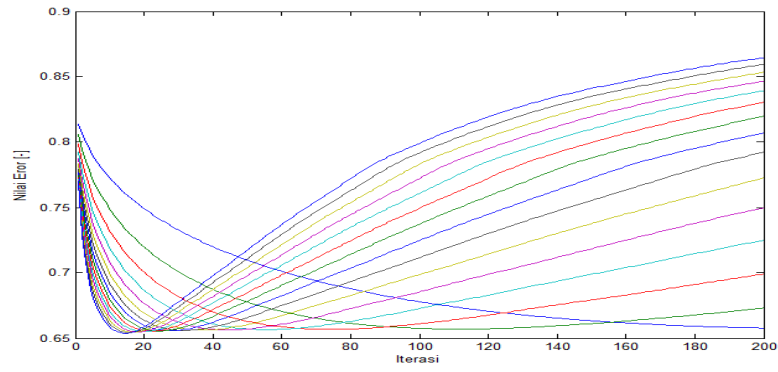
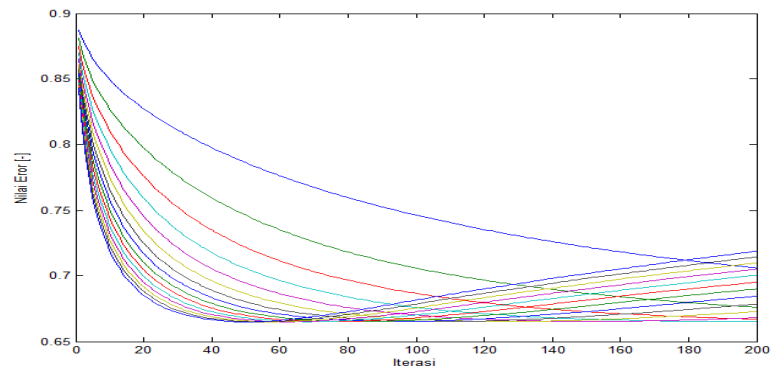
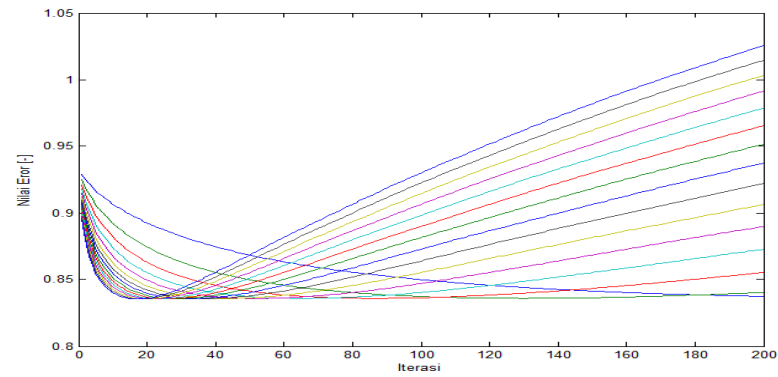


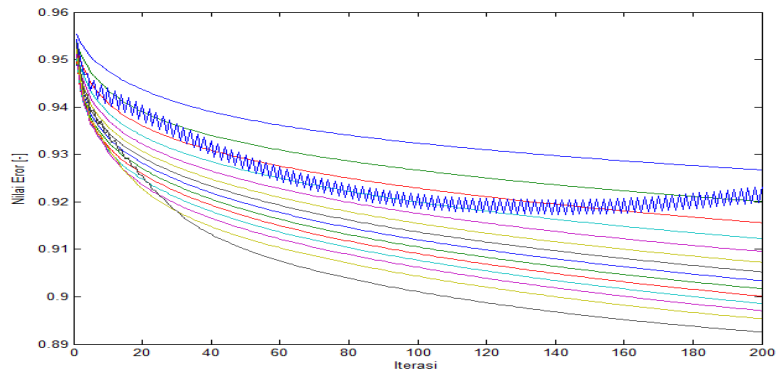
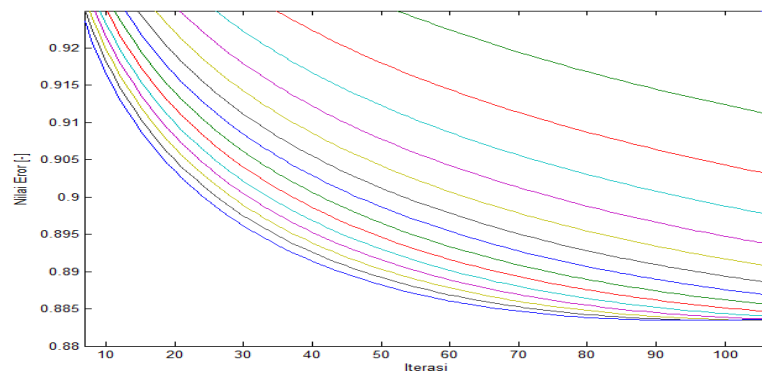
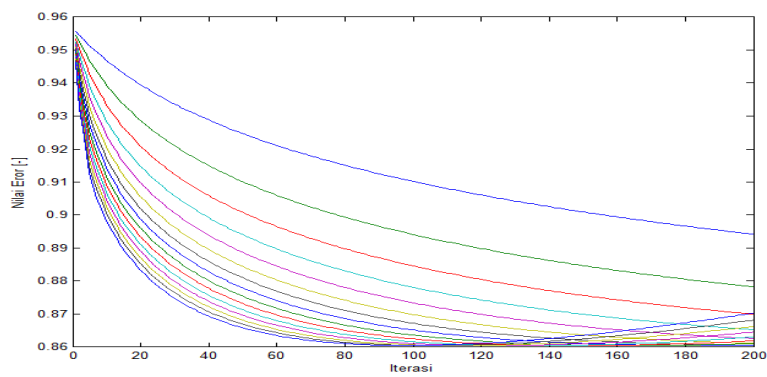
Posisi B4**Posisi B5****Posisi B6**

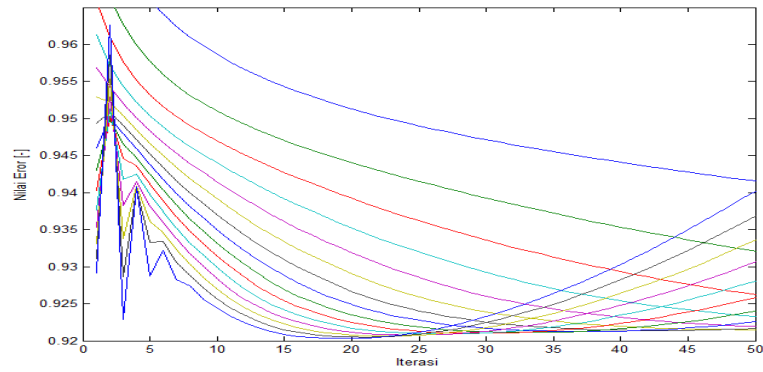
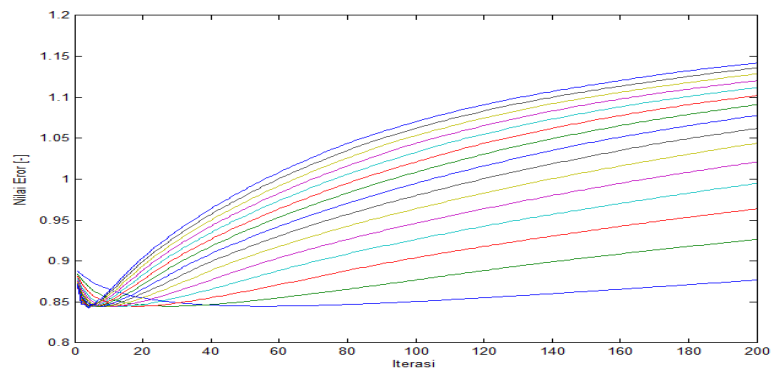
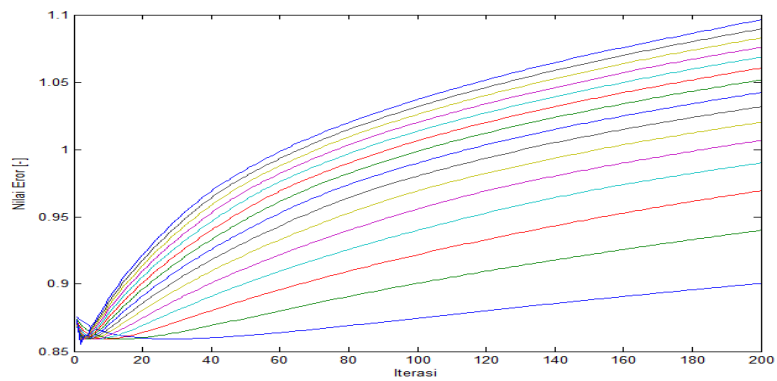
Posisi B7**Posisi B8****Posisi B9**

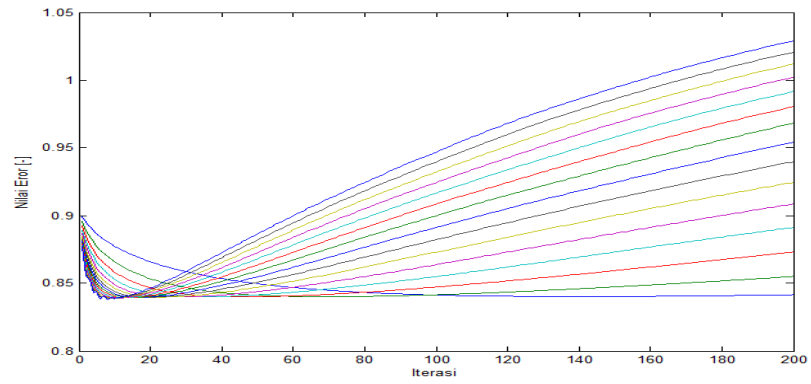
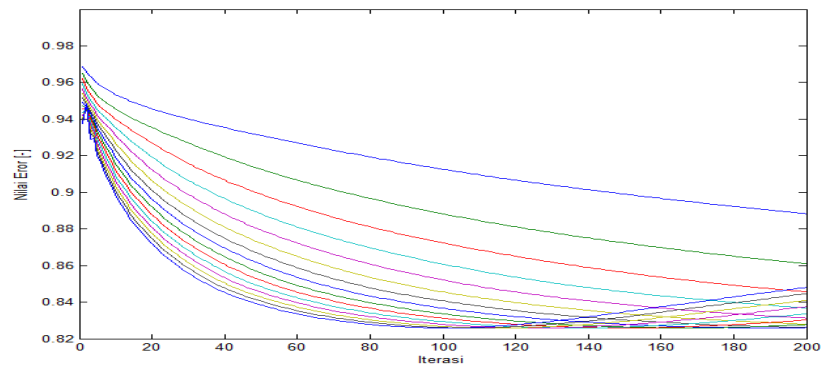
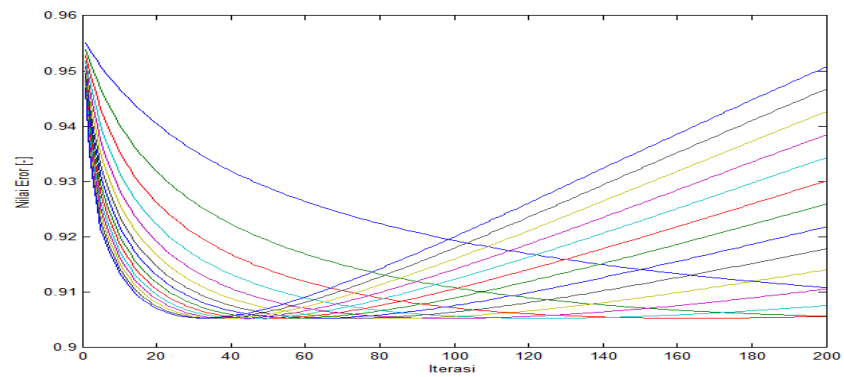
Posisi B10**Posisi B11****Posisi B12**

Posisi B13**Posisi B14****Posisi B15**

Posisi B16**Posisi B17****Posisi B18**

Posisi B19**Posisi B20****Posisi B21**

Posisi B22**Posisi B23****Posisi B24**

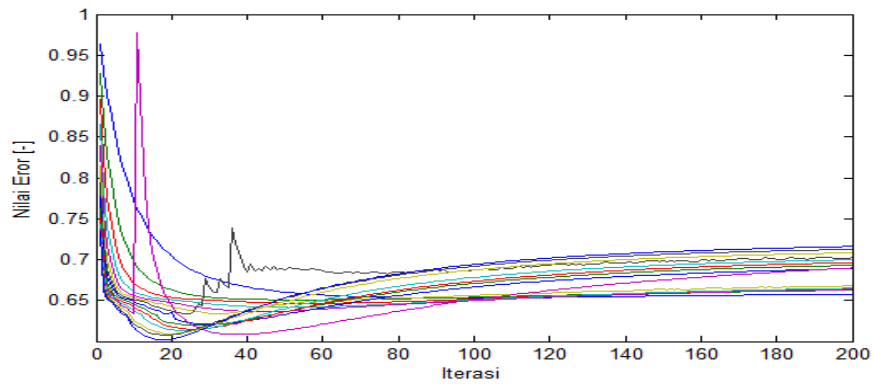
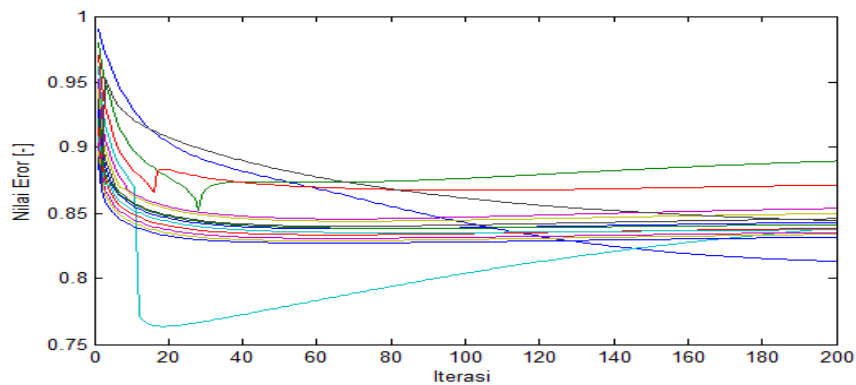
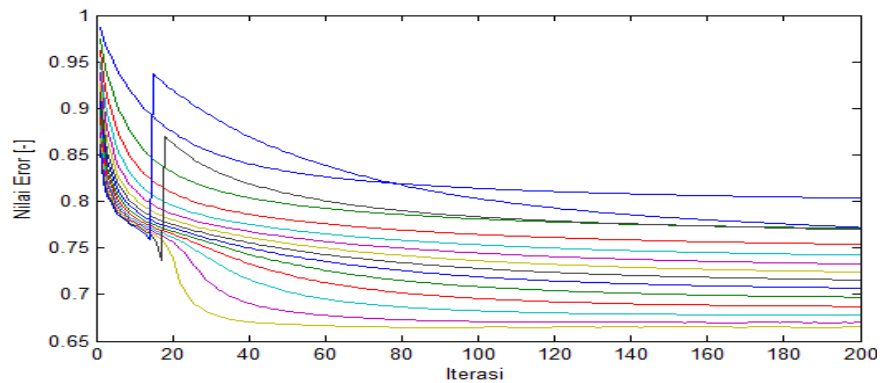
Posisi B25**Posisi B26****Posisi B27**

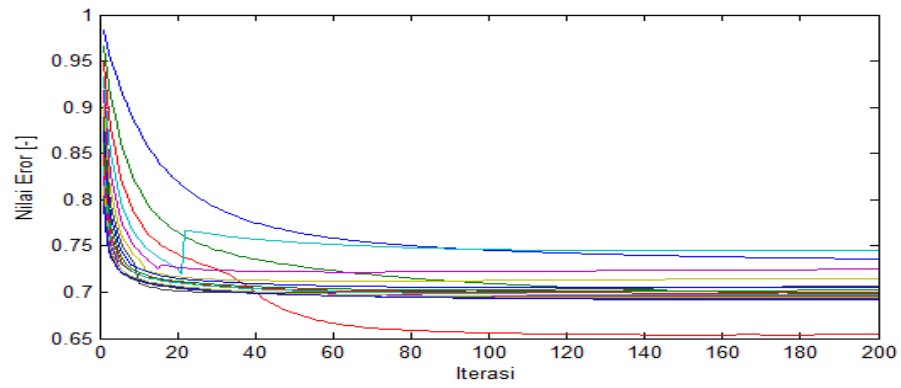
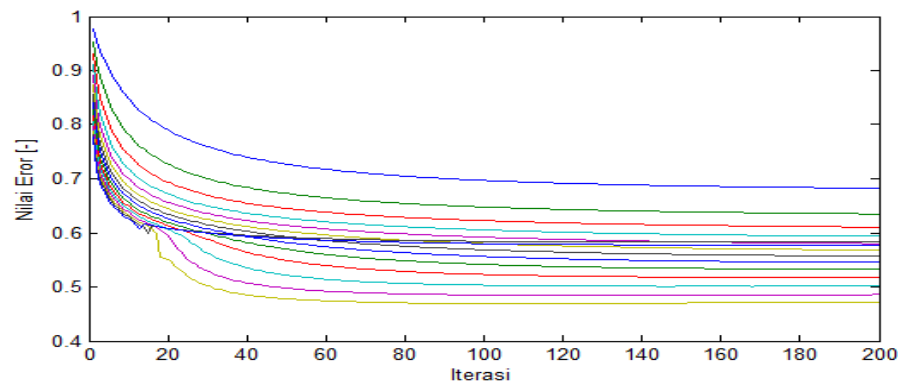
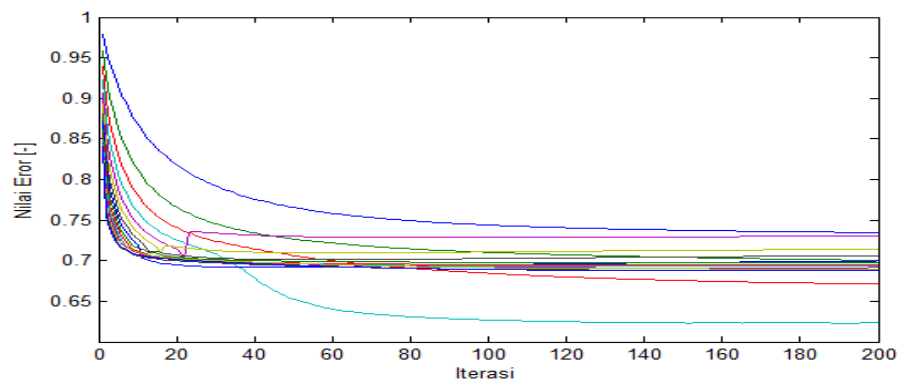
Lampiran 2

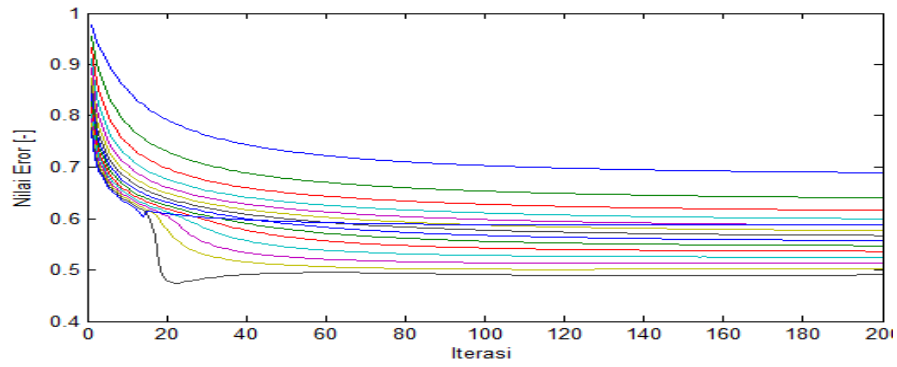
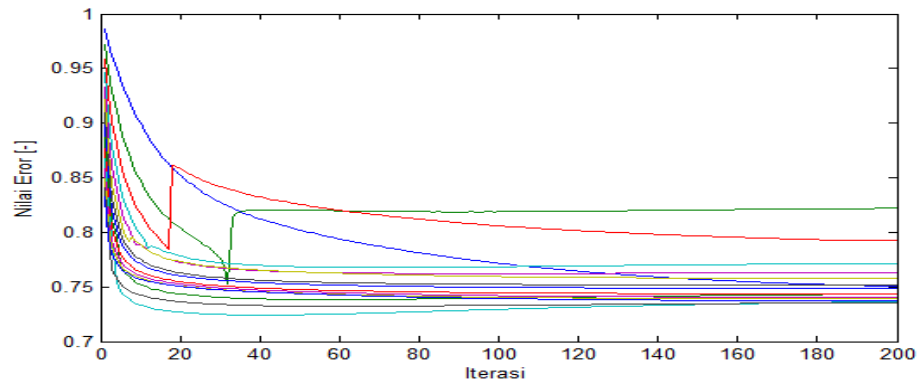
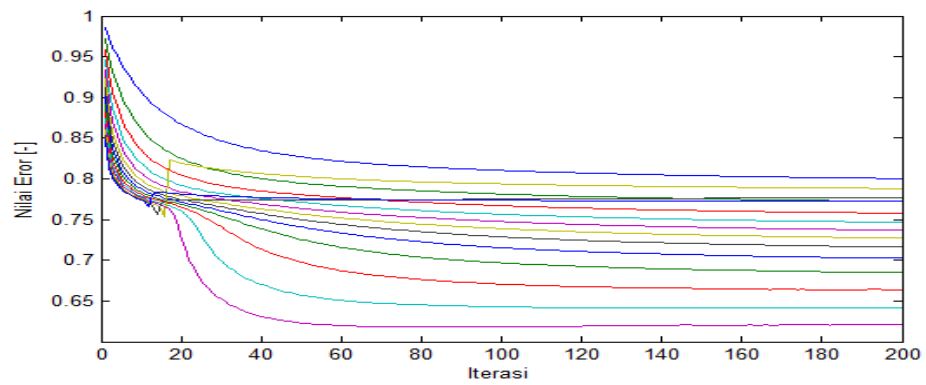
Tabel Nilai Error Pada Variasi Posisi Objek Rekonstruksi ILBP

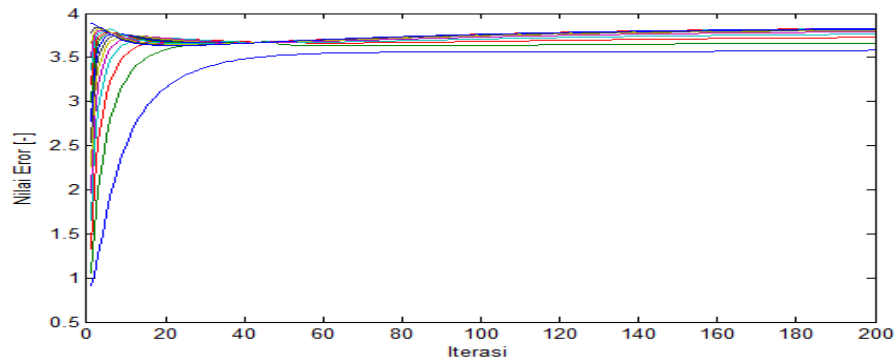
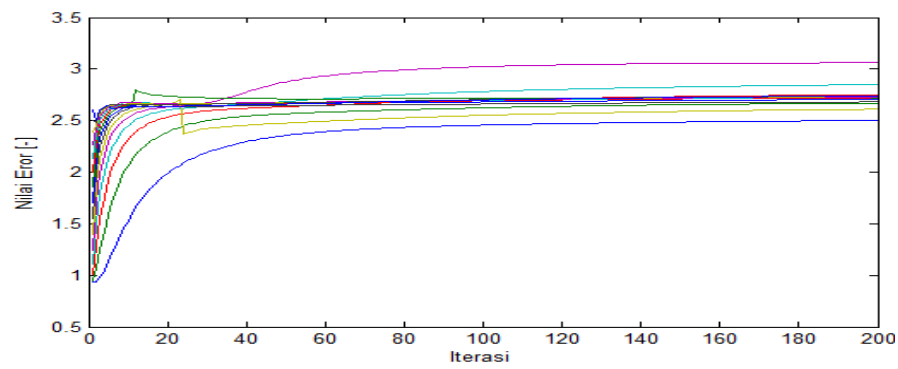
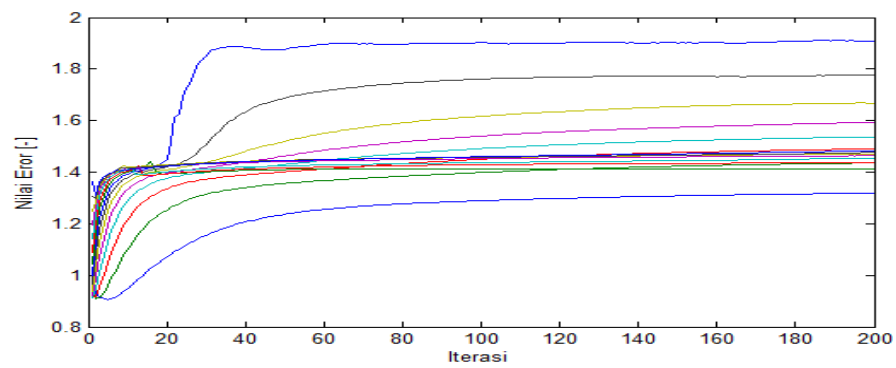
No.	Posisi	Iterasi	Alfa	Niali Error [-]
1.	B1	16	1,4	0,6608
2.	B2	10	1,5	0,7386
3.	B3	24	1,5	0,6419
4.	B4	11	1,5	0,6233
5.	B5	16	1,4	0,5639
6.	B6	12	1,4	0,5573
7.	B7	15	1,4	0,5756
8.	B8	16	1,5	0,6225
9.	B9	20	1,5	0,6190
10.	B10	200	1	0,7361
11.	B11	19	1,2	0,9076
12.	B12	30	1,5	0,8084
13.	B13	57	1,5	0,6737
14.	B14	26	1,5	0,6090
15.	B15	15	1,5	0,6957
16.	B16	15	1,5	0,6538
17.	B17	49	1,5	0,6650
18.	B18	17	1,5	0,8354
19.	B19	200	1,4	0,8925
20.	B20	94	1,5	0,8834
21.	B21	102	1,5	0,8605
22.	B22	20	1,5	0,9203
23.	B23	4	1,5	0,8425
24.	B24	2	1,5	0,8556
25.	B25	8	1,5	0,8378
26.	B26	101	1,5	0,8258
27.	B27	35	1,5	0,9054

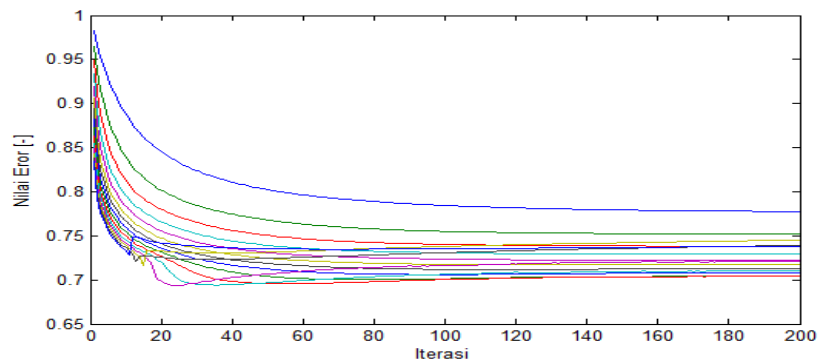
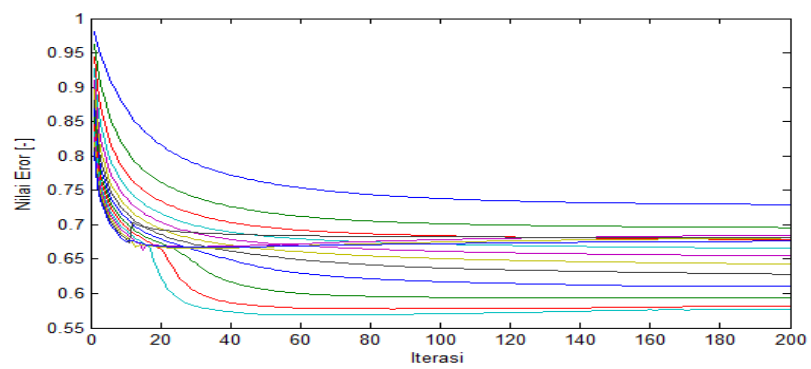
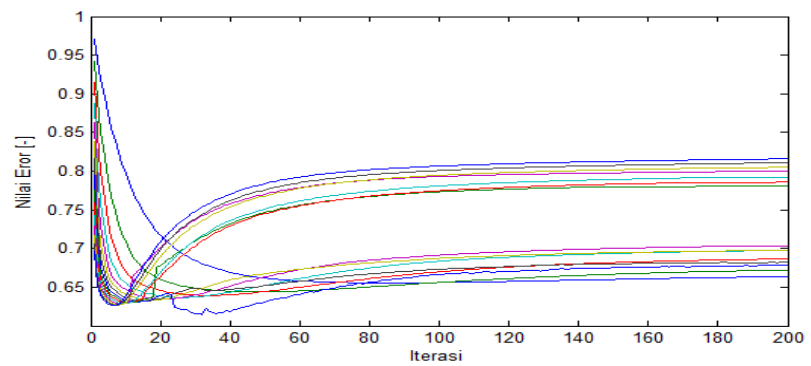
Lampiran 3

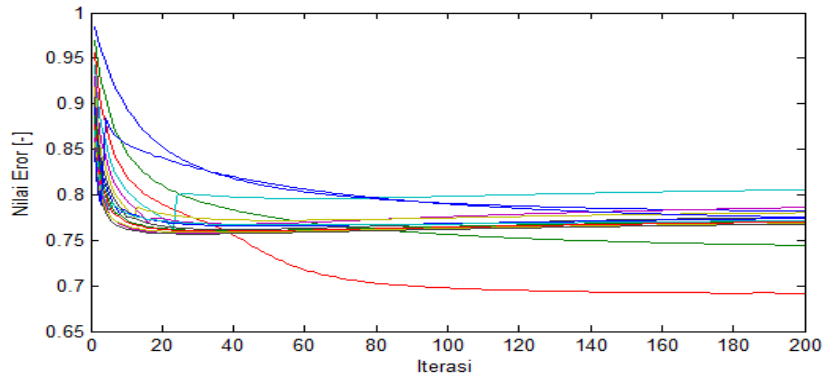
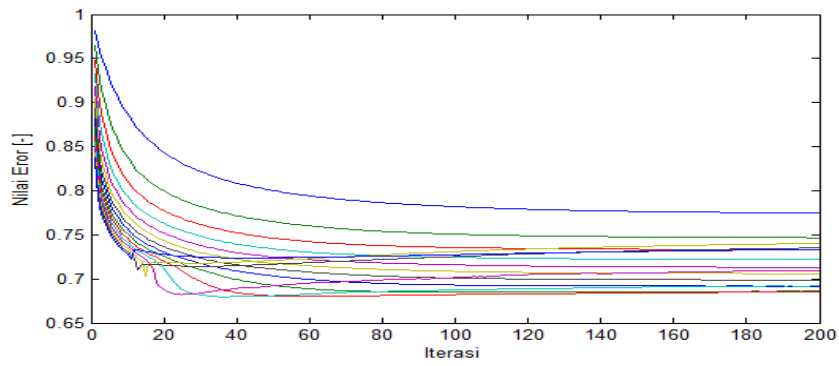
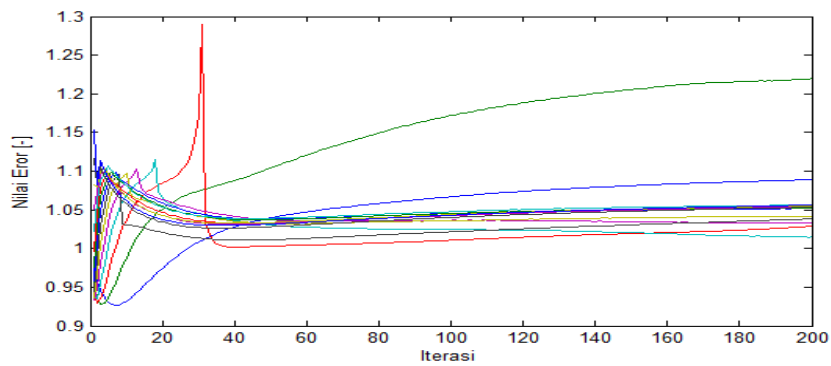
Grafik Hubungan Iterasi Dengan Nilai Error [-] Pada Hasil Rekonstruksi Citra Dengan Menggunakan Metode NN-MOIRT**Posisi B1****Posisi B2****Posisi B3**

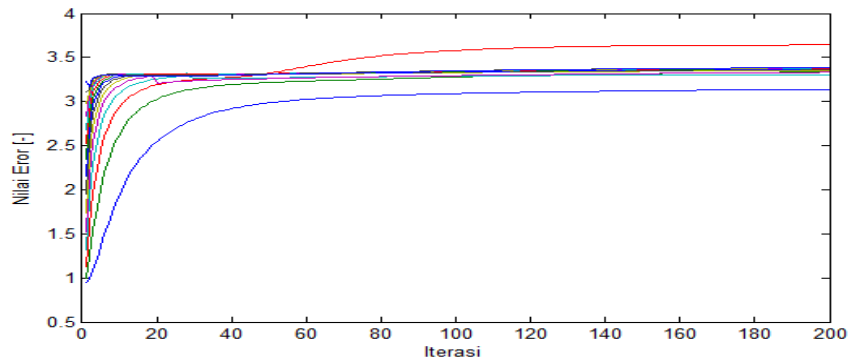
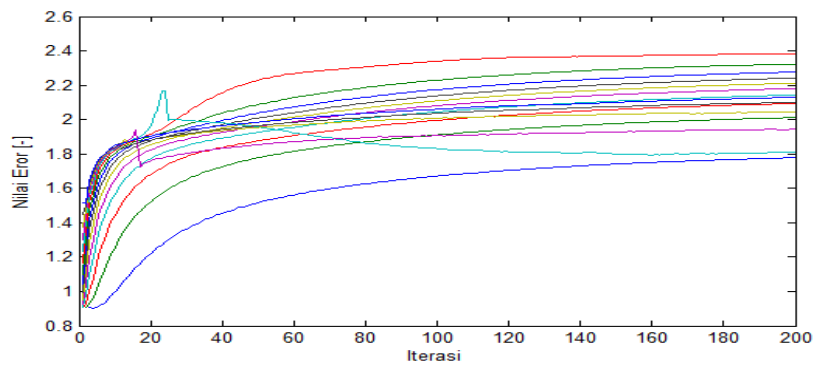
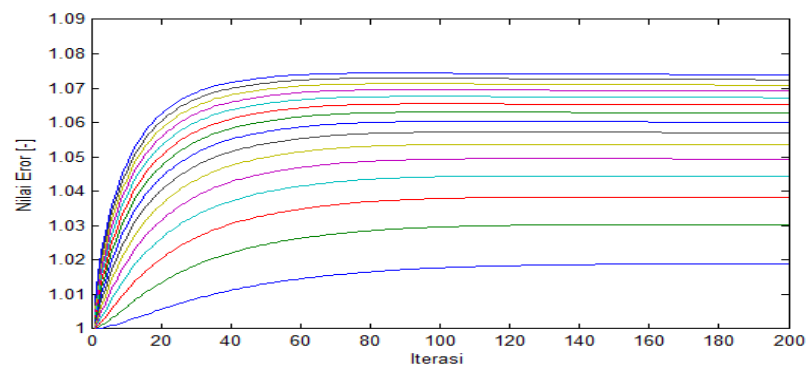
Posisi B4**Posisi B5****Posisi B6**

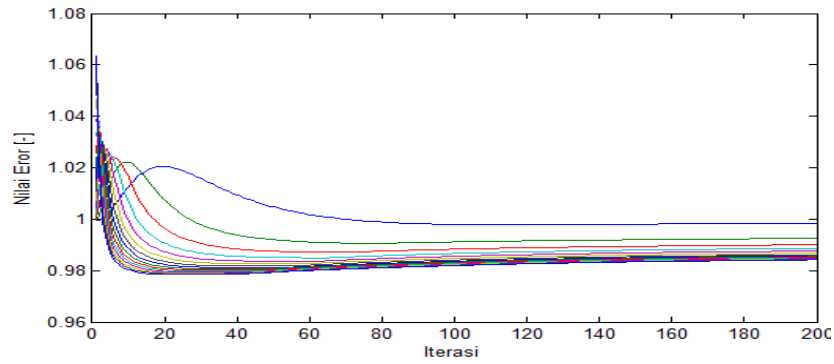
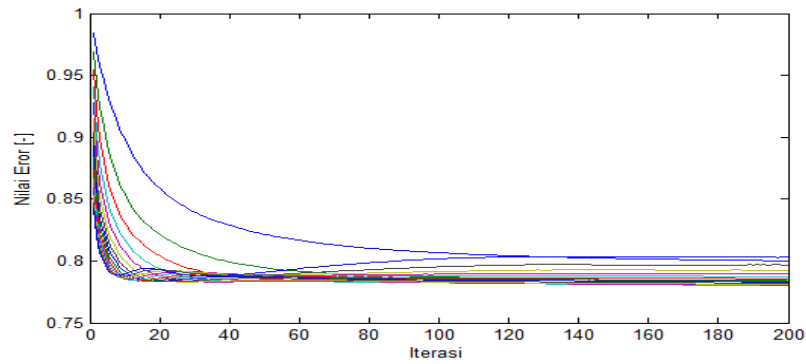
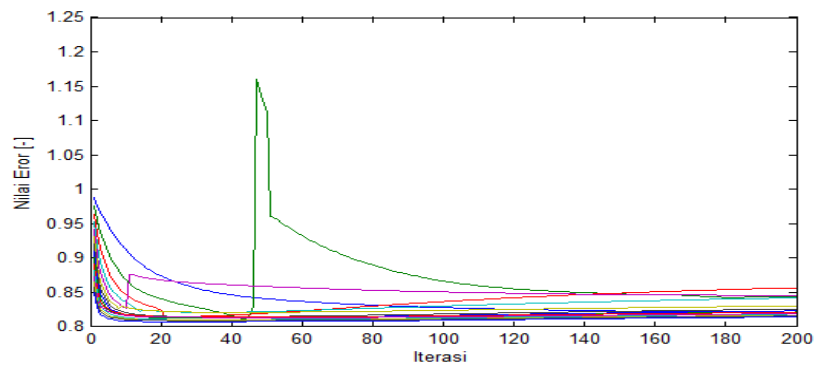
Posisi B7**Posisi B8****Posisi B9**

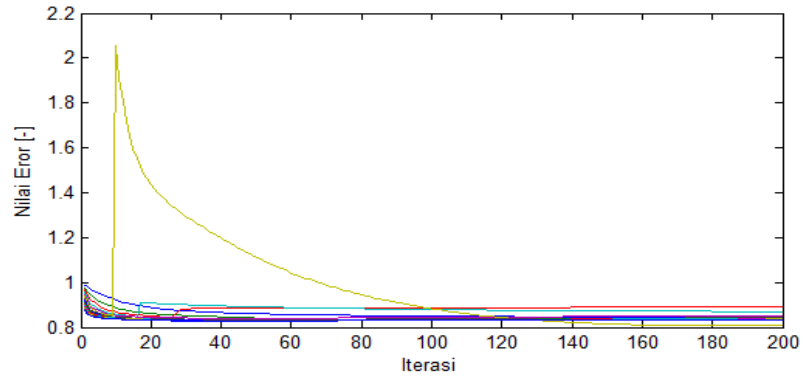
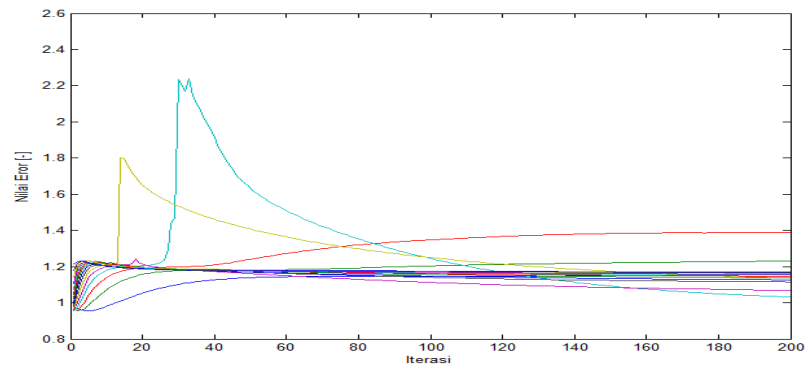
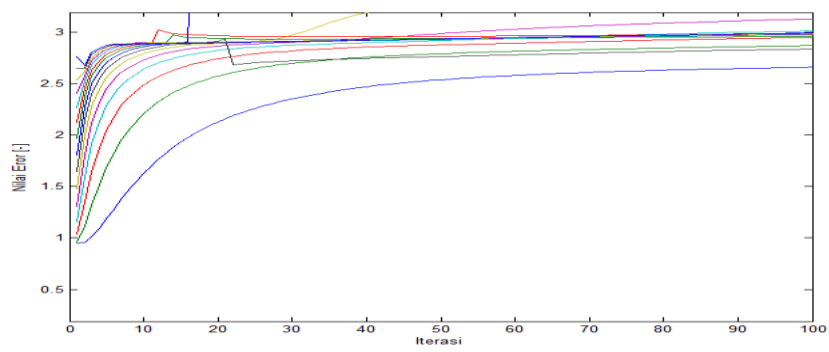
Posisi B10**Posisi 11****Posisi B12**

Posisi B13**Posisi B14****Posisi B15**

Posisi B16**Posisi B17****Posisi 18**

Posisi B19**Posisi 20****Posisi 21**

Posisi B22**Posisi B23****Posisi B24**

Posisi B25**Posisi B26****Posisi B27**

Lampiran 4

Tabel Nilai Error Pada Variasi Posisi Objek Rekonstruksi NN-MOIRT

No.	Posisi	Iterasi	Alfa	Nilai Error [-]
1.	B1	17	150	0,6016
2.	B2	18	40	0,7637
3.	B3	93	130	0,6646
4.	B4	148	30	0,6535
5.	B5	116	130	0,4684
6.	B6	190	40	0,6231
7.	B7	22	140	0,4741
8.	B8	38	110	0,7242
9.	B9	75	120	0,6181
10.	B10	1	10	0,9128
11.	B11	2	10	0,9375
12.	B12	5	10	0,9064
13.	B13	24	120	0,6939
14.	B14	59	110	0,5687
15.	B15	32	80	0,6150
16.	B16	180	30	0,6914
17.	B17	35	110	0,6797
18.	B18	7	10	0,9264
19.	B19	1	10	0,9482
20.	B20	4	10	0,9040
21.	B21	1	20	1,000
22.	B22	19	150	0,9785
23.	B23	194	40	0,7802
24.	B24	17	150	0,8075
25.	B25	180	60	0,8070
26.	B26	5	10	0,9557
27.	B27	1	10	0,9468

Lampiran 5

Sertifikat Penelitian

Terlampir

Lampiran 6

CURICULUM VITAE

Nama Lengkap : Kharisma Fajar Hidayanti
 Tempat dan Tanggal Lahir : Pemalang, 20 Juni 1991
 Alamat Asal : Pendowo, Rt. 01 Rw. 05 No.
 83 Kecamatan Bodeh
 Kabupaten Pemalang Jawa
 Tengah 52365

Alamat di Yogyakarta : Jl. Timoho Gendeng GK
 IV/840 Rt. 081 Rw. 019
 Kelurahan Baciro Kecamatan
 Gondokusuman Yogyakarta



Program Studi : Fisika
 Fakultas : Sains dan Teknologi
 Universitas : UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
 Alamat email : kharismafajarh@gmail.com
 No. Telp/Handphone : 085727561946
 Motto : Nothing is impossible
 Riwayat Pendidikan :

Jenjang Pendidikan	Tahun Kelulusan
SD Negeri 1 Pendowo	2003
SMP Negeri 2 Comal	2006
SMA Negeri 1 Comal	2009
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta	2014