



UNIVERSITAS INDONESIA

**REKONSTRUKSI SINYAL AKUSTIK *A – MODE* MENJADI *B – MODE*
SEBAGAI DASAR SISTEM PENCITRAAN ULTRASONIK**



SKRIPSI

ELFIRA WIRZA

030402023X

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM FISIKA
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**REKONSTRUKSI SINYAL AKUSTIK *A – MODE* MENJADI
B – MODE SEBAGAI DASAR SISTEM PENCITRAAN ULTRASONIK**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Sains**

ELFIRA WIRZA

030402023X

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
KEKHUSUSAN FISIKA MEDIS
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : ELFIRA WIRZA

NPM : 030402023X

Tanda Tangan :

Tanggal : 01 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : ELFIRA WIRZA
NPM : 030402023X
Program Studi : Fisika Medis
Judul Skripsi : REKONSTRUKSI SINYAL AKUSTIK *A – MODE*
MENJADI *B – MODE* SEBAGAI DASAR SISTEM
PENCITRAAN ULTRASONIK

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Warsito ()

Pembimbing : Dwi Seno Kuncoro, Msi ()

Penguji : Dr. Eng. Supriyanto Suparno, MSc ()

Penguji : Prof. Dr. Djarwani S.S ()

Penguji : Dr. Sastra K.W ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 01 Desember 2008

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'aalamiin. Puji syukur hanya kepada Allah SWT, Yang Maha Pengasih, yang selalu memberikan anugrah terindahya kepada penulis dan telah menuntun penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam kerinduan kepada sebaik – baik teladan Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dorongan dan doa yang tulus dari banyak pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini. Tanpa itu semua sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus - tulusnya kepada:

1. Dr. Warsito selaku dosen pembimbing I dan direktur CTECH Centre for Tomography Research (tempat dilaksanakannya penelitian ini) yang telah membimbing penulis dalam segala hal, baik dalam ilmu pengetahuan, nasehat, dorongan, semangat serta segala fasilitas yang telah diberikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Dwi Seno Kuncoro, Msi, selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
3. Dr. Eng. Supriyanto Suparno, MSc selaku penguji I , Prof. Dr. Djarwani S.S, selaku penguji II dan ketua Program Peminatan Fisika Medis yang telah mengatur jalannya program studi ini sehingga penulis dapat belajar dan menimba ilmu pengetahuan, dan Dr Sastra K.W selaku penguji III atas saran dan kritiknya sebelum penulis melakukan sidang.
4. Seluruh dosen dan karyawan departemen Fisika atas segala ilmu dan bantuan teknis yang penulis peroleh selama menjadi mahasiswa Fisika UI.

5. Pihak EdWar Technology terutam Dr. Edi S selaku Dirut yang telah banyak membantu penulis dalam mengambil data dan memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Terkhusus untuk kedua orang tua penulis, yang telah mendidik penulis dengan sangat istimewa. Terima kasih atas kepercayaan dan do'a tiada henti yang kalian berikan. Semoga Allah senantiasa menjaga kalian. Salam sayang untuk Uda Auli, Uni Dewi dan Adikku Aidil. Juga kepada keluarga besar penulis yang sangat mendukung dan memotivasi penulis.
7. Keluarga baruku '*Happy family*' terima kasih atas pengertian, pengorbanan dan keriang yang senantiasa mewarnai hari – hari penulis di kontrakan tercinta. Kak Ana, Uni Eka, Uni Neta, Fina, Nola, Lisa, Adel, Fatma, Ria, kebersamaan ini akan menjadi lembaran indah dalam hidup penulis.
8. Ibu Iyus Rusnaini dan keluarga di Tangerang, terima kasih atas naungan, perhatian dan pengertian yang telah diberikan kepada penulis.
9. Kepada Sahabat – sahabat '*ranger*', Neni, Marlin, Syamsul, Vian dan sugi. Terima kasih atas semua doa, dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi ini.
10. Special buat teman – teman fisika angkatan 2004. '*Cewcew*' fisika'04, anak – anak medis'04 dan '05. Terima kasih telah menjadi teman dan sahabat 'belajar' penulis selama 4,5 tahun ini. Ganbatte kudasai...
11. Terima kasih untuk semua pribadi yang secara sadar ataupun tidak, telah menjadi 'guru' dalam kehidupan penulis. Semoga Allah mengganjar setiap keikhlasan dari setiap amal shaleh kalian.

Semoga skripsi ini dapat berguna bagi siapa saja yang mengkajinya, serta dapat dikembangkan dan disempurnakan agar lebih bermanfaat untuk kepentingan orang banyak.

Tangerang, Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Elfira Wirza
NPM : 030402023X
Program Studi : Fisika Medis
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

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

**REKONSTRUKSI SINYAL AKUSTIK A – MODE MENJADI B – MODE
SEBAGAI DASAR SISTEM PENCITRAAN ULTRASONIK**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 01 Desember 2008
Yang menyatakan

(Elfira Wirza)

Nama : Elfira wirza
Program studi : Fisika
Judul skripsi : Rekonstruksi Sinyal Akustik *A – Mode* Menjadi *B – Mode*
Sebagai Dasar Sistem Pencitraan Ultrasonik

ABSTRAK

Rekonstruksi merupakan bagian penting dari proses pencitraan. Pada sistem pencitraan ultrasonik, untuk menghasilkan citra dilakukan tahap rekonstruksi sinyal akustik *A – Mode* menjadi *B – Mode* yang merupakan dasar dari sistem pencitraan ultrasonik. Untuk memperoleh hasil yang optimal, sebelum merekonstruksi citra yang sesungguhnya, dilakukan simulasi. Pada skripsi ini, simulasi dilakukan dengan menggunakan software COMSOL34 MULTIPHYSICS dan MATLAB R2007. Dengan menggunakan software COMSOL34 MULTIPHYSICS menerapkan metode elemen hingga dapat diperoleh data berupa sinyal *A – Mode* yang selanjutnya sinyal tersebut diolah menggunakan software MATLAB R2007. Software MATLAB R2007 berfungsi untuk menampilkan citra dan menganalisis hasil. Citra yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti frekuensi, bandwidth, lebar transducer, pengaruh mesh COMSOL34 MULTIPHYSICS dan grid transducer pada COMSOL34 MULTIPHYSICS . Semua faktor tersebut berpengaruh kepada resolusi, ketajaman, tingkat kecerahan citra yang dihasilkan.

Kata kunci : gelombang ultrasonik, sistem pencitraan ultrasonik, citra, resolusi citra, akusisi data citra

Name : Elfira Wirza
Program study : Fisika
Title of essay : Reconstruction Acoustic Signal A – Mode to be B - Mode as A
Basic Ultrasonic Imaging System

ABSTRACT

Reconstruction is an important part of the imaging process in ultrasonography to generate. It is done through reconstruction phase of an acoustic signal A–Mode to be B–Mode which is the primary mode of the ultrasonic imaging. To obtain the optimal result is before reconstructing the real image, a simulation is conducted in this research using COMSOL34 MULTIPHYSICS software and MATLAB R2007 software. Using COMSOL34 MULTIPHYSICS software which implements finite element method A–Mode signal is obtained. The signal is then processed using MATLAB R2007 software, to display image and to analyze the result. The image produced is influenced by several factors, including frequency, bandwidth, broadband of transducer, mesh size and grid size of transducer. All these factors affect the resolution, sharpness, brightness level of the image produced and are verified in this work.

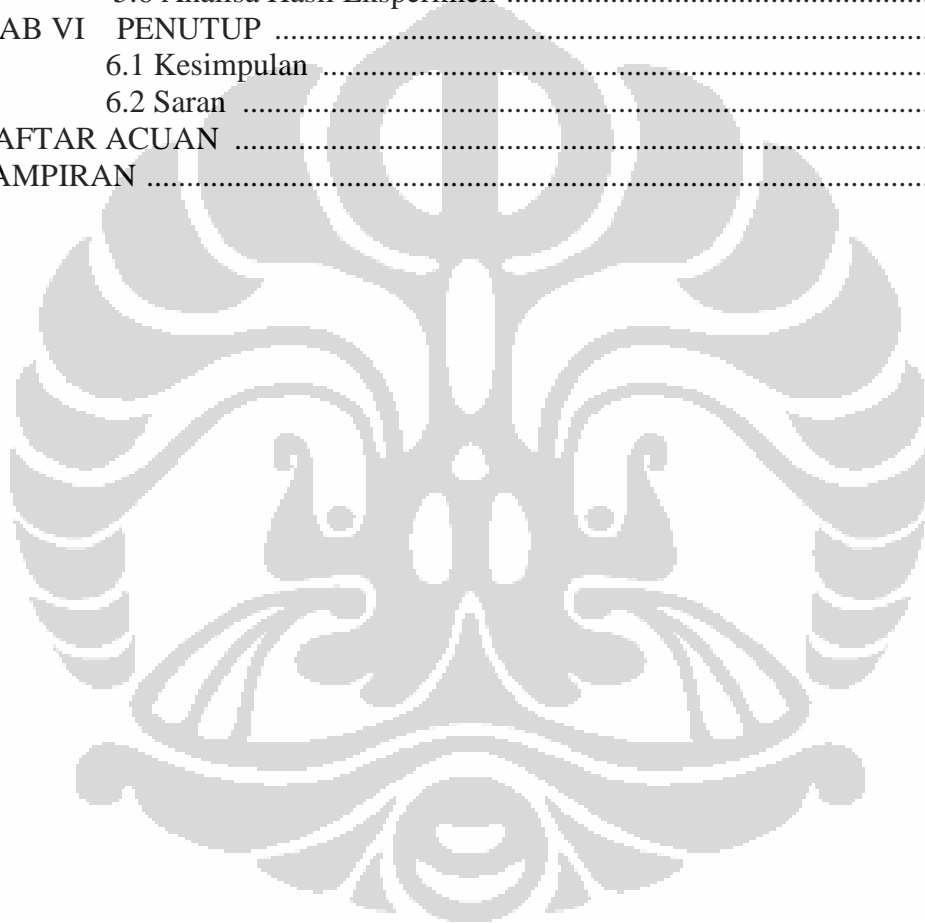
Keywords : ultrasound, ultrasonic imaging system, image, image resolution, image data acquisition

DAFTAR ISI

Halaman

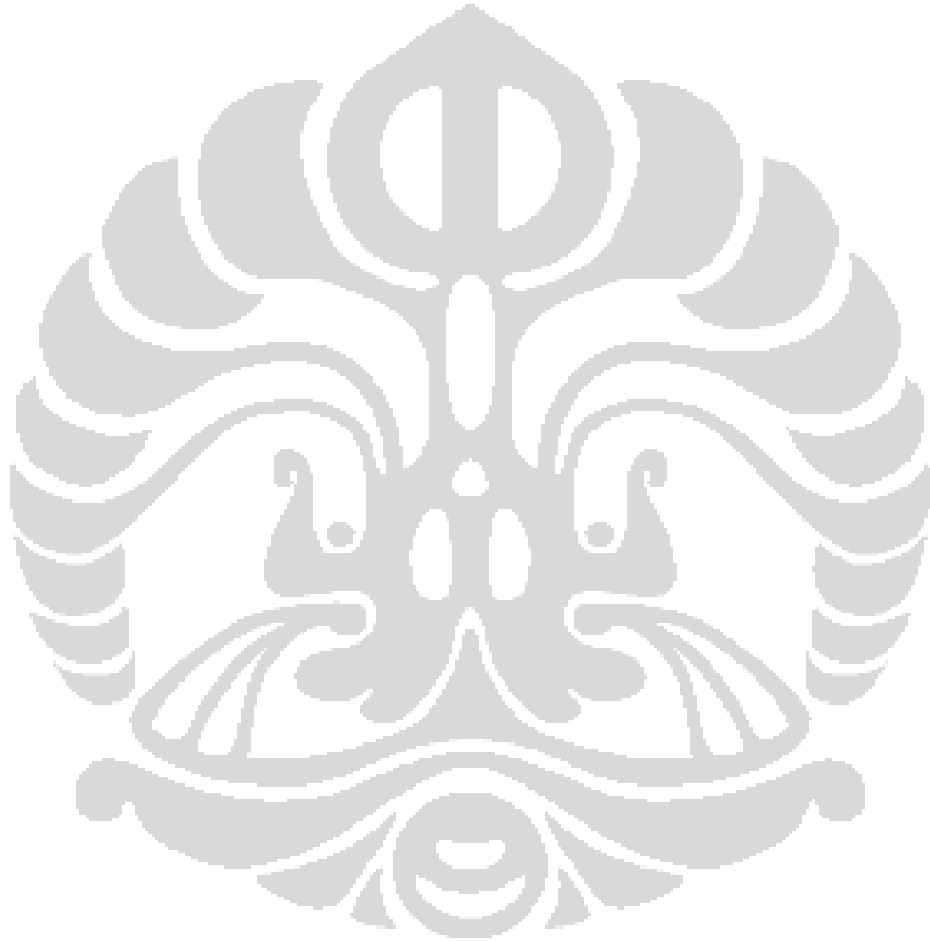
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Batasan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Sejarah Perkembangan teknologi Ultrasonik	6
2.2 Sejarah Perkembangan Sistem Pencitraan Ultrasonik dan Ultrasonografi (USG)	7
2.3 Perkembangan Metode Elemen Hingga	10
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Gelombang Ultrasonik	12
3.1.1 Karakteristik Gelombang Ultrasonik	13
3.1.2 Interaksi Gelombang Ultrasonik dengan Materi.....	22
3.1.2.1 Impedansi Akustik	22
3.1.2.2 Pemantulan (Refleksi).....	24
3.1.2.3 Pembiasan (Refraksi).....	25
3.1.2.4 Hamburan (Scattering).....	27
3.1.2.5 Penyerapan (Absorpsi)	28
3.1.2.6 Atenuasi	28
3.2 Sistem Pencitraan Menggunakan Gelombang Ultrasonik	29
3.3 Citra	39
3.4 Kualitas Citra	39
3.4.1 Transducer dan Citra yang dihasilkan.....	39
3.4.2 Analisis citra	40
3.4.3 Faktor Kualitas Citra	40
3.4.3.1 Resolusi Spasial	41
3.4.3.2 Resolusi Kontras dan Noise	41
3.4.3.3 Artifak	42
BAB IV SIMULASI dan EKSPERIMEN SISTEM PENCITRAAN ULTRASONIK	44
4.1 Simulasi	44
4.1.1 Simulasi Menggunakan <i>COMSOL34 MULTIPHYSICS</i>	44
4.1.2 Simulasi Menggunakan Program MATLAB R2007	51

4.2 Eksperimen	53
BAB V HASIL DAN ANALISA	58
5.1 Analisa Citra Berdasarkan Geometri Organ	58
5.2 Analisa Citra Berdasarkan Pengaruh Transducer	59
5.2.1 Berdasarkan Besar Grid Transducer Simulasi COMSOL	59
5.2.2 Berdasarkan Panjang Transducer	61
5.3 Analisa Citra Berdasarkan Pengaruh Nilai Frekuensi	62
5.4 Analisa Citra Berdasarkan Pengaruh Nilai Frekuensi Bandwidth	64
5.5 Analisa Citra Berdasarkan Pengaruh Nilai Mesh	66
5.6 Analisa Hasil Eksperimen	68
BAB VI PENUTUP	71
6.1 Kesimpulan	71
6.2 Saran	71
DAFTAR ACUAN	73
LAMPIRAN	77



Daftar Tabel

Tabel 3.1. Hubungan Frekuensi dan kedalaman	17
Tabel 3.2. Kecepatan dalam jaringan biologi	17
Tabel 3.3. Nilai impedansi akustik dari beberapa material	23
Tabel 3.4. Nilai atenuasi beberapa material	29
Tabel 4.1. Konstanta c yang digunakan pada COMSOL34 MULTIPHYSICS	47

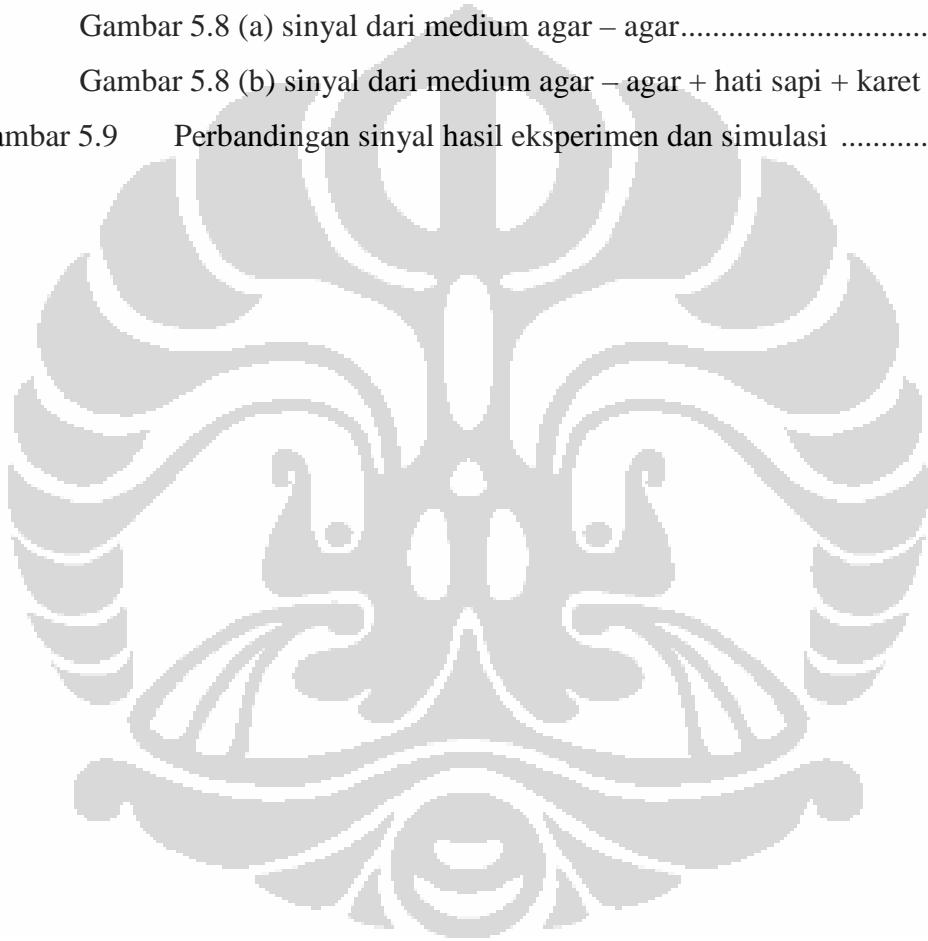


Daftar Gambar

Gambar 2.1.	Skema yang menggambarkan metode <i>ranging sonar</i> kelelawar untuk menemukan mangsa seperti ngengat. Kelelawar mengemisikan gelombang ultrasonik sepanjang 3 – 20 milidetik, dengan batas frekuensi yang bergantung kepada jenisnya. Beberapa kelelawar menggunakan gelombang audio, dan yang lain gelombang ultrasonik (25 – 90 kHz)	6
Gambar 3.1.	Spektrum akustik	12
Gambar 3.2.	Hubungan antara koordinat karetesian dan koordinat bola.....	14
Gambar 3.3.	Variasi perambatan gelombang pada daerah medan dekat dan daerah medan jauh	15
Gambar 3.4.	Hubungan Intensitas dan Amplitudo.....	21
Gambar 3.5.	Transmisi dan pemantulan	25
Gambar 3.6.	Skema hukum Snell.....	26
Gambar 3.7.	Proses Hamburan (a) pada batas dua medium ; (b) pada medium heterogen.....	27
Gambar 3.8.	Perubahan amplitudo akibat pengaruh absorpsi	28
Gambar 3.9.	Hubungan antara atenuasi dengan frekuensi beberapa material	30
Gambar 3.10.	Sistem pencitraan ultrasonik	31
Gambar 3.11.	Sistem echo pulsa.....	31
Gambar 3.12.	Gambar sinyal A – Mode	36
Gambar 3.13.	Gambar B –Mode.....	36
Gambar 3.14.	Citra M – Mode.....	37
Gambar 3.15.	Pengaruh lebar transducer	40
Gambar 3.16.	Pengaruh perubahan frekuensi transducer	40
Gambar 4.1.	Alur simulasi COMSOL34 MULTIPHYSICS	45
Gambar 4.2.	konstanta	46
Gambar 4.3.	Geometri objek tanpa jaringan abnormal	46
Gambar 4.4.	Geometri objek dengan adanya jaringan abnormal	46
Gambar 4.5.	Boundary condition tiap batas jaringan.....	48
Gambar 4.6.	Geometri mesh objek	49
Gambar 4.7.	Hasil Simulasi COMSOL34 MULTIPHYSICS.....	51

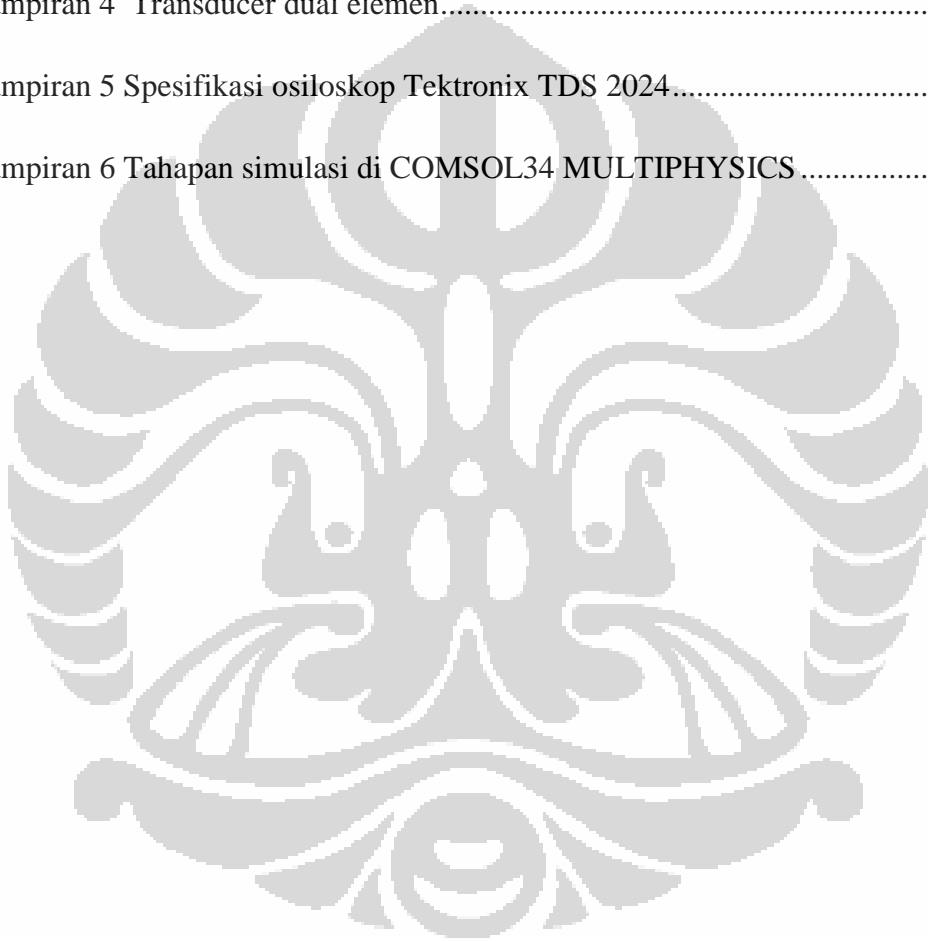
Gambar 4.7(a) hasil sinyal tanpa jaringan abnormal	51
Gambar 4.7(b) hasil sinyal ada jaringan abnormal	51
Gambar 4.8. Alur simulasi MATLAB R2007	52
Gambar 4.9. Transducer	53
Gambar 4.10 Pulsa generator	54
Gambar 4.11 Osiloskop	55
Gambar 4.12 Medium Agar – Agar	56
Gambar 4.13 Skematik eksperimen yang dilakukan.....	57
Gambar 5.1. Citra tanpa ada jaringan abnormal	59
Gambar 5.2. Citra ada jaringan abnormal	59
Gambar 5.3. Citra berdasarkan variasi grid transducer	60
Gambar 5.3 (a) citra dengan grid 5e-03	60
Gambar 5.3 (b) citra dengan grid 2.5e-03.....	60
Gambar 5.3 (c) citra dengan grid 1e-03	60
Gambar 5.4. Citra berdasarkan variasi panjang transducer	61
Gambar 5.4 (a) citra dengan panjang transducer 1cm	61
Gambar 5.4 (b) citra dengan panjang transducer 2 cm	61
Gambar 5.4 (c) citra dengan panjang transducer 2.5 cm	61
Gambar 5.5. Hasil sinyal dan citra berdasarkan variasi frekuensi transducer ...	63
Gambar 5.5 (a) sinyal dan citra dengan frekuensi 1 MHz	63
Gambar 5.5 (b) sinyal dan citra dengan frekuensi 2 MHz	63
Gambar 5.5 (c) sinyal dan citra dengan frekuensi 3 MHz	63
Gambar 5.5 (d) sinyal dan citra dengan frekuensi 4 MHz	63
Gambar 5.5 (e) sinyal dan citra dengan frekuensi 5 MHz	64
Gambar 5.6. Hasil sinyal dan citra berdasarkan variasi frekuensi bandwidth	65
Gambar 5.6 (a) sinyal dan citra dengan frekuensi bandwitdh 1 MHz	65
Gambar 5.6 (b) sinyal dan citra dengan frekuensi bandwitdh 1.4 MHz	65
Gambar 5.6 (c) sinyal dan citra dengan frekuensi bandwitdh 1.8 MHz	65
Gambar 5.6 (d) sinyal dan citra dengan frekuensi bandwitdh 2.2 MHz	65
Gambar 5.6 (e) sinyal dan citra dengan frekuensi bandwitdh 2.6 MHz	66
Gambar 5.6 (f) sinyal dan citra dengan frekuensi bandwitdh 3 MHz	66
Gambar 5.7. Hasil sinyal dan citra berdasarkan variasi besaran mesh	67

Gambar 5.7 (a) sinyal dan citra dengan nilai mesh $1/2 \lambda$	67
Gambar 5.7 (b) sinyal dan citra dengan nilai mesh $1/3 \lambda$	67
Gambar 5.7 (c) sinyal dan citra dengan nilai mesh $1/4 \lambda$	67
Gambar 5.7 (d) sinyal dan citra dengan nilai mesh $1/5 \lambda$	68
Gambar 5.7 (e) sinyal dan citra dengan nilai mesh $1/6 \lambda$	68
Gambar 5.8 Sinyal hasil eksperimen.....	69
Gambar 5.8 (a) sinyal dari medium agar – agar.....	69
Gambar 5.8 (b) sinyal dari medium agar – agar + hati sapi + karet	69
Gambar 5.9 Perbandingan sinyal hasil eksperimen dan simulasi	70



Daftar Lampiran

Lampiran 1 Contoh data hasil simulasi COMSOL	78
Lampiran 2 Program pembentuk citra pada MATLAB	79
Lampiran 3 Spesifikasi Transducer PT900	81
Lampiran 4 Transducer dual elemen	82
Lampiran 5 Spesifikasi osiloskop Tektronix TDS 2024	83
Lampiran 6 Tahapan simulasi di COMSOL34 MULTIPHYSICS	85



Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh – sungguh pekerjaan yang lain. Dan hanya kepada Allah-lah kamu kembali. (Al – Insyirah [94]: 7-8)

Pikiran Adalah Sesuatu

Saya yakin itu adalah benar bahwa

Pikiran adalah sesuatu;

Pikiran diberkahi dengan tubuh dan nafas serta sayap;

Karena itulah kita mengutus mereka untuk mengisi

Dunia dengan hasil yang baik atau yang buruk.

Itulah yang kita sebut dengan rahasia pikiran

Melaju menuju titik terjauh di bumi,

Meninggalkan rahmatnya atau kutukannya

Bagai jejak yang ditinggalkannya ketika dia berlalu.

Kita membangun masa depan,

Dengan pikiran demi pikiran,

Bagi sesuatu yang baik atau buruk,

Tidak ada yang mengetahuinya.

Begitupun alam semesta diciptakan.

Pikiran adalah nama lain dari takdir.

Memilih dan kemudian takdir dan menanti,

Karena cinta menyebabkan cinta dan

Benci menyebabkan benci.

(Henry Van Dyke)

“ Menghadapi ujian hidup tidak cukup hanya menuliskan jawaban dengan benar, Tetapi lebih dari itu, bagaimana menemukan cara baru menghadapi kehidupan.

Kita tidak bisa mengubah keadaan, tapi kita bisa mengubah sikap kita menghadapinya. Kita tidak bisa mengubah arah angin, tapi kita bisa mengubah arah sayap kita”