



UNIVERSITAS INDONESIA

**APLIKASI ULTRASONIK UNTUK PENDETEKSIAN KERETAKAN
DALAM LOGAM**



SKRIPSI

**MARLIN RAMADHAN BAIDILLAH
0304020469**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 FISIKA
PEMINATAN INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**APLIKASI ULTRASONIK UNTUK PENDETEKSIAN KERETAKAN
DALAM LOGAM**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains

MARLIN RAMADHAN BAIDILLAH
0304020469

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 FISIKA
PEMINATAN INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA
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 : Marlin Ramadhan Baidillah
NPM : 0304020469
Tanda Tangan :
Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Marlin Ramadhan Baidillah
NPM : 0304020469
Program Studi : S1 Fisika
Judul Skripsi : Aplikasi Ultrasonik untuk Pendeteksian
Keretakan dalam Logam

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi S1 Fisika peminatan Instrumentasi Elektronika - Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Warsito ()
Pembimbing : Dr. Prawito ()
Penguji : Dr. Sastra Kusumawijaya ()
Penguji : Prof. Dr. Djarwani S. S ()

Ditetapkan di :
Tanggal :

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi **Allah SWT**, Tuhan semesta alam yang telah memberikan kemudahan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian Tugas Akhir ini.

Penelitian Tugas Akhir ini berkaitan dengan kerjasama antara **PT. Edwar Technology** selaku *project officer* dengan **PT. Citra Nusantara Gemilang** selaku *client* dalam proyek inspeksi tabung CNG (*compressed natural gas*)-gas bumi tekan.

Pelaksanaan Tugas Akhir ini telah memberikan manfaat berupa penambahan pengalaman, wawasan. Dengan demikian, secara langsung maupun tidak langsung telah andil dalam melatih kemampuan penulis di dalam observasi.

Dalam pelaksanaannya, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik dorongan moril maupun bantuan langsung, sehingga perkenankan rasa terimakasih penulis haturkan pada kesempatan ini,

1. **ALLAH SWT** dan manusia paling agung (*the super leader, super manager*) **MUHAMMAD SAW**,
2. Kedua **orang tua dan keluarga** atas doa, kasih sayang dan dorongan semangat yang diberikan,
3. Bpk **Dr. Warsito** selaku dosen pembimbing sekaligus Direktur R & D *PT. Edwar Technology* yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan Penelitian Tugas Akhir ini. Bpk **Dr. Edi Sukur** selaku Dirut *PT. Edwar Technology*, serta **Romadi** dan **Sulistyan** selaku tim hardware yang telah membuat alat *DAS Ultrasonic Testing*.
4. Bpk **Dr. Prawito** selaku dosen pembimbing,
5. Bpk **Dr. Sastra Kusumawijaya** dan Ibu **Prof.Dr.Djarwani SS** selaku dosen penguji,
6. Sobat **SIID & KT** Griya Parung panjang.
7. Sobat **SG & kontrakan pocin** ; TriMbaGetir (Eka Afrina, Siti Marjuni, Tasya Agrippina Augussie Rinita Dwinta Putri), Nursalim Ridlo, Hamim,

Hoyrul Anwar, Reonardo Rendra, Didik, Doyahudin, Aris Febriantara, Salman Farishi, Ranga, Ahmad Andito, Danar Kurnia.

8. Sobat **senasib seperjuangan** ; Neni Wahyuni Yatarif, Elfira Wirza, Ahmad Novian RH, Syamsul Ma'arif.
9. Sobat **Fisika UI 2004** : Welly Anggoro, Santiko TS, Sugiharto, Budi Purnomojati, Mardhin Phasla, Doni HS, A.Rasyid Zakaria, Zamroni, Supratman, Roni, para ahli medical physics, para ahli geophysic, para ahli nuklir dan partikel, para ahli fisika material.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang penulis miliki, sudah tentu terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini serta kemungkinan jauh dari sempurna, untuk itu penulis tidak menutup diri dari segala saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak.

Akhir kata semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membantu perkembangan dunia Uji Tak Merusak (NDT) di Indonesia. Amin

Depok, 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 : Marlin Ramadhan Baidillah
NPM : 0304020469
Program Studi : S1 Fisika - Instrumentasi Elektronika
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 :

APLIKASI ULTRASONIK UNTUK PENDETEKSIAN KERETAKAN DALAM
LOGAM

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan 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 : Desember 2008
Yang menyatakan

(Marlin Ramadhan Baidillah)

ABSTRAK

Nama : Marlin Ramadhan Baidillah
Program Studi : S1 Fisika
Judul : Aplikasi Ultrasonik untuk Pendeteksian Keretakan dalam Logam

Keretakan yang dialami suatu tabung perlu diketahui sedini mungkin untuk menghindari adanya ledakan akibat tekanan operasional tabung yang tinggi. Gelombang mekanik ultrasonik yang dipancarkan pada logam tabung akan mengalami efek atenuasi yang disebabkan oleh peristiwa refleksi dari adanya perbedaan impedansi akustik. Perbedaan impedansi akustik yang disebabkan oleh keretakan akan merefleksikan gelombang mekanik ultrasonik hingga mampu mengurangi besarnya intensitas gelombang ultrasonik yang diterima. Untuk itu telah dilakukan simulasi dari sistem aplikasi ultrasonik yang dapat diaplikasikan untuk mendeteksi keretakan pada logam tabung CNG. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software COMSOL Multiphysics v3.4 yang berbasis metode elemen-hingga. Sistem disimulasikan dengan mengirim gelombang pulsa ultrasonik 5 MHz dari suatu angle-beam transduser 70 derajat kemudian akan diterima dengan transduser yang berbeda. Analisa penelitian dilakukan dengan membandingkan intensitas sinyal gelombang ultrasonik yang diterima dengan kondisi yang berbeda yaitu tidak ada retak, retak dengan berbagai variasi kedalamannya, retak dengan berbagai orientasi sudut dan posisi relatif transduser terhadap suatu keretakan.

Kata kunci :

Gelombang ultrasonik, keretakan, atenuasi, sistem aplikasi ultrasonik, Metode elemen-hingga, COMSOL Multiphysics v3.4

ABSTRACT

Name : Marlin Ramadhan Baidillah
Study Program : S1 Fisika
Title : Ultrasonic Application for Crack Detection in Metal

A crack in a high pressure tube must be identified immediately to avoid highly damaging explosion caused by pressure. Ultrasonic mechanic wave that transmits in metal will experience an attenuation effect caused by reflection when encounters obstacles with different acoustic impedance. The difference of the acoustic impedance of the crack will cause reflection of the ultrasonic wave and reduce the intensity of the transmitted ultrasonic wave. As a result, a measurement of the transmitted wave using an ultrasonic application system can be used to detect a crack in CNG metal tube. A simulation is done using COMSOL Multiphysics v3.4 software that is based on a finite element method. A crack system is simulated by sending 5 MHZ ultrasonic pulse wave from 70-degree angle-beam transducer, and then the pulse is received using a different transducer. The analysis is done along with a comparison of the received ultrasonic wave signal in different conditions, such as no crack, cracks with various depths, cracks with different angle orientations, and transducer with different positions relative to the crack.

Keywords:

Ultrasonic wave, crack, attenuation effect, ultrasonic application system, finite element method, COMSOL Multiphysics v3.4

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Sistematika Penulisan	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gelombang Ultrasonik	7
2.1.1 Karakteristik Ultrasonik	9
<i>Panjang gelombang, Frekuensi, dan Kecepatan perambatan</i>	10
<i>Tekanan, Intensitas, dan Skala dB</i>	10
2.1.2 Karakteristik Interaksi Ultrasonik Dengan Materi	11
<i>Atenuasi</i>	11
<i>Impedansi Akustik</i>	11
<i>Refleksi & Refraksi</i>	12
<i>Gelombang datang, Refleksi, dan Transmisi</i>	14
2.1.3 Penjalaran Gelombang Ultrasonik Di Padatan	15

2.2 Transduser Ultrasonik	18
2.2.1 Elemen Aktif	18
2.2.2 Damping Block	20
2.2.3 Wear Plate	20
3. SIMULASI SISTEM APLIKASI ULTRASONIK	21
3.1 Deskripsi Sistem	22
3.1.1 Persamaan Gelombang PDE Hiperbolik 2D	23
3.2 Model Sistem 2D	24
3.2.1 Pemodelan Kasus Sistem	24
3.2.2 Parameter Subdomain	26
3.2.3 Parameter Boundary Condition	26
3.2.4 Parameter Mesh	28
3.2.5 Parameter Solver	29
3.3 Deskripsi Kasus	30
4. INSTRUMEN SISTEM APLIKASI ULTRASONIK	31
4.1 Deskripsi Sistem	34
4.2 Prinsip Kerja	34
5. PEMBAHASAN	36
5.1 Hasil dan analisa percobaan simulasi	39
Simulasi I	42
Simulasi II	47
Simulasi III	49
Simulasi IV	52
5.2 Hasil dan analisa percobaan eksperimen	54
5.3 Perbandingan hasil Simulasi dengan Eksperimen	56
6. KESIMPULAN DAN SARAN	59
6.1 Kesimpulan	59
6.2 Saran	59
DAFTAR REFERENSI	61

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 5.1 Data simulasi I	41
Tabel 5.2 Data Simulasi II	46
Tabel 5.3 Data simulasi III	50
Tabel 5.4 Data Simulasi V	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
BAB II	
Gambar 2.1 Pembagian rentang frekuensi suara	8
Gambar 2.2 Ciri-ciri gelombang Longitudinal (atas) dan gelombang Transversal (bawah)	8
Gambar 2.3 Parameter dasar suatu gelombang	9
Gambar 2.4 Refleksi dan Transmisi pada arah searah garis normal	12
Gambar 2.5 Refleksi dan Transmisi pada arah miring (menyimpang dari garis normal)	14
Gambar 2.6 Tekanan dan <i>body forces</i> yang bekerja pada elemen ideal, <i>compressible fluid</i>	15
Gambar 2.7 Perpindahan P-waves dan S-waves arah sumbu n pada padatan elastik isotropic	17
Gambar 2.8 Diagram skematik interior Transduser Ultrasonik	19
Gambar 2.9 Elemen piezoelectric	19
BAB III	
Gambar 3.1 Posisi arah <i>scanning</i>	23
Gambar 3.2 Model geometri medium	23
Gambar 3.3 Posisi transduser pada metode eksperimen (atas). Bentuk Geometri Kasus 2 Dimensi, <i>free defect</i> yang disesuaikan dengan metode eksperimen (bawah)	25
Gambar 3.4 Label nomor subdomain (atas), tampilan jendela pengaturan <i>Subdomain</i> (bawah)	27
Gambar 3.5 Boundaries pada geometri model	28
Gambar 3.6 Geometri yang telah di- <i>mesh</i>	30
Gambar 3.7 Tampilan jendela pengaturan <i>Solver</i>	31
Gambar 3.8 Ilustrasi pertumbuhan keretakan pada dua tahapan awal	32

Gambar 3.9 Model bentuk crack dengan kedalaman variasi d	32
--	----

BAB IV

Gambar 4.1 Diagram skematik <i>Ultrasonic Tester Probe Angle 70°</i>	34
Gambar 4.2 Pulse generator	35
Gambar 4.3 Oscilloscope: Tektronix TDS2014	35
Gambar 4.4 Transduser Ultrasonik: TO19967, Transduser Ultrasonik : TO19966	35
Gambar 4.5 Potongan logam tabung CNG sebagai percobaan	36
Gambar 4.6 Kondisi logam tidak ada crack	37
Gambar 4.7 Kondisi logam ada crack	38

BAB V

Gambar 5.1 Geometri penentuan posisi receiver	40
Gambar 5.2 Kurva variasi nilai u untuk jarak 0 – 3.1 cm pada 5 waktu yang berbeda	40
Gambar 5.3 Model pulsa gelombang ultrasonik pada transmitter	41
Gambar 5.4 Model pulsa gelombang ultrasonik pada receiver	41
Gambar 5.5 a. Intensitas pada medium tanpa retak, b. Intensitas pada medium dengan retak	42
Gambar 5.6 Snapshot medium tanpa keretakan pada saat berturut-turut t = 0 μ s, t = 2 μ s, t = 3 μ s, t = 3.5 μ s, dan t = 4 μ s	43
Gambar 5.7 Snapshot medium tanpa keretakan pada saat berturut-turut t = 5 μ s, t = 6 μ s, t = 7 μ s, t = 8 μ s, dan t = 9 μ s	44
Gambar 5.8 Snapshot medium dengan keretakan 1250 μ m pada saat berturut-turut t = 2 μ s, t = 3 μ s, t = 3.5 μ s, t = 4 μ s, dan t = 5 μ s	45
Gambar 5.9 Snapshot medium dengan keretakan 1250 μ m pada saat berturut-turut t = 6 μ s, t = 7 μ s, t = 8 μ s, t = 9 μ s, dan t = 10 μ s	46
Gambar 5.10 Grafik efek kedalaman keretakan terhadap Intensitas Ultrasonik	48
Gambar 5.11 Model retak dengan orientasi sudut -50^0 dan $+50^0$	50

Gambar 5.12 Grafik hubungan antara orientasi sudut keretakan dengan intensitas	50
Gambar 5.13 Perbandingan sisi tegak antara dua keretakan yang beda sudut orientasinya, (kiri) $+50^0$ (kanan) -50^0	51
Gambar 5.14 Pengaruh perubahan posisi relatif keretakan dan transduser terhadap intensitas	53
Gambar 5.15 Variasi posisi eksperimen dan hasilnya	55
Gambar 5.16 Kurva perbandingan hasil simulasi dengan eksperimen	56
Gambar 5.17 Geometri variasi kedalaman rongga 1 (atas), 2 (tengah), dan 3 (bawah)	57
Gambar 5.18 perbandingan amplitudo antara berbagai variasi kedalaman untuk hasil simulasi (kiri) dan eksperimen (kanan). Dari atas, pertama: tak ada rongga, kedua: kedalaman 1, ketiga: kedalaman 2, dan keempat: kedalaman 3	58

LAMPIRAN

Gambar A.1 Logo COMSOL Multiphysics	63
Gambar D.1 Osiloskop Tektronix TDS 4 Channel	68
Gambar E.1 Tabung-tabung CNG	73
Gambar E.2 Diagram skematik Tabung CNG	74

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. COMSOL Multiphysics 3.4	63
LAMPIRAN B. Transduser Ultrasonik TO19967	66
LAMPIRAN C. Transduser Ultrasonik TO19966	67
LAMPIRAN D. Osiloskop Tektronix TDS 2014	68
LAMPIRAN E. Tabung gas CNG Untuk Sektor Transportasi	73
LAMPIRAN F. COMSOL MULTIPHYSICS Model M – File	75