



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA LAJU KOROSI BERDASARKAN PERBANDINGAN
HASIL KUPON, *CORROSION MODELLING*, DAN
PENGUKURAN *METAL LOSS* PADA SISTEM PERPIPAAN
MINYAK DAN GAS BUMI DI LAPANGAN LEPAS PANTAI**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

**GOFAR ISMAIL AJI
0806422914**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
JUNI 2010**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul:

**ANALISA LAJU KOROSI BERDASARKAN
PERBANDINGAN HASIL KUPON, *CORROSION*
MODELLING, DAN PENGUKURAN *METAL LOSS* PADA
SISTEM PERPIPAAN MINYAK DAN GAS BUMI DI
LAPANGAN LEPAS PANTAI**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Program Studi Korosi dan Proteksi Logam Departemen Metalurgi Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 24 Juni 2010

Gofar Ismail Aji

NPM 0806422914

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Gofar Ismail Aji
NPM : 0806422914
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Tesis : Analisa laju korosi berdasarkan perbandingan hasil kupon, *corrosion modelling*, dan pengukuran *wall loss* pada system perpipaan minyak dan gas bumi di Lapangan lepas pantai.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi, DEA ()
Penguji 1 : Ir. Rini Riastuti, M.Sc.. ()
Penguji 2 : Dra. Sari Katili, M.Si. ()
Penguji 3 : Deni Ferdian, ST, M.Sc. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 2 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, bahwasannya atas kehendak-Nyalah Tesis ini bisa diselesaikan sebagaimana mestinya. Tesis dengan judul “**Analisa Laju Korosi berdasarkan Perbandingan Hasil Kupon, Model Korosi, dan Pengukuran *Wall Loss* pada Sistem Perpipaan Industri Minyak dan Gas Bumi di Lapangan lepas pantai**” ini, semoga bisa memberikan suatu catatan dan pandangan baru dalam bidang ilmu korosi khususnya dalam hal monitoring korosi, dan sekaligus berguna dalam hal penanganan korosi di industri minyak dan gas.

Tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu sehingga Tesis ini dapat diselesaikan, antara lain kepada **Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi S, DEA** selaku pembimbing tesis, **Prof. Dr. Ing. Bambang Suharno** selaku pembimbing akademik, **Ir. Ifan Rifandi** dan **corrosion team** di PHE ONWJ yang telah banyak membantu dalam menyediakan data – data, dan berbagai pihak yang telah menyediakan waktu, tempat dan memberikan saran kepada penulis pada saat menyelesaikan Tesis ini.

Besar harapan penulis agar Tesis ini bisa menjadi inspirasi dan sekaligus memotivasi para pembaca untuk mengembangkan hal – hal yang ilmiah dan praktis terkait dengan bidang monitoring korosi.

Depok, 24 Juni 2010

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : Gofar Ismail Aji
NPM : 0806422914
Program Studi : Korosi dan Proteksi
Departemen : Teknik Metalurgi Material
Fakultas : Teknik Universitas Indonesia
Jenis karya : Tesis

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:

Analisa Laju Korosi Berdasarkan Perbandingan Hasil Kupon, Corrosion Modelling, dan Pengukuran *Wall Loss* Pada Sistem Perpipaan Minyak dan Gas Bumi di Lapangan Lepas Pantai

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, 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 : 24 Juni 2010

Yang menyatakan

Gofar Ismail Aji

ABSTRAK

Gofar Ismail Aji NPM 0806422914 Departemen Metalurgi & Material	Dosen Pembimbing Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M, DEA
ANALISA LAJU KOROSI BERDASARKAN PERBANDINGAN HASIL KUPON, <i>CORROSION</i> <i>MODELLING</i>, DAN PENGUKURAN <i>METAL LOSS</i> PADA SISTEM PERPIPAAN MINYAK DAN GAS BUMI DI LAPANGAN LEPAS PANTAI	
Abstrak <p>Proses korosi yang alaminya terjadi pada komponen utama penggerak industri, material logam, semakin penting untuk dapat dikendalikan dan berbagai usaha dilakukan antara lain dengan adjustment pada parameter operasi dan faktor alam yang terlibat. Proses monitoring dan control terpadu, untuk memonitor dan bahkan mengukur ancaman korosi yang terjadi dilakukan dengan berbagai tipe mekanisme pelaksanaan dan piranti. Penggunaan model simulasi pengukuran korosi disertai dengan monitoring korosi dan inspeksi kerap digunakan sekaligus untuk memperoleh profil laju korosi yang semakin representatif dengan kondisi actual yang terjadi pada logam. Pemahaman terhadap faktor – faktor yang berpengaruh dalam ketiga kegiatan tersebut sebelumnya sangat penting dalam menginterpretasi hasil keluaran yang didapat dari 3 mekanisme tersebut dalam tingkat sensitifitas berbagai variabel alamiah dan operasional dengan keluaran yang dihasilkan.</p> <p>Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan terhadap hasil keluaran laju korosi yang diperoleh dari proses simulasi perangkat lunak, monitoring korosi dengan metode kupon dan hasil inspeksi pembacaan ketebalan dengan peralatan ultrasonic. Penelitian dilakukan pada system perpipaan pada fasilitas produksi minyak lepas pantai, dengan 3 tipe lingkungan kajian, lingkungan multifasa, berbasis minyak dan lingkungan berbasis gas. Dari hasil keluaran yang diperoleh dari 3 metode tersebut kemudian diperoleh korelasi tertinggi antara laju korosi pada kupon dengan penghitungan perangkat lunak pada pipa dengan aliran minyak. Sementara itu untuk laju korosi pada kupon dengan laju penipisan dinding pipa diperoleh korelasi dengan koefisien tertinggi juga pada aliran minyak.</p> <p>Hasil laju korosi yang berbeda – beda dan seringkali tidak konsisten dari perbandingan ketiga metode tersebut lebih disebabkan oleh posisi pemasangan kupon yang tidak representatif (untuk kupon pada posisi arah jam 3 dan 9)</p>	
Kata kunci: <i>Monitoring Korosi, Simulasi Korosi</i>	

ABSTRACT

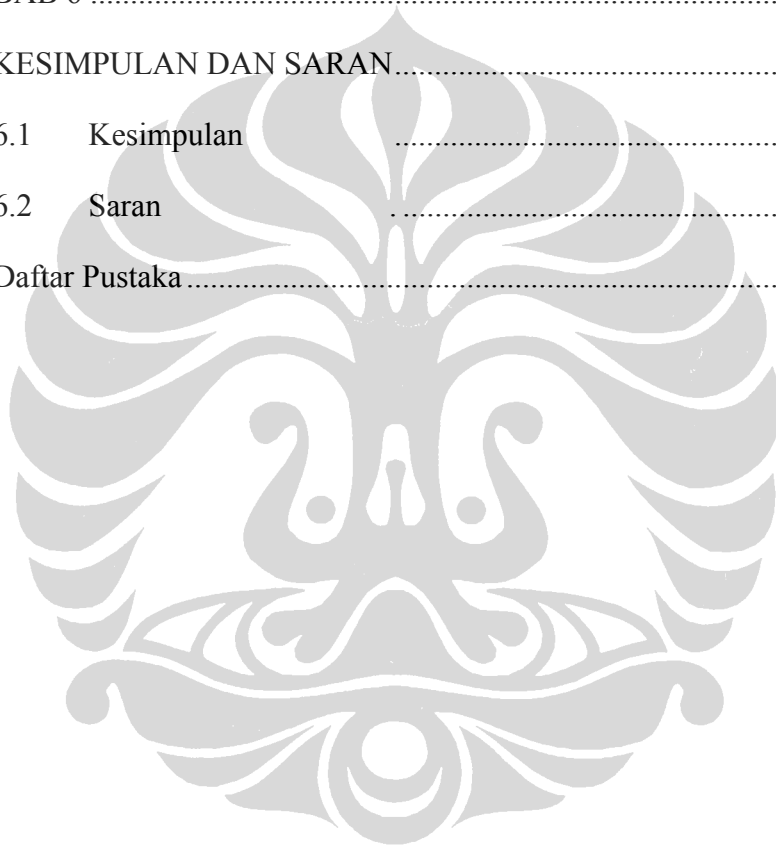
Gofar Ismail Aji NPM 0806422914 Department of Metallurgy & Materials	Conselor: Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M, DEA
CORROSION RATE ANALYSIS BASED ON COMPARISON STUDY OF CORROSION COUPON, CORROSION MODELLING AND METAL LOSS CALCULATION ON OFFSHORE OIL AND GAS PIPING SYSTEM	
Abstract <p>Corrosion process naturally and readily occurs at metal surface, the backbone material of almost all operating equipment in oil and gas industry. Various methods and mechanisms are put operational to control and monitor corrosion process in order to maintain operational continuity by having provided latest update information about metal based equipment. Simulation model is also applied in order to predict corrosivity of the system by using operating parameter combined with natural existing parameter. Actual and predicted corrosion rate are valuable output expected from these methods, and with correct understanding of these methods, proper interpretation and specific data significancy can be used as decision bases.</p> <p>In this study, output comparison of corrosion rate measurement methods is conducted, involving data retrived from coupon monitoring, corrosion rate simulation and thickness inspection data from ultrasonic test. Samples are taken from oil and gas offshore piping system, with 3 types of environment, multiphase, oil based and gas. Correlation factor between each metods of corrosion rate measurement is concluded by graphical and linear formulation comparison, with closest relation found in oil based system.</p> <p>Any difference and inconsistency found from 3 corrosion rate measurement method are most likely as the result of sensitivity factor dissimilarity of each method, one of which is coupon positioning, specifically at 3 and 9 o'clock position.</p>	
Keywords: Corrosion monitoring, corrosion simulation.	

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup Kajian	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Sasaran	4
BAB 2	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Korosi CO ₂	6
2.1.1 Mekanisme Korosi Korosi CO ₂ :	6
2.1.2 Faktor – Faktor yang mempengaruhi Korosi CO ₂ :	8
2.1.3 Lapisan Korosi	10
2.2 Korosi H ₂ S	15

2.3	Laju Korosi	18
2.4	Pengukuran Laju Korosi	18
2.4.1	Weight Loss Coupon.....	18
2.5	Pemodelan Korosi	20
BAB 3		25
METODE PENELITIAN.....		25
3.1	Diagram Alir Penelitian	25
3.2	Metodologi Penelitian	26
3.3	Alat dan Bahan	28
BAB 4		30
DATA HASIL PENGUJIAN.....		30
BAB 5		34
ANALISA HASIL PENELITIAN.....		34
5.1.	Perbandingan Kupon dengan Hasil Software.....	34
5.1.1.	Aliran Multifasa	34
5.1.2.	Aliran Minyak.....	37
5.1.3.	Aliran Gas	39
5.1.4.	Analisa Tingkat Akurasi Hasil.....	43
5.2.	Perbandingan Kupon dengan Laju Penipisan Pipa.....	44
5.2.1.	Aliran Multifasa	45
5.2.2.	Aliran Minyak.....	47
5.2.3.	Aliran Gas	48
5.2.4.	Analisa Tingkat Akurasi Hasil.....	50
5.3.	Perbandingan Hasil Keluaran <i>Software</i> dengan Laju Penipisan Pipa.....	52
5.3.1.	Aliran Multifasa	53

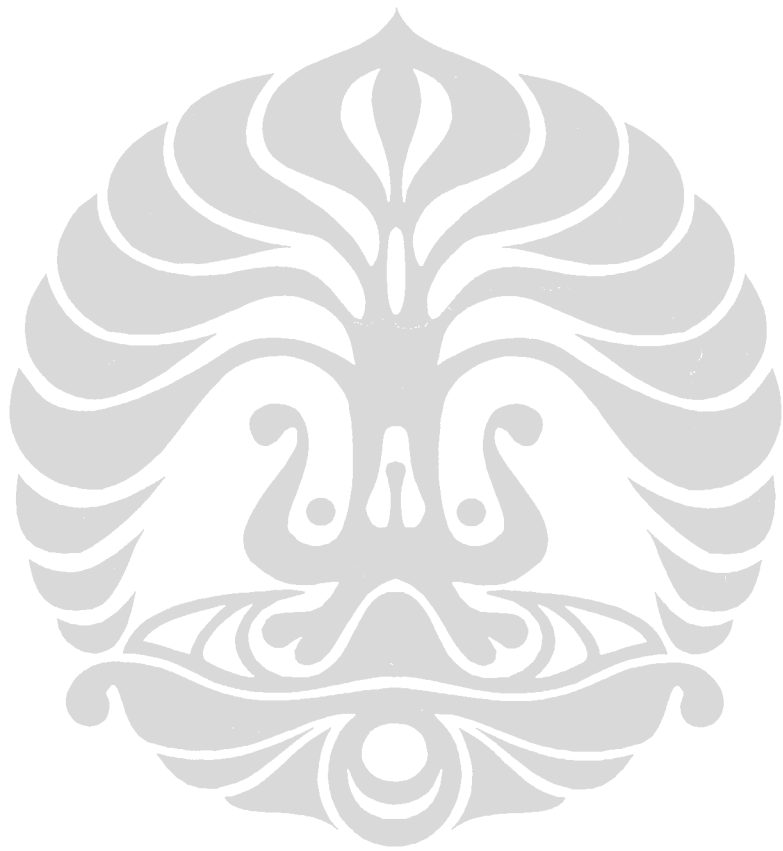
5.3.2. Aliran Minyak	54
5.3.3. Aliran Gas	56
5.4. Analisa Korosi pada Sampel Kupon	57
5.4.1. Sampel Kupon pada Aliran Multifasa.....	57
5.4.2. Sampel Kupon pada Aliran Minyak.....	58
5.4.3. Sampel Kupon pada Aliran Gas	60
BAB 6	62
KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
6.1 Kesimpulan	62
6.2 Saran	63
Daftar Pustaka	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan daya larut gas CO ₂ dan O ₂ ⁽⁸⁾	7
Tabel 2.2. Tabel Hubungan laju korosi dan ketahanan korosi ⁽¹¹⁾	18
Tabel 2.3. Keuntungan dan kerugian penggunaan kupon dalam penghitungan laju korosi.....	20
Tabel 4.1. Data sampel uji	30
Tabel 4.2. Data sampel uji	31
Tabel 4.3. Data sampel uji (lanjutan).....	32
Tabel 4.4. Data sampel uji	32
Tabel 4.4. Data sampel uji (Lanjutan).....	33
Tabel 5.1 Data Hasil Penelitian pada Aliran Multifasa	35
Tabel 5.2 Data Hasil Penelitian pada aliran minyak.....	38
Tabel 5.3 Data hasil penelitian pada aliran gas.....	40
Tabel 5.4 Data hasil penelitian pada aliran gas (lanjutan).....	41
Tabel 5.5 Data hasil penelitian kupon dan laju penipisan dinding pipa pada aliran multifasa.....	45
Tabel 5.6 Data hasil penelitian kupon dan laju penipisan dinding pipa pada aliran minyak.....	47
Tabel 5.7 Data hasil penelitian kupon dan laju penipisan dinding pipa pada aliran gas.....	49
Tabel 5.8 Data hasil kalkulasi <i>software</i> dan laju penipisan dinding pipa pada aliran multifasa.....	53
Tabel 5.9 Data hasil kalkulasi <i>software</i> dan laju penipisan dinding pipa pada aliran gas.....	55

Tabel 5.10 Data hasil kalkulasi *software* dan laju penipisan dinding pipa pada aliran gas..... 56



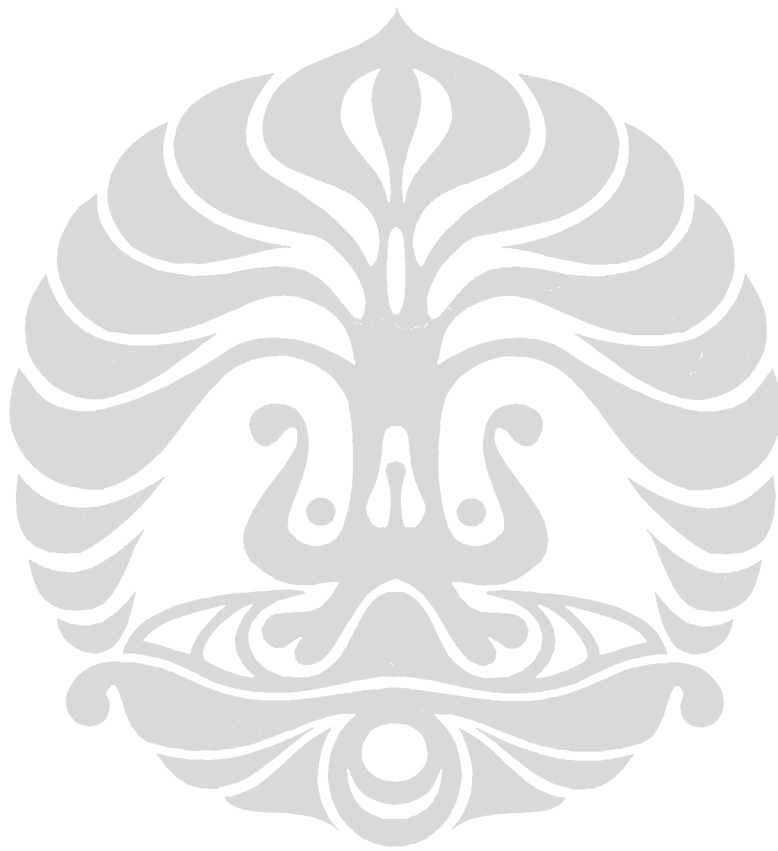
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Citra SEM lapisan besi karbonat.....	11
Gambar 2.2. Hubungan antara laju korosi dengan temperatur sistem ⁽⁷⁾	12
Gambar 2.3. Hubungan antara laju korosi dengan pH system ⁽⁷⁾	13
Gambar 2.4. Hubungan antara laju korosi dengan kandungan Fe ⁽⁷⁾	13
Gambar 2.5. Hubungan antara laju korosi dengan laju alir sistem ⁽⁷⁾	14
Gambar 2.6. Bentuk lapisan permukaan yang potensial terjadi pada system korosi CO ₂ ⁽⁸⁾	15
Gambar 2.7. Lapisan permukaan baja pada system H ₂ S/CO ₂	16
Gambar 2.8. Efek Rasio H ₂ S:CO ₂ pada Korosi yang terjadi.....	17
Gambar 2.9. Susunan Pemasangan Kupon.....	19
Gambar 2.10. Diagram alir tahapan perhitungan dalam perhitungan laju korosi dnegan simulasi perangkat lunak.....	23
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3.2. Tampilan software ECE.....	26
Gambar 3.3. Skematika <i>strip coupon</i> yang digunakan dalam pengukuran. (NACE RP 0775) ⁽¹³⁾	27
Gambar 3.4. Beberapa tipe dan jenis kupon.....	27
Gambar 3.5. Skematika pemasangan kupon.....	28
Gambar 5.1 Kurva perbandingan hasil laju korosi ECE vs Kupon pada aliran Multifasa.....	36
Gambar 5.2 Kurva perbandingan hasil laju korosi <i>software</i> dengan Kupon pada aliran Multifasa.....	39
Gambar 5.3 Kurva perbandingan hasil laju korosi ECE vs Kupon pada aliran Gas.....	42

Gambar 5.4 Tingkat akurasi hasil prediksi laju korosi terhadap hasil kupon.	43
Gambar 5.5 Perbedaan tingkat akurasi hasil perhitungan menggunakan model terhadap laju korosi sebenarnya ⁽¹⁴⁾	44
Gambar 5.6 Perbandingan laju korosi hasil kupon dengan laju penipisan pipa pada aliran multifasa.....	46
Gambar 5.7 Perbandingan laju korosi hasil kupon dengan laju penipisan pipa pada aliran minyak.....	47
Gambar 5.8 Perbandingan laju korosi hasil kupon dengan laju penipisan pipa pada aliran gas.	50
Gambar 5.9 Perbandingan laju korosi hasil kupon dengan laju penipisan pipa pada posisi kupon arah jam 3 dan jam 9.....	51
Gambar 5.10 Perbandingan laju korosi hasil kupon dengan laju penipisan pipa pada posisi kupon arah jam 6 dan jam 12.	52
Gambar 5.11 Perbandingan laju korosi hasil <i>software</i> dengan laju penipisan pipa pada aliran multifasa.....	54
Gambar 5.12 Perbandingan laju korosi hasil <i>software</i> dengan laju penipisan pipa pada aliran minyak.	55
Gambar 5.13 Perbandingan laju korosi hasil <i>software</i> dengan laju penipisan pipa pada aliran gas.....	56
Gambar 5.14 Kupon pada CO ₂ 3 % dengan laju korosi 0,0335 mm/tahun. Perbesaran 100x.	57
Gambar 5.15 Kupon pada CO ₂ 0.5 % dengan laju korosi 0,0012 mm/tahun. Perbesaran 100x.	58
Gambar 5.16 Kupon pada CO ₂ 11 % dengan laju korosi 0,0092 mm/tahun. Perbesaran 100x.	59
Gambar 5.17 Kupon pada CO ₂ 1 % dengan laju korosi 0,0024 mm/tahun. Perbesaran 100x.	59

Gambar 5.18 Kupon pada CO₂ 25 % dengan laju korosi 0,0493 mm/tahun.
Perbesaran 100x. 60

Gambar 5.19 Kupon pada CO₂ 1 % dengan laju korosi 0,0003 mm/tahun.
Perbesaran 100x. 61



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	68
------------------	----

