

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan Tesis ini.

Dalam penyusunan Tesis dengan judul “Efektivitas Penggunaan Anoda Korban Paduan Aluminium Pada Pelat Baja Kapal AISI E 2512 Terhadap Laju Korosi Di Dalam Media Air Laut (*Effectiveness Of Using Sacrificial Anode Of Aluminum Alloy For Ship Steel Plate Of AISI E 2512 On Corrosion Rate In The Media Of Sea Water*)”, penulis mendapatkan bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Dr.AP.Bayuseno, Selaku Pembimbing serta Penguji, yang telah memberi masukan dan saran demi penyempurnaan Tesis ini.
2. Rusnaldy, PhD, Selaku Co Pembimbing, dan Penguji yang dengan penuh tanggung jawab memberi bimbingan dalam penulisan Tesis ini.
3. Sri Nugroho, PhD dan DR. Achmad Widodo, selaku Tim Penguji Tesis yang telah banyak memberikan masukan dan saran demi penyempurnaan Tesis ini.
4. Seluruh Staf Pengajar Magister Teknik Mesin, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang, yang telah memberi bekal ilmu kepada penulis.
5. Karyawan/karyawati pada Program Magister Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
6. Bapak Ir. H. Moch Sjafari Selaku Direktur Teknik PT. Jasa Marina Indah, Semarang , beserta Staf , yang telah memberikan data, informasi pada proses pembuatan Tesis.
7. Rekan-rekan kelas MTM angkatan 2007, yang banyak memberikan dorongan untuk menyelesaikan studi.
8. Semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tesis ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, sehingga sangat diharapkan saran dan masukan yang dapat mendukung penyempurnaan penulisan Tesis ini.

Akhirnya penulis berharap bahwa Tesis ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua.

Semarang, 6 juli 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL.....	i
PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Pembatasan Masalah.....	5
1.6 Originalitas Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Pengertian Korosi	8
2.2. Mekanisme Korosi	8
2.3. Korosi pada Media Air Laut	9
2.4. Korosi Pelat Baja Lambung Kapal	16
2.5. Perlindungan Korosi dengan Anoda Korban.....	19
2.6. Perhitungan Laju Korosi Pelat Baja dengan Perlindungan Anoda Korban.....	22
2.7. Perhitungan Kebutuhan Anoda Korban.....	22
2.8. Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut	28

2.9. Perlindungan Baja Menggunakan Anoda Korban Aluminium dalam Air Laut Buatan.....	30
2.10. Hubungan Efisiensi Anoda Korban Al-Zn-In terhadap Perpindahan Grafik Polarisasi Menggunakan Metode Potensial Dinamik.....	31
2.11. Karakteristik Elektrokimia Paduan AL-Zn-Mg sebagai Anoda Korban Dalam Air Laut.....	32
2.12. Karakteristik Bahan Anoda Korban Melalui Pengujian Laboratorium.....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	34
3.2. Observasi Lapangan	35
3.3. Eksperimen Laboratorium.....	39
3.4. Material Spesimen Uji.....	41
3.5. Perhitungan Laju Korosi.....	48
3.6. Perbandingan Laju Korosi Hasil Eksperimen Laboratorium.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Data dan Analisa Observasi Lapangan.....	50
4.2. Data dan Analisa Eksperimen Laboratorium	70
4.3. Perbandingan Hasil Eksperimen Laboratorium	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	82
5.2. Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	84
LAMPIRAN.....	86

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran.1. Sertifikat Pengujian Baja	86
Lampiran.2. Spesifikasi Baja AISI E 2512.....	87
Lampiran.3. Spesifikasi Anoda Korban Al-Si-Cu.....	88
Lampiran.4. Pengujian unsur paduan anoda korban Al-A.....	89
Lampiran.5. Pengujian unsur paduan anoda korban Al-B.....	90
Lampiran.6. Sertifikat hasil inspeksi anoda korban KI-AL1.....	91
Lampiran.7. Anoda korban BKI.....	92
Lampiran.8. Hasil pengujian kadar garam (salinitas).....	93
Lampiran.9. Data Observasi Lapangan.....	94
Lampiran.10. Data Hasil Uji Celup.....	96
Lampiran.11. Proses ekperimen pengujian celup.....	99
Lampiran.12. Proses ekperimen pengujian celup.....	100
Lampiran.13. Hasil pengujian korosi spesimen uji A hari ke 1.....	101
Lampiran.14. Hasil pengujian korosi spesimen uji B hari ke 1.....	102
Lampiran.15. Hasil pengujian korosi spesimen uji C hari ke 1.....	103
Lampiran.16. Hasil pengujian korosi spesimen uji D hari ke 1.....	104
Lampiran.17. Hasil pengujian korosi spesimen uji A hari ke 10.....	105
Lampiran.18. Hasil pengujian korosi spesimen uji B hari ke 10.....	106
Lampiran.19. Hasil pengujian korosi spesimen uji C hari ke 10.....	107
Lampiran.20. Hasil pengujian korosi spesimen uji D hari ke 10.....	108
Lampiran.21. ASTM Designation : D-1141-98.....	109
Lampiran.22. ASTM Designation : G1-81.....	114
Lampiran.23. ASTM Designation : G31-72.....	126
Lampiran.24. ASTM Designation : G71-81.....	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar.2.1. Terjadi korosi dibawah <i>mill scale</i>	12
Gambar.2.2. Laju korosi berdasarkan zona korosi.....	13
Gambar.2.3. Laju korosi karena pengaruh dari salinitas udara.....	13
Gambar.2.4. Pelat lambung kapal (<i>LCT Containers Carrier : MV. Sirena</i>)...	17
Gambar.2.5. Lajur pelat lambung kapal.....	17
Gambar 2.6. Sel korosi basah sederhana.....	19
Gambar 2.7. Desain Secara Umum Anoda Korban.....	26
Gambar.3.1 . Diagram alir penelitian.....	34
Gambar.3.2 . KM ADRI XLIV.....	35
Gambar.3.3 . Alat ukur ketebalan pelat (<i>ultrasonic test</i>).....	36
Gambar.3.4 . Titik-titik pengukuran pelat dengan <i>ultrasonic test</i>	38
Gambar.3.5 . Bak plastik.....	39
Gambar.3.6 . Kertas pH indikator.....	40
Gambar.3.7 . .Spesimen uji pelat baja (12 buah).....	42
Gambar.3.8 . .Anoda korban paduan aluminium.....	43
Gambar.3.9. Bak air untuk pengujian korosi.....	45
Gambar.3.10. Susunan spesimen uji dalam bak air laut.....	46
Gambar.3.11.. Waktu pelaksanaan uji celup.....	47
Gambar.4.1. Potongan melintang KM ADRI XLIV.....	50
Gambar.4.2 Diagram pengurangan tebal pelat lambung akibat korosi.....	52
Gambar.4.3. Diagram penurunan berat lajur pelat lambung secara vertikal kapal.....	54
Gamabr.4.4. Diagram Laju korosi pelat lambung secara vertikal kapal.....	55
Gambar.4.5. Tumbuhan dan hewan laut yang menempel di pelat lambung kapal (<i>fouling</i>).....	57
Gambar.4.6. Pelat lambung memanjang kapal.....	57
Gambar.4.7. Pengurangan tebal pelat lambung arah memanjang kapal.....	58
Gambar.4.8. Diagram penurunan berat pelat lambung arah memanjang Kapal.....	60

Gambar.4.9. Laju korosi pelat lambung secara memanjang kapal pada lajur pelat kapal sesuai perhitungan.....	61
Gambar.4.10. Pandangan samping posisi anoda korban pada lajur pelat lambung kapal sesuai perhitungan.....	67
Gambar.4.11. Pandangan atas posisi anoda korban pada lajur pelat sesuai perhitungan.....	68
Gambar.4.12. Posisi penempatan anoda korban pada pelat lambung kapal yang sesungguhnya.....	69
Gambar.4.13. Grafik Perbandingan laju korosi spesimen uji pelat baja, A, B, C dan D.....	74
Gambar.4.14. Perbandingan laju korosi anoda korban A, B, dan C.....	77
Gambar.4.15. Perbandingan laju korosi rata-rata spesimen uji pelat baja.....	78
Gambar.4.16. Perbandingan laju korosi rata-rata spesimen uji pelat baja A, B, C dan D pada hari ke 10.....	79
Gambar.4.17. Perbandingan laju korosi anoda korban paduan : Aluminium A, B dan C.....	80
Gambar.4.18. Laju korosi anoda korban aluminium A, B dan C pada hari ke 10.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 . Dasar pemilihan anoda korban.....	2
Tabel 1.2 . Jumlah kapal yang naik dok tahun 2004 – 2008 di PT. JMI.....	2
Tabel 1.3 . Jumlah Pembangunan Kapal di PT. JMI.....	3
Tabel.2.1 . Unsur pokok dalam media air laut (klorida = 19 bagian per 1000).	10
Tabel.2.2. Pengaruh perubahan lingkungan air laut terhadap korosi baja.....	14
Tabel.2.3. Konsentrasi Ion/Molekul pada air laut (densitas 1,023 g/cm ³ pada 25°C (75°F).....	15
Tabel.2.4. Sifat mekanis baja kapal.....	17
Tabel.2.5. Anoda korban Aluminium aplikasi dalam media air laut.....	21
Tabel.2.6. Anoda korban Seng aplikasi dalam media air laut.....	21
Tabel.2.7. Desain rata – rata densitas berdasarkan kedalaman dan iklim.....	23
Tabel 2.8. Konstanta (k_1 dan k_2) untuk perhitungan faktor kerusakan pelapis.....	24
Tabel 2.9. Desain nilai <i>Electrochemical efficiency</i> untuk Al dan Zn pada anoda korban.....	25
Tabel 2.10. Desain faktor guna anoda korban.....	25
Tabel 2.11. Sirkuit tertutup potensial anoda untuk Al dan Zn berdasarkan anoda korban.....	27
Tabel 2.12. Formula hambatan anoda korban (R_a).....	27
Tabel 2.13. Komposisi kimia anoda korban paduan seng dan paduan aluminium.	28
Tabel 2.14. Komposisi kimia anoda korban paduan aluminium.....	30
Tabel.3.1. Data observasi tebal pelat lambung kapal.....	37
Tabel 3.2. Komposisi kimia pelat baja.....	41
Tabel 3.3. Kekuatan tarik pelat baja.....	42
Tabel.3.4. Anoda korban paduan aluminium.....	44
Tabel 3.5. Kandungan garam terlarut (gr/l) dalam air laut.....	45
Tabel.3.6. Data penurunan berat pelat baja.....	47
Tabel.4.1. Pengurangan tebal lajur pelat lambung kapal.....	51
Tabel.4.2. Penurunan berat dan laju korosi lajur pelat lambung kapal.....	53
Tabel.4.3. Pengurangan tebal pelat lambung arah memanjang kapal.....	58
Tabel.4.4. Penurunan berat dan laju korosi arah memanjang kapal.....	59

Tabel.4.5. Kebutuhan berat anoda korban.....	65
Tabel.4.6. Jumlah anoda korban yang dibutuhkan.....	66
Tabel.4.7. Penambahan 20% jumlah anoda korban yang dipasang.....	66
Tabel.4.8. Jarak penempatan anoda korban yang dipasang.....	67
Tabel.4.9. Selisih berat rata-rata spesiemen uji A, B, C dan D pada hari 0 sd 10	72
Tabel.4.10. Laju korosi spesimen uji pelat baja A, B, C dan D.....	73
Tabel .4.11. Laju korosi anoda korban paduan aluminium : A, B dan C.....	75
Table.4.12. Perbandingan komposisi kimia anoda korban paduan aluminium A. B dan C.....	76

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Halaman
CSE	Copper Sulphite Electrodes	16
DFT	Dry Film Thickness	24
SCE	Silver Chloride Electrodes	34

Lambang	Nama	Satuan	Halaman
A	Luas permukaan area	(m ²)	27
A	Luas yang terproteksi	(cm ²)	29
A _c	Area yang terproteksi	(m ²)	25
A _{w1} -A _{w3}	Berat spesimen uji pelat baja dengan anoda korban produk A	(gram)	50
B	Lebar Kapal	(m)	25
B _{w1} -B _{w3}	Berat spesimen uji pelat baja dengan anoda korban produk B	(gram)	50
C _R	Laju korosi	(mm/th)	24
C _{w1} -C _{w3}	Berat spesimen uji pelat baja dengan anoda korban produk C	(gram)	50
D	Densitas	(gram/cm ³)	24
D _{w1} -D _{w3}	Berat spesimen uji pelat baja tanpa anoda korban	(gram)	50
E	Electrochemical efficiency anoda korban	Ah/kg	25
f _c	Faktor kerusakan lapisan	Ampere	25
I _c	Permintaan arus proteksi	Ampere	25
i _c	Faktor desain arus densitas	A/m ²	25
I _s	Arus yang keluar dari anoda korban	Ampere	28
K	Konstanta = 8,76 x 10 ⁴		24
L _a	Panjang Anoda korban	(m)	29
L _{bp}	Panjang antara garis tegak kapal	(m)	25
M	Massa anoda korban	(kg)	25
r	Radius anoda	(m)	29
R _a	Hambatan anoda	(Ohm.m)	28
S	Perhitungan rata - rata dari panjang dan lebar anoda	(m)	24
T	Waktu	(jam)	25
T	Sarat air kapal	(m)	46

t_1-t_{110}	Waktu ekspose hari ke 1 s.d. 10	hari	50
t_f	Umur proteksi	(tahun)	46
t_k	Tebal kritis pelat baja kapal	(mm)	46
t_{R1}	Tebal pelat akhir rata-rata setelah 3 tahun tercelup atau berada dalam media air laut	(mm)	46
t_{R0}	Tebal pelat awal rata-rata yang tercelup atau berada dalam media air laut	(mm)	55
w	Massa yang terkorosi	(gram)	24
W_0	Berat awal pelat lambung kapal	(gram)	24
W_1	Berat akhir pelat lambung kapal	(gram)	24
Δt_R	Pengurangan tebal pelat awal rata-rata dengan tebal pelat akhir rata-rata	(mm)	24
ΔW	Selisih Berat Awal dengan Berat Akhir Pelat Lambung Kapal	(gram)	24
ρ	Faktor jenis kapal, untuk kapal cargo nilainya 0,85	kg/cm ³	62
$E^{\circ c}$	Desain proteksi potensial, dimana untuk air laut Ag/AgCl = -0,80 V	(Volt)	28
$E^{\circ a}$	Desain proteksi potensial anoda	(Volt)	28
ρ	Resistivitas lingkungan	(ohm.m)	62
μ	Faktor guna anoda korban		