



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS KOROSI EROSI BAJA TAHAN KARAT A 304
DAN BAJA KARBON MEDIUM PADA MEDIA AIR LAUT**

TUGAS AKHIR

**DANANG SUGI ATMOJO
L2E606019**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

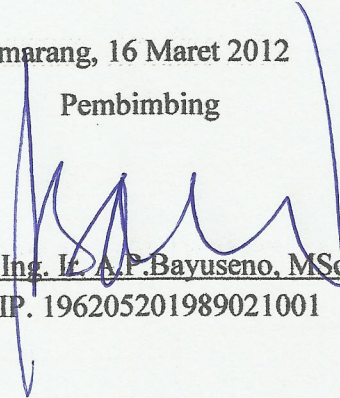
SEMARANG

2012

TUGAS AKHIR

- Diberikan Kepada : Nama : Danang Sugi Atmojo
NIM : L2606019
- Dosen Pembimbing : Dr. Ing. Ir. A.P. Bayuseno, MSc
- Jangka Waktu : -
- Judul : **Analisis Korosi Erosi Baja Tahan Karat A 304 dan Baja Karbon Medium Pada Media Air Laut**
- Isi Tugas : 1. Pengujian *erosion corrosion* pada media air laut dengan pipa baja tahan karat A 304 dan baja karbon medium.
2. Menghitung laju korosi erosi pada material uji setelah 100 jam pengujian menggunakan alat uji korosi erosi.
3. Menganalisa hasil *SEM* dan *EDS* korosi erosi material uji setelah 100 jam menggunakan alat uji korosi erosi.

Semarang, 16 Maret 2012
Pembimbing



Dr. Ing. Ir. A.P. Bayuseno, MSc
NIP. 196205201989021001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Danang Sugi Atmojo

NIM : L2E606019

Tanda Tangan : 

Tanggal : 16 Maret 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Danang Sugi Atmojo

NIM : L2E606019

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisis Korosi Erosi Baja Tahan Karat A 304 Dan Baja Karbon Medium Pada Media Air Laut

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

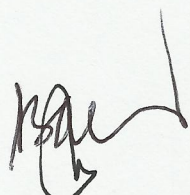
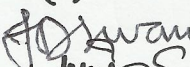

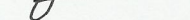
TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ing. Ir. A.P.Bayuseno, MSc.

Penguji : Dr. Ir. Eflita Yohana, MT.

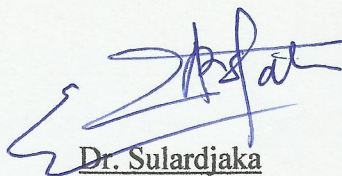
Penguji : Dr. Joga Dharma Setiawan, MSc.

Penguji : Yusuf Umardani, ST, MT.

()
()
()
()

Semarang, 16 Maret 2012

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Sulardjaka

NIP.197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Danang Sugi Atmojo
NIM : L2E606019
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

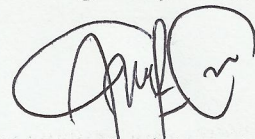
**ANALISIS KOROSI EROSI BAJA TAHAN KARAT A 304 DAN BAJA KARBON
MEDIUM PADA MEDIA AIR LAUT**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro 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 : Semarang
Pada Tanggal : Maret 2012

Yang menyatakan



(Danang Sugi Atmojo)
NIM. L2E606019

Persembahan

Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada :
Kedua orangtuaku tercinta, Sugiono dan Sri
Murniyati serta kedua adiku tersayang
Rakhmatika Sri Wardani dan Diah Ayu
Puspita Sari yang senantiasa memberikan
dorongan dan do'a tidak pernah putus.

Motto

“Selama masih percaya dengan Tuhan tidak ada yang tidak mungkin di dunia ini.”

“Ikhtiar dan doa berbanding lurus dengan hasil.”

ABSTRAK

Erosion corrosion adalah proses perusakan lapisan film pada permukaan material dengan gaya mekanik dari fasa kedua seperti padatan, gas, dan lain-lain. Bentuk korosi ini lazim sekali dijumpai di lingkungan industri seperti : industri perkapalan, perminyakan, dan industri – industri konstruksi logam.

Dalam tugas akhir ini dimaksudkan untuk memahami fenomena *Erosion corrosion* secara teoritis dalam material dan mengkaji pengaruh kecepatan fluida air laut terhadap *Erosion corrosion* baja tahan karat *A 304* dan baja karbon medium, sehingga dapat mengetahui pengaruh media korosi terhadap laju korosi, lamanya waktu terjadi korosi erosi dan struktur serta komposisi kimia dari material uji. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat uji korosi erosi yang berupa sistem aliran tertutup. Alat uji ini terdiri dari pompa, tangki air, pipa sebagai penyalur aliran, dan tempat untuk meletakkan material uji. Prinsip kerja alat uji ini adalah mengalirkan fluida agar mendapatkan gesekan dengan material uji. Gesekan yang diberikan berupa kecepatan yang berasal dari pompa. Kondisi korosif dapat dihasilkan dari fluida yang digunakan dalam pengujian. Analisa *SEM* dan *EDS* dimaksudkan untuk mengamati perubahan struktur kimia spesimen uji setelah terjadi korosi erosi pada proses pengujian.

Dari hasil yang diperoleh dari pengujian korosi erosi yang dilakukan, baja tahan karat *A 304* lebih lama terjadi korosi erosi dibandingkan dengan baja tahan karat medium. Ini dapat dilihat dari hasil perhitungan laju korosi, dimana baja tahan karat *A 304* laju korosinya 2,66 mpy dan baja karbon medium laju korosinya 12,846 mpy. Dari pengujian kekerasan dapat dilihat juga bahwa baja tahan karat *A 304* tidak mengalami penurunan kekerasan pada daerah terkorosi dan untuk baja karbon mengalami penurunan kekerasan yang signifikan. Untuk hasil *SEM+EDS*, baja karbon medium terlihat sangat jelas daerah korosi erosi dan untuk baja tahan karat *A 304* tidak terlalu banyak kelihatan korosi erosinya.

Kata kunci : *Erosion corrosion, A 304, SEM + EDS.*

ABSTRACT

Erosion corrosion is the process of film layer impingement damage on material surface by second phase mechanical force such as solid, gas etc. This form of corrosion commonly found in industrial environment such as: shipping industry, oil industry, and other metal construction industry.

The objective of this thesis is to give theoretical understanding of Erosion corrosion phenomena on material and to study the effect of seawater fluid velocity on the erosion corrosion of stainless steel A 304 and medium carbon steel, to find out the effect of corrosion media on corrosion rate; the time corrosion erosion happened; and the structure and chemical composition of the specimen. These experiments are applied using closed-system corrosion erosion experimental instrument. This instrument consists of pump, water tank, flow pipes and specimen post. The working principle of this instrument is to drain fluid to obtain collision on the specimen. Collisions are given in the form of speed that comes from the pump. Corrosive conditions can be generated from the fluid. SEM and EDS analysis test is intended to observe changes in the chemical structure of the test specimens after corrosion-erosion occurs during testing process.

From the results obtained from the erosion corrosion test, stainless steel A 304 has longer erosion corrosion than medium stainless steel. It can be seen from the results of the corrosion rate calculation, where stainless steel A 304 corrosion rate is 2.66 mpy and medium carbon steel corrosion rate is 12.846 mpy. From hardness test, it can be seen also that the stainless steel A 304 does not experience any decrease in hardness value on its corrosion region while there is a significant decrease of hardness on medium carbon steel. For the SEM + EDS results, there is obvious erosion corrosion region on medium carbon steel and for stainless steel A304 is obvious not too much erosion corrosion.

Keyword : *Erosion corrosion, Stainless steel A 304, SEM + EDS.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, taufik, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul ” Analisis Korosi Erosi Baja Tahan Karat A 304 Dan Baja Karbon Medium Pada Media Air Laut” ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penyusun selama penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Dr. Ing. Ir. A.P.Bayuseno, MSc selaku dosen pembimbing , yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyusun tugas akhir ini.
2. Partner selama pembuatan Tugas Akhir ini Erizal Dwi Handoko dan Riawan Pribadi yang selalu memberikan masukan sehingga Tugas Akhir ini bisa selesai.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semakin menambah kecintaan dan rasa penghargaan kita terhadap Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Semarang, 16 Maret 2012

Penulis

DAFTAR ISI

PALAMAN JUDUL.....	i
PALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
PALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PALAMAN PENGESAHAN	iv
PALAMAN PERNYATAAN PERSUTUJUAN.....	v
PALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
NOMENKLATUR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Metode Penelitian.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Korosi.....	5
2.2 Macam-Macam Korosi....	7
2.3 Korosi Erosi	15
2.3.1 Jenis Dan Mekanisme Korosi Erosi.....	14

2.4 Pengaruh Kecepatan Aliran	16
2.5 Struktur Dan Sifat Material.....	18
2.5.1 <i>Stainless Steel</i>	18
2.5.2 Baja Karbon.....	25
2.6 Penelitian-penelitian Tentang Studi Korosi Erosi.....	27
2.7 Keausan Dan Oksidasi.....	29
2.7.1 Keausan.....	29
2.7.2 Oksidasi.....	32
2.7.2.1 Proses Oksidasi.....	33
2.7.2.2 Jenis-jenis Oksidasi.....	36
2.8 Perhitungan Laju Korosi.....	36
BAB III METODE PENELITIAN.....	37
3.1. Diagram Alir Penelitian	37
3.2. Perencanaan Alat Uji Korosi Erosi	39
3.3. Geometri Material Uji.....	40
3.4. Pengujian Material Uji.....	42
3.4.1 Pengujian Korosi Erosi.....	42
3.4.2 Pengujian Komposisi (<i>Spectrometry</i>).....	42
3.4.3 Pengujian <i>SEM+EDS</i>	44
3.4.3.1 Peralatan Pengujian.....	45
3.4.3.2 Prosedur Pengujian.....	47
3.4.4 Pengujian kekerasan.....	50
3.5. Waktu dan Tempat Pengujian.....	52
3.6. Alat dan Bahan.....	53
3.6.1 Alat.....	53
3.6.2 Bahan.....	53

BAB IV DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN	54
4.1 Pengujian Komposisi Kimia (<i>Spectrometry</i>).....	54
4.2 Data Hasil Pengujian <i>SEM</i> dan <i>EDS</i>	55
4.2.1 Data dan Hasil Uji <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	56
4.2.1.1 Data dan Hasil Uji <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i> Baja Tahan Karat <i>A 304</i>	56
4.2.1.2 Data dan Hasil Uji <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i> Baja Karbon Medium.....	57
4.2.2 Data dan Hasil Uji <i>Energy Dispersive Spectrometry (EDS)</i>	58
4.2.2.1 Data dan Hasil Uji <i>Energy Dispersive Spectrometry (EDS)</i> Pada Baja Tahan Karat <i>A 304</i>	58
4.2.2.1 Data dan Hasil Uji <i>Energy Dispersive Spectrometry (EDS)</i> pada Baja Karbon Medium.....	59
4.3 Pengujian <i>Mikro Vickers</i>	60
4.3.1 Pengujian <i>Mikro Vickers</i> Baja Tahan Karat <i>A 304</i>	61
4.3.2 Pengujian <i>Mikro Vickers</i> Baja Karbon Medium	62
4.4 Perhitungan Laju Korosi.....	64
4.4.1 Perhitungan Laju Korosi Baja Tahan Karat <i>A 304</i>	64
4.4.2 Perhitungan Laju Korosi Baja Karbon Medium.....	65
BAB V PENUTUP.....	67
5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan nilai galvanik dari logam	10
Tabel 2.2 Komposisi baja <i>stainless martensitic</i>	20
Tabel 2.3 Komposisi baja <i>stainless ferritik</i>	21
Tabel 2.4 Komposisi baja <i>stainless austenitic</i>	22
Tabel 2.5 Komposisi baja <i>stainless dupleks</i>	24
Tabel 2.6 Komposisi baja <i>stainless preipitation hardening</i>	25
Tabel 2.7 Energi bebas pembentukan oksida (per atom oksigen) pada 500K.....	30
Tabel 3.1 Spesifikasi mesin <i>SEM JEOL JSM-6390A</i>	46
Tabel 3.2 <i>Type stage SEM JEOL JSM-6390A</i>	46
Tabel 3.3 Spesifikasi Mesin Ion Sputter JFC-1600 (Lab.Puspiptek).....	47
Tabel 4.1 Komposisi unsur pada pipa baja karbon	54
Tabel 4.2 Komposisi baja tahan karat A 304	55
Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan baja tahan karat A 304.....	61
Tabel 4.4 Hasil pengujian kekerasan baja karbon medium.....	63
Tabel 4.5 Hasil pengujian korosi erosi baja tahan karat A 304 selama 100 jam	64
Tabel 4.6 Hasil pengujian korosi erosi baja karbon medium.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Korosi seragam.....	7
Gambar 2.2	Korosi Sumuran.....	8
Gambar 2.3	Korosi Erosi.....	8
Gambar 2.4	Korosi dwi logam.....	9
Gambar 2.5	Korosi Retak Tegang.....	11
Gambar 2.6	Korosi Celah	11
Gambar 2.7	Korosi mikrobiologis.....	12
Gambar 2.8	Korosi kavitasi.....	12
Gambar 2.9	Korosi Antar Butir.....	13
Gambar 2.10	Korosi <i>Dealloying</i>	14
Gambar 2.11	a) Gesekan b) Korosi Turbulensi.....	15
Gambar 2.12	Dampak dari partikel padat dalam aliran cairan menyebabkan penghapusan korosi produk dari permukaan	16
Gambar 2.13	Potongan pipa <i>stainless steel</i> yang mengalami <i>pitting</i>	16
Gambar 2.14	Bentuk kerusakan <i>horseshoe</i> akibat kecepatan fluida yang tinggi.....	17
Gambar 2.15	Diagram fasa pada <i>stainless steel</i>	18
Gambar 2.16	Diagram fasa pada <i>carbon steel</i>	26
Gambar 2.17	Mekanisme keausan	30

Gambar 2.18	Skema bentuk keausan	32
Gambar 2.19	Lapisan oksida berpori	34
Gambar 2.20	Lapisan oksida tak berpori.....	34
Gambar 2.21	Lapisan oksida tak berpori.....	35
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	37
Gambar 3.2	Skema alat uji korosi erosi	40
Gambar 3.3	Foto alat uji korosi erosi.....	40
Gambar 3.4	Foto material uji 1) baja tahan karat A 304 2) baja karbon medium.....	41
Gambar 3.5	Geometri material uji	41
Gambar 3.6	Diagram alir pengujian komposisi.....	44
Gambar 3.7	Mesin SEM + EDS Jeol type JSM-6390A.....	45
Gambar 3.8	Mesin Ion Sputter JFC-1600 (Lab.Puspipetek).....	47
Gambar 3.9	Penembakan <i>gold-palladium</i> dalam mesin Ion Sputter.....	48
Gambar 3.10	Diagram alir pengujian SEM + EDS	49
Gambar 3.11	Mikro Hardness Vickers.....	50
Gambar 3.12	Diagram alir pengujian kekerasan.....	51
Gambar 4.1	Hasil SEM baja tahan karat A 304 untuk lama pengujian korosi erosi selama 100 jam perbesaran 2500x	56
Gambar 4.2	Hasil SEM baja karbon medium untuk lama pengujian korosi erosi selama 100 jam perbesaran 2500 x.....	57

Gambar 4.3	Daerah penembakan <i>EDS</i> baja tahan karat <i>A 304</i>	58
Gambar 4.4	Data dan grafik hasil <i>EDS</i> baja tahan karat <i>A 304</i>	58
Gambar 4.5	Daerah penembakan <i>EDS</i> baja karbon medium.....	59
Gambar 4.6	Data dan grafik hasil <i>EDS</i> baja karbon medium.....	59
Gambar 4.7	Skema pengujian kekerasan baja tahan karat <i>A 304</i>	61
Gambar 4.8	Grafik nilai kekerasan baja tahan karat <i>A 304</i>	62
Gambar 4.9	Skema pengujian kekerasan baja karbon medium.....	62
Gambar 4.10	Grafik kekerasan baja karbon medium.....	63

NOMENKLATUR

Simbol	Definisi	Satuan
A	luas permukaan	(in ²)
d	diameter	(in)
l	panjang	(in)
t	lama waktu percobaan	(jam)
Q	debit	(l/sekon)
V	kecepatan	(m/sekon)
ρ	densitas logam	(gram/cm ³)
μ	viskositas	(kg/m ³)

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kenneth R. Trethwey, John Chamberlain, 1991, "*Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*", Terjemahan Alex Tri Kantjono Widodo, PT. Gramedia Pustaka, Jakarta.
- [2]. Supardi, H Rahmat, 1997, *Korosi*, Edisi Pertama, Penerbit Tarsito, Bandung.
- [3]. Karl Sieradzki, 2003, *Stress Corrosion Cracking*, Arizona State University.
- [4]. Anderson, Brett, *The 8 forms of corrosion*, M.E.464. 2001.
- [5]. Callister Jr, William D, 1994, "*Materials Science and Engineering*", eighth edition Department of Metallurgical Engineering, The University of Utah. 2009.
- [6]. E. Bardal, 2003, "*Corrosion and Protection*", Springer, Department of Machine Design and Materials Technology, The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- [7]. "Korosi Erosi", <http://www.scribd.com> (diunduh tanggal 23 februari 2012)
- [8]. Djunaidi, 2006, "*Studi Erosi Korosi Pada Pipa Aliran Dua Fase*", Buletin Tri Dasa Mega Vol 5/No 1.
- [9]. Sundjono, 2007, "*Pengaruh Laju Alir Fluida Air Laut Terhadap Korosi Erosi Pada Logam Tembaga Dan Paduan*", Pusat Penelitian Metalurgi LIPI Kawasan Puspipstek Serpong Tangerang.
- [10]. Gadang Priyotomo, 2008, *Kamus Saku Korosi Material (Free E-Book Edisi Mahasiswa, Vol 1, No 1)*, Jakarta
- [11]. ASM international, "*Welding Brazing and soldering Vol 6*", United States of America. 1990.
- [12]. "Oksidasi dan Korosi", <http://eecafedotnet.files.wordpress.com> (diunduh tanggal 23 februari 2012)
- [13]. "Kuliah Teknologi Pelumas 3", <http://staff.ui.ac.id/> (diunduh tanggal 23 februari 2012).
- [14]. "Biobearing", <http://www.oce.pg.gda.pl/> (diunduh tanggal 23 februari 2012).
- [15]. Schweitzer, Philip A, 2010, "*Fundamentals of CORROSION Mechanisms, Causes, and Preventative Methods*", Taylor and Francis Group, New York.

Magalhães, Alvaro Augusto Oliveira, Petrobras, "*Effect of Flow on Erosion-Corrosion at Extreme Gas Flow Rate and the Performance of Corrosion Inhibitor*", Cidade Universitaria Q.7 Ilha Fundao, Rio De Janeiro Rj, Brazil.