



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS KEKUATAN DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN  
LAS PIPA *STAINLESS STEEL* PADA KONDENSOR**

**TUGAS AKHIR**

**ADE RAMOS FERDINAND PASARIBU**

**L2E 007 002**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG**

**MARET 2012**

## TUGAS AKHIR

Diberikan Kepada : Nama : Ade Ramos Ferdinand  
NIM : L2E 007 002

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

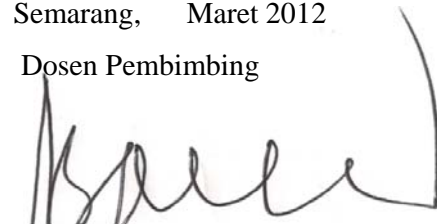
Jangka Waktu : 7 Bulan (Tujuh bulan)

Judul : **Analisis Kekuatan Dan Struktur Mikro Sambungan Las Pipa *Stainless Steel* Pada Kondensor**

Isi Tugas : Untuk mengetahui jenis material pipa dan plat sambungan las pipa pada kondensor dan mengetahui letak retaknya serta menganalisis penyebab terjadinya retak berdasarkan analisa mikrografi dan kekuatan sambungan las.

Semarang, Maret 2012

Dosen Pembimbing



Dr. 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 : Ade Ramos Ferdinand

NIM : L2E 007 002

Tanda Tangan : 

Tanggal : Maret 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Ade Ramos Ferdinand

NIM : L2E 007 002

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisis Kekuatan Dan Struktur Mikro Sambungan Las Pipa  
*Stainless Steel* Pada Kondensor

**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. Ir. A.P. Bayuseno, MSc

Penguji : Dr. Ir. Nazaruddin.S, MS

Penguji : Ir. Dwi Basuki Wibowo, MS

Penguji : Yusuf Umardhani, ST, MT



Semarang, Maret 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Sulardjaka ST, MT.

NIP. 197104201998021001

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

---

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

Nama : ADE RAMOS FERDINAND  
NIM : L2E 007 002  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN  
Fakultas : TEKNIK  
Jenis Karya : SKRIPSI

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

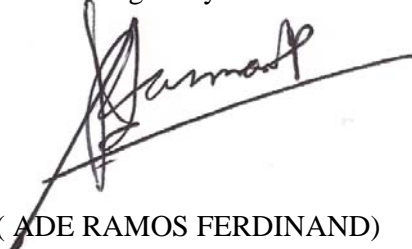
ANALISIS KEKUATAN DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS PIPA  
*STAINLESS STEEL* PADA KONDENSOR.

berserta 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

  
( ADE RAMOS FERDINAND )  
NIM. L2E 007 002

# **PERSEMBAHAN**

**Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada:**

- **Bapak dan Mama**
- **Kak Ei**
- **Bang Anin**
- **Kak Mpi**
- **Dan Semua Orang Yang Menginspirasi**

## ABSTRAK

Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah yang pemecahannya memerlukan berbagai macam pengetahuan, oleh sebab itu pengelasan menjadi sangat penting, karena kesalahan dalam proses pengelasan dapat menyebabkan hasil pengelasan buruk yang dapat menyebabkan kerugian sangat besar. Contoh kasusnya yaitu terjadi di pengelasan pipa pada plat kondensor PT. Siemens Indonesia. Permasalahan yang sering terjadi adalah hasil sambungan lasnya terdapat cacat retak (*crack*) yang mengharuskan dilakukannya pengelasan ulang yang memakan biaya yang banyak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis material pipa dan plat yang digunakan dalam pengelasan, mengetahui letak retak (*crack*) pada sambungan las, dan menganalisa penyebab terjadinya retak, berdasarkan analisa mikrografi dan kekuatan sambungan las.

Hasil dari pengujian komposisi kimia menggunakan *emission spectrometer*, diketahui jenis material pada pipa adalah baja tahan karat austenitik sedangkan pada plat adalah baja karbon sedang dengan kandungan karbon sebesar 0,374 %. Dari hasil pengujian SEM, diketahui retak terjadi di batas antara pipa dan plat. Penyebab terjadinya retak disebabkan oleh material yang digunakan untuk pengelasan berbeda jenis, dan dari hasil pengujian EDX diketahui bahwa plat dilapisi titanium untuk mengontrol pertumbuhan butir sehingga ketahanannya terhadap retak semakin baik. Hal ini didukung juga dengan adanya perbedaan nilai kekuatan (*tensile strength*) yang sangat jauh antara pipa dan plat, yaitu nilai kekuatan pipa sebesar 566 MPa dan plat sebesar 426 MPa.

Kata Kunci: *Dissimilar welding, austenitic stainless steel*, baja karbon sedang

## ABSTRACT

*Welding procedure seems very simple, but actually it has complexity problem whose solution requires a wide range of knowledge, therefore welding is essential, because errors in the welding process can cause poor welding results which lead to massive losses. A particular case occurred in the welding of pipes in the condenser plate at PT. Siemens Indonesia. Problems that often occur are the results of joint welding are cracking that require re-welding which doubled the cost. This study aims to determine the type of pipe and plate material used in welding, to investigate place of crack on the welded joints, and analyze the cause of the crack, based on the micrographic analysis and the strength of welded joints*

*The results of chemical composition testing using emission spectrometer, known that types of pipe material in the austenitic stainless steels, while the plate is carbon steel with carbon content is at 0.374%. Based on SEM test results, known that crack occur between the pipe and plate boundaries. The cracks caused by the difference types of material used for welding. Based from the results of EDX testing, It is known that the coated titanium plates is able to control the grain growth so that the better resistance to cracking caused cracks occurred at the boundary between the pipe and plate. This is supported also by the difference in the strength (tensile strength) is very much between the pipe and plate, which is the strength of the pipe at 566 MPa and 426 MPa for the plate.*

*Keywords: Dissimilar welding, austenitic stainless steel, medium carbon steel*



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang tiada hentinya mencurahkan berkat dan kasih-Nya, sehingga dengan segala penyertaan-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas ini.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Dr. Ir. A.P. Bayuseno, MSc selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyusun tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua Bapak W. Pasaribu dan Ibu S. Situmorang yang tercinta, serta keluarga di rumah yang senantiasa mendoakan dan menyemangati penulis.
3. Teman seperjuangan di Teknik Mesin yang selalu mendukung dan membantu dalam pelaksanaan tugas akhir maupun penyelesaian laporan ini.
4. Semua pihak yang telah membantu tersusunnya laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan kami di masa yang akan datang. Akhir kata penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, Maret 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Halaman Tugas Akhir</b> .....	ii
<b>Halaman Pernyataan Orisinalitas</b> .....	iii
<b>Halaman Pengesahan</b> .....	iv
<b>Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir untuk Kepentingan Akademis</b> .....	v
<b>Halaman Persembahan</b> .....	vi
<b>Abstrak</b> .....	vii
<b>Kata Pengantar</b> .....	ix
<b>Daftar isi</b> .....	x
<b>Daftar Gambar</b> .....	xiii
<b>Daftar Tabel</b> .....	xv
<b>Nomenklatur</b> .....	xvi

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Metode Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3

### BAB II DASAR TEORI

2.1 Sejarah Pengelasan .....	5
2.2 Penggunaan dan Pengembangan Teknologi Las .....	7
2.3 Penelitian-Penelitian Tentang Pengelasan <i>Stainless Steel</i> .....	8
2.4 Las Busur Gas .....	11
2.5 GTAW ( <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> ) .....	13
2.5.1 Keuntungan GTAW .....	15

2.5.2 Kelemahan GTAW .....	15
2.5.3 Aplikasi GTAW .....	16
2.6 Metalurgi Las .....	17
2.7 Baja .....	18
2.7.1 Proses Pembuatan Baja .....	18
2.7.2 Klasifikasi Baja .....	20
2.8 Pengaruh Unsur Paduan .....	21
2.9 Baja Tahan Karat ( <i>Stainless Steel</i> ).....	25
2.10 Kondensor .....	27

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	30
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	33
3.3 Alat dan Bahan.....	33
3.4 Pengujian <i>Emission Spectrometer</i> .....	34
3.5 EDX .....	37
3.6 Mikroskop Optik .....	38
3.7 Pengujian SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	40
3.8 Uji Kekerasan Mikro Vickers .....	44

### **BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pengujian Komposisi Kimia .....	48
4.2 Pengujian Mikroskop Optik .....	50
4.3 Analisa Kegagalan Pengelasan .....	51
4.4 Pengujian SEM .....	56
4.5 Pengujian EDX .....	57
4.6 Pengujian Mikro Vickers .....	59
4.7 Prosedur Pengelasan <i>Austenitic Stainless Steel</i> .....	63

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	64
----------------------	----

5.2	Saran .....	64
-----	-------------	----

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram DeLong .....	9
Gambar 2.2	Diagram WRC-1992 .....	10
Gambar 2.3	Jenis elektroda tak terumpan .....	11
Gambar 2.4	Jenis elektroda terumpan .....	12
Gambar 2.5	Peralatan pada pengelasan GTAW .....	13
Gambar 2.6	<i>Bore welding</i> .....	14
Gambar 2.7	Pengelasan <i>tube-to-tubesheet</i> .....	14
Gambar 2.8	Daerah las .....	17
Gambar 2.9	Sistem tertutup PT. Siemens Indonesia .....	28
Gambar 2.10	Kondensor horizontal .....	29
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	30
Gambar 3.2	Plat .....	32
Gambar 3.3	Skema <i>emission spectrometer</i> .....	36
Gambar 3.4	Skema EDX .....	38
Gambar 3.5	Bagian-bagian mikroskop optik .....	39
Gambar 3.6	Skema mikroskop optik .....	39
Gambar 3.7	Skema SEM .....	43
Gambar 3.8	Skema indenter piramida berlian uji Vickers dan hasil lekukannya .....	44
Gambar 4.1	Pipa yang dilas ke plat .....	47
Gambar 4.2	Daerah lasan .....	48
Gambar 4.3	Pipa ASTM A 249 .....	49
Gambar 4.4	Struktur Mikro Spesimen .....	51
Gambar 4.5	Diagram WRC-1992 plat baja karbon .....	54
Gambar 4.6	Diagram WRC-1992 pipa <i>stainless steel</i> .....	55
Gambar 4.7	SEM perbesaran 50 x .....	56
Gambar 4.8	SEM perbesaran 1000 x.....	57
Gambar 4.9	Bagian yang diuji EDX .....	58
Gambar 4.10	Grafik hasil pengujian EDX .....	58

Gambar 4.11	Penitikan pada spesimen .....	60
Gambar 4.12	Grafik jarak tepi terhadap nilai kekuatan .....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Penjelasan jenis sinyal, detector, dan resolusi lteral serta kedalaman sinyal untuk menggambar dan menganalisa material di SEM .....	42
Tabel 3.2	Konversi nilai kekerasan ke kekuatan .....	45
Tabel 4.1	Komposisi unsur.....	48
Tabel 4.2	Komposisi permukaan plat hasil pengujian EDX .....	59
Tabel 4.3	Nilai kekerasan .....	60
Tabel 4.4	Konversi nilai kekerasan ke kekuatan .....	61

## NOMENKLATUR

<b>Simbol</b>	<b>Definisi</b>	<b>Satuan</b>
$P$	Beban	(gf)
$d$	Diameter rata-rata diagonal	( $\mu\text{m}$ )
$\alpha$	sudut permukaan	( $^{\circ}$ )