



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS KEGAGALAN LAS DAN REKOMENDASI *STANDARD OPERATING PROCEDURE* (SOP) PADA PENGELASAN PIPA
KONDENSOR PT. SIEMENS INDONESIA**

TUGAS AKHIR

YUSUF NUGROHO

L2E 007 089

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

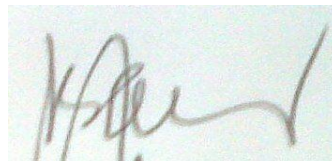
**SEMARANG
AGUSTUS 2012**

TUGAS AKHIR

- Diberikan Kepada : Nama : Yusuf Nugroho
NIM : L2E 007 089
- Dosen Pembimbing : Dr. Ir. A.P. Bayuseno, MSc
- Jangka Waktu : 5 Bulan (Lima bulan)
- Judul : **Analisis Kegagalan Las dan Rekomendasi *Standard Operating Procedure* (SOP) Pada Pengelasan Pipa Kondensor PT. Siemens Indonesia.**
- Isi Tugas : Untuk mengetahui jenis material pipa dan plat sambungan las pipa pada kondensor dan mengetahui penyebab terjadinya kegagalan serta membuat rekomendasi prosedur pelaksanaan pengelasan untuk mengurangi resiko kegagalan.

Semarang, 13 Agustus 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 : Yusuf Nugroho
NIM : L2E 007 089
Tanda Tangan :
Tanggal : 13 Agustus 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Yusuf Nugroho

NIM : L2E 007 089

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisis Kegagalan Las dan Rekomendasi *Standard Operating Procedure* (SOP) Pada Pengelasan Pipa Kondensor PT. Siemens Indonesia.

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.

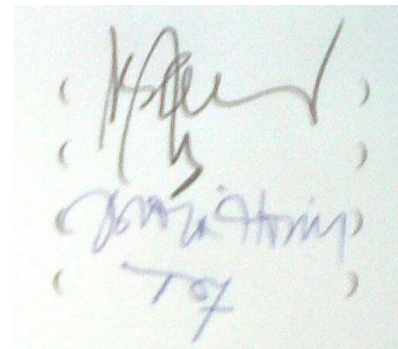
TIM PENGUJI

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

Penguji : Ir. Eflita Yohana, MT, PhD

Penguji : Dr. Ir. Ismoyo H, MT

Penguji : Ir. Ariyanto, MT



Semarang, 13 Agustus 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 : YUSUF NUGROHO
NIM : L2E 007 089
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN
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 :

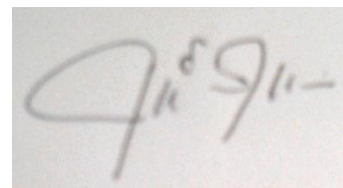
ANALISIS KEGAGALAN LAS DAN REKOMENDASI *STANDARD OPERATING PROCEDURE* (SOP) PADA PENGELASAN PIPA KONDENSOR PT. SIEMENS INDONESIA.

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 : Agustus 2012

Yang menyatakan



(YUSUF NUGROHO)
NIM. L2E 007 089

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Laporan Tugas Akhir ini kepada:

- Bapak dan Ibu yang selalu memberikan motivasi dan doanya untuk kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Hanya ini yang dapat saya persembahkan atas kasih sayang dan pengorbanan yang telah engkau berikan.
- Rekan-rekan Teknik Mesin 2007 yang telah memberi motivasi dan bantuan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
- Dan semua orang yang telah memberikan inspirasi.

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 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 penyebab terjadinya cacat, dan penyusunan rekomendasi standar pengelasan (SOP).

Hasil dari pengujian komposisi kimia menggunakan *emission spectrometer*, diketahui jenis material pada pipa adalah baja tahan karat feritik sedangkan pada plat adalah baja karbon sedang dengan kandungan karbon sebesar 0,374 %. Yang dapat disimpulkan bahwa pengelasan tersebut termasuk *dissimilar welding*. 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. Dari hasil pengujian SEM, diketahui cacat terjadi di batas antara pipa dan plat. Dan dari hasil pengujian EDX diketahui bahwa plat dilapisi titanium untuk mengontrol pertumbuhan butir sehingga ketahanannya terhadap retak semakin baik. Sehingga penyebab terjadinya cacat tidak disebabkan oleh perbedaan material. Karena cacat tidak terjadi pada semua lubang yang dilakukan pengelasan. Faktor-faktor pendukung terjadinya cacat antara lain adalah faktor pengukuran, metode, operator, dan kondisi lingkungan. Untuk mengurangi terjadinya cacat pada hasil pengelasan, maka direkomendasikan sebuah standarisasi pengelasan (SOP) yang meliputi standar persiapan sebelum pengelasan, selama proses pengelasan, dan setelah proses pengelasan. SOP ini diharapkan dapat mengurangi terjadinya cacat hingga batas toleransi maksimum, yaitu 12 %

Kata Kunci: *Dissimilar welding, ferritic 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 result of chemical composition testing using emission spectrometer, known that the type of pipe material is the ferritic stainless steel, while on the plate is carbon steel with the carbon content is 0.374%. so, it can be concluded that the welding itself included as dissimilar welding. it is also supported by the high differences of tensile strength between pipe and plate, the strength of pipe is 566Mpa and plate is 426 Mpa. from the SEM testing, known that the malformation is on the boundary of the pipe and plate. moreover, on EDX testing known that plate is coated with titanium to control the growth of the grains so its resistance to cracking is better. as a result, the caused of cracking is not caused by the difference of the material because malformation does not occur in every welding hole. some factors that support on malformation such as the measurement, method, operator, and the condition of the environment. it is recommended a welding standardize (SOP) included preparation standard before welding process, welding process, and post welding to decrease malformation on welding. This SOP was expected can reduce defect in pipe kondensor welding up to maximum tolerance 12 %.

Keywords: Dissimilar welding, ferritic stainless steel, medium carbon steel

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran 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 Sukino S.I.P dan Ibu Saryati S.T.P 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, Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Tugas Akhir	ii
Halaman Pernyataan Orisinalitas	iii
Halaman Pengesahan	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir untuk Kepentingan Akademis	v
Halaman Persembahan	vi
Abstrak	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar isi	x
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv
Nomenklatur	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 Kondensor	5
2.2 Sejarah Pengelasan	6
2.3 Penggunaan dan Pengembangan Teknologi Las	8
2.4 Penelitian-penelitian <i>Tentang Pengelasan Stainless Steel</i>	9
2.5 GTAW (<i>Gas Tungsten Arc Welding</i>)	12
2.5.1 Keuntungan GTAW	15
2.5.2 Kelemahan GTAW	15

2.5.3 Aplikasi GTAW	15
2.6 Metalurgi Las	16
2.7 Baja	18
2.7.1 Proses Pembuatan Baja	19
2.7.2 Klasifikasi Baja	20
2.8 Pengaruh Unsur Paduan	21
2.9 Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i>).....	25
2.10 Jenis-jenis Cacat dalam Pengelasan	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	32
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.3 Alat dan Bahan.....	35
3.4 Pengujian <i>Emission Spectrometer</i>	36
3.5 EDX	39
3.6 Mikroskop Optik	40
3.7 Pengujian SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	42
3.8 Uji Kekerasan Mikro Vickers	46

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Penyebab Terjadinya Kegagalan	49
4.1.1 Pengujian Komposisi Kimia.....	50
4.1.2 Pengujian Mikroskop Optik	52
4.1.3 Pengujian Mikro Vickers	53
4.1.4 Pengujian SEM dan EDX.....	56
4.2 Faktor-faktor Penyebab terjadinya Cacat	60
4.2.1 Pengukuran.....	61
4.2.2 Metode	62
4.2.3 Operator.....	63
4.2.4 Material	64
4.2.5 Pengaruh Lingkungan	65

4.3	Rekomendasi <i>Standard Operating Procedure</i> (SOP)	
4.3.1	Persiapan Pengelasan	66
4.3.2	Selama Pengelasan Pipa kedalam Plat	67
4.3.3	Setelah Pengelasan	68

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	70
5.2	Saran	71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem tertutup PT. Siemens Indonesia	5
Gambar 2.2	Kondensor.....	6
Gambar 2.3	Diagram DeLong	10
Gambar 2.4	Diagram WRC-1992.....	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	Cacat retak pada <i>bottle scrubber</i>	29
Gambar 2.10	Ilustrasi cacat porositas pada hasil las	30
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	33
Gambar 3.2	Plat	34
Gambar 3.3	Skema <i>emission spectrometer</i>	38
Gambar 3.4	Skema EDX	40
Gambar 3.5	Bagian-bagian mikroskop optik	41
Gambar 3.6	Skema mikroskop optik	41
Gambar 3.7	Skema SEM	45
Gambar 3.8	Skema indentor piramida berlian uji Vickers dan hasil lekukannya	46
Gambar 4.1	Pipa yang dilas ke plat	50
Gambar 4.2	Daerah lasan	51
Gambar 4.3	Pipa ASTM A 249	51
Gambar 4.4	Struktur Mikro Spesimen	52
Gambar 4.5	Penitikan pada spesimen	53
Gambar 4.6	Grafik jarak tepi terhadap nilai kekuatan	55
Gambar 4.7	SEM perbesaran 50 x	57
Gambar 4.8	SEM perbesaran 1000 x.....	57
Gambar 4.9	Bagian yang diuji EDX	58
Gambar 4.10	Grafik hasil pengujian EDX	59

Gambar 4.11 Diagram tulang ikan penyebab kegagalan 61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Penjelasan jenis sinyal, detector, dan resolusi lteral serta kedalaman sinyal untuk menggambar dan menganalisa material di SEM	44
Tabel 3.2	Konversi nilai kekerasan ke kekuatan	47
Tabel 4.1	Data cacat yang terjadi pada pembuatan kondensor.....	49
Tabel 4.2	Komposisi unsur	51
Tabel 4.3	Komposisi permukaan plat hasil pengujian EDX	55
Tabel 4.4	Nilai kekerasan	56
Tabel 4.5	Konversi nilai kekerasan ke kekuatan	60

NOMENKLATUR

Simbol	Definisi	Satuan
P	Beban	(gf)
d	Diameter rata-rata diagonal	(μm)
α	sudut permukaan	($^{\circ}$)