



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH *PWHT* PADA KUALITAS PENGELASAN
DISSIMILAR METAL ANTARA BAJA KARBON (*A-106*) DAN BAJA
TAHAN KARAT (*A312 TP-304H*) DENGAN *FILLER METAL*
INCONEL 82**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S1)
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun Oleh:

**DEFI NUR ZAMAN
L2E 606020**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
SEMARANG**

2012

TUGAS AKHIR

- Diberikan Kepada : Nama : Defi Nur Zaman
NIM : L2E 606020
- Dosen Pembimbing : Dr. Sri Nugroho, ST, MT
- Jangka Waktu : -
- Judul : **Pengaruh *PWHT* pada Kualitas Pengelasan *Dissimilar Metal* antara Baja Karbon (*A-106*) dan Baja Tahan Karat (*A312 TP-304H*) dengan *Filler Metal Inconel 82***
- Isi Tugas : Menganalisa dan membandingkan pengaruh *PWHT* pada pengelasan DMW antara Baja karbon *A-106* dan Baja tahan karat *A312 TP-304H* yang disambung menggunakan *filler metal inconel 82*, dengan pengelasan tanpa *PWHT*, pada struktur mikro dan sifat mekaniknya. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini dapat mengungkap lebih jelas penyebab kebocoran pada pipa *Primary Reformer*.

Semarang, Agustus 2012

Pembimbing



Dr. Sri Nugroho, ST, MT

NIP. 197501181999031001

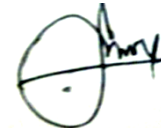
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Defi Nur Zaman

NIM : L2E 606020

Tanda Tangan :



Tanggal : Agustus 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Defi Nur Zaman





NIM : L2E 606020

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Pengaruh *PWHT* pada Kualitas Pengelasan *Dissimilar Metal* antara Baja Karbon (*A-106*) dan Baja Tahan Karat (*A312 TP-304H*) dengan *Filler Metal* Inconel 82

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.

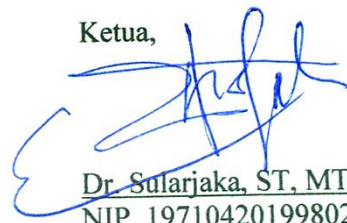
TIM PENGUJI

Pembimbing	: Dr. Sri Nugroho, ST, MT	()
Penguji	: Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT	()
Penguji	: Dr.Ir.AP.Bayuseno, MSc	()
Penguji	: Syaiful, Ph.D	()

Semarang, Agustus 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Sularjaka, ST, MT
NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Defi Nur Zaman
NIM : L2E 606020
Pembimbing : Dr. Sri Nugroho, ST, MT
NIP : 197501181999031001
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Universitas : Diponegoro
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 dan pembimbing yang berjudul :

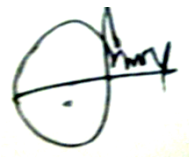
PENGARUH *PWHT* PADA KUALITAS PENGELASAN *DISSIMILAR METAL* ANTARA BAJA KARBON (*A-106*) DAN BAJA TAHAN KARAT (*A312 TP-304H*) DENGAN *FILLER METAL* INCONEL 82

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 kami selama tetap mencantumkan nama saya dan pembimbing sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Agustus 2012

Yang menyatakan



Defi Nur Zaman
NIM. L2E 606020

Persembahan

Tugas Akhir ini ku persembahkan kepada :

Kedua orangtuaku tercinta, Dadang Syarifudin dan Masitoh serta istriku Dyah Trimurti, kakakku Dewi Yanti, adikku Budi Awan R yang senantiasa memberikan dukungan dan do'a tidak pernah putus. Beserta putriku tersayang Shesmitha Yasmin Azzaman

Motto

*“Berusaha Tanggung Jawab dan
Bersikap Dewasa dalam
Menghadapi Suatu Masalah
dalam Hidup”*

ABSTRAK

Primary reformer adalah suatu alat yang digunakan di PT. Pupuk Kalimantan timur, yang berfungsi untuk memecahkan gas *hydrocarbon* menjadi hidrogen. *Ammonia reformer tube* biasanya dioperasikan pada suhu 600-800⁰C dan tekanan 30-40 bar. *Primary reformer* terdiri dari *flange* dan *top tube* dibuat dari material yang berbeda. Pada *flange* menggunakan baja karbon dan pada *top tube* menggunakan baja tahan karat. Kedua material tersebut disambung dengan menggunakan las GTAW (*Gas Tungsten arc Welding*) dengan *filler metal inconel 82*. Tetapi ditemukan kebocoran antara sambungan flange dengan baja karbon dan logam las pada material filler metal inconel 82. Tugas akhir ini meneliti pengaruh PWHT terhadap kualitas hasil pengelasan DMW. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini dapat mengungkap lebih jelas penyebab kebocoran pada pipa *Primary Reformer* di atas. Beberapa pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain : PWHT (tungku *heatreatment*), struktur mikro (mikroskop optik), dan nilai kekerasan (mikro *vickers*).

Pengujian struktur mikro didapatkan hasil pelebaran ukuran *dark band* efek dari variasi temperatur PWHT pada batas fusi sambungan baja karbon dan *weld metal*, serta terjadi pengkasaran butir pada daerah HAZ baja karbon yang berstruktur full ferit. Nilai kekerasan pada daerah *dark band* ini lebih tinggi dibanding daerah lainnya, dan menurunnya nilai kekerasan pada daerah HAZ baja karbon. Turunnya nilai kekerasan pada HAZ baja karbon dapat menimbulkan kegagalan jika komponen ini semakin lama dipakai pada aplikasi tersebut.

Kata Kunci: *Primary Reformer*, *disbonding*, DMW, PWHT, struktur mikro, nilai kekerasan, *dark band*, pengkasaran butir.

ABSTRACT

Primary reformer is a appliance used in PT. Pupuk kaltim east, functioning to solve gas hydrocarbon become hydrogen. Ammonia reformer Tube generally be operated at temperature 600-800C and pressure 30-40 bar. Primary Reformer consisted by flange and top tube made of a different material. At flange use carbon steel and at top tube use rustproof steel. The material second jointed by using las GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) with metal filler inconel 82. But, that found leakage of between extension flange with steel of carbon and welg metal of material filler metal inconel 82. This Final Project researching the influence of preheat and PWHT against quality of outcome the welding DMW. The expected results of this study can reveal more clearly the causes of leaks in the pipes above the Primary Reformer. Some of the tests performed in this study include: PWHT (heatreatment furnace), the microstructure (optical microscopy), and the hardness (micro vikers).

Testing the microstructure of obtained results the size of the dark band widening effect of PWHT temperature variations in the fusion boundary connections and weld metal carbon steel, and grain coarsening occurred at the carbon steel HAZ full ferrite structure. Hardness values in the area of this band is higher than other regions, and the decline in the value of violence in the area of carbon steel HAZ. Downing in the value of hardness in the HAZ of carbon steel can cause failures if the components are increasingly been used in such applications.

Key words: Primary Reformer, disbonding, DMW, PWHT, microstructure, hardness values, dark bands, grain coarsening.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang tiada hentinya mencurahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga dengan segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul ” **Pengaruh PWHT pada Kualitas Pengelasan *Dissimilar Metal* antara Baja Karbon (A-106) dan Baja Tahan Karat (A312 TP-304H) dengan *Filler Metal Inconel 82***” ini. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada panutan kita Rosulullah Muhammad SAW.

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. Sri Nugroho, ST, MT selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyusun Tugas Akhir ini.
2. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu demi kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki sehingga tentu saja penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis untuk masa yang akan datang.

Terakhir, dengan selesainya Tugas Akhir ini berarti selesai pula masa studi penulis di Teknik Mesin UNDIP. Semoga sepenggal episode kehidupan penulis di kampus dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain dan dapat dijadikan persiapan untuk menjalani penggalan episode kehidupan selanjutnya Amiin..

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
Abstrak	viii
Kata Pengantar	x
Daftar isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xiv
Nomenklatur	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Dissimilar Metal Welding	5
2.2.1 Las GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)	6
2.3 Baja Karbon	7
2.3.1 Pengelasan Baja Karbon	8
2.3.2 Baja Karbon A-106 <i>Grade B</i>	9
2.4 Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i>)	10
2.4.1 Klasifikasi Baja Tahan Karat	10
2.4.2 Baja Tahan Karat A-312 TP304H.....	10
2.4.3 Pengelasan Pada Baja Tahan Karat.....	11

2.5	<i>Filler Metal</i>	12
2.6	PWHT (<i>Post Weld Heat Treatment</i>)	12
2.7	<i>Heat Treatment</i>	13
	2.7.1 <i>Hardening</i>	13
	2.7.2 <i>Softening</i>	13
	2.7.2.1 <i>Annealing</i>	13
	2.7.2.2 <i>Tempering</i>	14
2.8	Metalurgi Las	15
2.9	<i>Weldability</i>	16
	2.9.1 <i>Solidification Cracking</i>	16
	2.9.2 <i>Clad Disbonding</i>	17
	2.9.3 <i>Creep Failure</i> pada HAZ Baja Karbon atau Baja paduan rendah	18
2.10	<i>Disbonding</i>	19
2.11	Migrasi Karbon	20
 BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Diagram Alir Proses Penelitian	21
3.2	Pengujian Perlakuan Panas (PWHT)	23
3.3	Pengujian Mikrografi	27
3.4	Pengujian Kekerasan.....	31
 BAB IV DATA DAN ANALISA		
4.1	Hasil Pengujian Mikrografi	36
4.2	Hasil Pengujian Kekerasan	45
	4.2.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan.....	45
	4.2.2 Analisa Hasil Pengujian Kekerasan	48
4.3	Analisa Fenomena <i>Dark Band</i> dan Pengkasaran Butir.....	52
 BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	55
 DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Parameter GTAW	6
Gambar 2.2	Diagram Schaeffler dari Weld Metal Dalam Pengelasan Baja Tahan Karat	11
Gambar 2.3	Siklus Termal PWHT (<i>Post Weld Heat Treatment</i>)	12
Gambar 2.4	Transformasi Fasa Pada Logam Hasil Pengelasan	15
Gambar 2.5	<i>Solidification cracking</i> 309L weld metal.....	16
Gambar 2.6	<i>Solidification cracking</i> dalam <i>dissimilar welding</i> antara SS tipe 347 dan A508 dengan <i>filler metal</i> 308L.....	17
Gambar 2.7	<i>Disbonded cladding</i> 309L dari baja A508 bejana tekan.....	18
Gambar 2.8	Daerah batas <i>weld metal</i> dan HAZ, menggunakan kekerasan metode <i>vikers</i> sekala.....	19
Gambar 2.9	Fenomena <i>Disbonding</i>	19
Gambar 2.10	Fenomena <i>Dark Band</i> Pada Batas Las Antara Weld Metal dan HAZ20	
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses Penelitian	21
Gambar 3.2	Gergaji Mesin	24
Gambar 3.3	Hasil Pemotongan Spesimen	24
Gambar 3.4	Mesin Frais	24
Gambar 3.5	Tungku Pemanas Holfman	25
Gambar 3.6	Grafik 1 Proses Perlakuan Panas Temperatur 400°C dengan laju pemanasan 150°C/jam	25
Gambar 3.7	Grafik 2 Proses Perlakuan Panas Temperatur 500°C dengan laju pemanasan 175°C/jam	26
Gambar 3.8	Grafik 3 Proses Perlakuan Panas Temperatur 600°C dengan laju pemanasan 200°C/jam	26
Gambar 3.9	Grafik 4 Proses Perlakuan Panas Temperatur 700°C dengan laju pemanasan 300°C/jam	26
Gambar 3.10	Grafik 5 Proses Perlakuan Panas Temperatur 800°C dengan laju pemanasan 300°C/jam	27
Gambar 3.11	Mikroskop Optik	27

Gambar 3.12	Diagram Alir Pengujian Mikrografi	29
Gambar 3.13	Skema Pengujian Mikrografi	31
Gambar 3.14	Mikro Hardness Vikers	31
Gambar 3.15	Diagram Alir Pengujian Kekerasan	32
Gambar 3.16	Skema Pengujian Kekerasan	34
Gambar 4.1	Skema Pengujian Mikrografi (Perbesaran 10X, Menggunakan Etsa Aquaregia)	36
Gambar 4.2	Struktur Mikro <i>Base Metal</i> Baja Tahan Karat A-312, Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Aquaregia	37
Gambar 4.3	Struktur Mikro HAZ Baja Tahan Karat A-312, Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Aquaregia	38
Gambar 4.4	Struktur Mikro Batas HAZ Baja Tahan Karat A-312 Dengan <i>Weld Metal</i> , Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Aquaregia	39
Gambar 4.5	Struktur Mikro <i>Weld Metal</i> , Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Aquaregia	40
Gambar 4.6	Struktur Mikro Batas HAZ Baja Karbon A-106 Dengan <i>Weld Metal</i> , Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Nital HNO ₃ 2.5%	41
Gambar 4.7	Struktur Mikro HAZ Baja Karbon A-106, Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Nital HNO ₃ 2.5%	42
Gambar 4.8	Struktur Mikro <i>Base Metal</i> Baja Karbon A-106, Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Nital HNO ₃ 2.5%	43
Gambar 4.9	Grafik Nilai Kekerasan DMW Dengan Tanpa PWHT	49
Gambar 4.10	Grafik Nilai Kekerasan DMW Dengan PWHT Pada Temperatur 400°C	49
Gambar 4.11	Grafik Nilai kekerasan DMW Dengan PWHT Pada Temperatur 500°C	50
Gambar 4.12	Grafik Nilai Kekerasan DMW Dengan PWHT Pada Temperatur 600°C	50
Gambar 4.13	Grafik Nilai Kekerasan DMW Dengan PWHT Pada Temperatur 700°C	51

Gambar 4.14	Grafik Nilai Kekerasan DMW Dengan PWHT Pada Temperatur 800°C	52
Gambar 4.15	(a) Struktur Mikro Daerah Batas <i>Weld Metal</i> dan HAZ Baja Karbon Tanpa PWHT, (b)) Struktur Mikro Daerah Batas <i>Weld Metal</i> dan HAZ Baja Karbon Dengan PWHT 800°C	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Baja Karbon	7
Tabel 2.2	Suhu Pemansan Mula Pada Pengelasan Baja Karbon Sedang dan Tinggi	9
Tabel 2.3	Komposisi Baja karbon <i>A-106</i>	9
Tabel 2.4	Komposisi Kimia Baja Tahan Karat <i>A-312 TP 304H</i>	10
Table 2.5	Komposisi <i>Inconel 82</i>	12
Tabel 3.1	Nilai Kekerasan <i>Mikro Vickers</i>	34
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan Tanpa PWHT	46
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan PWHT Temperatur 400°C.....	46
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan PWHT Temperatur 500°C.....	47
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan PWHT Temperatur 600°C.....	47
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan PWHT Temperatur 700°C.....	48
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan PWHT Temperatur 800°C.....	48

NOMENKLATUR

Simbol	Definisi	Satuan
C	Celcius	($^{\circ}$)
D	Diagonal Bekas Pembebanan	(μm)
F	Fahrenheit	($^{\circ}$)
HV	Nilai Kekerasan Vickers	(VHN)
P	Berat Pembanan	(gf)
σ_y	Yield Strenght	(MPa)
σ_u	Ultimate Strenght	(MPa)
θ	Sudut Permukaan	($^{\circ}$)