

Ace Jilid.
13/8/2012



UNIVERSITAS DIPONEGORO

PENGARUH PWHT PADA KUALITAS SPESIMEN PREHEAT 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 Dipenogoro

Disusun Oleh:

WIKO SUDIARSO
L2E 606060

FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
SEMARANG

2012

TUGAS AKHIR

- Diberikan Kepada : Nama : Wiko Sudiarso
Dosen Pembimbing NIM : L2E 606060
Jangka Waktu : Dr. Sri Nugroho, ST, MT
Judul : -
Isi Tugas : Pengaruh PWHT pada Kualitas Spesimen
Preheat Pengelasan Dissimilar Metal antara Baja Karbon (A-106) dan Baja Tahan Karat (A312 TP-304H) dengan *Filler Metal Inconel 82*
: Menganalisa dan membandingkan pengaruh PWHT pada pengelasan DMW spesimen *preheat* 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, 07 Agustus 2012

Pembimbing



Dr. Sri Nugroho, ST, MT

NIP. 197501181999031001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA	:	Wiko Sudiarso
NIM	:	L2E 606060
Tanda Tangan	:	
Tanggal	:	07 Agustus 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Wiko Sudiarso

NIM : L2E 606060

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Pengaruh PWHT pada Kualitas Spesimen *Preheat* 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.

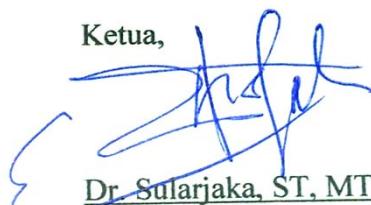
TIM PENGUJI

Pembimbing	: Dr. Sri Nugroho, ST, MT	(
Penguji	: Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT	(
Penguji	: Dr. Rusnaldy, ST, MT	(
Penguji	: Dr. Munadi, ST, MT	(

Semarang, 07 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 : Wiko Sudiarso
NIM : L2E 606060
Pembimbing : Dr. Sri Nugroho, ST, MT
NIP : 197501181999031001
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Universitas : Diponegoro
Jenis Karya : Tugas Akhir

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 07 Agustus 2012

Yang menyatakan



Wiko Sudiarso
NIM. L2E 606060

Persembahan

Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada :

Kedua orangtuaku tercinta, Soefarchan dan Dwi Astuti, yang senantiasa memberikan dukungan dan do'a tidak pernah putus.

Motto

“Hidup adalah sebuah pisihan yang mempunyai arah dan tujuan serta didukung dengan usaha, perjuangan, dan doa”

ABSTRAK

Terdapat sebuah alat yang bernama *Primary Reformer* di PT. Pupuk Kaltim adalah suatu alat yang berbentuk *tube* yang berfungsi untuk memecahkan gas *hydrocarbon* menjadi hidrogen. Alat ini dioperasikan pada suhu 600-800°C dan tekanan 30-40 bar. *Primary reformer* dibuat dari material yang berbeda, material baja karbon (*flange*) dan material baja tahan karat (*top tube*). Kedua material tersebut disambung dengan menggunakan las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) dengan *filler metal inconel 82*. Namun ditemukan kobocoran (*disbonding*) antara sambungan pada material baja karbon dan *weld metal*. Tugas Akhir ini meneliti pengaruh PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) terhadap kualitas spesimen *preheat* hasil pengelasan DMW (*Dissimilar Metal Welding*). 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 *heat treatment*), struktur mikro (mikroskop optik), dan nilai kekerasan (mikro *vikers*).

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*, PWHT, *dark band*, pengkasaran butir.

ABSTRACT

A tool called Primary Reformer in PT. Kaltim Fertilizer is a shaped instrument serves to separate the hydrocarbon gas to hydrogen. This tube device that is operated at a temperature of 600-800°C and a pressure of 30-40 bar. Primary reformer is made of different material, carbon steel material (flange) and stainless steel material (top tube). These materials are connected using GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) with Inconel 82 filler metal. However, there was a leak (disbonding) occurred between the connection on the carbon steel material and weld metal. This Final Project is to research the influence of preheat and PWHT (Post Weld Heat Treatment) against quality of the welding DMW (Dissimilar Metal Welding) outcome. The expected results of this study are to reveal the more clearly causes of leaks in the pipes above the Primary Reformer. Some of the tests performed in this study include: PWHT (heat treatment furnace), the microstructure test (optical microscopy), and the hardness test (micro vickers).

The result of this microstructure testing is obtained that 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 are higher than other regions, and the decline in the value of hardness in the area of carbon steel HAZ. Decreasing hardness value in the HAZ of carbon steel can cause failure if the components are used in certain applications for longer period.

Key words: Primary Reformer, disbonding, PWHT, dark band, grain coarsening.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang tiada hentinya mencerahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga dengan segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **” Pengaruh PWHT pada Kualitas Spesimen Preheat 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. Bapak Dr. Rusnaldy, ST, MT, Lukman Arianto, ST, Yoeangga SP, ST, dan 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, 07 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	xiv
Daftar Tabel	xvii
Nomenklatur	xviii

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	<i>Preheat</i>	12
2.7	<i>PWHT (Post Weld Heat Treatment)</i>	13
2.8	<i>Heat Treatment</i>	14
2.8.1	<i>Hardening</i>	14
2.8.2	<i>Softening</i>	14
	2.8.2.1 <i>Annealing</i>	14
	2.8.2.2 <i>Tempering</i>	15
2.9	Metalurgi Las	15
2.10	<i>Weldability</i>	17
	2.10.1 <i>Solidification Cracking</i>	17
	2.10.2 <i>Clad Disbonding</i>	18
	2.10.3 <i>Creep Failure</i> pada HAZ Baja Karbon.....	19
2.11	<i>Disbonding</i>	20
2.12	Migrasi Karbon	21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Proses Penelitian	23
3.2	Pengujian Perlakuan Panas (PWHT)	25
3.3	Pengujian Mikrografi	30
3.4	Pengujian Kekerasan.....	33

BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1	Hasil Pengujian Mikrografi	38
4.2	Data dan Analisa Hasil Pengujian Kekerasan	52
	4.2.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan.....	52
	4.2.2 Analisa Hasil Pengujian Kekerasan	55
4.3	Analisa Fenomena <i>Dark Band</i> dan Pengkasaran Butir.....	59

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	62

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	Proses Preheat.....	12
Gambar 2.4	Siklus Termal PWHT (<i>Post Weld Heat Treatment</i>)	13
Gambar 2.5	Transformasi Fasa Pada Logam Hasil Pengelasan	16
Gambar 2.6	<i>Solidification cracking</i> 309L <i>weld metal</i>	17
Gambar 2.7	<i>Solidification cracking</i> dalam <i>dissimilar welding</i> antara SS tipe 347 dan A508 dengan <i>filler metal</i> 308L	18
Gambar 2.8	<i>Disbonded cladding</i> 309L dari baja A508 bejana tekan.....	19
Gambar 2.9	Daerah Batas <i>Weld Metal</i> dan HAZ, Menggunakan Kekerasan Metode <i>Vikers</i> (VHN).....	20
Gambar 2.10	Fenomena <i>Disbonding</i>	21
Gambar 2.11	Fenomena <i>Dark Band</i> Pada Batas Las Antara Weld Metal dan HAZ	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses Penelitian	23
Gambar 3.2	Gergaji Mesin	26
Gambar 3.3	Hasil Pemotongan Spesimen	26
Gambar 3.4	Mesin Frais	27
Gambar 3.5	Tungku Pemanas Hofman	27
Gambar 3.6	Grafik Proses Perlakuan Panas Temperatur 400°C dengan laju pemanasan 150°C/jam	28
Gambar 3.7	Grafik Proses Perlakuan Panas Temperatur 500°C dengan laju pemanasan 175°C/jam	28
Gambar 3.8	Grafik Proses Perlakuan Panas Temperatur 600°C dengan laju pemanasan 200°C/jam	29
Gambar 3.9	Grafik Proses Perlakuan Panas Temperatur 700°C dengan laju pemanasan 300°C/jam	29
Gambar 3.10	Grafik Proses Perlakuan Panas Temperatur 800°C dengan laju pemanasan 300°C/jam	29

Gambar 3.11	Mikroskop Optik	30
Gambar 3.12	Diagram Alir Pengujian Mikrografi	31
Gambar 3.13	Skema Pengujian Mikrografi	33
Gambar 3.14	Mikro Hardness Vikers	33
Gambar 3.15	Diagram Alir Pengujian Kekerasan	34
Gambar 3.16	Skema Pengujian Kekerasan	36
Gambar 4.1	Skema Pengujian Mikrografi (Perbesaran 10X, Menggunakan Etsa Aquaregia)	38
Gambar 4.2	Struktur Mikro <i>Base Metal</i> Baja Tahan Karat A-312, Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Aquaregia.....	39
Gambar 4.3	Struktur Mikro HAZ Baja Tahan Karat A-312, Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Aquaregia	41
Gambar 4.4	Struktur Mikro Batas HAZ Baja Tahan Karat A-312 Dengan <i>Weld Metal</i> , Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Aquaregia	43
Gambar 4.5	Struktur Mikro <i>Weld Metal</i> , Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Aquaregia.....	45
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%.....	47
Gambar 4.7	Struktur Mikro HAZ Baja Karbon A-106, Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Nital HNO ₃ 2.5%.	49
Gambar 4.8	Struktur Mikro <i>Base Metal</i> Baja Karbon A-106, Perbesaran 200X Menggunakan Etsa Nital HNO ₃ 2.5%.	51
Gambar 4.9	Grafik Nilai Kekerasan DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C Tanpa PWHT55	
Gambar 4.10	Grafik Nilai Kekerasan DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C dan PWHT Pada Temperatur 400°C	56
Gambar 4.11	Grafik Nilai kekerasan DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C dan PWHT Pada Temperatur 500°C	57
Gambar 4.12	Grafik Nilai Kekerasan DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C dan PWHT Pada Temperatur 600°C	57
Gambar 4.13	Grafik Nilai Kekerasan DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C dan PWHT Pada Temperatur 700°C	58

Gambar 4.14	Grafik Nilai Kekerasan DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C dan PWHT Pada Temperatur 800°C	59
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	60

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 A-106.....	9
Tabel 2.4	Komposisi Kimia Baja Tahan Karat A-312 TP 304H	10
Tabel 2.5	Komposisi Inconel 82.....	12
Tabel 3.1	Nilai Kekerasan <i>Mikro Vickers</i>	36
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C Tanpa PWHT	52
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C dan PWHT Temperatur 400°C.....	53
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C dan PWHT Temperatur 500°C.....	53
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C dan PWHT Temperatur 600°C.....	54
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C dan PWHT Temperatur 700°C.....	54
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Kekerasan Pada DMW Dengan <i>Preheat</i> 150°C dan PWHT Temperatur 800°C.....	55

NOMENKLATUR

Simbol	Definisi	Satuan
C	Celcius	(°)
D	Diagonal Bekas Pembebanan	(μ m)
F	Fahrenheit	(°)
HV	Nilai Kekerasan Vikers	(VHN)
P	Berat Pembanan	(gf)
σ_y	Yield Strenght	(MPa)
σ_u	Ultimate Strenght	(MPa)
θ	Sudut Permukaan	(°)