

## LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH *POST WELD HEAT TREATMENT (PWHT)* TERHADAP  
KUALITAS FISIK SAMBUNGAN LAS *SHIELD METAL ARCH WELDING*  
(*SMAW*) MATERIAL SS400 DENGAN METODE PENGUJIAN *BENDING*  
BERKEKUATAN 4 TON



Disusun Oleh:

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Nama : Isnanda  
NIM : 41318320023  
Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
AGUSTUS 2020**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Analisis Pengaruh *PWHT* Terhadap Kualitas Sambungan Las *SMAW* Material SS400  
Dengan Metode Pengujian *Bending* Berkekuatan 4 Ton



Disusun Oleh:

Nama : Isnanda  
NIM : 41318320023  
Program Studi : Teknik Mesin

UNIVERSITAS  
Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing  
Pada Tanggal: 19 Agustus 2020  
MERCU BUANA

Mengetahui,

Dosen Pembimbing



(Nurato, S.T., M.T.)

Koordinator Tugas Akhir



(Fajar Anggara, S.T., M. Eng.)

**HALAMAN PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Isnanda

NIM : 41318320023

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh *PWHT* Terhadap Kualitas Sambungan Las *SMAW* Material SS400 Dengan Metode Pengujian *Bending* Berkekuatan 4 Ton.

Dengan ini saya menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 19 Agustus 2020



Isnanda

## PENGHARGAAN

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Pengaruh PWHT Terhadap Kualitas Sambungan Las SMAW Dengan Metode Pengujian Bending Berkekuatan 4 Ton**”. Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada semua pihak terkait atas bantuan dan dukungan dari segi moral maupun materi yang diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis membutuhkan banyak masukan dari rekan rekan semua agar lebih baik lagi.

Dalam kesempatan ini saya ingin menyampaikan banyak terima kasih dan penghargaan khusus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ngadino Surip selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Bekasi.
3. Bapak Nanang Ruhyat M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Bekasi.
4. Bapak Fajar Anggara, S.T., M. Eng. selaku Koordinator tugas akhir
5. Bapak Nurato, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dengan baik sehingga penulisan laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan.
6. Kedua orang tua, dan keluarga atas do'a dan ridhonya selama pelaksanaan tugas akhir.
7. Teman-teman teknik mesin Universitas Mercu Buana terutama Tim Kelompok Tugas Akhir Heri Kiswanto, Tedy Kurnia, Hardi Arya Pratama, Arya Yudistira, Agung Sudrajat dan teman – teman mahasiswa Mercubuana Kranggan yang selalu memberikan pengalaman dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga segala amal dan ibadah serta segala bantuan yang telah diberikan akan mendapatkan pahala yang sesuai dari Tuhan Yang Maha Esa.

Penulis berharap hasil laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi saya sebagai penulis dan umumnya bagi masyarakat yang membutuhkan, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas ini.

Jakarta, 19 Agustus 2020

Penulis,



Isnanda



## ABSTRAK

Pengujian hasil uji *bending* sambungan las *SMAW* bertujuan untuk melakukan pengujian sambungan las *SMAW* material *SS400* yang diberikan *PWHT* pada spesimen yang telah dilakukan pengelasan menggunakan variasi temperatur pemanasan tertentu menggunakan *furnace* dan dapat mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas sambungan. Proses pengelasan terbentuk karena adanya hambatan arus listrik yang mengalir diantara elektroda dan material las yang menghasilkan panas hingga mencapai 3000°C, mengakibatkan elektroda dan material yang akan dilas meleleh. Penelitian ini melakukan penyambungan las *SMAW* (*shielded metal arc welding*) pada sampel yaitu spesimen *SS400* ketebalan 10 mm dengan *welding current* 100A lalu dilakukan pemanasan spesimen hingga mencapai 400,500,600,700°C kemudian dilakukan *bending test*. Alat uji *bending* adalah mesin yang digunakan untuk proses pengujian kekuatan lengkung pada suatu material dan untuk dapat melihat kualitas suatu material. Dilanjutkan dengan analisa struktur *makro* dengan menggunakan *dinolite* untuk menganalisa hasil pengujian *bending* dan *welding defect* akibat pengujian *bending*. Hasil dari analisa struktur makro pasca dilakukan *bending* yaitu spesimen Non *PWHT* dan *PWHT* 400°C terdapat crack sedangkan spesimen *PWHT* 500,600,700°C tidak terdapat crack hal tersebut terjadi karena spesimen yang tidak dilakukan *PWHT* tingkat ketangguhannya sangatlah rendah dapat mengakibatkan *crack* saat dilakukan uji *bending* material akan mengalami perubahan struktur efek dari pemanasan dan pendinginan yang dapat mengakibatkan material memiliki sifat yang lebih keras namun getas dan spesimen yang dilakukan *PWHT* semakin tinggi temperatur pemanasannya semakin tangguh material tersebut karena tujuan dari *heat treatment* adalah menghilangkan tegangan sisa yang terjadi saat pengelasan, serta hasil perhitungan rata-rata luas *HAZ* keseluruhan spesimen yang paling luas antara spesimen yang di uji adalah spesimen *PWHT* 700°C dengan rata-rata luas *HAZ* 32.96 mm<sup>2</sup> sedangkan yang paling kecil spesimen *Non PWHT* dengan rata-rata luas yaitu *HAZ* 26.34 mm<sup>2</sup> dapat kita simpulkan bahwa peningkatan temperatur juga memperbesar perbedaan pendinginan pada bagian *HAZ* sehingga regangan panas semakin meningkat.

**Kata Kunci:** Pengelasan *SMAW*, *PWHT*, Alat Uji *Bending*, Baja *SS400*

ANALYSIS OF THE EFFECT POST WELD HEAT TREATMENT (PWHT) ON THE PHYSICAL QUALITY WELDING OF SHIELD METAL ARCH WELDING (SMAW) MATERIAL SS400 WITH 4 TON STRENGTH BENDING METHODS

**ABSTRACT**

The test results of the SMAW welding connection bending test aim to test the SMAW welding connection of SS400 material given PWHT on specimens that have been welding using certain heating temperature variations using furnaces and can determine its effect on the quality of the joint. The welding process is formed due to the resistance of an electric current flowing between the electrode and welding material which produces heat up to 3000°C, causing the electrodes and material to be welded to melt. This research conducts the connection of SMAW (shielded metal arc welding) welding to the sample, SS400 specimens with a thickness of 10 mm with welding current 100A and then heating the specimens up to 400,500,600,700 °C then bending test. Bending test equipment is a machine used for the testing of the flexural strength of a material and to be able to see the quality of a material. Followed by a macro structure analysis using dinolite to analyze the results of bending and welding defect testing due to bending testing, The results of the macro structure analysis after bending were that the Non PWHT and PWHT 400°C specimens had crack while the PWHT 500,600,700°C specimens had no crack, this happened because the specimens that were not carried out by PWHT had a very low level of toughness which could result in cracks when the material bending test was carried out. the structure of the effects of suspension and cooling which can result in the material having tougher properties but is brittle and the specimens carried out by PWHT the higher the temperature it controls the tougher the material is because the purpose of heat treatment is to eliminate residual stresses that occur during welding, as well as the calculation of the average yield. The broadest average area of total HAZ specimens among the tested specimens is a 700°C PWHT specimen with an average HAZ area of 32.96 mm<sup>2</sup> while the smallest is a Non PWHT specimen with an average area of 26.34 mm<sup>2</sup> HAZ, we can conclude that the temperature also reduces the increase in temperature cooling pressure on the HAZ so that the heat strain increases.

**Keywords:** SMAW Welding, PWHT, Bending Test Equipment, SS400 Steel

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
PENGHARGAAN .....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR SIMBOL .....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 TUJUAN.....	3
1.4 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH.....	4
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN .....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 PENGERTIAN LAS.....	6
2.2 LAS LISTRIK.....	6
2.2.1 Pengertian SMAW .....	7
2.2.2 Prinsip Kerja SMAW .....	7
2.2.3 Instalasi SMAW .....	8
2.2.4 Klasifikasi Mesin Las Listrik.....	9
2.2.5 Elektroda Terbungkus .....	11
2.3 <i>POST WELD HEAT TREATMENT (PWHT)</i> .....	14
2.3.1 Pengertian PWHT .....	14
2.3.2 Mesin Pemanas (Furnace).....	14
2.3.3 Residual Stress Atau Tegangan Sisa .....	16
2.4 UJI <i>BENDING</i> .....	17
2.5 <i>ASTM E 190 – 14 BENDING TEST WELDING</i> .....	21



2.6	<i>MATERIAL PROPERTIES</i> .....	23
2.7	REFERENSI PENELITIAN TERDAHULU YANG SERUPA .....	24
BAB III .....		25
METODOLOGI PELAKSANAAN .....		25
3.1	METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.2	DIAGRAM ALIR PENELITIAN .....	25
3.3	PENJELASAN DIAGRAM ALIR.....	27
BAB IV .....		35
HASIL DAN PEMBAHASAN .....		35
4.1	HASI DARI PENGELASAN .....	35
4.2	PROSES <i>HEAT TREATMENT</i> .....	36
4.3	HASIL PENGUJIAN <i>BENDING</i> .....	37
4.4	HASIL PENGAMATAN STRUKTUR MAKRO .....	39
BAB V.....		50
KESIMPULAN DAN SARAN.....		50
5.1	KESIMPULAN .....	50
5.2	SARAN .....	51
DAFTAR PUSTAKA .....		52
LAMPIRAN.....		53
Lampiran 1. Gambar alat uji <i>bending</i> .....		53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengelasan SMAW .....	8
Gambar 2.2 Peralatan Pengelasan SMAW .....	8
Gambar 2.3 Mesin Las AC .....	10
Gambar 2.4 Mesin Las DC .....	10
Gambar 2.5 Elektroda Terbungkus .....	13
Gambar 2.6 Electric Furnace .....	14
Gambar 2.7 Three point bending .....	19
Gambar 2.8 Four point bending .....	20
Gambar 2.9 Guided Bend Test Jig ASTM E 190 – 14 .....	21
Gambar 3. 1 Diagram alir .....	26
Gambar 3. 2 F6000 Furnace .....	28
Gambar 3. 3 Grafik Proses Heat Treatment .....	30
Gambar 3. 4 Perancangan alat uji bending sambungan las .....	30
Gambar 3. 5 Spesimen yang sudah di bending .....	32
Gambar 3. 6 Kertas gosok .....	32
Gambar 3. 7 Gerinding .....	32
Gambar 3. 8 Chloride dehydrate .....	33
Gambar 3. 9 DinoCapture 2.0 .....	33
	
Gambar 4. 1 Material SS400 .....	35
Gambar 4. 2 Proses pengelasan welding current 100 A .....	35
Gambar 4. 3 Spesimen yang sudah welding .....	36
Gambar 4. 4 Proses kerja heat treatment .....	36
Gambar 4. 5 Grafik waktu proses heat treatment .....	37
Gambar 4. 6 Alat uji bending .....	37
Gambar 4. 7 Proses bending terhadap spesimen .....	38
Gambar 4. 8 Hasil uji bending terhadap seluruh spesimen .....	39
Gambar 4. 9 Permukaan spesimen Non PWHT .....	39
Gambar 4. 10 Permukaan las spesimen PWHT 400°C .....	40
Gambar 4. 11 Permukaan las spesimen PWHT 500°C .....	40
Gambar 4. 12 Permukaan las spesimen PWHT 600°C .....	41

Gambar 4. 13 Permukaan Las spesimen PWHT 700°C .....	41
Gambar 4. 14 Hasil pemotongan dan proses pengetsaan .....	42
Gambar 4. 15 Sketsa daerah HAZ .....	42
Gambar 4. 16 Acuan lebar HAZ .....	43
Gambar 4. 17 HAZ spesimen non PWHT .....	43
Gambar 4. 18 HAZ spesimen PWHT suhu 400°C .....	44
Gambar 4. 19 HAZ spesimen PWHT suhu 500°C .....	45
Gambar 4. 20 HAZ spesimen PWHT suhu 600°C .....	46
Gambar 4. 21 HAZ spesimen PWHT suhu 700°C .....	47
Gambar 4. 22 Grafik Luasan HAZ keseluruhan spesimen .....	49
Gambar 4. 23 Grafik rata-rata luasan HAZ keseluruhan spesimen .....	49



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Spesifikasi Elektroda Terbungkus dari Baja Lunak ASTM .....	12
Tabel 2.2 Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda dan Diameter dari Elektroda ....	13
Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Metode Uji Three Point Bending dan Four Point Bending .....	18
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Baja SS400.....	23
Tabel 2.5 Material Properties SS400. (Steelindopersada, 2015).....	24
Tabel 4. 1 Luas HAZ 1 dan HAZ 2 Spesimen Non PWHT .....	44
Tabel 4. 2 Luas HAZ 1 dan HAZ 2 spesimen suhu 400°C .....	45
Tabel 4. 3 Luas HAZ 1 dan HAZ 2 Spesimen Suhu 500°C .....	46
Tabel 4. 4 Luas HAZ 1 dan HAZ 2 Spesimen Suhu 600°C .....	47
Tabel 4. 5 Luas HAZ 1 dan HAZ 2 Spesimen Suhu 700°C .....	48
Tabel 4. 6 Rata – rata luasan <i>HAZ</i> keseluruhan spesimen .....	48



**DAFTAR SIMBOL**

Simbol	Keterangan
$\alpha$	Sudut ( $^{\circ}$ )
$\theta$	Diameter (mm)
$\sigma$	Tegangan normal (Mpa)
$\tau$	Tegangan geser (Mpa)
b	Tebal plate (mm)
$\ell h$	Lebar plate (mm)
F	Gaya (N)
P	Tekanan (Mpa)
A	Luas bidang (mm)
D	Diameter (mm)
L	Jarak las-lasan (mm)



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA