



**ANALISIS PERBANDINGAN SIFAT MEKANIK PENGELASAN  
MULTILAYER BAJA TAHAN KARAT 316L PADA  
PENGELASAN GTAW DAN SMAW**

**SKRIPSI**

Oleh

**Ari Firmansyah  
NIM 071910101072**

**PROGRAM STUDI SRATA SATU TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2011**



**ANALISIS PERBANDINGAN SIFAT MEKANIK PENGELASAN  
MULTILAYER BAJA TAHAN KARAT 316L PADA  
PENGELASAN GTAW DAN SMAW**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi Tugas Akhir dan memenuhi syarat-syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Ari Firmansyah**  
**NIM 071910101072**

**PROGRAM STUDI SRATA SATU TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2011**



## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah, terucapkan sebagai rasa syukur dengan terselesaikannya tugas akhir ini. Dengan menyebut nama Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang serta shalawat pada Nabi Muhammad SAW, kupersembahkan ini sebagai rasa cinta kasih dan sayangku kepada:

1. Bapak ibuku tercinta serta saudara saudara yang selalu memberikan kasih sayang, dorongan, nasehat dan doa yang senantiasa mengiringi perjalananku dalam menggapai cita-citaku.
2. Seluruh dosen dan guru yang telah memberi ilmu pengetahuan.
3. Sahabat-sahabatku yang selalu setia membantu dan memberiku semangat.
4. Almamater yang kubanggakan, Universitas Jember.

## **MOTTO**

Jangan katakan Sulit. Ketahuilah; tidak ada hal yang sulit jika dikerjakan dengan sepenuh hati

Bermimpi adalah langkah awal mencapai keberhasilan, tetapi mimpi itu tetap semu jika tindakan tidak nyata

Beranganlah setinggi langit tetapi tetaplah kakimu berpijak di bumi

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Ari Firmansyah**

NIM : **071910101072**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: *Analisis Perbandingan Sifat Mekanik Pengelasan Multilayer Baja Tahan Karat 316L Pada Pengelasan GTAW dan SMAW* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2011

Yang menyatakan,

(Ari Firmansyah.)  
NIM. 071910101072

## **SKRIPSI**

### **ANALISIS PERBANDINGAN SIFAT MEKANIK PENGELASAN MULTILAYER BAJA TAHAN KARAT 316L PADA PENGELASAN GTAW DAN SMAW**

**Oleh :**  
**ARI FIRMANSYAH**  
**NIM 071910101072**

#### **Pembimbing**

Dosen Pembimbing Utama : Sumarji S.T.,M.T.  
Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Ahmad Syuhri M.T.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Analisis Perbandingan Sifat Mekanik Pengelasan Multilayer Baja Tahan Karat 316L Pada Pengelasan GTAW dan SMAW*, telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Selasa  
Tanggal : 23 Agustus 2011  
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Sumarji, S.T., M.T.  
NIP 19680202 199702 1 001

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.  
NIP 19670123 1997021 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Salahudin Yunus, S.T.,M.T  
NIP 19751006200212 1 002

Hary Sutjahjono, S.T.,M.T.  
NIP 19681205 199702 1 002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Analisis Perbandingan Sifat Mekanik Pengelasan Multilayer Baja Tahan Karat 316L Pada Pengelasan GTAW dan SMAW;** Ari Firmansyah, 071910101072; 2011: 63 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Pengelasan Multilayer merupakan pengelasan berulang yang dilakukan pada suatu material yang memiliki ketebalan tertentu sehingga tidak memungkinkan dilakukan pengelasan satu layer. Pengelasan multilayer banyak digunakan pada industri perakitan ketel, *heat exchanger*, *pressure vessel* dll.

Pada penelitian ini dilakukan dua variasi proses pengelasan multilayer yaitu GTAW-GTAW dan GTAW-SMAW pada baja tahan karat 316L. Filer metal yang digunakan pada pengelasan GTAW adalah TGS 316L dan elektroda yang digunakan untuk pengelasan SMAW adalah ER 316L. Pengujian hasil cacat berupa porositas dan retak dilakukan dengan pengujian penetrant. Untuk pengamatan struktur mikro pada specimen hasil pengelasan dilakukan menggunakan optical microscope. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode microvicers.

Pada kedua pengelasan GTAW-GTAW dan pengelasan GTAW-SMAW tidak ditemukan adanya cacat porositas dan retak pada permukaan daerah lasan. Bentuk butir pada pengelasan GTAW-GTAW tampak lebih halus dari pada pengelasan GTAW-SMAW. Hal ini menyebabkan kekuatan tarik untuk pengelasan GTAW-GTAW lebih tinggi dari pada pengelasan GTAW-SMAW. Selain itu, kekerasan tertinggi pada hasil pengujian diketahui berada pada daerah HAZ pada layer 2 pengelasan GTAW-GTAW yaitu sebesar 370 VHN dan kekerasan terendah diketahui berada pada daerah HAZ pengelasan GTAW-SMAW yaitu sebesar 195 VHN.

Dari hasil seluruh pengujian pengelasan GTAW-GTAW memiliki sifat mekanik lebih baik daripada pengelasan GTAW-SMAW. Tetapi pengelasan GTAW –SMAW masih dapat digunakan untuk pengelasan pada perakitan shel



circulation Heater pada heat exchanger karena jika ditinjau dari sifat mekanik yang didapat dari pengujian masih sesuai standart ASME section IX.

## SUMMARY

**The Analysis of Comparative Mechanical Characteristic Multilayer Welding 316L Stainless Steel in GTAW and SMAW** ; Ari Firmansyah, 071910101072; 2011: 63 pages; Mechanical Engineering Major, Engineering Faculty, University of Jember.

Multilayer welding is a multiple times welding that do on a material which has a certain thickness until it was not possible to do a single layer welding. Multilayer welding is widely used in assembling industry of boilers, heat exchangers, pressure vessel etc.

This research was conducted two variations multilayer welding processes; they are GTAW-GTAW, GTAW-SMAW on stainless steel 316L. Filler metal that used in GTAW welding is TGS316L and electrodes that used for SMAW welding are ER 316L. Penetrant testing does testing results of porosity defects and cracks. The observation of microstructure in the done specimens welding used an optical microscope. Hardness testing was conducted microvikers method.

Both of GTAW-GTAW welding and GTAW-SMAW welding did not find any porosity defects and cracks on the surface of the weld area. Grains in the form of GTAW-GTAW welding look smoother than the GTAW-SMAW welding. It causes the tensile strength of GTAW- GTAW welding is higher than the GTAW-SMAW welding. In addition, the highest hardness results that are known in the second layer HAZ region on GTAW-GTAW welding is about 370 VHN and the lowest hardness found in the HAZ area which is in SMAW-GTAW welding is about 195 VHN.

The test results said that GTAW-GTAW welding have better mechanical characteristic than GTAW-SMAW welding, nevertheless GTAW-SMAW welding still can be used for welding on the assembling of Shell circulation Heater in heat exchangers because when it viewed from the mechanical characteristic obtained from testing is still appropriate standard ASME section IX.

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah saya panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: *Analisis Perbandingan Sifat Mekanik Pengelasan Multilayer Baja Tahan Karat 316 Pada Pengelasan GTAW dan SMAW*. Saya telah berusaha membuat skripsi ini sebaik mungkin. Segala usaha telah saya tempuh secara maksimal agar skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat.

Saat saya menyusun skripsi ini berbagai pihak telah membantu saya. Oleh karena itu saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak., Sumarji, S.T., M.T. dan bapak Ir.Ahmad Syuhri M.T selaku dosen pembimbing yang telah membimbing saya menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Salahudin Yunus S.T., M.T., dan bapak Hari Sutjahyono S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dalam pengerjaan skripsi ini;
3. Bapak Heri purwantoro dkk yang telah membimbing saya pada saat pengelasan;
4. Ibuku tercinta Samaniah, Ayahku tercinta Arifi., Kakek dan Nenekku dan seluruh keluargaku yang selalu memberikan semangat dan do'anya demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Siti Muallifah. dambaan hatiku yang selalu memberikan semangat, tempatku melepas lelah, jenuh, dan penat serta tempatku berbagi cerita dan tawa;
6. Seluruh teman seangkatan Teknik Mesin 2007 (Seven Engine '07) yang selalu siap memberikan bantuannya, yang telah memberikan kekompakan dan semangat kebersamaan, salam *solidarity forever*;
7. Adik kelasku TM 08, TM 09, TM 10, semua tak terkecuali. Cepet Nyusul Rek, Semangat;
8. Keluarga Besar rent house Manggis dan Teman KKT ku semua , Semoga persahabatan kita kekal abadi untuk selamanya kawan;
9. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.

Saya hanya bisa mengucapkan banyak terimakasih atas segala bantuan yang telah diberikan pada saya dalam penyusunan skripsi ini. Semoga Allah SWT memberikan yang terbaik pada semua pihak yang membantu saya.

Apabila dalam skripsi ini masih ada kesalahan saya siap menerima kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga karya ini dapat menjadi lebih baik. Saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang mempelajarinya. Saya selalu berdo'a kepada Allah SWT semoga kita selalu berada di jalan yang benar.

Jember,20 Agustus 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>BAB 1.PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Pengertian Pengelasan.....	5
2.2 Klasifikasi pengelasan.....	5
2.3 Metalurgi Pengelasan.....	6
2.4 Parameter Proses Pengelasan .....	8
2.5 Pengelasan GTAW.....	10
2.6 Pengelasan SMAW .....	11
2.7 Pengelasan Baja Tahan Karat.....	13
2.8 Pengujian Penetrant .....	17
2.9 Pengujian Kekerasan.....	19

2. 10 Pengujian Tarik.....	20
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Metode Penelitian .....	23
3.2 Tempat dan Waktu.....	23
3.3 Bahan dan Alat .....	23
3.1.1 Bahan .....	23
3.1.2 Alat .....	23
3.4 Prosedur Penelitian .....	24
3.6 Variabel Penelitian.....	31
3.7 Teknik Penyajian Data .....	32
3.8 Analisis Data .....	32
3.9 Diagram Alir Penelitian .....	33
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Hasil pemeriksaan cacat las .....	34
4.2 Hasil Pengujian Tarik .....	36
4.3 Pengamatan Struktur Mikro .....	39
4.4 Pengamatan Struktur Makro .....	43
4.5 Hasil Pengujian Kekerasan .....	44
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Proses Pengelasan GTAW.....	11
Gambar 2.2 Skema Pengelasan SMAW .....	12
Gambar 2.3 Endapan Antar Butir Karbida Crom.....	14
Gambar 2.4 Diagram Schaeffler .....	14
Gambar 2.5 Jenis Retak Panas Dalam Logam Lasan .....	15
Gambar 2.6 Skematis Prinsip indentasi Pada Pengujian vicers .....	19
Gambar 2.7 Kurva tegangan-regangan material.....	21
Gambar 3.1 Detail Sambungan Lasan .....	25
Gambar 3.2 Skema Pengujian Tarik.....	27
Gambar 3.3 Skema Uji Kekerasan .....	30
Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian .....	33
Gambar 4.1.a Hasil Uji Penetrant Las GTAW-GTAW .....	34
Gambar 4.6.b Struktur Mikro Weld Metal pengelasan GTAW-SMAW .....	42
Gambar 4.7 Pengamatan struktur Makro pengelasan GTAW-SMAW .....	43
Gambar 4.7 Pengamatan struktur Makro pengelasan GTAW-GTAW.....	44
Gambar 4.8.a Grafik Kekerasan Layer 1 .....	45
Gambar 4.8.b Grafik Kekerasan Layer 2 .....	46
Gambar 4.8.c Grafik Kekerasan Layer 3 .....	46
Gambar B.1 Grafik tegangan regangan Pengelasan GTAW-GTAW.....	56
Gambar B.2 Grafik tegangan regangan pengelasan GTAW-SMAW.....	57
Gambar C.1 Proses Pengelasan .....	59
Gambar C.2 Spesimen Hasil Pengelasan .....	59
Gambar C.3 Spesimen Pengujian Penetrant.....	60
Gambar C.4 Sampel pengujian Kekerasan .....	61
Gambar C.5 Sampel hasil uji Vicers.....	62
Gambar C.6 Spesimen Uji Tarik GTAW-GTAW.....	62
Gambar C.7 Spesimen Uji Tarik GTAW-SMAW .....	62
Gambar C.8 Cairan Uji Penetrant.....	63
Gambar C.9 Mesin Ampelas .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pemilihan Arus Pada PengelasanGTAW .....	9
Tabel 3.1 Jumlah Spesimen Pengujian .....	26
Tabel 3.2 Rancangan Pengujian Tarik.....	27
Tabel 3.3 Rancangan Pengujian Kekerasan.....	31
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Penetrant.....	35
Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik .....	45
Tabel 4.3 Hasil Rata Rata Pengujian Kekerasan GTAW-GTAW.....	45
Tabel 4.4 Hasil Rata Rata Pengujian Kekerasan GTAW- SMAW .....	45
Tabel B.1 Tegangan Regangan Pengelasan GTAW- GTAW .....	56
Tabel B.2 Tegangan Regangan Pengelasan GTAW- SMAW .....	57
Tabel B.3 Tabel Kekerasan Pengelasan GTAW-GTAW .....	58
Tabel B.4 Tabel Kekerasan Pengelasan GTAW-SMAW .....	58