



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PENGELASAN METODA SMAW & GTAW  
TERHADAP PERILAKU KOROSI *AUSTENITIC STAINLESS STEEL*  
316L**

**TESIS**

**RR. RENI INDRASWARI**

**0806423002**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL  
KEKHUSUSAN KOROSI  
DEPOK  
JULI 2010**

**Universitas Indonesia**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PENGELASAN METODA SMAW & GTAW  
TERHADAP PERILAKU KOROSI *AUSTENITIC STAINLESS STEEL*  
316L**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister  
Teknik**

**RR. RENI INDRASWARI**

**0806423002**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL  
KEKHUSUSAN KOROSI  
DEPOK  
JULI 2010**

**Universitas Indonesia**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Rr. Reni Indraswari**

**NPM : 0806423002**

**Tanda tangan :**

**Tanggal : Juli 2010**

**Universitas Indonesia**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Rr. Reni Indraswari  
NPM : 0806423002  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul tesis : Pengaruh Pengelasan Metoda SMAW & GTAW  
Terhadap Perilaku Korosi *Austenitic Stainless Steel 316L*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi S, M. DEA(.....)  
Pembimbing II : Dr. Ir. Winarto, M.Sc (.....)  
Penguji : Dr. Ir. Dedi Priadi, DEA (.....)  
Penguji : Ir. Andi Rustandi, M.T. (.....)

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 9 Juli 2010

Universitas Indonesia

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Metalurgi dan Material pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini, Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi S, M. DEA sebagai pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
2. Bapak Dr. Ir. Winarto MSc. sebagai pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
3. Bapak Dr. Ir. Dedi Priadi, DEA & Bapak Ir. Andi Rustandi, M.T sebagai penguji yang telah memberikan masukan selama sidang tesis ini;
4. Orang tua serta keluarga yang memberikan dukungan dan mendoakan demi menyelesaikan tesis saya;
5. Abimanyu, anakku yang selalu memberikan segala keceriaan di dalam kesulitan/kesusahan & menjadi semangat dalam menyelesaikan tesis saya;.
6. Seluruh staf pengajar dan karyawan Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah ikut serta memberikan masukan dan dukungan;
7. Mas Purnadi Zakaria, Rudi, Mas Dharma, Mas Udin (SEM), Pak Johan Aidar, Sumbodo Adji yang telah banyak memberikan bantuan serta dukungan;
8. Andrie & Herdawandi yang udah banyak membantu dalam *sharing*

**Universitas Indonesia**

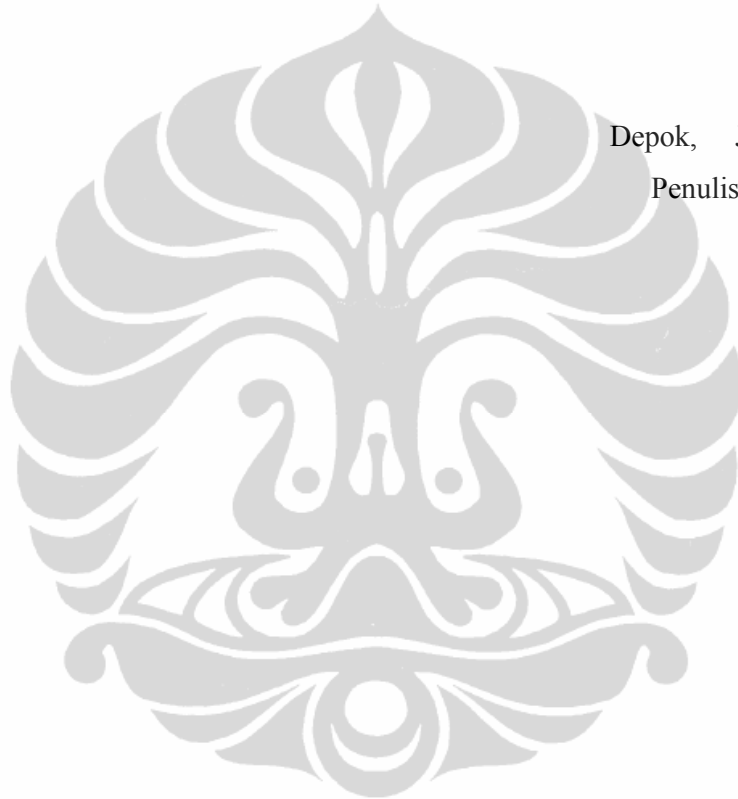
*knowledge* ilmu metalurgi;

9. Semua pihak yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu korosi di Indonesia.

Depok, Juli 2010

Penulis



**Universitas Indonesia**

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rr. Reni Indraswari  
NPM : 0806423002  
Program Studi : Teknik Metalurgi Dan Material  
Departemen : Metalurgi Dan Material  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pengaruh Pengelasan Metoda SMAW & GTAW Terhadap Perilaku Korosi Austenitic Stainless Steel 316L**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : Depok

Pada tanggal : Juli 20110

Yang menyatakan

(Rr. Reni Indraswari)

**Universitas Indonesia**

## ABSTRAK

Nama : Rr. Reni Indraswari  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul : Pengaruh Pengelasan Metoda SMAW & GTAW Terhadap Perilaku Korosi *Austenitic Stainless Steel* 316L

Baja tahan karat jenis austenitik tipe 316L banyak digunakan di berbagai industri. Untuk menyambungkan antar pipa dilakukan pengelasan, akan tetapi dalam penggunaannya sering terjadi korosi pada sambungan lasnya. Pada penelitian ini dilakukan pengelasan pada logam SS 316L dengan ukuran 150 mm x 300 mm, tebal 1,5 mm dan 3 mm. Metoda pengelasan yang dilakukan adalah SMAW and GTAW dengan variasi jenis filler (ER316L dan TGX-R316LT1-5) dan penggunaan *gas back purging/shielding* argon. Gas pelindung yang digunakan untuk metoda GTAW adalah argon murni.

Setelah proses pengelasan, akan dilakukan beberapa pengujian seperti pengujian kekerasan, metallografi untuk melihat struktur mikro serta pengujian ketahanan *pitting*. Pengujian dilakukan dengan membedakan spesimen yang dipreparasi dan yang tidak dipreparasi sebelum dilakukan pengujian dengan mencelupkan ke dalam larutan *ferric chloride*.

Hasil dari penelitian ini yaitu data pengujian kekerasan yang menunjukkan bahwa daerah *Weld Metal* memiliki kekerasan yang paling tinggi dari daerah lainnya dan dari pengamatan struktur mikro ditemukan adanya presipitasi karbida. Pada pengelasan baja tahan karat jenis ini juga ditemukan adanya oksida-oksida permukaan karena temperatur tinggi dan fenomena sensitisasi yang tidak lepas mempengaruhi ketahanan korosi, khususnya korosi *pitting*.

Kata kunci : *Austenitic Stainless Steel* 316 L, *pitting*, pengelasan, SMAW, GTAW, filler, sensitisasi, oksida

Universitas Indonesia



## ABSTRACT

Name : Rr. Reni Indraswari  
Study Program : Metallurgy and Materials Engineering  
Title : Effect of SMAW & GTAW Methods Welding on  
Corrosion Behavior of Austenitic Stainless Steel 316L

Austenitic Stainless Steel type 316L is mostly used in various industries. Usually, joining between the pipes by welding. Although on the use often happened corrosion failure on the weld joint.

This research use SS316L materials with size 150 mm x 300 mm, thickness 1,5 mm dan 3 mm. Methods welding are SMAW and GTAW with variation in filler metals (ER316L and TGX-R316LT1-5) and using *gas back purging/shielding*. Then, will be researched by hardness test and metallography test to know microstructure and pitting resistance test. Tests carried out by distinguishing specimens that are not prepared and prepared prior to testing by dipping into a solution of ferric chloride.

The result of this analysis, hardness test which show that Weld Metal zone is the hardest from the other. From the microstructure analyze show carbide precipitation. In welding stainless steel types are also found the existence of surface oxides due to high temperature and sensitization phenomena that can't be separated affecting corrosion resistance, particularly pitting corrosion.

Keywords: *Austenitic Stainless Steel 316 L, pitting, welding, SMAW, GTAW, filler, sensitization, oxide*

Universitas Indonesia

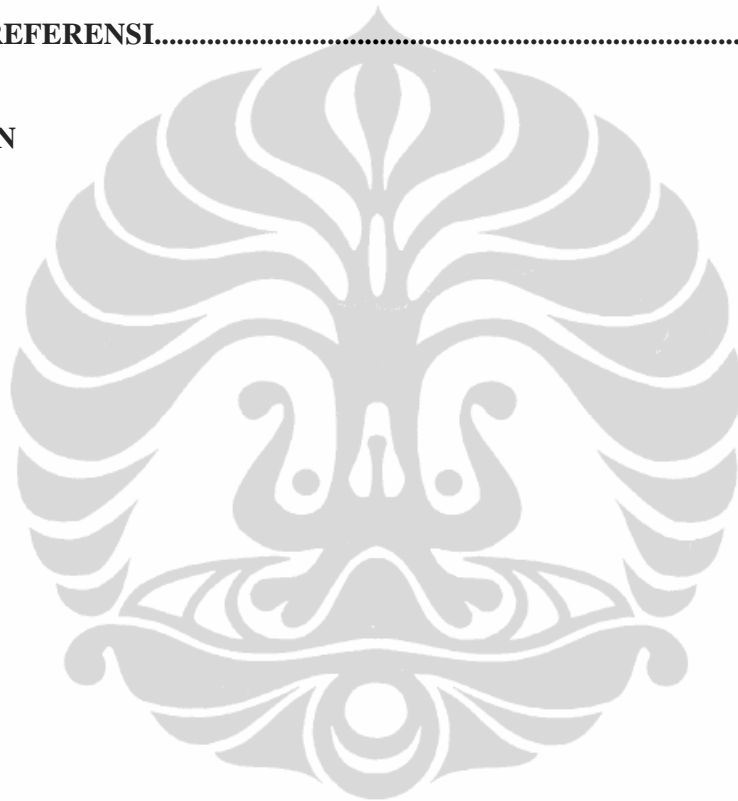
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	5
1.3. Perumusan Masalah.....	5
1.4. Pembatasan Masalah.....	6
<b>BAB 2. LANDASAN TEORI.....</b>	<b>8</b>
2.1. Karakteristik <i>Austenitic Stainless Steel 316L</i> .....	8
2.1.1. Pengaruh Unsur-Unsur Paduan.....	8
2.1.2. Diagram Fasa Sistem Fe-Cr-Ni.....	11
2.2. Pengelasan.....	13
2.2.1. SMAW ( <i>Shielded Metal Arc Welding</i> ).....	13
2.2.2. GTAW ( <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> ).....	14
2.3. Metalurgi Pengelasan.....	16
2.3.1. Evolusi Struktur Mikro Zona Fusi dan Morfologi Ferit.....	17
2.3.2. Reaksi Solidifikasi.....	18
2.3.3. Presipitat.....	19

Universitas Indonesia

2.4. Perpindahan Panas.....	23
2.5. Korosi.....	23
2.5.1. Korosi Pitting.....	24
2.5.2. Sensitisasi.....	25
2.5.3. Oksidasi Permukaan Pengelasan.....	26
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>28</b>
3.1. Prosedur Penelitian.....	28
3.2. Persiapan Bahan.....	28
3.3. Proses Pengelasan.....	29
3.4. Pengujian.....	30
3.4.1. Pengujian Visual.....	30
3.4.2. Pengujian Struktur Mikro.....	30
3.4.3. Pengujian Kekerasan.....	32
3.4.4. Pengujian SEM/EDS.....	32
3.4.5. Pengujian Ketahanan terhadap Korosi <i>Pitting</i> .....	33
<b>BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>36</b>
4.1. Parameter Pengelasan.....	36
4.2. Hasil Pengamatan Visual.....	36
4.3. Hasil Pengamatan Metalografi.....	37
4.3.1. Pengamatan Secara Makro.....	37
4.3.2. Pengamatan Secara Mikro.....	37
4.4. Hasil Perhitungan Fasa.....	40
4.5. Hasil Pengujian Kekerasan Mikro VHN.....	42
4.6. Hasil Pengamatan SEM/EDS.....	46
4.7. Hasil Pengamatan Foto Makro Presipitat.....	48
4.8. Hasil Perhitungan Presipitat.....	49
4.9. Hasil Pengujian Ketahanan <i>Pitting</i> .....	51
4.9.1. Hasil Pengamatan Foto Makro, Visual Sebelum & Sesudah NDT	

Hasil Pengujian Ketahanan <i>Pitting</i> .....	51
4.9.2. Hasil Perhitungan Laju Korosi <i>Pitting</i> .....	53
4.9.3. Hasil Perhitungan <i>Pitting Factor (Depth to Weight Loss Ratio)</i> .....	57
<b>BAB 5 KESIMPULAN.....</b>	<b>60</b>
<b>DAFTAR REFERENSI.....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	<i>Pitting Corrosion</i> Pipa Boiler & Cooling Water.....	5
Gambar 2.1.	Skema Isotermal Diagram Ternern pada Fe-Ni-Cr (a) Liquidus dan (b) Solidus.....	12
Gambar 2.2.	Skema Proses SMAW.....	13
Gambar 2.3.	Skema Proses GTAW.....	14
Gambar 2.4.	Diagram WRC-1992.....	17
Gambar 2.5.	Potongan Vertikal Diagram Ternern Besi-Nikel-Kromium, pada Kadar Besi Konstan (a) 70% Fe. (b) 60% Fe.....	18
Gambar 2.6.	Skematik Perilaku Solidifikasi dan Transformasi Keadaan Padat pada Lasan dengan Peningkatan Rasio Creq/Nieq.....	18
Gambar 2.7.	Hubungan Tipe Solidifikasi dengan Diagram Fasa Pseudobiner...19	
Gambar 2.8.	Daerah <i>Depleted</i> yang Berdekatan dengan Presipitat.....	26
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 4.1.	Struktur Mikro WM Sampel 6, Ketebalan 3 mm GTAW.....	38
Gambar 4.2.	Struktur Mikro WM Sampel 7, Ketebalan 1,5 mm GTAW dengan filler TGX.....	38
Gambar 4.3.	Struktur Mikro WM Sampel 8, Ketebalan 3 mm GTAW dengan filler TGX.....	38
Gambar 4.4.	Grafik Jumlah Persentase Delta Ferit Semua Sampel.....	40
Gambar 4.5.	Grafik Jumlah Persentase Austenit Semua Sampel.....	40
Gambar 4.6.	Grafik Jumlah Persentase Delta Ferit (a) Ketebalan 1,5 mm (b) Ketebalan 3 mm.....	41
Gambar 4.7.	Grafik Jumlah Persentase Austenit (a) Ketebalan 1,5 mm (b) Ketebalan 3 mm 38.....	41
Gambar 4.8.	Grafik Rata-Rata Kekerasan VHN di Area WM, HAZ dan BM untuk Semua Sampel.....	42
Gambar 4.9.	Grafik Kekerasan VHN di Area WM, HAZ dan BM pada Sampel	

	Tebal 1,5 mm.....	44
Gambar 4.10.	Grafik Kekerasan VHN di Area WM, HAZ dan BM pada Sampel Tebal 3 mm.....	45
Gambar 4.11.	Grafik Rata-Rata Kekerasan VHN di Area WM, HAZ dan BM pada Sampel Tebal 1,5 mm.....	45
Gambar 4.12.	Grafik Rata-Rata Distribusi Kekerasan VHN di Area WM, HAZ dan BM pada Sampel Tebal 3 mm.....	46
Gambar 4.13.	Foto Makro Presipitat Sampel 7, Ketebalan 1,5 mm metoda GTAW Dengan Filler TGX.....	48
Gambar 4.14.	Foto Makro Presipitat Sampel 8, Ketebalan 3 mm metoda GTAW Dengan Filler TGX.....	48
Gambar 4.15.	Grafik Jumlah Persentase Presipitat Semua Sampel.....	49
Gambar 4.16.	Grafik Jumlah Persentase Presipitat (a) Ketebalan 1,5 mm (b) Ketebalan 3 mm.....	50
Gambar 4.17.	Grafik Laju Korosi Seluruh Sampel.....	53
Gambar 4.18.	Grafik Laju Korosi Sampel Ketebalan 1,5 mm.....	54
Gambar 4.19.	Grafik Laju Korosi Sampel Ketebalan 3 mm.....	55
Gambar 4.20.	Grafik <i>Pitting Factor</i> Seluruh Sampel.....	57
Gambar 4.21.	Grafik <i>Pitting Factor</i> Sampel Ketebalan 1,5 mm.....	57
Gambar 4.22.	Grafik <i>Pitting Factor</i> Sampel Ketebalan 3 mm.....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Tipe Solidifikasi, Reaksi dan Struktur Mikro.....	19
Tabel 2.2.	Jenis-Jenis Presipitat dalam Baja Tahan Karat Austenitik.....	20
Tabel 4.1.	Foto Makro & Visual NDT Sampel Hasil Pengujian Ketahanan <i>Pitting</i> .....	51



**Universitas Indonesia**