

**“PENGARUH VARIASI REPAIR WELDING PADA PENGELASAN
SHIELDED METAL ARC WELDING TERHADAP SIFAT MATERIAL
WELD JOINT PIPA API 5L GRADE B SCH.40”**

TUGAS AKHIR

**TARA LYDWINA
12316007**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
2020**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Tara Lydwina

NIM : 123.16.007

Tanda Tangan : 

Tanggal : 17 Agustus 2020

LEMBAR PENGESAHAN

**“PENGARUH VARIASI REPAIR WELDING PADA PENGELASAN
SHIELDED METAL ARC WELDING TERHADAP SIFAT MATERIAL
WELD JOINT PIPA API 5L GRADE B SCH.40”**

TUGAS AKHIR

**TARA LYDWINA
12316007**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi

Menyetujui,
Kota Deltamas,
Pembimbing



Dr. Eng. Asep Ridwan Setiawan, S.T., M.Sc.
NIP: 198003242009121004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Metalurgi

Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.
NIP: 19741204200811011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik sehingga penyusunan laporan Tugas Akhir dapat diselesaikan. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat wajib yang harus ditempuh untuk mencapai gelar Sarjana Program Studi Teknik Metalurgi Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, saya berkesempatan melakukan percobaan pengelasan di PT. PGAS Solution khususnya di Proyek Komersial Indonesia Power. Pengerjaan serta penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari semua pihak, untuk itu perkenankanlah saya untuk menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

- (1) Bapak Dr. Eng Akhmad Ardian Korda S.T., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Metalurgi dan Material Institut Teknologi dan Sains Bandung;
- (2) Bapak Dr. Eng. Asep Ridwan Setiawan, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
- (3) Bapak Ir. Soleh Wahyudi, M.T. dan Bapak Andrie Harmaji, S.T, M.T. selaku dosen penguji pada Sidang Ujian yang telah memberikan banyak masukan bagi penyempurnaan Tugas Akhir ini;
- (4) Seluruh dosen Program Teknik Metalurgi Institut Teknologi dan Sains Bandung yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada saya;
- (5) Pihak PT. PGAS Solution serta Tim Proyek Komersial Indonesia Power PT. PGAS Solution yang telah membantu selama proses percobaan pengelasan serta pencarian data selama kegiatan magang Tugas Akhir berlangsung;
- (6) Bapak Ragil Siswo Utomo dan Bapak Hary Hilmansyah selaku Pembimbing lapangan yang telah memberikan arahan dan pemahaman ilmu untuk penyusunan Tugas Akhir ini;
- (7) Orangtua saya yang telah memberikan dukungan moral maupun materil kepada saya selama kegiatan serta penyusunan laporan Tugas Akhir;
- (8) Keluarga serta sahabat – sahabat saya yang telah memberikan dukungan dan banyak membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini

(9) Teman – teman TMM 16 serta seluruh massa HIMATAMA ITS B atas doa dan dukungan kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini;

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah mendoakan, mendukung serta membantu kelancaran penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi saya serta para pembaca lainnya.

Kota Deltamas, 17 Agustus 2020

Tara Lydwina

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai civitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tara Lydwina
NIM : 12316007
Program Studi : Teknik Metalurgi
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Pengaruh Variasi Repair Welding pada Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* Terhadap Sifat Material Weld Joint Pipa API 5L Grade B Sch. 40”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 : Bekasi
Pada tanggal : 17 Agustus 2020
Yang menyatakan



(Tara Lydwina)

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Metodologi Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Material.....	6
2.1.1 Baja Karbon (<i>Carbon Steel</i>).....	6
2.1.2 Klasifikasi Baja Karbon	6
a. Baja Karbon Rendah (<i>Low Carbon Steel</i>).....	6
b. Baja Karbon Sedang (<i>Medium Carbon Steel</i>)	8
c. Baja Karbon Tinggi (<i>High Carbon Steel</i>).....	8
2.1.3 Karakteristik Baja Karbon.....	9
a. Diagram Fasa Besi – Besi Carbida (Fe - Fe ₃ C)	9
b. Struktur Mikro	11
2.1.4 Pipa API 5L Grade B	12
2.2 Pengelasan	12
2.2.1 Klasifikasi Pengelasan.....	13
2.3 Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW)	14
2.3.1 Prinsip Kerja Pengelasan <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW)	14

2.3.2	Parameter Pengelasan <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW)	17
2.3.3	Jenis Sambungan (<i>Joint</i>), <i>Edge Preparation</i> , dan Posisi Pengelasan	18
2.3.4	Elektroda Pengelasan	22
2.4	Metalurgi Pengelasan	23
2.4.1	Distorsi dan Tegangan Sisa pada Pengelasan	23
2.4.2	Laju Pendinginan pada Pengelasan	25
2.4.3	Daerah Heat Affected Zone (HAZ).....	25
2.4.4	Diagram Continuous Cooling Transformation (CCT)	28
2.5	Pengelasan Perbaikan (<i>Repair Welding</i>)	30
2.6	Penelitian Tentang <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW).....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	33
3.2	Alat dan Bahan	34
3.2.1	Alat	34
3.2.2	Bahan.....	34
3.3	Prosedur Penelitian Awal	34
3.3.1	Studi Awal Material	34
3.3.2	Prosedur Pengelasan.....	35
3.3.3	Prosedur Uji Tak Merusak (<i>Non Destructive Test</i>) Radiografi.....	36
3.3.4	Prosedur Metalografi.....	37
3.3.5	Prosedur Mikroskop Optik	39
3.3.6	Prosedur Pengujian Kekerasan <i>Macro Vickers</i>	40
3.3.7	Prosedur Pengujian Tarik	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		44
4.1	Perbandingan Hasil Uji Komposisi Kimia Pipa API 5L Grade B PSL 2	44
4.2	Elektroda Pengelasan yang Digunakan Berdasarkan Ketentuan <i>Welding Procedure Specification</i> (WPS)	45
4.3	Desain Sambungan (<i>Joint</i>) dan Daerah Pengelasan Berdasarkan Ketentuan <i>Welding Procedure Specification</i> (WPS).....	47
4.4	Parameter Pengelasan pada Pemasukan Panas (<i>Heat Input</i>)	49
4.4.1	Pengelasan Tanpa Repair (<i>Weld Original</i>).....	49
4.4.2	Perbaikan Pengelasan (<i>Repair Welding</i>)	49
4.5	Pengamatan Visual Hasil Lasan <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW)	51
4.6	Pengamatan Hasil Lasan pada Film Radiografi.....	57

4.7	Pengamatan Struktur Makro pada Hasil Lasan <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW).....	59
4.8	Pengaruh Variasi <i>Repair Welding</i> terhadap Struktur Mikro	60
4.9	Pengaruh Variasi <i>Repair Welding</i> terhadap Kekerasan Macroickers.....	64
4.10	Pengaruh Variasi <i>Repair Welding</i> terhadap Kekuatan Tarik.....	70
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	72
	DAFTAR PUSTAKA	73
	LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai minimum dan maksimum pada tegangan luluh (yield strength) dan kekuatan tarik (tensile strength)	12
Tabel 2.2 Jenis dan nomor dari pengujian spesimen butt weld per jenis perbaikan untuk kualifikasi prosedur pengelasan perbaikan	31
Tabel 2.3 Parameter pengelasan SMAW pipa API 5L grade B	32
Tabel 2.4 Hasil Uji Tarik dan Uji Kekerasan pada pengelasan mainline dan repair	32
Tabel 4.1 Komposisi Kimia Berdasarkan Standar API Specification 5L (Specification for Line Pipe)	44
Tabel 4.2 Komposisi Kimia Hasil Pengujian Optical Emission Spectroscopy (OES).....	45
Tabel 4.3 Spesifikasi Elektroda Berdasarkan WPS	45
Tabel 4.4 Jenis elektroda yang digunakan pada pass welding berdasarkan WPS	46
Tabel 4.5 Karakteristik Elektroda E6010	46
Tabel 4.6 Karakteristik Elektroda E7010-P1.....	47
Tabel 4.7 Parameter Pengelasan Weld Original (Tanpa Repair)	49
Tabel 4.8 Parameter pengelasan repair welding 2x	50
Tabel 4.9 Parameter Pengelasan repair welding 5x.....	50
Tabel 4.10 Parameter Pengelasan repair welding 7x.....	51
Tabel 4.11 Distribusi Kekerasan pada Hasil Las Weld Original (tanpa repair) ...	65
Tabel 4.12 Distribusi Kekerasan pada Hasil Las Repair Welding 2x	66
Tabel 4.13 Distribusi Kekerasan pada Hasil Las Repair Welding 5x	67
Tabel 4.14 Distribusi Kekerasan pada Hasil Las Repair Welding 7x	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian	4
Gambar 2.1	Klasifikasi Logam Paduan	9
Gambar 2.2	Gambar Diagram Fasa Besi - Besi (Fe - Fe ₃ C).....	10
Gambar 2.3	Struktur mikro pada baja A36.....	12
Gambar 2.4	Klasifikasi Proses Pengelasan.....	14
Gambar 2.5	Proses Shielded Metal Arc Welding.....	15
Gambar 2.6	Direct Current Electron Negative (DCEN).....	16
Gambar 2.7	Direct Current Electron Positive (DCEP).....	16
Gambar 2.8	Jenis Sambungan Pengelasan	20
Gambar 2.9	Joint Edge Preparation.....	21
Gambar 2.10	Posisi Pengelasan pada Pipa	22
Gambar 2.11	Spesifikasi elektroda untuk elektroda baja karbon	23
Gambar 2.12	Distribusi temperatur dan tegangan selama proses pengelasan.....	24
Gambar 2.13	Pengelasan Baja Karbon : (a) HAZ; (b) Fe-C diagram Fasa	26
Gambar 2.14	Daerah Pengelasan Logam	27
Gambar 2.15	Mekanisme partial grain refining pada baja karbon	27
Gambar 2.16	perbandingan antara pengelasan dan perlakuan panas pada baja: (a) proses termal; (b) Fe-C diagram fasa	28
Gambar 2.17	Diagram Continuous Cooling Transformation (CCT).....	29
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 3.2	Spesimen Uji OES	35
Gambar 3.3	Proses Pengelasan SMAW	36
Gambar 3.4	Alat Uji NDT Radiography	37
Gambar 3.5	Film Radiography	37
Gambar 3.6	Alat Uji Mikroskop untuk Struktur Makro.....	40
Gambar 3.7	Alat Uji Mikroskop Optik.....	40
Gambar 3.8	Alat Uji Macro Vickers Hardness.....	42
Gambar 3.9	Ukuran spesimen uji tarik.....	42
Gambar 3.10	Spesimen uji tarik	43
Gambar 4. 1	Daerah pengelasan pada weld original	48
Gambar 4. 2	Daerah pengelasan pada repair welding 1x	48
Gambar 4. 3	Daerah pengelasan pada multiple repair welding.....	48
Gambar 4. 4	Hasil lasan spesimen 1 pada variasi weld original (WO)	52
Gambar 4. 5	Hasil lasan spesimen 2 pada variasi Repair Welding 2x (R2).....	53
Gambar 4. 6	Hasil lasan spesimen 3 pada variasi Repair Welding 5x (R5).....	55
Gambar 4. 7	Hasil lasan spesimen 4 pada variasi Repair Welding 7x (R7).....	57
Gambar 4. 8	Film radiografi hasil lasan pada weld original (tanpa repair).....	58
Gambar 4. 9	Film radiografi hasil lasan pada repair welding 2x	58
Gambar 4. 10	Film radiografi hasil lasan pada repair welding 5x	58
Gambar 4. 11	Film radiografi hasil lasan pada repair welding 7x	59
Gambar 4. 12	Struktur makro hasil lasan	60
Gambar 4. 13	Struktur mikro base metal pada perbesaran 500x.....	62

Gambar 4. 14 Struktur mikro HAZ pada perbesaran 500x.....	63
Gambar 4. 15 Struktur mikro weld metal pada perbesaran 500x	64
Gambar 4. 16 Lokasi Titik Uji Kekerasan Weld Original.....	64
Gambar 4. 17 Lokasi Titik Uji Kekerasan Repair Welding 2x	66
Gambar 4. 18 Lokasi Titik Uji Kekerasan Repair Welding 5x	67
Gambar 4. 19 Lokasi Titik Uji Kekerasan Repair Welding 7x	68
Gambar 4. 20 Perbandingan nilai kekerasan rata-rata hasil pengelasan SMAW menggunakan variasi repair welding	69
Gambar 4. 21 Perbandingan kekuatan tarik terhadap variasi repair welding	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Heat Input pada spesimen repair welding 2x.....	75
Lampiran 2	Heat Input pada spesimen repair welding 5x.....	77
Lampiran 3	Heat Input pada spesimen repair welding 7x.....	79
Lampiran 4	Film Radiography pada spesimen repair welding 2x.....	80
Lampiran 5	Film Radiography pada spesimen repair welding 5x.....	81
Lampiran 6	Film Radiography pada spesimen repair welding 7x.....	83
Lampiran 7	WPS weld original	84
Lampiran 8	WPS repair welding 1x	85
Lampiran 9	WPS multiple repair.....	86
Lampiran 10	Hasil Uji Tarik Weld Original	87
Lampiran 11	Hasil Uji Tarik Repair Welding 2x.....	88
Lampiran 12	Hasil Uji Tarik Repair Welding 5x.....	89
Lampiran 13	Hasil Uji Tarik Repair Welding 7x.....	90