

**PENGARUH VARIASI SUDUT KAMPUH V PENGELASAN SMAW
TERHADAP SIFAT MEKANIS SAMBUNGAN BUTT JOINT PADA
MATERIAL PIPA API 5L X46**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Derajat Sarjana Strata-1
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



UMY

**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

Disusun Oleh:

Sigit Hartanto

20170130097

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2021

LEMBAR PERNYATAAN

Bissmillahirrahmanirrahim,

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Sigit Hartanto
NIM : 20170130097
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanis Sambungan *Butt Joint* Pada Material Pipa API 5L X46

Dengan ini menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil karya sendiri yang dibimbing oleh Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph. D. dan Bapak Reli Adi Himarosa, S.T., M.Eng. . Tugas Akhir ini merupakan karya dan sejauh yang saya ketahui, karya ini belum pernah diajukan untuk memenuhi persyaratan mendapat gelar sarjana Strata-1 di perguruan tinggi. Segala jenis pengutipan menggunakan kaidah yang berlaku dalam ketentuan pengutipan karya ilmiah.

Atas pernyataan ini, saya dengan sepenuh hati menerima segala bentuk resiko atau sanksi yang dijatuhkan apabila adanya pelanggaran norma penulisan karya tulis ilmiah terkait keaslian penulisan. Demikian pernyataan ini dibuat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Yogyakarta, 24 November 2021

Yang menyatakan,



Sigit Hartanto

NIM. 20170130097

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam yang nyawa saya berada di dalam genggamanNya. Seluruh perjalanan yang saya tempuh, tantangan yang saya hadapi, dan kemudahan yang saya rasakan sungguh hanya berasal dariMu. Saya yang hanya seonggok daging yang bernafas ini tidak akan ada artinya tanpa segenap akal dan ilmu yang Engkau berikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW.

Ijinkan saya mempersembahkan sebuah karya sederhana berupa skripsi ini kepada orang-orang yang sangat saya hormati, kagumi, dan sayangi.

Bapak dan Mamak Tercinta

Segenap rasa cinta, kasih, dan bakti saya persembahkan sebuah karya sederhana ini kepada Bapak (Muhadi), dan Mamak (Watiyem) yang sejak saya menatap dunia hingga sekarang dan seterusnya telah mencurahkan cinta, kasih, sayang, ridha, dan doanya. Tentu tidak mungkin saya dapat membalas semua itu, apalagi hanya dengan rangkaian kata-kata yang disebut persembahan ini. Terima kasih senantiasa mengizinkan dan memaafkan saya ketika saya membuat kesalahan, memegang pundak saya setiap saya hampir terperosok ke jurang kehidupan. Semoga apa yang selama ini saya jalani bisa menjadi pijakan saya untuk melangkah ke arah yang semakin baik. Saya berharap selalu bisa membuat Bapak dan Mamak bahagia dengan cara yang terbaik dan saya yakin bisa melakukannya tentu saja dengan kehendakNya dan doa restu dari Bapak dan Mamak. Terima kasih sudah sabar, menyabarkan, kuat, dan menguatkan saya.

Kakak

Sedikit canggung tapi saya yakin harus menulisnya. Sebagai simbol rasa terima kasih saya untuk segala hal yang saya terima dari kakak saya (Beni Perwitasari). Lewat sebuah karya sederhana ini saya ingin mengucapkan terima kasih karena sudah memberikan dukungan moral maupun materil, tak lupa saya ucapkan terima kasih karena sudah menjadi orang yang kebersamai beranjak dewasa dan saling mendewasakan. Semoga segala kebaikan senantiasa kembali ke alamat asalnya.

Dosen

Seluruh perjalanan dalam meraih gelar sarjana saya tentu saja atas campur tangan Allah SWT melalui banyak pihak dan beberapa diantaranya adalah para bapak dan ibu dosen Program Studi Teknik Mesin UMY. Rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para bapak dan ibu dosen khususnya Bapak Aris Widyo Nugroho dan Bapak Reli Adi Himarosa selaku dosen pembimbing saya . Terima kasih atas segala ilmu dan kelapangan hatinya selama membimbing saya. Semoga semua kebaikan bapak-bapak dapat kembali menjadi kebaikan-kebaikan yang lebih besar di suatu hari nanti.

Handai Tolan

Segenap rasa terima kasih, cinta, dan solidaritas saya ucapkan kepada semua handai tolan saya. Kepada teman SMP, STM, dan Kuliah saya ucapkan banyak terima kasih atas segala hal yang telah teman-teman berikan sehingga saya bisa terus belajar tidak hanya di bangku akademik tetapi juga bangku kehidupan. Terima kasih sudah memotivasi saya untuk selalu menjadi orang yang adaptif tanpa kehilangan jati diri. Terima kasih atas kerelaan hatinya dalam berbagi rasa baik suka maupun duka. Kertas ini tak akan mampu menampung rasa terima kasih saya, yang jelas saya ucapkan terima kasih dan angkat gelas dan angkat topi.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Sudut Alur *Bevel* Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanis Sambungan *Butt Joint* Pada Material Pipa API 5L X46” dapat diselesaikan.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan pada Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah. Tugas Akhir ini bertujuan memberikan data hasil penelitian secara komprehensif terkait bidang yang diteliti dan sebagai komponen data rangkaian penelitian selanjutnya.

Tugas Akhir ini dapat disusun dan diselesaikan karena adanya arahan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, banyak terima kasih diucapkan kepada:

1. Bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing utama tugas akhir atas bimbingan perihal konsep dan teknis penulisan semenjak awal hingga terselesaikannya laporan ini.
3. Bapak Reli Adi Himarosa, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing pendamping tugas akhir atas segala bimbingan dan bantuan terkait teknis penelitian.
4. Bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku dosen penguji.
5. Bapak Ibu Dosen dan Staf lainnya serta seluruh sivitas akademika Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY yang telah memberikan banyak pengalaman, dan bantuan kepada penulis selama berada dilingkungan Program Studi S-1 Teknik Mesin, FT UMY.

Semoga seluruh amal baik dari pihak-pihak yang disebutkan mendapatkan balasan dari Allah SWT dengan balasan berlipat ganda dan segala kekhilafan baik yang disengaja maupun tidak disengaja mendapatkan ampunan sebesar-besarnya dari Allah SWT.

Perlu disadari bahwa dengan segala keterbatasan, Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun diharapkan demi sempurnanya laporan ini ke depan serta sebagai bahan pembelajaran yang sebaik-baiknya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang berproses, berkepentingan, dan berkenan untuk membacanya.

Yogyakarta, 22 November 2021



Penulis,
Sigit Hartanto
(20170130097)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ix
Yogyakarta, 13 November 2021	xi
Sigit Hartanto	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xix
INTISARI.....	1
<i>ABSTRACT</i>	2
BAB I PENDAHULUAN.....	3
1.1. Latar Belakang.....	3
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
2.1. Tinjauan Pustaka	7
2.2. Dasar Teori.....	9
2.2.1. Baja Karbon Rendah	9
2.2.2. Diagram Fasa Baja Karbon.....	10
2.3. Pengelasan	11
2.3.1. Klasifikasi Pengelasan	12
2.3.2. Metalurgi Pengelasan	12

2.3.3.	Cacat Pada Pengelasan	13
2.3.4.	SMAW	14
2.3.5.	Elektroda Las SMAW	14
2.4.	Parameter Pengelasan	16
2.4.1.	Arus Pengelasan	16
2.4.2.	Tegangan Pengelasan	16
2.4.3.	Kampuh Pengelasan	17
2.5.	Jenis Pengujian	18
2.5.1.	NDT RI	18
2.5.2.	Uji <i>Bending (Bending Test)</i>	18
2.5.3.	Pengujian Metalografi	21
2.5.4.	Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	22
BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1.	Identifikasi Masalah	24
3.2.	Perencanaan Penelitian	24
3.2.1.	Tempat Penelitian.....	24
3.2.2.	Variabel Penelitian	24
3.3.	Bahan Penelitian	25
3.4.	Alat Penelitian	26
3.5.	Diagram Alir.....	27
3.6.	Prosedur Penelitian.....	29
3.6.1.	Studi Literatur dan Pengumpulan Data	29
3.6.2.	Persiapan Material Pengelasan.....	29
3.6.3.	Pengelasan.....	30
3.6.4.	<i>Visual Welding Inspection</i>	32
3.6.5.	Pemotongan dan <i>Finishing</i> Material Hasil Las	32
3.6.6.	NDT RI	33
3.6.7.	Pembuatan Spesimen Uji	33
3.6.8.	Pengukuran dan <i>Input</i> Data Dimensi Spesimen Uji.....	35
3.6.9.	Pengujian <i>Bending (Bend Test)</i>	35

3.6.10.	<i>Polishing dan Etching</i> Spesimen.....	37
3.6.11.	Uji Makro.....	38
3.6.12.	Uji Mikro.....	38
3.6.13.	Pengujian Kekerasan <i>Vickers (Vickers Hardness Test)</i>	39
3.6.14.	Pengolahan Data Hasil Pengujian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1.	Hasil NDT RI	42
4.2.	Hasil Foto Makro.....	44
4.3.	Hasil Foto Mikro	45
4.3.1.	<i>Base Metal (BM)</i>	46
4.3.2.	HAZ	46
4.3.3.	WM	47
4.4.	Hasil Uji Kekerasan Vickers	49
4.5.	Hasil Uji <i>Bending (Bend Test)</i>	50
BAB V PENUTUP.....		56
5.1.	Kesimpulan.....	56
5.2.	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN.....		60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram fasa Fe-C (Callister & William, 2010).....	11
Gambar 2.2 Daerah las pada material las (Weman, 2012).....	13
Gambar 2.3 Skema pengelasan SMAW (Wiryosumarto & Okumura, 2000).....	14
Gambar 2.4 <i>Detail joint</i> pada pengelasan (Wiryosumarto & Okumura, 2000)	17
Gambar 2.5 Skema pengujian <i>bending</i>	20
Gambar 2.6 Hasil pijakan indentor <i>Vickers</i> (ASTM E92-82, 1997).....	22
Gambar 3.1 Dimensi material las.....	25
Gambar 3.2 Diagram Alir Metode Penelitian	27
Gambar 3.3 Diagram Alir Metode Pengujian (Lanjutan)	28
Gambar 3.4 Material sebelum di <i>tack weld</i> (a) dan Material setelah <i>tack weld</i> (b) ...	29
Gambar 3.5 Skema pengelasan SMAW (Wiryosumarto & Okumura, 2000).....	30
Gambar 3.6 Proses pengelasan SMAW	31
Gambar 3.7 Mesin las Miller Big Glue 600X.....	31
Gambar 3.8 Desain sambungan las variasi sudut kampuh 60°, 65°, 70°, 75° (disesuaikan dari Ramadani R, 2016)	31
Gambar 3.9 <i>Visual Welding Inspection</i>	32
Gambar 3.10 Pemotongan dan <i>finishing</i> hasil lasan	33
Gambar 3.11 <i>X-Ray generator</i>	33
Gambar 3.12 Pemotongan material menjadi spesimen uji.....	34
Gambar 3.13 Hasil las variasi sudut kampuh 60° (a), 65° (b), 70° (c), dan 75° (d).....	35
Gambar 3.14 Spesimen <i>Root Bend Test</i> API 1104.....	36
Gambar 3.15 Spesimen <i>Side Bend Test</i> API 1104	36
Gambar 3.16 Proses <i>bending</i>	37
Gambar 3.17 Mesin MP-2 Grinder Polisher	38
Gambar 3.18 Mikroskop optik Olympus SZ61	38
Gambar 3.19 Mikroskop optik Olympus BX53M	39
Gambar 3.20 Skema pijakan <i>indentor Vickers</i>	40
Gambar 3.21 Micro <i>Vickers</i> Mitutoyo TIME HM-100.....	40

Gambar 4.1 Hasil pengujian radiografi pengelasan SMAW sambungan <i>butt joint</i> variasi sudut 60° (a), 65° (b), 70° (c), dan 75° (d).....	43
Gambar 4.2 Hasil foto makro variasi sudut 60° (a), 65° (a), 70° (c), dan 75° (d).....	45
Gambar 4.3 Hasil pengamatan struktur mikro daerah <i>base metal</i> (BM)	46
Gambar 4.4 Hasil pengamatan struktur mikro daerah HAZ variasi sudut 60° (a), 65° (a), 70° (c), dan 75° (d)	47
Gambar 4.5 Hasil pengamatan struktur mikro daerah WM variasi sudut 60° (a), 65° (a), 70° (c), dan 75° (d)	48
Gambar 4.6 Grafik perbandingan nilai kekerasan tiap titik	49
Gambar 4.7 Grafik proses tegangan <i>bending</i> pengujian <i>bending root bend</i>	51
Gambar 4.8 Grafik proses tegangan <i>bending</i> pengujian <i>bending side bend</i>	51
Gambar 4.9 Diagram batang perbandingan tegangan <i>bending</i> maksimal <i>root bend</i> dan <i>side bend</i>	52
Gambar 4.10 Foto spesimen variasi sudut 60° (a), 65° (b), 70° (c), dan 75° (d) sebelum dilakukan pengujian <i>bending</i>	54
Gambar 4.11 Foto spesimen <i>root bend</i> (a) dan <i>side bend</i> (b) setelah dilakukan pengujian <i>bending</i>	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi baja karbon berdasarkan kandungan karbon (Wardoyo, 2005)	10
Tabel 2.2 Komposisi kimia baja karbon rendah (Wardoyo, 2005)	10
Tabel 3.1 Daftar alat yang digunakan pada proses penelitian dan pengujian	26
Tabel 3.2 <i>Welding Procedure</i> Sudut Kampuh 60°, 65°, 70°, 75°	32
Tabel 4.1 Hasil pengujian radiografi.....	43
Tabel 4.3 Data tegangan dan regangan hasil pengujian	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil proses pengelasan	60
Lampiran 2. Data hasil pengujian bending.....	61
Lampiran 3. Grafik proses pembebanan bending.....	62
Lampiran 4. Data hasil pengujian kekerasan <i>Vickers</i>	63
Lampiran 5. Radiographic Examination Report	64
Lampiran 6. Welding Procedure Specification Proyek PIPANISASI CY-III Lomanis Rewulu PT. NINDYA KARYA	65
Lampiran 7. Pipe Inspection Certificate.....	69