

**ANALISIS HASIL PENYAMBUNGAN STAINLESS STEEL 304
DENGAN 316L TERHADAP FACE BEND DAN ROOT BEND
MENGGUNAKAN METODE PENGELASAN GTAW**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik Program
Pendidikan Strata Satu



Oleh:
As'adurrofiq
41187001140104

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM “45”
BEKASI
2021

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS HASIL PENYAMBUNGAN STAINLESS STEEL 304
DENGAN 316L TERHADAP FACE BEND DAN ROOT BEND MENGGUNAKAN
METODE PENGELASAN GTAW**

Dipersiapkan dan disusun oleh

**As'adurrofiq
41187001140104**

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
pada tanggal 30 November 2021

Disetujui oleh

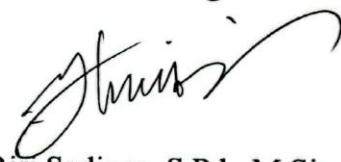
Pembimbing I



H. Ahsan, ST., M.T.

45502012018051

Pembimbing II



Riri Sadiana, S.Pd., M.Si.

45104052015009

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Bekasi, 30 November 2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1



R. Hengki Rahmanto, S.T., M.Eng.
45101032013007

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Dipertahankan di depan tim penguji sidang skripsi dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam "45" Bekasi

**ANALISIS HASIL PENYAMBUNGAN STAINLESS STEEL 304
DENGAN 316L TERHADAP FACE BEND DAN ROOT BEND
MENGGUNAKAN METODE PENGELASAN GTAW**

Nama : As'adurrofiq
NPM : 41187001140104
Program Studi : Teknik Mesin S-1
Fakultas : Teknik

Bekasi, 30 November 2021

Tim Penguji

Anggota Dewan Penguji:

Nama

Tanda Tangan

1. Fatimah Dian Ekawati, S.T., M.T.
45102012018001
2. Novi Laura Indrayani, S.Si., M.Eng.
45104052015010
3. Yopi Handoyo, S.Si., M.T.
45101102010017





PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : As'adurrofiq
NPM : 41187001140104
Program Studi : Teknik Mesin S1
Fakultas : Teknik
Email : asadurrofiq420@gmail.com

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penelitian saya yang berjudul "**Analisis Penyambungan Stainless Steel 304 Dengan 316L Terhadap Face Bend Dan Root Bend Menggunakan Metode Pengelasan GTAW**" bebas dari plagiarism. Rujukan yang dipergunakan sudah sesuai dengan Teknik penulisan Karya Ilmiah yang berlaku umum.

Apabila dikemudian hari terbukti adanya unsur plagiarism tersebut, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bekasi, 30 November 2021

Yang Membuat Pernyataan



As'adurrofiq

KATA PENGANTAR

Assalamu`alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Allhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala* karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi. Tak lupa pula sholawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu `alaihi wa sallam* karena perjuangannya lah karunia islam senantiasa menjadi inspirasi bagi penulis.

Dalam penulisan laporan Skripsi ini, penulis telah banyak memperoleh bantuan, bimbingan, saran serta semangat yang penuh keikhlasan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala hormat dan kerendahan hati perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. H. Sugeng, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam “45” Bekasi.
2. R Hengki Rahmanto, S.T., M. Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S1 Universitas Islam “45” Bekasi.
3. Ahsan, SPd., M.T selaku dosen pembimbing I atas segala arahan, logika berpikir, dan wawasan yang sangat bermanfaat dan berharga bagi penulis sehingga selesainya skripsi ini.
4. Riri Sadiana, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing II atas segala bantuannya yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan petunjuk, bimbingan dan nasihat yang sangat berharga bagi penulis.
5. Dosen Teknik Mesin yang dengan disiplin menyampaikan ilmunya, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan amal shaleh.
6. Kedua orang tua dan saudara-saudara penulis yang telah memberikan do`a, dukungan dan semangat yang penuh kepada penulis yang tidak pernah padam.
7. Kepada seluruh rekan-rekan Teknik Mesin Universitas Islam “45” Bekasi angkatan 2014 yang terus memberi semangat.

8. Istri dan anak yang selalu memberikan do'a, semangat, serta kesabaran untuk selalu mengingatkan agar tetap fokus dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis baik dalam melaksanakan maupun menyelesaikan pelaksanaan dan laporan Skripsi ini.

Penulis selalu mendoakan untuk semua pihak yang telah membantu penulis dalam menjalankan ataupun menyelesaikan laporan Skripsi. Semoga mendapatkan imbalan yang setimpal dari Allah *subhanahuwa ta'ala*. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan untuk menghasilkan laporan yang baik. Semoga laporan ini bermanfaat untuk semua pihak, agar dapat menambah pengetahuan dan wawasan pembaca pada umumnya dan untuk penulis khususnya.

Bekasi, 30 November 2021

As'adurrofiq
41187001140104

Abstrak.

Penyambungan material *stainless steel* 304 dengan *stainless steel* 316L dilakukan menggunakan pengelasan GTAW, *filler metal* ER316L, joint design, besar arus, posisi serta parameter las lainnya di design dan dipilih kemudian dibakukan pada WPS (*Welding Procedure Specification*), laporan welder selama proses pengelasan dan laboratorium hasil uji dianalisis dan dibukukan pada Procedure Qualification Record (PQR), Hasil pengujian *bending Face* (Uji Tekuk Muka) dan Root bend Face (Uji Tekuk akar) menunjukkan bahwa hasil pengelasan tidak menghasilkan cacat dan atau retak sepanjang daerah lasan (No Open Discontinuity was Observed), hal ini mengindikasikan bahwa hasil las dapat diterima sesuai dengan persyaratan yang ada pada ASME Section IX dan parameter parameter yang ada pada WPS dianggap valid untuk kasus pengelasan di atas.

KeyWords: Stainless Steel 304 dan 316 L, GTAW, PQR, Face dan Root bent test.

Abstract.

The connection of 304 stainless steel with 316L stainless steel is carried out using GTAW welding, ER316L filler metal, joint design, current magnitude, position and other welding parameters are designed and selected and then standardized on WPS (Welding Procedure Specification), welder reports during the welding process and laboratory the test results were analyzed and recorded in the Procedure Qualification Record (PQR), the results of the Face bending test and the Root bend Face test showed that the welding results did not produce defects and or cracks along the weld area (No Open Discontinuity was Observed).), this indicates that the weld results are acceptable in accordance with the requirements in ASME Section IX and the parameters in the WPS are considered valid for the welding case above.

KeyWords: Stainless Steel 304 and 316 L, GTAW, PQR, Face and Root bent test.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Batasan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.6 Metode Penulisan	4
1.7 Sistematika Penulisan	Error! Bookmark not defined.
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Pengelasan Logam.....	6
2.1.1 Pengembangan Teknologi Las.....	7
2.1.2 Klasifikasi Teknik Pengelasan.....	8
2.1.3 Las Busur	9
2.1.4 Jenis-Jenis Sambungan Las.....	13

2.1.5 <i>Defect Welding</i>	17
2.2 <i>Stainless Steel</i>	23
2.2.1 Karakteristik <i>Stainless Steel</i> Error! Bookmark not defined.	
2.2.2 Klasifikasi <i>Stainless Steel</i>	26
2.2.3 <i>Stainless Steel 304</i> Error! Bookmark not defined.	
2.2.4 <i>Stainless Steel 316L</i> Error! Bookmark not defined.	
2.3 Pengujian Material..... Error! Bookmark not defined.	
2.3.1 <i>Heat input</i> Error! Bookmark not defined.	
2.3.2 <i>Dye Penetrant Test</i> Error! Bookmark not defined.	
2.3.3 Pengujian Sifat Mekanik... Error! Bookmark not defined.	
BAB III METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Diagram Alir Penelitian..... Error! Bookmark not defined.	
3.2 Tempat, Waktu dan Subjek Penelitian Error! Bookmark not defined.	
3.3 Bahan Penelitian..... Error! Bookmark not defined.	
3.4 Peralatan Dan Perlengkapan Penelitian Error! Bookmark not defined.	
3.4.1 Peralatan Pengelasan..... Error! Bookmark not defined.	
3.4.2 Peralatan Pengujian..... Error! Bookmark not defined.	
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Data Hasil Penelitian	55
4.2 Data Hasil Pengujian	57
4.2.1 Heat input.....	58
4.2.2 Hasil Pengujian Bending.....	59
BAB V PENUTUP	65

5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN.....		68

DAFTAR TABEL

Tabel 75.1 Komposisi Kimia Stainless Steel 304	55
Tabel 75.2 Komposisi Kimia Stainless Steel 304	55
Tabel 75.3 Komposisi Kimia Stainless Steel 304	55
Tabel 75.4 Komposisi Kimia Stainless Steel 316L.....	56
Tabel 75.5 Komposisi Kimia Stainless Steel 316L.....	56
Tabel 75.6 Komposisi Kimia Stainless Steel 316L.....	56
Tabel 75.7 Komposisi Kimia Filler Metal Stainless Steel ER316L	56
Tabel 75.8 Heat Input Welding Original.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perkembangan Teknik las	8
Gambar 2.2 Klasifikasi dan Jenis Las	9
Gambar 2.3 Las MIG (GMAW).....	10
Gambar 2.4 Las Listrik (SMAW)	11
Gambar 2.5 Las Busur Terpendam (SAW).....	11
Gambar 2.6 Las TIG (GTAW).....	12
Gambar 2.7 <i>Butt Joint</i>	14
Gambar 2.8 <i>Fillet (Tee) Joint</i>	15
Gambar 2.9 <i>Corner Joint</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.10 <i>Edge Joint</i>	16
Gambar 2.11 <i>Lap Joint</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.12 Cacat Las <i>Undercut</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.13 Cacat Las <i>Porosity</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.14 Cacat Las <i>Slag Inclusion</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.15 Cacat Las <i>Tugsten Inclusion</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.16 Cacat Las <i>Incomplete Penetration</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.17 Cacat Las <i>Incomplete Fusion</i>	21
Gambar 2.18 Cacat Las <i>Hot Crack</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.19 Cacat Las <i>Cold Crack</i>	22
Gambar 2.20 Cacat Las <i>Distorsi</i>	23
Gambar 2.21 <i>Chromium Oxide Filem</i>	24
Gambar 2.22 Klasifikasi <i>Stainless Steel</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.23 Struktur Mikro <i>Austenitic Stainless Steel</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.24 Struktur Kristal <i>Austenitic Stainless steel</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.25 Struktur Mikro <i>Ferritic Stainless steel</i>	Error! Bookmark not defined.

Gambar 2.26 Struktur Kristal <i>Ferritic Stainless steel</i>	30
Gambar 2.27 Struktur Mikro <i>Martensitic Stainless steel</i>	30
Gambar 2.28 Struktur Kristal <i>Martensitic Stainless steel</i>	30
Gambar 2.29 A) Liquid Penentrant B) Liquid Developer.....	35
Gambar 2.30 Metode Dye Penetrant Test	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 Face Bend pada Transversal Bending	37
Gambar 2.6 Root Bend pada Transversal Bending	38
Gambar 2.7 Side Bend pada Transversal Bending.....	39
Gambar 2.8 Face Bend pada Longitudinal Bending	40
Gambar 2.9 Root Bend pada Longitudinal Bending	40
Gambar 0.1 Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 0.2 Pelat Stainless Steel 304 dan Stainless Steel 316L	43
Gambar 0.3 Kawat Las ER316L	Error! Bookmark not defined.
Gambar 0.4 Mesin Las WIG400P	45
Gambar 0.5 Regulator Gas Pelindung.....	45
Gambar 0.6 Selang Gas Argon.....	46
Gambar 0.7 Sarung Tangan Kulit	46
Gambar 0.8 Mesin Sekrap.....	46
Gambar 0.9 Kedok Las	47
Gambar 0.10 Masker Gerinda	47
Gambar 0.11 Sikat Kawat	47
Gambar 0.12 Mesin Band Saw.....	48
Gambar 0.13 Mesin Milling Cutter.....	48
Gambar 0.14 Mesin Poles	49
Gambar 0.15 Mesin Tensile Test	49
Gambar 0.16 Bentuk dan Besar Kampuh.....	50
Gambar 0.17 Diagram Schaffler	51
Gambar 0.18 Besar Kampu Weld	52
Gambar 0.19 Root Pass Weld	52

Gambar 0.20 Hot Pass Weld	52
Gambar 0.21 Filler Pass Weld	53
Gambar 0.22 <i>Capping Weld</i>	53
Gambar 0.23 <i>Backing Weld</i>	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampran 1Design Welding Procedure Speecification (*page 1*)

Lampran 2Design Welding Procedure Speecification (*page 2*)

Lampran 3 Design Procedure Qualification Records

Lampran 4*Certificate material stainless steel 316L*

Lampran 5*Certificate material stainless steel 304*

Lampran6*Certificate filler metals ER316L*

