

TUGAS AKHIR

**ANALISA PENGARUH PERLAKUAN PANAS  
HASIL PENGELASAN DENGAN METODE  
*FRiction STir WELDING (FSW)* PADA  
ALUMINIUM SEJENIS (AL SERIE AA-6061)  
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS**



Disusun Sebagai Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Disusun :**

**BUDIAWAN EKO SAPUTRO**

**NIM : D.200.14.0013**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2019**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:  
**"Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan dengan Metode Friction Stir Welding (FSW) pada Aluminium Sejenis (Al Serie AA-6061) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis"**, yang dibuat untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, <sup>14</sup>.....Januari 2019

Yang menyatakan,



BUDIAWAN EKO SAPUTRO

NIM. D200140013

---

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan dengan Metode Friction Stir Welding (FSW) pada Aluminium Sejenis (Al Serie AA-6061) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis**", telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **BUDIAWAN EKO SAPUTRO**  
NIM : **D.200.14.0013**

Disetujui pada

Hari : **Senin**  
Tanggal : **14 Januari 2019**

Pembimbing



Ir. Bibit Sugito, M.T.

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul "Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan dengan Metode *Friction Stir Welding (FSW)* pada Aluminium Sejenis (Al Serie AA-6061) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis", telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : BUDIawan EKO SAPUTRO

NIM : D.200.14.0013

Disahkan pada

Hari : Senin

Tanggal : 14 Januari 2019

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Bibit Sugito, M.T.

Sekretaris : Ir. Sunardi Wiyono, M.T. (.....)

Anggota : Ir. Agus Hariyanto, M.T. (.....)

Mengetahui



Ir. Sri Sunardjono, M.T., Ph.D.

Ketua Jurusan,

A handwritten signature "Subroto" in blue ink, followed by "M.T." below it.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
Jl. A.Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

**LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR**

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta :

Nomor 229/A.4-II/TM/IX/2018 tanggal 3 September 2018 tentang

Pembimbing Tugas Akhir dengan ini :

Nama : Ir. Bibit Sugito, M.T.

Pangkat/Jabatan : IV A/ Lektor Kepala

Sebagai Pembimbing Tugas Akhir memberikan soal tugas akhir kepada mahasiswa :

Nama : Budiawan Eko Saputro

Nomor Induk : D200 140 013

Jurusan/Semester : Teknik Mesin/Akhir

Judul/Topik : Teknik Pengelasan

Rincian Soal/Tugas: "Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil

Pengelasan dengan Metode *Friction Stir Welding* (FSW) pada Aluminium

Sejenis (Al Serie AA-6061) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis"

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagai mestinya.

Surakarta, 8 September 2018

Pembimbing

Ir. Bibit Sugito, M.T.

Keterangan :

Dibuat rangkap tiga (3)

1.Untuk Kajur (Koordinator TA)

2.Untuk Pembimbing Tugas Akhir

3.Untuk Mahasiswa.

## **MOTTO**

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan pada diri mereka sendiri.

( Q.S. Ar-Ra'ad : 11 )

“Sesungguhnya sesudah kesulitan akan ada kemudahan, maka bila engkau telah selesai dari satu pekerjaan, kerjakan pula pekerjaan berikutnya dan hanya kepada tuhan-mu”.

(Q.S Al-Insyirah : 6-8)

Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari satu kegagalan ke kegagalan berikutnya tanpa kehilangan semangat.

( Winston Chucill )

Berusahalah untuk tidak menjadi manusia yang berhasil tapi berusahalah menjadi manusia yang berguna.

( Einstein )

## **PERSEMBAHAN**

Laporan tugas akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yaitu bapak dan ibu tercinta yang dengan ikhlas dan sabar mengasuh, membesarkan, membimbing serta mendoakan selalu.
2. Saudara yang selalu memberikan semangat serta memberikan dukungan dalam setiap perjuangan.
3. Rekan-rekan satu tim perjuangan tugas akhir, Arfianto, Bayu Adit, Alwan, Aditya, serta Deni Yonas yang telah membagikan ilmu serta motivasinya.

## KATA PENGANTAR

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Ucap syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu dan tanpa halangan berarti yakni dengan judul “Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan dengan Metode *Friction Stir Welding* (FSW) pada Aluminium Sejenis (Al Serie AA 6061) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis”.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menempuh gelar Sarjana Teknik pada JurusanTeknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Selama proses penyusunan tugas akhir penulis sadar bahwa banyak hambatan dan kesulitan yang dialami. Bantuan semangat dan dorongan serta bantuan baik material maupun non-material tidak lepas dari jasa berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T.,Ph.D.,IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Subroto, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Bibit Sugito, M.T. selaku pembimbing utama yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Sunardi, M.T. selaku dosen penguji tugas akhir.
5. Bapak Ir. Agus Hariyanto, M.T. selaku dosen penguji tugas akhir.
6. Bapak Nur Akhlis, S.T., M.T. yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama menyelesaikan masa perkuliahan.
7. Seluruh dosen jurusan teknik mesin yang telah begitu banyak memberikan pengetahuan yang tiada ternilai.

8. Seluruh staf dan karyawan yang telah memberikan pelayanan dan fasilitas pada dalam terwujudnya tugas akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna yang disebabkan oleh keterbatasan penulis. Dengan lapang hati penulis menerima masukan demi perkembangan dan kemajuan pengetahuan di masa mendatang sekaligus demi sempurnanya laporan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Surakarta,....Januari 2019

Budiawan Eko S.

## **ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan mekanis pada hasil pengelasan friction stir welding (FSW) aluminium seri 6061 yang selanjutnya diberikan perlakuan panas (heat treatment) normalizing dan annealing. Penelitian ini menggunakan bahan plat aluminium seri 6061 ukuran 150 x 50 x 30 mm. Pengelasan menggunakan metode friction stir welding (FSW) dengan parameter pengelasan putaran tools 1500 rpm dan feedrate 60 mm/menit, kemudian dilakukan perlakuan panas normalizing dan annealing pada temperatur 415°C dengan waktu penahanan 2 jam.*

*Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan meliputi uji kekuatan tarik dengan standar ASTM E8, uji nilai kekerasan dengan metode brinnel, dan yang terakhir uji foto struktur mikro.*

*Hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa perlakuan panas mempengaruhi sifat fisis dan mekanis dari hasil pengelasan. Nilai tegangan tarik paling tinggi pada raw material sebesar 96,84 Mpa, sedangkan nilai regangan maksimum pada annealing sebesar 8,98 %. Nilai kekerasan paling tinggi pada raw material yaitu base 69,19 BHN, HAZ 49,12 BHN dan Weld nugget 54,48 BHN. Dari pengamatan struktur mikro terdapat daerah terang yang merupakan fasa Al dan daerah gelap yang merupakan fasa Mg<sub>2</sub>Si*

**Kata Kunci:** *friction stir welding, AA 6061, perlakuan panas,normalizing, annealing*

## **ABSTRACT**

*This study aims to determine changes in physical and mechanical characteristics in the result welding of the series 6061 aluminum friction stir welding (FSW), which is given normalizing and annealing heat treatment. This research uses aluminum plate 6061 series size 150 x 50 x 30 mm. Welding use the friction stir welding (FSW) method with rotation welding parameters tool 1500 rpm and feedrate 60 mm / minute, then heat treatment normalizing and annealing on term 415 °C with holding time of 2 hours.*

*On this study conducted tests include pulling strength test with ASTM E8 standard, hardness value test with brinnel method, and the last is microstructure photo test.*

*The results of this study concluded that the heat treatment affects the physical and mechanical characteristics of the welding results. The highest pulling strains value in raw material is 96.84 Mpa, while the maximum tensile value on annealing is 8.98%. The highest hardness value in raw material is base 69.19 BHN, HAZ 49.12 BHN and Weld nugget 54.48 BHN. From the observation of the micro structure there are a bright area which is the Al phase and the dark area which is the Mg<sub>2</sub>Si phase*

**Keywords:** friction stir welding, AA 6061, heat treatment, normalizing, annealing.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
MOTTO .....	vi
PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
<i>ABSTRAK</i> .....	x
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori .....	7

2.2.1 Aluminium dan Karakteristiknya .....	7
2.2.1.1 Jenis-Jenis Aluminium .....	9
2.2.2 <i>Friction Stir Welding</i> (FSW).....	13
2.2.2.1 Prinsip Kerja <i>Friction Stir Welding</i> .....	14
2.2.2.2 Pembagian Zona pada <i>Friction Stir Welding</i> ..	17
2.2.2.3 Parameter Pengelasan FSW .....	19
2.2.2.3.1 Geometri Tool .....	20
2.2.2.3.2 Putaran Tool, <i>Transverse Speed</i> , dan Kemiringan Tool.....	21
2.2.2.3.3 Tipe Penyambungan .....	23
2.2.3 <i>Heat Treatment</i> .....	23
2.2.3.1 Pengertian <i>Heat Treatment</i> .....	23
2.2.3.2 Jenis-Jenis Proses <i>Heat Treatment</i> .....	26
2.2.4 Pengujian Tarik .....	30
2.2.5 Pengujian Kekerasan .....	37
2.2.6 Pengujian Struktur Mikro.....	42
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>47</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	47
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	48
3.2.1 Bahan Penelitian .....	48
3.2.2 Alat Penelitian.....	48
3.3 Proses Penelitian.....	55
3.3.1 Proses Pengelasan FSW .....	55
3.3.2 Proses <i>Heat Treatment</i> .....	57
3.3.2.1 <i>Normalizing</i> .....	57

3.3.2.2 <i>Annealing</i> .....	58
3.3.3 Proses Uji Tarik.....	59
3.3.4 Proses Uji Kekerasan .....	61
3.3.5 Proses Uji Metalografi.....	62
BAB IV DATA HASIL DAN PEMBAHASAN .....	65
4.1 Data Hasil Pengelasan FSW dan Pembahasannya.....	65
4.2 Data Hasil Uji Tarik dan Pembahasannya.....	66
4.3 Data Hasil Uji Kekerasan dan Pembahasannya.....	71
4.4 Hasil Foto Struktur Mikro dan Pembahasannya .....	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	81

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prosentase Distribusi Produksi Aluminium Di Seluruh Dunia Tahun 1988.....	8
Gambar 2.2 Pengelasan <i>Friction Stir Welding</i> .....	15
Gambar 2.3 Proses Pengelasan pada <i>Friction Stir Welding</i> .....	15
Gambar 2.4 Heat Zone pada <i>Friction Stir Welding</i> .....	17
Gambar 2.5 Bentuk-Bentuk Pin FSW .....	20
Gambar 2.6 Bentuk-Bentuk Shoulder FSW .....	21
Gambar 2.7 Hubungan Putaran Tool dengan Temperatur.....	22
Gambar 2.8 Skema Pengelasan FSW .....	22
Gambar 2.9 Desain Penyambungan pada Pengelasan FSW .....	23
Gambar 2.10 Diagram Fasa Al-Mg <sub>2</sub> Si.....	28
Gambar 2.11 Batas Elastik dan Tegangan Luluh.....	32
Gambar 2.12 Gambaran Proses Uji Tarik.....	33
Gambar 2.13 Pertambahan Panjang Benda Ketika Diberi Beban.....	35
Gambar 2.14 Kurva Tegangan-Regangan Logam <i>Non Ferro</i> .....	35
Gambar 2.15 Kurva Tegangan-Regangan pada Alumunium .....	36
Gambar 2.16 Indentasi <i>Brinnel</i> .....	40
Gambar 2.17 Indentasi <i>Vickers</i> .....	41
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	47

Gambar 3.2 Dimensi <i>Base Metal</i> .....	48
Gambar 3.3 Dimensi <i>Tool FSW</i> .....	49
Gambar 3.4 Mesin <i>Milling Merk Acirea AS-1</i> .....	49
Gambar 3.5 <i>Furnace</i> .....	50
Gambar 3.6 Alat Uji Tarik.....	50
Gambar 3.7 Alat Uji Kekerasan.....	51
Gambar 3.8 Alat Uji Foto Struktur Mikro .....	51
Gambar 3.9 <i>Grinding and Polishing Machine</i> .....	52
Gambar 3.10 <i>Metallographic Cutting Machine</i> .....	52
Gambar 3.11 Jangka Sorong .....	53
Gambar 3.12 <i>Ampelas</i> .....	53
Gambar 3.13 Gergaji .....	54
Gambar 3.14 Kikir .....	54
Gambar 3.15 <i>Termocouple Type K</i> .....	55
Gambar 3.16 Susunan Meja Saat Proses FSW.....	56
Gambar 3.17 Dimensi Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E8 .....	59
Gambar 3.18 Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E8 .....	60
Gambar 3.19 Spesiemen Uji Struktur Mikro.....	63
Gambar 4.1 <i>Base Metal</i> yang Sudah di FSW .....	65
Gambar 4.2 Patahan Hasil Uji Tarik.....	69
Gambar 4.3 Histogram Perbandingan Hasil Nilai Tegangan.....	69



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Kelompok Aluminium Paduan Tempa.....	13
Tabel 2.2 Temperatur <i>Annealing</i> Aluminium.....	27
Tabel 4.1 Data Nilai Tegangan Hasil Uji Tarik .....	67
Tabel 4.2 Data Nilai Regangan Hasil Uji Tarik.....	68
Tabel 4.3 Data Nilai Hasil Pengujian Kekerasan.....	72

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Laporan Hasil Pengujian Komposisi Kimia.

Lampiran 2. Laporan Hasil Pengujian Tarik.

Lampiran 3. Laporan Hasil Kurva Pengujian Tarik.

Lampiran 4. Laporan Hasil Pengujian Kekerasan

Lampiran 5. Kartu Revisi Ujian Tugas Akhir