

TUGAS AKHIR

**Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil
Pengelasan dengan *Metode Friction Stir
Welding* pada Pelat Aluminium Paduan (Al-Fe)
dengan Pelat Aluminium Paduan (Al-Cu)
Terhadap Sifat Mekanis**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Disusun:

ARFIANTO

NIM : D 200 140 056

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

*Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan dengan Metode
Friction Stir Welding pada Pelat Aluminium Paduan (Al-Fe) dengan Pelat
Aluminium Paduan (Al-Cu) Terhadap Sifat Mekanis*

Yang dibuat untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 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 kesajaraan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 28 Desember 2018
Yang menyatakan


Arfianto

HALAMAN PERSETUJUN

Tugas Akhir berjudul "Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan dengan Metode *Friction Stir Welding* pada Pelat Aluminium Paduan (Al-Fe) dengan Pelat Aluminium Paduan (Al-Cu) Terhadap Sifat Mekanis" telah disetujui oleh Pembimbing dan diterima untuk diuji pada sidang tugas akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Dipersiapkan oleh :

Nama : **ARFIANTO**

NIM : **D200 140 056**

Disetujui pada

Hari : **Kamis**

Tanggal : **24 Januari 2019**

Pembimbing



Ir. Bibit Sugito, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan dengan Metode *Friction Stir Welding* pada Pelat Aluminium Paduan (Al-Fe) dengan Pelat Aluminium Paduan (Al-Cu) Terhadap Sifat Mekanis", telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **ARFIANTO**
NIM : **D200 140 056**

Disahkan pada

Hari : **Kamis**
Tanggal : **24 Januari 2019**

Tim Penguji :

Ketua : **Ir. Bibit Sugito, M.T.**

Anggota 1 : **Ir. Sunardi Wiyono, M.T.**

Anggota 2 : **Muh. Alfatih H., S.T., M.T.**



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

Ketua Jurusan,

Ir. H. Subroto, M.T.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
Jl. A.YaniPabelanKartasuraTromol 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 : Arfianto

Nomor Induk : D200 140 056

Jurusan/Semester : Teknik Mesin/Akhir

Judul/Topik : Pengelasan

Rincian Soal/Tugas : Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan dengan Metode *Friction Stir Welding* pada Pelat Aluminium Paduan (Al-Fe) dengan Pelat Aluminium Paduan (Al-Cu) Terhadap Sifat Mekanis

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

Surakarta, 24 Januari 2019

Pembimbing

Ir. Bibit Sugito, M.T.

Keterangan

Dibuat rangkap tiga (3)

1. Untuk Kajar (Koordinator TA)

2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir

3. Untuk Mahasiswa

LEMBAR MOTTO

“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih”.

(QS. Ibrahim: 7)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”.

(QS. Al-Baqarah: 286)

PERSEMBAHAN

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan khusus kepada:

1. Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih.
2. Teman-teman Tim Anu yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kerja samanya selama ini.
3. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta angkatan 2014 yang telah memberikan bantuan dan dukungan.

ABSTRAK

Friction stir welding (FSW) adalah proses penyambungan logam tanpa filler dan tanpa meleleh. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan adalah proses perlakuan panas annealing dan normalizing. Pada penelitian ini dilakukan pengelasan pada pelat aluminium paduan (Al-Fe) dengan pelat aluminium paduan (Al-Cu) dengan ukuran 150 x 50 x 30 mm dengan putaran tools 1500 rpm dan feed rate 60 mm/menit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh annealing dan normalizing pada temperatur 415°C terhadap sifat mekanis dari sambungan pelat aluminium paduan (Al-Fe) dengan pelat aluminium paduan (Al-Cu) menggunakan metode friction stir welding. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa tegangan tarik maksimum dan regangan maksimum diperoleh oleh spesimen yang di normalizing sebesar 78,33 MPa dan 17,69%. Dari hasil uji kekerasan Brinell didapatkan bahwa spesimen yang di perlakuan panas mengalami penurunan nilai kekerasan dibandingkan dengan spesimen yang tidak di perlakuan panas. Pada daerah las yang tidak di perlakuan panas nilai kekerasannya sebesar 37,6 BHN, sedangkan pada spesimen yang di annealing 28,3 BHN dan normalizing 28,1 BHN. Dari pengamatan struktur mikro terdapat daerah terang yang merupakan fasa Al dan daerah gelap yang merupakan fasa Al_2Cu pada aluminium paduan (Al-Cu) atau $AlFe_3$ pada aluminium paduan (Al-Fe).

Kata kunci: *friction stir welding, annealing, normalizing, aluminium paduan.*

ABSTRACT

Friction stir welding (FSW) is the process of connecting metals without fillers and without melting. One of the factors that can affect the results of welding is the process of heat treatment of annealing and normalizing. In this study welding was carried out on aluminum alloy plates (Al-Fe) with aluminum alloy plates (Al-Cu) with a size of 150 × 50 × 30 mm with a tool rotation of 1500 rpm and a feed rate of 60 mm / minute. This study aims to determine the effect of annealing and normalizing at temperatures of 415 ° C on the mechanical properties of aluminum alloy plate (Al-Fe) joints with aluminum alloy plates (Al-Cu) using the friction stir welding method. From the results of the study it was found that the maximum tensile stress and maximum strain were obtained by the normalized specimens of 78.33 MPa and 17.69%. From the results of the Brinell hardness test it was found that the specimens which were heat treated decreased the hardness value compared to the specimens that were not heat treated. In the weld area which is not heat treated the hardness value is 37.6 BHN, whereas in the specimens annealed 28.3 BHN and normalizing 28.1 BHN. From the observation of microstructure there are bright areas which are Al phases and dark regions which are Al₂Cu phases in aluminum alloy (Al-Cu) or AlFe₃ in aluminum alloys (Al-Fe).

Keywords: *friction stir welding, annealing, normalizing, aluminium alloy.*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr, Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat izin-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir dengan judul "Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan dengan Metode *Friction Stir Welding* pada Pelat Aluminium Paduan (Al-Fe) dengan Pelat Aluminium Paduan (Al-Cu) Terhadap Sifat Mekanis". Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu dan Bapak tercinta yang selalu membantu, memberikan doa, dan dukungan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini bisa diselesaikan.
2. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. H. Subroto, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Bibit Sugito, M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Seluruh Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih belum sempurna, Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Wassalamualaikum wr,wb.

Surakarta,

Arfianto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR MOTTO.....	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 Teori Dasar.....	7
2.2.1 <i>Friction Stir Welding</i>	7
2.2.1.1 Prinsip Kerja <i>Friction Stir Welding</i> ..	8
2.2.1.2 Pembagian Zona pada <i>Friction Stir Welding</i>	10
2.2.1.3 Parameter Pengelasan FSW.....	12
2.2.2 Aluminium dan Karakteristiknya.....	16
2.2.2.1 Jenis-Jenis Aluminium.....	19

2.2.3 <i>Heat Treatment</i>	22
2.2.3.1 Jenis-Jenis <i>Heat Treatment</i>	25
2.2.4 Pengujian Tarik.....	29
2.2.5 Pengujian Kekerasan.....	32
2.6 Pengujian Struktur Mikro.....	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	40
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	41
3.2.1 Bahan.....	41
3.2.1 Alat.....	42
3.3 Proses Penelitian.....	48
3.3.1 Proses Pengelasan FSW.....	48
3.3.2 Proses <i>Heat Treatment</i>	50
3.3.3 Proses Uji Tarik.....	51
3.3.4 Proses Uji Kekerasan.....	53
3.3.5 Proses Uji Metalografi.....	55
BAB IV DATA HASIL DAN PEMBAHASAN	58
4.1 Analisa Hasil Pengelasan Friction Stir Welding.....	57
4.2 Data Hasil Uji Tarik dan Pembahasan.....	59
4.3 Data Hasil Uji Kekerasan dan Pembahasan.....	65
4.4 Hasil Foto Struktur Mikro dan Pembahasan.....	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengelasan <i>friction stir welding</i>	8
Gambar 2.2 Proses pengelasan pada <i>friction stir welding</i>	9
Gambar 2.3 Heat zone pada friction stir welding	10
Gambar 2.4 Bentuk-bentuk pin FSW	13
Gambar 2.5 Bentuk-bentuk shoulder FSW.....	14
Gambar 2.6 Hubungan putaran tool dengan temperatur.....	15
Gambar 2.7 Skema pengelasan FSW.....	15
Gambar 2.8 Desain penyambungan pada pengelasan FSW.....	16
Gambar 2.9 Prosentase distribusi produk <i>aluminium</i> diseluruh dunia pada tahun 1988.....	18
Gambar 2.10 Diagram fasa Al-Cu.....	27
Gambar 2.11 Standar ASTM E8.....	29
Gambar 2.12 Benda kerja bertambah panjang ketika diberi beban.....	30
Gambar 2.13 Kurva tegangan regangan.....	31
Gambar 2.14 Profil data hasil uji tarik untuk aluminium.....	35
Gambar 2.15 Indentasi brinell.....	35
Gambar 2.16 Indentasi vickers.....	35
Gambar 3.1 Dimensi base metal.....	41
Gambar 3.2 Dimensi tool FSW.....	42
Gambar 3.3 Mesin milling Acirea AS-1.....	42
Gambar 3.4 Furnace.....	43
Gambar 3.5 Alat uji tarik.....	43
Gambar 3.6 Alat uji kekerasan.....	44
Gambar 3.7 Alat foto struktur mikro.....	44
Gambar 3.8 <i>Grinding and polishing machine</i>	45
Gambar 3.9 Metallographic cutting machine.....	45
Gambar 3.10 Jangka sorong.....	46
Gambar 3.11 Ampelas.....	46
Gambar 3.12 Gergaji.....	47

Gambar 3.13 Kikir.....	47
Gambar 3.14 Termokopel.....	47
Gambar 3.15 Susunan meja saat proses FSW.....	48
Gambar 3.16 Spesimen uji tarik standar ASTM E8.....	52
Gambar 3.17 Spesimen uji setelah di <i>mounting</i>	55
Gambar 4.1 Struktur makro sambungan FSW.....	58
Gambar 4.2 Struktur makro spesimen tanpa perlakuan panas.....	61
Gambar 4.3 Struktur makro spesimen yang di normalizing.....	61
Gambar 4.4 Struktur makro spesimen yang di annealing.....	62
Gambar 4.5 Histogram tegangan tarik.....	63
Gambar 4.6 Histogram regangan tarik.....	64
Gambar 4.7 Grafik nilai kekerasan (BHN).....	67
Gambar 4.8 Stuktur mikro daerah <i>base metal</i> Al 2024.....	69
Gambar 4.9 Stuktur mikro daerah <i>base metal</i> Al 1100.....	70
Gambar 4.10 Struktur mikro daerah HAZ 2024.....	71
Gambar 4.11 Struktur mikro daerah HAZ 2024.....	73
Gambar 4.12 Struktur mikro daerah las.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelompok <i>aluminium</i> paduan tempa.....	22
Tabel 2.2 Temperatur <i>annealing</i> aluminium.....	26
Tabel 4.1 Nilai tegangan hasil uji tarik.....	60
Tabel 4.2 Nilai regangan hasil uji tarik.....	60
Tabel 4.3 Data hasil uji kekerasan brinell (BHN).....	66

DAFTAR LAMPIRAN

1. Data hasil uji komposisi.
2. Data hasil uji tarik.
3. Data hasil uji kekerasan.