

TUGAS AKHIR

PENGARUH KECEPATAN *SPINDLE* DAN *FEED RATE* TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS TIPE *FRICTION STIR WELDING* UNTUK ALUMINIUM SERI 1100 DENGAN TEBAL 2 MM



Disusun :

AZHAR FARIS PRABOWO

NIM : D200100074

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

2016

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

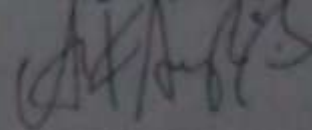
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul

PENGARUH KECEPATAN *SPINDLE* DAN *FEED RATE* TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS TIPE *FRICTION STIR WELDING* UNTUK ALUMINIUM SERI 1100 DENGAN TEBAL 2 MM

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 tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar keserjanaaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 15 Maret 2018

Yang menyatakan,



Azhar Faris Prabowo

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "PENGARUH KECEPATAN *SPINDLE* DAN *FEED RATE* TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS TIPE *FRICTION STIR WELDING* UNTUK ALUMINIUM SERI 1100 DENGAN TEBAL 2 MM", telah disetujui oleh Pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh derajat Sarjana (Strata 1) pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Dipersiapkan oleh :

Nama : Azhar Faris Prabowo

NIM : D200 100 074

Disetujui pada

Hari : Selasa

Tanggal: 12-04-2016

Pembimbing Utama



Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D

Pembimbing Pendamping



Muh. Alfath H, ST, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "PENGARUH KECEPATAN *SPINDLE* DAN *FEED RATE* TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS TIPE *FRICTION STIR WELDING* UNTUK ALUMINIUM SERI 1100 DENGAN TEBAL 2 MM", telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi Program Studi Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Azhar Faris Prabowo

NIM : D200 100 074

Disahkan pada

Hari :

Tanggal :

Tim Penguji :

Ketua : Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D. ()

Anggota 1 : Muh. Alfatih H, ST, MT. ()

Anggota 2 : Agus Yulianto, ST, MT. ()

Mengetahui,


Dekan,

Sri Gunanono, Ir, MT, Ph.D.

Ketua Jurusan



Tri Widodo Besar Riyadi, ST, MSc, Ph.D

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
131/A.3-II/TM/TA/IV/2015.

Nomor Tanggal 17 April 2015

dengan ini :

Nama : Agus Dwi Anggono, Ph.D.

Pangkat/Jabatan : Asisten Ahli

Kedudukan : Pembimbing Utama / Pembimbing Kedua *)
XXXXXXXXXXXXXXXXXX

memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Azhar Faris Prabowo

Nomor Induk : D 200 100 074

NIRM : -

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir

Judul/Topik : PENGARUH KECEPATAN SPINDEL DAN KECEPATAN MAJU PAHAT TERHADAP

Rincian Soal/Tugas : KEKUATAN SAMBUNGAN LAS TIPE FRICTION STIR WELDING UNTUK
ALUMINIUM DENGAN TEBAL 2MM.

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

Surakarta,
17 April 2015
Pembimbing



Agus Dwi Anggono, Ph.D.

Alfatih H. ST, MT

1. Warna hitam untuk Esaja
2. Warna kuning untuk Pembimbing I
3. Warna merah untuk Pembimbing II
4. Warna putih untuk mahasiswa

MOTTO

“Hai orang – orang yang beriman, jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang – orang yang sabar”

(Al-Baqarah : 153)

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri dan jika kamu berbuat jahat, maka kejahatan itu untuk dirimu sendiri pula”

(Al-Isra' : 7)

“Barangsiapa yang menempuh suatu jalan untuk mendapatkan ilmu, maka Allah akan memberikan kemudahan baginya jalan menuju surga”

(HR. Muslim)

“Waktu itu bagaikan sebilah pedang, kalau engkau tidak memanfaatkannya, maka ia akan memotongmu”

(Ali bin Abu Thalib)

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebagaimana yang diharapkan, sholawat serta salam selalu terlimpah atas junjungan kita nabi besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan yang kita nantikan dan harapkan syafa'atnya di hari kiamat nanti.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Tugas Akhir ini mempunyai arti penting, selain sebagai salah satu mata kuliah wajib, juga sebagai salah satu hasil dari penerapan ilmu yang telah dipelajari selama ini. Harus disadari bahwa disiplin ilmu yang harus dipelajari di bangku kuliah bukanlah definisi akhir yang merefleksikan keseluruhan potensi yang dimiliki mahasiswa. Diperlukan aktualisasi secara nyata seperti diwujudkan dalam penyusunan Tugas Akhir.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan “terima kasih” kepada :

1. Bapak H. Sri Sunarjono, MT, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Tri Widodo Besar Riyadi, ST, MSc, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan dan pengarahannya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

4. Bapak Muh. Alfatih H, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahnya.
5. Bapak Amin Sulistyanto, ST., selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
6. Dosen jurusan Teknik Mesin dan staff tata usaha Fakultas Teknik.
7. Bapak, Ibu, Adik dan Keluargaku semua yang telah mendukung baik secara moril maupun materil.
8. Bapak Ir. Agung Setyo Darmawan, MT., sekeluarga
9. Rekan – rekan KMTM'11, BEM FT'13, dan teman – teman yang selalu memberi semangat.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam Laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan sarannya yang membangun terhadap Laporan Tugas Akhir ini. Terakhir penulis mohon maaf atas kekurangan dan kelemahannya, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, Maret 2016

Penulis

Pengaruh Kecepatan *Spindle* Dan *Feed Rate* Terhadap Kekuatan Sambungan Las Tipe *Friction Stir Welding* Untuk Aluminium Dengan Tebal 2 mm

Azhar Faris Prabowo, Agus Dwi Anggono, Muh. Alfatih H
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasuro
e-mail: azhar_faris27@yahoo.co.id

ABSTRAKSI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan las tipe friction stir welding terhadap hasil dari pengujian kekuatan tarik, mengetahui kekuatan sambungan las tipe friction stir welding terhadap hasil dari pengujian mikro vickers, mengetahui struktur makro dan struktur mikro, dan untuk mengetahui kecepatan spindle dan feed rate mana yang hasilnya baik.

Pada penelitian ini menggunakan logam induk plat aluminium paduan dengan tebal 2 mm, proses pengelasan menggunakan friction stir welding (FSW), pengelasan dilakukan dengan variasi kecepatan spindle dan variasi feed rate, dengan pengujian spesimen menggunakan ASTM E8 untuk uji tarik, ASTM E384 untuk uji kekerasan, ASTM E3/E7 untuk foto mikro/makro.

Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada pengujian tarik arah sudut pengelasan 0° dan 45° terdapat pada parameter kecepatan spindle 1600 Rpm dan feed rate 10 mm/min yaitu 75,01 Mpa dan 77,57 Mpa, untuk uji mikro vickers pada daerah retreating side mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah advancing side, sedangkan hasil foto makro terdapat cacat las di spesimen 1 dan 2 sedangkan spesimen 3 dan 4 hasilnya baik, untuk foto mikro pada nugget menunjukkan perubahan tampilan struktur mikro dari struktur mikro base metal karena adanya deformasi material akibat adukan tool. Berdasarkan pengujian tersebut maka didapat hasil pengelasan dengan parameter kecepatan spindle 1600 Rpm dan feed rate 10 mm/min menghasilkan pengelasan dengan hasil yang baik.

Kata Kunci : *friction stir welding*, kecepatan *spindle* dan *feed rate*

Effect of Spindle speed And Feed Rate Of Strength Las Connection Type Friction Stir Welding for Aluminum With a thickness of 2 mm

Azhar Faris Prabowo, Agus Dwi Anggono, Muh. Alfatih H
Mechanical Engineering University of Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasuro
e-mail: azhar_faris27@yahoo.co.id

ABSTRACTION

This study aims to determine the strength of the weld joint type of friction stir welding on the results of testing the tensile strength, knowing the strength of the weld joint type of friction stir welding of the results of the test micro-vickers, knowing the macro-structure and micro-structure, and to determine the spindle speed and feed rate where which is an excellent result.

In this study, using the parent metal plate aluminum alloy with a thickness of 2 mm, the welding process using friction stir welding (FSW), welding is performed with a variety of spindle speed and variation of feed rate, with test specimens using ASTM E8 for tensile test, ASTM E384 for hardness testing , ASTM E3 / E7 for photo micro / macro.

The results showed the highest tensile strength in tensile testing direction 0° and 45° angle of the welding parameters contained in the 1600 rpm spindle speed and feed rate of 10 mm / min is 75.01 MPa and 77.57 MPa, to test the micro vickers on the retreating side area have a higher hardness than at the advancing side, whereas the results of macro photographs are welding defects in the specimens 1 and 2 while specimens 3 and 4 the results are good, for micro photograph on a nugget shows the display changes the microstructure of the microstructure of base metal for their material deformation due to mixing tool. Based on these tests, the results obtained with the welding parameter 1600 rpm spindle speed and feed rate of 10 mm / min produces welding with good results.

Keywords : friction stir welding, spindle speed and feed rate

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR.....	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAKSI.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori.....	12
2.2.1 Friction Stir Welding.....	12
2.2.2 Parameter Friction Stir Welding.....	14
2.2.3 Baja Bohler K100.....	17
2.2.4 Material Aluminium.....	18

2.2.5	Pengujian Tarik.....	22
2.2.6	Pengujian Kekerasan.....	23
2.2.7	Pengujian Struktur Mikro dan Makro.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		27
3.1	Tahapan Penelitian.....	27
3.2	Persiapan Bahan dan Alat.....	28
3.3.1	Bahan.....	28
3.3.2	Alat.....	29
3.3	Prosedur Penelitian.....	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		42
4.1	Hasil Pengujian Komposisi Kimia.....	42
4.2	Hasil Pengelasan.....	44
4.3	Analisa Foto Makro.....	47
4.4	Analisa Struktur Mikro.....	50
4.5	Analisa Pengujian Tarik.....	58
4.6	Analisa Kekerasan.....	66
BAB V PENUTUP.....		73
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....		75
LAMPIRAN.....		77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. (a) Proses Pengelasan, (b) Posisi Shoulder.....	8
Gambar 2.2. Hasil Uji Tarik Material.....	9
Gambar 2.3. Struktur Mikro Base Metal Aluminium 1100.....	10
Gambar 2.4. Strukturu Mikro Daerah Stir Zone.....	11
Gambar 2.5. Struktur Mikro Daerah Transisi Antara TMAZ dan HAZ.....	11
Gambar 2.6. Prinsip Kerja FSW.....	12
Gambar 2.7. Pencekaman Benda Kerja.....	13
Gambar 2.8. Varisai Sambungan Las FSW.....	14
Gambar 2.9. Beberapa Profil Permukaan Shoulder Dan Pin.....	15
Gambar 2.10. Beberapa Bentuk Profil Pin.....	15
Gambar 2.11. Gerakan Tool.....	16
Gambar 2.12. Posisi Tool Terhadap Benda Kerja.....	17
Gambar 2.13. Pengujian Vickers Secara Skematis.....	24
Gambar 2.14. Skema Pengamatan Struktur Mikro.....	26
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3.2. Material Aluminium plat 1100.....	28
Gambar 3.3. Bentuk dan Ukuran Tool.....	29
Gambar 3.4. Mesin Milling.....	30
Gambar 3.5. Mesin Cutting.....	31
Gambar 3.6. Dial Indicator.....	31
Gambar 3.7. Jangka Sorong.....	32
Gambar 3.8. Gerinda.....	32
Gambar 3.9. Alat Uji Tarik.....	33
Gambar 3.10. Alat Uji Kekerasan.....	33

Gambar 3.11. Alat Uji Struktur Makro.....	34
Gambar 3.12. Alat Uji Foto Mikro.....	34
Gambar 3.13. Spesimen Uji Tarik.....	37
Gambar 3.14. Spesimen Uji Kekerasan.....	37
Gambar 3.15. Posisi Titik Pengujian Kekerasan.....	38
Gambar 4.1. Diagram Fase Al-Fe.....	44
Gambar 4.2. Foto Makro Spesimen 1.....	47
Gambar 4.3. Foto Makro Spesimen 2.....	48
Gambar 4.4. Foto Makro Spesimen 3.....	48
Gambar 4.5. Foto Makro Spesimen 4.....	49
Gambar 4.6. Base Metal Aluminium Paduan 1100.....	51
Gambar 4.7. Al-Fe seri 1100 ASM Handbook Metalogphy and Microstructures.....	52
Gambar 4.8. HAZ spesimen 1.....	53
Gambar 4.9. HAZ spesimen 2.....	53
Gambar 4.10. HAZ spesimen 3.....	54
Gambar 4.11. HAZ spesimen 4.....	54
Gambar 4.12. Weld Nugget spesimen 1.....	56
Gambar 4.13. Weld Nugget spesimen 2.....	56
Gambar 4.14. Weld Nugget spesimen 3.....	57
Gambar 4.15. Weld Nugget spesimen 4.....	57
Gambar 4.16. Spesimen Uji Tarik (a) Arah sudut pengelasan 0° , (b) Arah sudut pengelasan 45°	59
Gambar 4.17. Diagram Perbandingan Nilai Rata – rata Tegangan pada Arah Sudut Pengelasan 0°	62
Gambar 4.18. Diagram Perbandingan Nilai Rata – rata Tegangan pada Arah Sudut Pengelasan 45°	63

Gambar 4.19. Diagram Perbandingan Nilai Rata – rata Regangan pada Arah Sudut Pengelasan 0°	64
Gambar 4.20. Diagram Perbandingan Nilai Rata – rata Regangan pada Arah Sudut Pengelasan 45°	65
Gambar 4.21. Hasil Jejak Indentor Micro Vickers.....	67
Gambar 4.22. Grafik Nilai Kekerasan Spesimen 1.....	68
Gambar 4.23. Grafik Nilai Kekerasan Spesimen 2.....	69
Gambar 4.24. Grafik Nilai Kekerasan Spesimen 3.....	70
Gambar 4.25. Grafik Nilai Kekerasan Spesimen 4.....	71
Gambar 4.26. Grafik Hubungan Nilai Kekerasan.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Tegangan Maksimum dan Yield Rata – rata.....	9
Tabel 2.2.	Sifat Fisik Aluminium.....	18
Tabel 3.1.	Jumlah Spesimen Pengelasan Untuk Uji Tarik.....	37
Tabel 3.2.	Jumlah Spesimen Pengelasan Untuk Uji Kekerasan dan foto makro/mikro.....	37
Tabel 4.1.	Hasil Pengujian Komposisi Kimia Aluminium.....	42
Tabel 4.2.	Analisa Visual.....	45
Tabel 4.3.	Foto Patahan.....	59
Tabel 4.4.	Hasil Pengujian Tarik Tegangan Dengan Arah Pengelasan 0°	61
Tabel 4.5.	Hasil Pengujian Tarik Tegangan Dengan Arah Pengelasan 45°	62
Tabel 4.6.	Hasil Pengujian Tarik Regangan Dengan Arah Pengelasan 0°	63
Tabel 4.7.	Hasil Pengujian Tarik Regangan Dengan Arah Pengelasan 45°	64
Tabel 4.8.	Data Pengujian Kekerasan Spesimen 1.....	67
Tabel 4.9.	Data Pengujian Kekerasan Spesimen 2.....	68
Tabel 4.10.	Data Pengujian Kekerasan Spesimen 3.....	69
Tabel 4.11.	Data Pengujian Kekerasan Spesimen 4.....	70

DAFTAR SIMBOL

σ	= Besarnya tegangan	(N/mm^2)
F_{max}	= Beban atau gaya yang diberikan	(Newton)
A_0	= Luas mula – mula dari penampang uji	(mm^2)
ε	= Regangan	(%)
L	= Panjang batang uji yang diberikan pembebanan	(mm)
L_0	= Panjang batang uji mula – mula atau sebelum pembebanan	(mm)
F	= Beban atau <i>load</i>	(kg)
D	= Diagonal rata-rata jejak <i>indentor</i>	(mm)

DAFTAR LAMPIRAN

1. Grafik Hasil Pengujian Tarik Base Metal
2. Grafik Hasil Pengujian Tarik Arah Sudut Pengelasan 0°
3. Grafik Hasil Pengujian Tarik Arah Sudut Pengelasan 45°
4. ASTM E 92-82
5. ASTM E 8M-01
6. ASTM E 3-01