

TUGAS AKHIR
ANALISA PENGARUH PUTARAN SPINDEL
800 RPM DAN 1250 RPM PADA SAMBUNGAN Fe-Cu
DENGAN MENGGUNAKAN METODE FSW (*FRICTION STIR*
WELDING*) *DOUBLE TRACK



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

Disusun Oleh :
RIO FAJARIA DIMAS SAPUTRA
D200120050

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2020

PERNYATAAN KEASLIAN TOPIK TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa usulan judul Tugas Akhir **"ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN 1250 RPM PADA SAMBUNGAN Fe-Cu DENGAN METODE FSW (FRICTION STIR WELDING) DOUBLE TRACK"** Yang saya ajukan kepada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan dari penelitian atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapat gelar sarjana di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 10 Januari 2020

Yang menyatakan,



RIO FAJARIA DIMAS SAPUTRA

D200120050

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN 1250 RPM PADA SAMBUNGAN Fe-Cu DENGAN METODE FSW (*FRICTION STIR WELDING*) DOUBLE TRACK**" telah disetujui oleh Pembimbing untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh derajat Sarjana (Strata 1) Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **RIO FAJARIA DIMAS SAPUTRA**

NIM : **D200120050**

Disetujui pada

Hari :

Tanggal :

Pembimbing Tugas Akhir



(Ir. Bibit Sugito, MT.)

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN 1250 RPM PADA SAMBUNGAN Fe-Cu DENGAN METODE FSW (*FRICTION STIR WELDING*) SINGLE TRACK", dipertahankan dihadapan tim pengujian telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah surakarta

Dipersiapkan Oleh :

Nama : RIO FAJARIA DIMAS SAPUTRA

NIM : D200120050

Disahkan pada

Hari : Rabu

Tanggal : 12 Februari

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Bibit Sugito, MT

Anggota 1 : Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, MT.

Anggota 2 : M. Alfatih Hendrawan, ST, MT.

Dekan



Ir. H. Sri Sunarjono, MT, Ph.D

Ketua Jurusan


Ir. Subroto, MT



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl.A.Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Pos 57102

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta
Nomor 023/II/2019 tanggal 13 Februari 2019 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan
ini:

Nama : Ir. Bibit Sugito, M.T.

Pangkat / Jabatan : Pembina/Lektor Kepala

Gol : IV A

Sebagai Pembimbing Tugas Akhir memberikan soal tugas akhir kepada
mahasiswa :

Nama : Rio Fajaria Dimas Saputra

No Induk : D200120050

Jurusan/Semester : Teknik Mesin/XIV (Akhir)

Judul/Topik : ANALISA PENGARUH PUTARAN SPINDEL 800
RPM DAN 1250 RPM PADA SAMBUNGAN FE-CU
DENGAN MENGGUNAKAN METODE FSW
(*FRICTION STIR WELDING*) *DOUBLE TRACK*

Rincian Soal/Tugas : -

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

Surakarta, 18 Februari 2019
Pembimbing

Ir. Bibit Sugito, M.T.

Keterangan :

Dibuat Rangkap Tiga (3)

1. Untuk Kajur (Koordinator TA)
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

HALAMAN MOTTO

*Orang yang menuntut ilmu berarti menuntut rahmat, orang
yang menuntut ilmu berarti menjalankan rukun Islam dan
pahala yang diberikan sama dengan para Nabi
(H.R. Dailani dari Anar r.a)*

*Kemenangan yang seindah indahnyanya dan sesukar sukarnya
yang boleh direbut oleh manusia adalah menundukkan diri
sendiri
(R.A Kartini)*

*Kalau dinasihati orangtua jangan membantah, karena
orangtua pernah kecil dan anak kecil belum tentu pernah tua
(pakdhe muhadî santri mbilong)*

*Kunci keberhasilan adalah dengan cara,
Berusaha, Berdoa, Sabar dan Shodaqoh
(Penulis)*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur atas kehadiran Allah SWT , Beserta Rasulnya, Bangga haru, Serta rasa bahagia yang mendalam setelah melewati berbagai cobaan dan rintangan dalam perjuangan yang panjang, Ku persembahkan Tugas Akhir ini kepada :

Kedua orang tuaku yang aku sayangi, cintai dan hormat, yang telah memberikan doa dan semangat selama menempuh pendidikan. Semoga Allah SWT membalas kemuliaan yang luar biasa kepadamu atasku.

**ANALISA PENGARUH PUTARAN SPINDEL 800 RPM DAN 1250
RPM PADA SAMBUNGAN FE-CU DENGAN MENGGUNAKAN
METODE FSW (*FRICTION STIR WELDING*) *DOUBLE TRACK*.**

Rio Fajaria Dimas Saputra, Bibit Sugito
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura
Email : rio.f.r.d.s.999@gmail.com

ABSTRAK

Proses penyambungan logam yang banyak dipergunakan dalam dunia industri manufaktur adalah Las. Pengelasan atau penyambungan antar dua jenis logam merupakan pilihan yang tepat. Pengelasan tidak membutuhkan waktu yang lama, konstruksinya ringan memiliki kekuatan sambungan yang cukup baik, serta biaya yang cukup murah. Salah satu contoh pengelasan yang terbaru yaitu friction stir welding. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik, kekerasan pada sambungan baja dengan tembaga menggunakan metode FSW.

Pengelasan pada penelitian ini menggunakan Material baja karbon rendah dan tembaga. Pada proses pengelasan menggunakan mesin milling konvensional dengan putaran yang digunakan 800 rpm, feed rate 12,5mm/menit, sudut kemiringan 1° dan dept plunge 1,8 mm.

Dari hasil pengujian tarik pada putaran 800 rpm didapatkan nilai tegangan tarik rata-rata 139,31 Mpa dan regangan rata-rata 0,36%. Sedangkan pada putaran 1250 rpm didapat nilai tegangan tarik rata rata 115,26 Mpa dan regangan rata – rata 0,11. Sedangkan pada pengujian kekerasan daerah Stir Zone mengalami peningkatan nilai kekerasan dibandingkan daerah sebelumnya yaitu daerah base metal dan HAZ.

Kata Kunci: *friction stir welding*, baja karbon rendah, tembaga, tarik, kekerasan

**ANALYSIS EFFECT OF 800 RPM AND 1250 RPM SPINDEL ROUND
ON FE-CU CONNECTIONS USING DOUBLE TRACK FSW
(FRICTION STIR WELDING) METHOD.**

Rio Fajaria Dimas Saputra, Bibit Sugito
Mechanical Engineering, University of Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura
Email : rio.f.r.d.s.999@gmail.com

ABSTRACT

The metal connection process that is widely used in the world of manufacturing industry is Las. Welding or connecting between two types of metals is the right choice. Welding does not require a long time, its lightweight construction has good connection strength, and the cost is quite cheap. One of the newest welding examples is friction stir welding. This study aims to determine the tensile strength, hardness of steel and copper joints using the FSW method.

Welding in this study uses material of low carbon steel and copper. In the welding process using a conventional milling machine with rotation used 800 rpm, feed rate 12.5mm / minute, slope angle 10 and 1.8 mm plunge dept.

From the results of tensile testing at 800 rpm, the average tensile stress value of 139.31 Mpa and strain averaged 0.37%. While the 1250 rpm rotation obtained the average tensile stress value of 115.26 MPa and the average strain of 0.11. Whereas in the hardness test the Stir Zone area experienced an increase in the value of hardness compared to the previous region, namely the base metal and HAZ regions.

Keywords: friction stir welding, low carbon steel, copper, tensile, hardness.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah Penulis panjatkan Kepada Allah SWT atas nikmat sehingga penyusunan laporan penelitian ini terselesaikan. Tugas Akhir berjudul **“ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN 1250 RPM PADA SAMBUNGAN Fe-Cu DENGAN METODE FSW (*FRICTION STIR WELDING*) DOUBLE TRACK”**, dapat terselesaikan atas berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini Penulis dengan rasa hormat dan ketulusan hati ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan doa dukungan perhatian dan kasih sayang yang begitu indah dan luar biasa.
2. Bapak Ir.H. Sri Sunarjono, MT. Ph.D., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Subroto, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Sunardi wiyono, MT., selaku Koordinator Tugas Akhir
5. Bapak Ir. Bibit Sugito, MT., selaku Pembimbing tugas akhir yang telah membimbing, bersedia meluangkan waktunya serta memberikan arahan dan penjelasan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, MT., Selaku Dosen penguji Tugas Akhir telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
7. Bapak M. Alfatih Hendrawan, ST, MT. Selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Staf Tata Usaha Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah membantu kelancaran Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman angkatan 2012 yang telah memberikan motivasi semangat untuk penulis.
10. Semua pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu per satu yang telah banyak membantu kelancaran.

Semoga Allah SWT melimpahkan Rahmat dan Kasih Sayangnya atas segala kebaikan yang telah dikerjakan. Penulis menyadari tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini dikarenakan keterbatasan wawasan dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat pada semua pihak dan sebagai amalan yang tidak terputus.

Surakarta, Januari 2020

Rio Fajaria Dimas Saputra

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Pengelasan.....	6
2.2.2 <i>Friction Stir Welding</i>	7
2.2.3 Prinsip Kerja <i>Friction Stir Welding</i>	8
2.2.4 Parameter Pengelasan <i>Friction Stir</i> <i>Welding</i>	9
2.2.5 Jenis Sambungan Proses <i>Friction Stir</i> <i>Welding</i>	13
2.2.6 Aliran Material.....	16

2.2.7	Kelebihan Dan Kekurangan FSW	19
2.2.8	Aplikasi Friction Stir Welding	20
2.2.9	Material Baja.....	22
2.2.10	Material Tembaga dan Paduannya.....	29
2.2.11	Pengujian Sifat Fisis Dan Mekanis	32
2.2.12	Difusi	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Diagram Alir	38
3.2	Tempat Penelitian	39
3.3	Persiapan Bahan.....	39
3.4	Peralatan Proses Pengelasan.....	40
3.5	Peralatan Pengujian Spesimen	43
3.6	Pelaksanaan Pengelasan.....	43
3.6.1	Persiapan Pengelasan.....	43
3.6.2	Parameter Pengelasan	44
3.6.3	Proses Pengelasan.....	45
3.7.	Pengujian Spesimen Hasil Pengelasan.....	49
3.7.1	Uji Tarik.....	50
3.7.2	Uji Kekerasan.....	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Komposisi Kimia.....	53
4.1.1	Komposisi Kimia Tembaga	53
4.1.2	Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah	54
4.2	Hasil Pengujian Tarik.....	55
4.2.1	Pembahasan Pengujian Tarik	57
4.3	Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	58
4.4.1	Hasil Pengujian Kekerasan	58
4.4.2	Pembahasan Pengujian Kekerasan	61
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema <i>Friction Stir Welding</i>	8
Gambar 2.2	Proses <i>Friction Stir Welding</i>	9
Gambar 2.3	Bagian Tool FSW	9
Gambar 2.4	Contoh Jenis <i>Kontur Shoulder</i>	11
Gambar 2.5	Contoh Jenis Profil Pin	11
Gambar 2.6	<i>Tool Tilt Engel</i>	12
Gambar 2.7	<i>Delphth Plunge</i>	13
Gambar 2.8	Deskripsi proses FSW.....	14
Gambar 2.9	Variasi Kekerasan Sepanjang <i>Butt Joint</i>	15
Gambar 2.10	<i>Tool</i> Untuk Sambungan Tumpuk.....	16
Gambar 2.11	<i>Terminologi</i> FSW	17
Gambar 2.12	Kedalaman <i>Shoulder</i>	18
Gambar 2.13	<i>Face, Toe</i> dan <i>Root</i> pada FSW.....	19
Gambar 2.14	Arah Pengujian Tarik Berdasarkan Orientasi Pengelasan.....	19
Gambar 2.15	Aplikasi FSW pada Mobil	21
Gambar 2.16	Aplikasi FSW pada Kapal.....	21
Gambar 2.17	Aplikasi FSW pada Pesawat	22
Gambar 2.18	Diagram fasa Fe ₃ C.....	27
Gambar 2.19	Diagram Tegangan – Regangan Bahan Non Fero.....	32
Gambar 2.20	Pengujian kekerasan <i>Vickers</i>	33
Gambar 2.21	Pasangan Difusi Tembaga Nikel Sebelum diberi suhu tinggi	34
Gambar 2.22	Pasangan Difusi Tembaga Nikel Setelah Diberi Suhu Tinggi	35
Gambar 2.23	Difusi Vacancy	36
Gambar 2.24	Difusi Interstitiasial.....	37
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 3.2	Dimensi Bahan Spesimen.....	39

Gambar 3.3	<i>Tool Joint</i>	40
Gambar 3.4	Mesin Milling <i>Konvensional</i>	41
Gambar 3.5	Mesin Shearing	41
Gambar 3.6	Manual Caliper	42
Gambar 3.7	Infrared Pyrometer	42
Gambar 3.8	Kikir	43
Gambar 3.9	Parameter Pengelasan	44
Gambar 3.10	<i>setting Tilt Angle</i>	46
Gambar 3.11	Setting Rotation Speed	46
Gambar 3.12	Penetrasi Awal <i>Tool</i>	47
Gambar 3.13	Hasil Pengelasan	48
Gambar 3.14	Layout Pemotongan Spesimen	49
Gambar 3.15	Spesimen Uji Tarik.....	50
Gambar 3.16	Pembuatan Spesimen uji Tarik	51
Gambar 3.17	Spesimen Uji kekerasan	52
Gambar 4.1	Histogram Tegangan Hasil Pengujian Tarik Baja-Tembaga 800 Rpm dan 1250 Rpm	56
Gambar 4.2	Histogram regangan hasil pengujian tarik Baja – CuZn 800 rpm dan 1250 rpm	56
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Uji Kekerasan Baja-Tembaga 800 Rpm Dengan 1250 Rpm Double track.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Proses Pengelasan	7
Tabel 2.2	Jenis Material <i>Friction Stir Welding</i>	10
Tabel 3.1	Parameter Pengelasan	45
Tabel 3.2	Jumlah Spesimen Pengujian.....	50
Tabel 3.3	Parameter Pengelasan.....	51
Tabel 4.1	Hasil Uji Komposisi Kimia Tembaga	53
Tabel 4.2	Hasil Uji Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah	54
Tabel 4.3	Tabel Tegangan Hasil Uji Tarik Cu – Fe 800 rpm dan 1250 rpm	55
Tabel 4.4	Tabel Regangan Hasil Pengujian Tarik Baja - Cu 800 rpm dan 1250 rpm	55
Tabel 4.5	Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja – Tembaga 800 Rpm <i>Double track</i>	58
Tabel 4.6	Data Rata-rata Hasil pengujian vikers (HVN) Baja – Tembaga 800 rpm dan 1250 rpm.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Data Uji Komposisi Kimia Baja

Data Uji Komposisi Kimia Kuningan

Grafik Uji Tarik

Tabel Hasil Uji Kekerasan

Parameter Saat Pengelasan

Standar Uji Tarik (ASTM E8M)

Standar Uji Kekerasan (ASTM E384)