

TUGAS AKHIR

STUDI PENGELASAN METODE *FRICTION STIR WELDING*
DENGAN BENTUK PENAMPANG PIN YANG BERBEDA
PADA MATERIAL TEMBAGA DENGAN TEMBAGA
(*SIMILAR*) TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT
MEKANIS



Disusun sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh :

MUHAMMAD RIFKI MUSLIM PUTRANTO

NIM : D200140061

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2019

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“Studi Pengelasan Metode *Friction Stir Welding* Dengan Bentuk Penampang Pin Yang Berbeda Pada Material Tembaga Dengan Tembaga (*Similar*) Terhadap Struktur Mikro Dan 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 dan duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesajamaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 29 Oktober 2019

Yang menyatakan



M. Rifki Muslim P.

D200140061

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul “Studi Pengelasan Metode *Friction Stir Welding* Dengan Bentuk Penampang Pin Yang Berbeda Pada Material Tembaga Dengan Tembaga (*Similar*) Terhadap Struktur Mikro Dan 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 : **M. RIFKI MUSLIM P.**

NIM : **D200 14 0061**

Disetujui pada

Hari : *Senin*

Tanggal : *11 November 2019*

Pembimbing



Ir. Bibit Suglito, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "**Studi Pengelasan Metode *Friction Stir Welding* Dengan Bentuk Penampang Pin Yang Berbeda Pada Material Tembaga Dengan Tembaga (*Similar*) Terhadap Struktur Mikro Dan 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 : **M. RIFKI MUSLIM P.**

NIM : **D200 14 0061**

Disahkan pada

Hari : *Senin*

Tanggal : *11 November 2019*

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Bibit Sugito, M.T.

Anggota 1 : Ir. Subroto, M.T.

Anggota 2 : Ir. Sunardi Wiyono, M.T.



Dekan Fakultas Teknik



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

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ir. Subroto, M.T.



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 023/II/2019 Tanggal 13 Februari 2019 Pembimbing Tugas Akhir dengan ini:

Nama : Ir. Bibit Sugito, M.T.

Jabatan : Lektor Kepala

Golongan : IV A

Kedudukan : Pembimbing Utama

Memberikan Soal Tugas Akhir Kepada mahasiswa:

Nama : Muhammad Rifki Muslim Putranto

Nomor Induk : D 200 140 061

NIRM : -

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir

Judul/Topik : Teknik Pengelasan

Rincian Soal/Tugas :

Studi Pengelasan Metode *Friction Stir Welding* Dengan Bentuk Penampang Pin yang Berbeda Pada Material Tembaga Dengan Tembaga (*Similar*) Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis. 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 Tugs Akhir

3. Untuk Mahasiswaa

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(QS. Al-Insyirah: 6-8)

“Bertaqwalah kepada Allah, maka Dia akan membimbingmu.
Sesungguhnya Allah mengetahui segala sesuatu”

(QS. Al-Baqarah: 282)

“Janganlah takut membuat kesalahan karena kesalahan bisa diperbaiki.
Akan tetapi, kesempatan buat mencoba suatu hal yang baru bisa jadi gak
datang dua kali”

(Einstein)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Pertama saya mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kesabaran, serta tuntunan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Tak lupa saya persembahkan tugas akhir ini kepada :

1. Kedua orang tua tercinta yaitu bapak Eko Putranto dan ibu Nurul Shofiah terima kasih atas segala doa dan pengorbanan yang telah memberikan kepercayaan kepada penulis untuk melanjutkan ke perguruan tinggi.
2. Kepada Bapak Ir. Bibit Sugito, M.T. sebagai pembimbing Tugas Akhir.

**STUDI PENGELASAN METODE FRICTION STIR WELDING DENGAN
BENTUK PENAMPANG PIN YANG BERBEDA PADA MATERIAL
TEMBAGA DENGAN TEMBAGA (SIMILAR) TERHADAP STRUKTUR
MIKRO DAN SIFAT MEKANIS**

ABSTRAK

Friction Stir Welding (FSW) merupakan salah satu metode pengelasan solid state dimana sambungan las terbentuk tanpa adanya penambahan logam pengisi (filler metal). Desain bentuk penampang pin pada welding tool merupakan parameter yang sangat penting dalam pengelasan FSW. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh bentuk penampang pin tool pada pengelasan FSW plat tembaga (similar).

Proses pengelasan menggunakan variasi bentuk penampang pin tool silinder tirus, segitiga, dan persegi dengan kecepatan putar tool 900 rpm dan feed rate 30 mm/menit. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah 2 plat tembaga (similar) dengan panjang 150 mm, lebar 70 mm dan tebal 3 mm. Selanjutnya hasil sambungan las dilakukan pengujian tarik, pengujian kekerasan vickers, dan foto struktur mikro.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan pin tool mempengaruhi sifat mekanik dari hasil pengelasan friction stir welding. Hasil kekuatan tarik pada bentuk pin tool silinder tirus memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 191,16 MPa, sedangkan yang terendah pada bentuk pin tool segitiga sebesar 153,42 MPa. Nilai regangan terbesar terjadi pada bentuk pin tool persegi sebesar 13,85% dan yang terendah pada bentuk pin tool silinder tirus sebesar 10,33%. Sedangkan Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada bentuk pin tool segitiga dipusat las sebesar 101,88 VHN sedangkan Kekerasan yang rendah di pusat las pada bentuk pin tool persegi sebesar 94,44 VHN. Dan untuk hasil foto struktur mikro penampang pin tool segitiga menghasilkan struktur mikro yang lebih halus dibandingkan pin tool silinder tirus atau persegi.

Kata kunci : Friction Stir Welding, Pin Tool, Tembaga, Struktur Mikro.

**A STUDY OF FRICTION STIR WELDING METHOD WITH A
DIFFERENT PIN CROSS SECTION ON COPPER PLATE (SIMILAR)
MATERIALS TO THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL
PROPERTIES**

ABSTRACT

Friction Stir Welding (FSW) is one of solid state welding method where welded joints are formed without any addition of filler metal. The design of pin cross section in the welding tool becomes a very important parameter in FSW welding. This research was conducted to determine the effect of cross section pin tool shape on FSW copper plate welding (similar).

The welding process used variation of the cross section shapes of the pin tool namely cylinder, triangle, and square with a tool rotational speed of 900 rpm and a feed rate of 30 mm / minute. The material used in this study was 2 copper plates (similar) with a length of 150 mm, a width of 70 mm and a thickness of 3 mm. Furthermore, the results of welded joints were carried out in a tensile testing, vickers hardness testing, and microstructure photos.

The results of this study indicate that the difference in pin tool affects the mechanical properties of friction stir welding. The results of tensile strength in the shape of the taper cylinder tool pin have the highest tensile strength which is equal to 191.16 MPa, while the lowest tensile strength is in the form of triangular pin tool which is equal to 153.42 MPa. The largest strain value occurs in the shape of square tool pin that is 13.85% and the lowest in the form of taper cylinder tool pins of 10.33%. Furthermore, the highest hardness value is in the form of a triangular tool pin at the welding center with the amount of 101.88 VHN while the lowest hardness value in the center of the weld of square pin tool form is 94.44 VHN. Moreover, the microstructure photo results of the cross section triangle pin tool produces a micro structure that is finer than the tapered or square cylinder pin tool.

Keywords : Friction Stir Welding, Pin Tool, Cu, Micro Structure.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr, Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir dengan judul "**Studi Pengelasan Metode *Friction Stir Welding* Dengan Bentuk Penampang Pin Yang Berbeda Pada Material Tembaga Dengan Tembaga (*Similar*) Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis**".

Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan dari Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, untuk meraih gelar Sarjana Teknik (ST). Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. H. Subroto, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Bibit Sugito, M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan masa perkuliahan.
5. Bapak, ibu, dan kakak tercinta yang senantiasa memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan perkuliahan, terimakasih untuk semuanya.
6. Teman – teman Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah berjuang bersama – sama dan saling memberi semangat, dukungan, serta bantuan selama perkuliahan.

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

Wassalamualaikum wr,wb.

Surakarta, 29 Oktober 2019

Penulis,



M. Rifki Muslim P.

D200140061

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Tembaga dan Karakteristiknya	8

2.2.1.1 Senyawa Tembaga	9
2.2.1.2 Sifat – sifat Tembaga	11
2.2.2 Friction Stir Welding	13
2.2.2.1 Prinsip Kerja <i>Friction Stir Welding</i>	14
2.2.2.2 Pembagian Zona pada FSW	16
2.2.2.3 Parameter Pengelasan FSW	17
2.2.3 DIFUSI	21
2.2.3.1 Mekanisme Difusi	22
2.2.3.2 Difusi Vacancy	23
2.2.3.3 Difusi Interstisial	23
2.2.4 Pengujian Tarik	24
2.2.5 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	28
2.2.6 Pengujian Struktur Mikro	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	33
3.2 Variabel Penelitian	34
3.3 Lokasi Pengambilan Data	34
3.4 Bahan dan Alat Penelitian	34
3.4.1 Bahan Penelitian	35
3.4.2 Alat	37
3.5 Pengelasan <i>Friction Stir Welding</i> (FSW)	41
3.5.1 Langkah – langkah Pengelasan FSW	41
3.6 Proses Pengujian.....	43
3.6.1 Proses Pengujian Tarik	43
3.6.2 Proses Uji Foto Struktur Mikro	46
3.6.3 Proses Pengujian Kekerasan	48

BAB IV DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Tarik dan Pembahasannya	50
4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan dan Pembahasannya	54
4.3 Hasil Foto Struktur Mikro dan Pembahasannya	56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pengelasan Friction Stir Welding	14
Gambar 2.2	Proses Pengelasan Friction Stir Welding	14
Gambar 2.3	Heat zone pada Friction Stir Welding	16
Gambar 2.4	Bentuk – bentuk penampang pin tool	18
Gambar 2.5	Bentuk – bentuk shoulder FSW	18
Gambar 2.6	Hubungan putaran tool dengan temperatur	19
Gambar 2.7	Skema Pengelasan FSW	20
Gambar 2.8	Desain penyambungan pada pengelasan FSW	21
Gambar 2.9	(a) pasangan difusi tembaga nikel sebelum penambahan suhu (b) skema atom Cu dan Ni (c) konsentrasi tembaga dan nikel sebagai fungsi dari lintas posisi dalam pasangan	21
Gambar 2.10	(a) pasangan tembaga dan nikel setelah diberi suhu tinggi (b) skema atom Cu dan Ni (c) konsentrasi tembaga dan nikel sebagai fungsi lintas fungsi dari lintas posisi dalam pasangan	22
Gambar 2.11	Difusi <i>Vacancy</i>	23
Gambar 2.12	Difusi Interstisial	24
Gambar 2.13	Benda kerja bertambah panjang ketika diberi beban	25
Gambar 2.14	Batas proporsionalitas Tegangan – Regangan	27
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3.2	Dimensi base metal	35
Gambar 3.3	Base metal Tembaga	35
Gambar 3.4	Dimensi Penampang Pin Silinder Tirus	36
Gambar 3.5	Dimensi Penampang Pin persegi	36
Gambar 3.6	Dimensi Penampang Pin Segitiga	36

Gambar 3.7	Tool yang digunakan dalam proses pengelasan	36
Gambar 3.8	Dimensi Backing Plate	37
Gambar 3.9	Backing Plate	37
Gambar 3.10	Mesin Milling Aciera AS - 1	38
Gambar 3.11	Mesin Uji Tarik	38
Gambar 3.12	Alat Foto Struktur Mikro	39
Gambar 3.13	Alat Uji Kekerasan Mikro Vickers	39
Gambar 3.14	Grinding and Polishing Machine	40
Gambar 3.15	Jangka Sorong	40
Gambar 3.16	Ampelas	41
Gambar 3.17	Proses Pengelasan FSW	43
Gambar 3.18	Dimensi spesimen uji tarik (ASTM E8/E8M)	44
Gambar 3.19	Spesimen Uji Tarik ASTM E8	44
Gambar 3.20	Spesimen Pengujian Struktur Mikro	48
Gambar 4.1	Hasil pengujian tarik rata-rata tiap profil pin dan raw material	51
Gambar 4.2	Histogram tegangan tarik terhadap variasi bentuk pin ...	51
Gambar 4.3	Histogram regangan terhadap variasi bentuk pin	52
Gambar 4.4	Histogram nilai kekerasan terhadap tiap profil pin	55
Gambar 4.5	Daerah Foto Struktur Mikro	56
Gambar 4.6	Struktur Mikro Base Metal Tembaga yang digunakan pengelasan dengan variasi bentuk pin tool (a) silinder tirus, (b) segitiga, (c) persegi dengan pembesaran 200x	57
Gambar 4.7	Struktur mikro pengaruh bentuk pin tool pada daerah HAZ dan daerah las dengan variasi bentuk pin (a) silinder tirus, (b) segitiga, (c) persegi dengan pembesaraan 200x	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Senyawa yang dibentuk Tembaga	10
Tabel 2.2 Sifat – sifat fisis, mekanis dan panas dari tembaga	11
Tabel 3.1 Dimensi spesimen uji Tarik (ASTM E8/E8M)	44
Tabel 4.1 Nilai Tegangan Regangan Hasil Uji Tarik	50
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Mikro Vickers	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar hasil pengelasan *Friction Stir Welding*

Lampiran 2. Gambar patahan hasil uji tarik

Lampiran 3. Data hasil pengujian tarik

Lampiran 4. Grafik hasil pengujian tarik

Lampiran 5. Data hasil pengujian tarik *Raw Material*

Lampiran 6. Grafik hasil pengujian tarik *Raw Material*

Lampiran 7. Data hasil pengujian kekerasan

Lampiran 8. Data hasil pengujian komposisi kimia tembaga