

**SKRIPSI**  
**PENGARUH KECEPATAN PUTAR *FRICTION STIR WELDING* TERHADAP**  
**SIFAT MEKANIS SAMBUNGAN *BUTT* ALUMINIUM A5005 DENGAN**  
**TEMBAGA**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Strata Satu (S-1)**  
**Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh :**

**Khukhuh Aulia Rachman**  
**20170130081**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS**  
**MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2021**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Khukhuh Aulia Rachman  
NIM : 20170130081  
Jurusan : Teknik Mesin  
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Judul : Pengaruh Kecepatan Putar *Friction Stir Welding*  
Terhadap Sifat Mekanis Sambungan *butt*  
Auminium A5005 dengan Tembaga

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli dari hasil kerja saya yang dibimbing oleh Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, ST., MT., PhD. dan bapak Ir. M Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng. Tugas akhir ini merupakan karya saya dan dalam sepengetahuan saya karya ini belum pernah diajukan untuk memenuhi syarat mendapat gelar sarjana Strata-1 di perguruan tinggi. Selain itu, dalam penulisan juga tidak terdapat karya orang lain kecuali yang secara tertulis dicantumkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 15 Desember 2021



  
Khukhuh Aulia Rachman

(20170130081)

## MOTTO



“Menuntut ilmu adalah taqwa, menyampaikan ilmu adalah ibadah, mengulang ngulang ilmu adalah zikir, mencari ilmu adalah jihad”.

(Abu Hamid Al Ghazali)

“Barangsiapa berjalan di suatu jalan untuk mencari ilmu, niscaya Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga”.

(HR. Tirmidzi)

“Allah meninggikan orang-orang yang beriman dari kamu sekalian, dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat”.

(Surat Al – Maidah :11)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya

Ayah Abdul Rahman, Ibu Supiyatun

Khususnya dosen yang penuh keikhlasan dan kesabaran untuk membimbing tugas akhir

saya hingga selesai

Bapak Aris dan Bapak Budi

Terima kasih atas semua doa dan dukungan yang telah diberikan kepada saya hingga saya

sampai pada titik ini.

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Pengaruh *Rotate Speed Friction Stir Welding* Terhadap Sifat Mekanis Sambungan *Butt joint* Aluminium A5005 dan Tembaga**” sebagai syarat untuk mendapatkan gelas Sarjana Strata-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Pada penelitian yang dilakukan teknologi pengelasan yang digunakan adalah *Friction Stir Welding* (FSW). Variabel yang digunakan adalah variasi kecepatan putar sebesar 540 rpm, 910 rpm, 1500 rpm dan 2280 rpm. Pengujian yang dilakukan meliputi pengamatan struktur mikro, uji kekerasan *Vickers*, uji tarik.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari semua pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang besar kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari masih ada kekurangan pada penyusunan skripsi ini untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca agar dapat diperbaiki di masa mendatang. Penulis berharap pada skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 15 November 2021



Khukhuh Aulia Rachman

(20170130081)

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ASBTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	4
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	7
2.2.1 Aluminium dan Paduannya .....	7
2.2.2 Tembaga dan Paduannya .....	10
2.2.3 Bimetal Al-Cu.....	11
2.2.4 Pengelasan .....	12
2.2.5 FSW ( <i>Friction Stir Welding</i> ) .....	12
2.2.6 Daerah Pengelasan FSW .....	13
2.2.7 Parameter FSW .....	14
2.2.8 Pengujian Vickers Microhardness .....	15
2.2.9 Pengujian Tarik .....	15
2.2.10 Pengujian Metalografi .....	17
2.2.11 <i>Heat Input</i> .....	17

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Identifikasi Masalah .....	18
3.2 Perencanaan Penelitian .....	18
3.2.1 Tempat Penelitian .....	18
3.2.2 Variabel Penelitian .....	18
3.3 Bahan Penelitian .....	19
3.4 Alat Penelitian .....	19
3.5 Diagram Alir .....	20
3.6 Prosedur Penelitian .....	21
3.6.1 Persiapan Spesimen Pengelasan .....	21
3.6.2 Persiapan Alat Pengelasan .....	21
3.6.3 Prosedur pengelasan FSW ( <i>Friction Stir Welding</i> ) .....	24
3.7 Prosedur Pengujian Spesimen .....	25
3.7.1 Pengujian Struktur Makro dan Mikro .....	26
3.7.2 Pengujian Kekerasan .....	27
3.7.3 Pengujian Tarik .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1 Hasil Pengelasan .....	30
4.2 Perhitungan Nilai <i>Heat Input</i> .....	31
4.3 Pengujian Makrostruktur .....	31
4.4 Pengujian Mikro .....	33
4.5 Pengujian Mikro <i>Hardness</i> .....	36
4.6 Pengujian Tarik .....	39
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>44</b>
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	45
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>46</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram fasa paduan Al-Cu .....	9
Gambar 2.2 Skema pengelasan FSW .....	13
Gambar 2.3 Daerah pengelasan FSW, A. Logam Induk, B. HAZ, C. TMAZ, D. Weld Nugget .....	14
Gambar 2.4 Hasil pembebanan indenter <i>vickers</i> .....	15
Gambar 3.1 Plat Aluminium 5005 dan tembaga murni.....	19
Gambar 3.2 Diagram alir proses penelitian .....	20
Gambar 3.3 Dimensi spesimen las .....	21
Gambar 3.4 Mesin <i>milling</i> Aciera AS 1 .....	21
Gambar 3.5 <i>Tool</i> baja karbon tinggi ST 90 .....	22
Gambar 3.6 Dimensi <i>tool</i> baja karbon tinggi ST 90.....	22
Gambar 3.7 Backing plate .....	22
Gambar 3.8 Kunci <i>shock</i> .....	23
Gambar 3.9 <i>Tachometer</i> .....	23
Gambar 3.10 Mesin gerinda .....	23
Gambar 3.11 <i>Grinder polisher</i> .....	24
Gambar 3.12 Skema proses pengelasan FSW .....	24
Gambar 3.13 Proses pengelasan FSW Al-Cu .....	24
Gambar 3.14 <i>Optical microscope</i> Olympus Bx53M .....	26
Gambar 3.15 Skema pijakan indenter <i>vickers</i> .....	27
Gambar 3.16 Unit uji kekerasan .....	27
Gambar 3.17 Spesimen uji tarik ASTM E8 .....	28
Gambar 3.18 <i>Universal Testing Machine</i> .....	29
Gambar 4.1 Hasil pengelasan A). 540 rpm, B) 910 rpm, C) 1500 rpm, D) 2280 rpm .....	30
Gambar 4.2 Nilai <i>heat input</i> pada material aluminium dan tembaga tiap variasi .....	31
Gambar 4.3 <i>Base metal</i> a. Aluminium 5005 b.) tembaga .....	33
Gambar 4.4 HAZ pada aluminium a.) 540 rpm, b.) 910 rpm, c.) 1500 rpm, d.) 2280 rpm .....	34
Gambar 4.5 HAZ pada tembaga a.) 540 rpm, b.) 910 rpm, 1500 rpm, 2280 rpm .....	35
Gambar 4.6 Pengamatan pada <i>stir zone</i> kecepatan putar A.) 540 rpm, B.) 910 rpm, C.) 1500 rpm, D.) 2280 rpm .....	36



Gambar 4.7 Grafik nilai kekerasan hasil pengelasan FSW pada <i>base metal</i> , HAZ dan <i>stir zone</i> .....	37
Gambar 4.8 Diagram batang rata rata nilai VHN0.3 .....	38
Gambar 4.9 Grafik tegangan dan regangan hasil uji tarik variasi kecepatan pengelasan FSW .....	39
Gambar 4.10 Diagram batang nilai rata rata tegangan maksimum .....	40
Gambar 4.11 Diagram batang rata rata hasil pengujian tarik tiap variasi kecepatan putar .....	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat fisika aluminium murni .....	8
Tabel 2.2 Sifat mekanik aluminium .....	8
Tabel 2.3 Klasifikasi aluminium dan paduannya .....	8
Tabel 2.4 Komposisi Al 5005 .....	10
Tabel 2.5 Karakteristik Tembaga .....	10
Tabel 2.6 Paduan tembaga dan komposisi kimia .....	11
Tabel 2.7 Resistivitas dan konduktifitas Al, Cu, dan Al/Cu <i>bimetal</i> .....	11
Tabel 3.1 Peralatan yang dibutuhkan .....	19
Tabel 3.2 Spesifikasi alat uji kekerasan .....	27
Tabel 4.1 Hasil pengamatan makro visual .....	32
Tabel 4.2 Nilai rata rata VHN0.3 .....	37
Tabel 4.3 Kekuatan tarik <i>raw</i> material .....	39
Tabel 4.4 Nilai rata rata nilai uji tarik tiap spesimen variasi kecepatan putar FSW .....	40
Tabel 4.5 Foto patahan uji tarik sambungan pengelasan FSW .....	42

## DAFTAR SINGKATAN

ASTM	: <i>American Society for Testing and Material</i>
AWS	: <i>American Welding Society</i>
TWI	: <i>The Welding Institu</i>
FSW	: <i>Fricion Stir welding</i>
SZ	: <i>Stir zone</i>
BM	: <i>Base metal</i>
HAZ	: <i>Heat Affected Zone</i>
VHN	: <i>Vickers Hardness Number</i>
UTS	: <i>Ultimate Tensile Strength</i>
AL	: <i>Aluminium</i>
Cu	: <i>Copper</i>