

**SKRIPSI**

**PENGARUH KECEPATAN PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING*  
TERHADAP SIFAT MEKANIS SAMBUNGAN ALUMINIUM A5005  
DENGAN TEMBAGA**

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



**Disusun Oleh :**

**Farizal Candra Pangestu**  
**20170130070**

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

**2021**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Farizal Candra Pangestu  
No. Induk Mahasiswa : 20170130070  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul penelitian Pengaruh kecepatan pengelasan *friction stir welding* terhadap sifat mekanis sambungan Aluminium A5005 dengan Tembaga

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir saya dengan judul “Pengaruh Kecepatan Pengelasan *Friction Stir Welding* Sifat Mekanis Sambungan Aluminium A5005 dengan Tembaga” merupakan hasil kerja keras saya yang dibimbing oleh Ir. Aris Widy Nugroho, S.T., M.T., Ph.D dan Ir. Muhammad Budi N.R., S.T., M.Eng. Tugas akhir ini merupakan karya saya dan dalam sepengetahuan saya karya ini belum pernah diajukan untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana strata-1 di perguruan tinggi yang bersangkutan maupun perguruan tinggi lain. 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



Farizal Candra Pangestu

## **MOTTO**

“Belajar dari kegagalan adalah hal yang bijak”

“Hidup kita mulai berakhir saat kita berdiam diri tentang apa pun masalah yang ada di sekitar”

“Karyamu akan menempati bagian tersendiri dari hidupmu”

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-

Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

### **Ibunda dan Ayahanda Tercinta**

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu (Sulasmiyati) dan Ayah (Slamet Triyono) yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga, tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembat kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ibu dan Ayah bahagia karena aku sadar, selama ini belum bisa berbuat lebih untuk membahagiakan Ibu dan Ayah. Ibu dan Ayah yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasihati serta selalu meridhoiku dalam melakukan hal yang baik.

Terimakasih ibu... Terimakasih Ayah...

### **Adik dan Orang terdekatku**

Sebagai tanda terima kasih, aku persembahkan karya kecil ini untuk adikku (Imam Fathur Rahman) dan teman-teman terdekatku. Terimakasih telah memberikan semangat dan inspirasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga doa dan segala hal yang engkau berikan menjadikanku orang yang lebih baik, dan segala hal yang baik akan kembali kepadamu. Terimakasih...

## **Teman-teman**

Teruntuk teman-temanku yang selalu memberikan semangat, motivasi, nasihat, dan dukungan moral serta material yang selalu membuatku semangat untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih teman-temanku, kalian telah memberikan pelajaran yang sangat berharga dalam kehidupanku, semoga kita selalu terjaga dalam ikatan pertemanan sampai kapanpun.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul **“Pengaruh Kecepatan Pengelasan *Friction Stir Welding* Sifat Mekanis Sambungan Aluminium A5005 dengan Tembaga”** dapat selesai tepat pada waktunya. Tugas akhir ini digunakan sebagai syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Skripsi ini membahas tentang sifat mekanis sambungan Aluminium A5005 dengan tembaga setelah dilakukan proses pengelasan.

Proses pengelasan yang terlihat sederhana ternyata terdapat beberapa kesulitan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik. Hasil pengelasan yang terlihat baik secara visual belum tentu memiliki struktur makro dan mikro yang baik. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang bagaimana pengaruh kecepatan pengelasan terhadap sifat mekanis pada aluminium A5005 dengan tembaga.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode pengelasan *Friction Stir Welding* bahan aluminium paduan 5005 dan tembaga. Pengelasan dilakukan menggunakan sambungan *Butt-Joint* dengan variasi kecepatan pengelasan 25 mm/min, 50 mm/min, 75 mm/min dan 100 mm/min dengan pengujian yang dilakukan meliputi pengujian struktur makro dan mikro, pengujian kekerasan *micro vickers* dan pengujian tarik.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan khususnya bagi teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain itu penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran sebagai masukan untuk penyempurnaan penulisan di masa mendatang.

Yogyakarta, 15 Desember 2021



Farizal Candra Pangestu

## UCAPAN TERIMA KASIH

1. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari segala bantuan, dorongan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, diantaranya :
2. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan baik moril maupun materil sehingga menjadi motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
3. Kepada Bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D selaku ketua program studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D dan Ir. Muhammad Budi N.R., S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing penelitian ini yang telah banyak memberikan bantuan dari segi materil maupun pemikiran, pengarahan, penjelasan, dan bimbingan selama penelitian dan penulisan skripsi hingga selesai.
5. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Khukhuh Aulia Rahman, Anjas Maulana, Muhammad Alfan Alfin Kurniawan, sebagai tim dalam penelitian ini.
7. Kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan yang tidak disebutkan.

Yogyakarta, 15 Desember 2021



Farizal Candra Pangestu

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Dasar Teori.....	7
2.2.1. Definisi Pengelasan.....	7
2.2.2. Friction Stir Welding.....	8
2.2.3. Daerah Efek Pengelasan FSW.....	10
2.2.4. <i>Heat Input</i> FSW.....	11
2.2.5. Parameter Friction Stir Welding.....	12
2.2.6. Cacat pada Pengelasan FSW.....	14
2.2.7. Aluminium dan Paduannya.....	15
2.2.8. Paduan Aluminium A5005.....	16
2.2.9. Tembaga dan Paduannya.....	17



2.2.10.	Pengujian <i>Vickers Microhardness</i> .....	18
2.2.11.	Pengujian Tarik .....	19
2.2.12.	Pengujian Metalografi .....	21
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>22</b>
3.1.	Identifikasi Masalah .....	22
3.2.	Perencanaan Penelitian .....	22
3.2.1.	Tempat Penelitian.....	22
3.2.2.	Variabel Penelitian .....	22
3.3.	Bahan Penelitian.....	23
3.4.	Alat Penelitian .....	23
3.5.	Diagram Alir.....	25
3.6.	Prosedur Penelitian.....	26
3.7.	Prosedur Pengujian Spesimen .....	31
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>37</b>
4.1.	Perhitungan Nilai <i>Heat Input</i> .....	37
4.2.	Hasil Proses Pengelasan .....	38
4.3.	Hasil Pengujian Makrostruktur.....	39
4.4.	Hasil Pengujian Mikrostruktur .....	40
4.5.	Hasil Pengujian Kekerasan.....	43
4.6.	Hasil Pengujian Tarik.....	44
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>49</b>
5.1.	Kesimpulan.....	49
5.2.	Saran.....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema proses pengelasan FSW (Threadgill, 2009) .....	9
Gambar 2.2 Langkah <i>plunging</i> (Joko dkk,2019) .....	9
Gambar 2.3 Langkah <i>traversing</i> (Joko dkk,2019) .....	10
Gambar 2.4 Langkah <i>termination</i> (Joko dkk,2019) .....	10
Gambar 2.5 Daerah pengelasan FSW (Tarmizi, 2016) .....	11
Gambar 2.6 Gerakan Pin <i>Tool</i> memutar searah jarum jam, tanda panah warna merah menunjukkan arah pengelasan(Sudrajat, 2012) .....	13
Gambar 2.7 Hasil Pijakan Indentor <i>Vickers</i> (ASTM E92-82) .....	19
Gambar 3.1 Material plat aluminium paduan seri 5005 dan tembaga .....	23
Gambar 3.2 Diagram alir proses penelitian.....	25
Gambar 3.3 Dimensi spesimen las .....	26
Gambar 3.4 Mesin <i>milling</i> Aciera AS 1 .....	27
Gambar 3.5 <i>Tool</i> baja karbon tinggi ST 90.....	27
Gambar 3.6 Dimensi <i>tool</i> baja karbon tinggi ST 90 .....	27
Gambar 3.7 <i>Backing plate</i> baja karbon .....	28
Gambar 3.8 Kunci <i>shock</i> .....	28
Gambar 3.9 Tachometer.....	29
Gambar 3.10 Mesin grinder polisher .....	29
Gambar 3.11 Skema pengelasan FSW .....	30
Gambar 3.12 Proses pengelasan FSW <i>dissimilar</i> aluminium tembaga.....	30
Gambar 3.13 Optical microscope Olympus SZ61 .....	32
Gambar 3.14 Optical microscope Olympus BX53M.....	33
Gambar 3.15 Skema pijakan indentor <i>vickers</i> .....	34
Gambar 3.16 Mesin uji kekerasan.....	34
Gambar 3.17 Spesimen uji tarik ASTM E8 .....	35
Gambar 4.1. Nilai <i>heat input</i> pada setiap variasi kecepatan pengelasan .....	37
Gambar 4.2 Hasil proses pengelasan FSW aluminium A5005 dengan tembaga variasi kecepatan pengelasan (A) 25 mm/min, (B) 50 mm/min, (C) 75 mm/min dan (D) 100 mm/min.....	38
Gambar 4.3 Struktur mikro aluminium pada <i>base metal</i> (A) dan HAZ kecepatan pengelasan 25 mm/min (B), 50 mm/min (C), 75 mm/min (D) dan 100 mm/min (E). .....	40

Gambar 4.4 Hasil pengamatan struktur mikro pada base metal tembaga (A) dan HAZ tembaga variasi kecepatan pengelasan (B) 25 mm/min, (C) 50 mm/min, (D) 75 mm/min dan (E) 100 mm/min.....	41
Gambar 4.5 Hasil pengamatan struktur mikro pada <i>stir zone</i> sambungan aluminium tembaga kecepatan pengelasan (A) 25 mm/min, (B) 50 mm/min, (C) 75 mm/min dan (D) 100 mm/min.....	42
Gambar 4.6 Grafik nilai kekerasan spesimen hasil pengelasan FSW dengan variasi kecepatan pengelasan pada base metal, HAZ dan stir zone.....	43
Gambar 4.7 Diagram balok nilai rata-rata VHN.....	44
Gambar 4.8 Grafik tegangan regangan pada variasi kecepatan pengelasan .....	45
Gambar 4.9 Diagram balok nilai tegangan dan regangan.....	46
Gambar 4.10 Diagram balok nilai modulus elastisitas.....	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Mekanis Aluminium (Surdia dan Saito, 1992).....	15
Table 2.2 Sifat-Sifat Fisis Aluminium (Surdia dan Saito, 1992).....	16
Tabel 2.3 Klasifikasi aluminium dan paduannya (ASM Handbook Vol 02, 1990) .....	16
Tabel 2.4 Komposisi Aluminium 5005 (ASM Handbook Vol 02, 1990).....	17
Tabel 2.5 Sifat-Sifat Tembaga (ICSG, 2014).....	17
Tabel 2.6 Paduan tembaga dan komposisi kimia (Surdia dan Saito, 1992).....	18
Tabel 3.1 Daftar alat yang digunakan dalam penelitian pengelasan FSW dan pengujian.....	24
Tabel 3.2 Parameter pengelasan FSW .....	30
Tabel 3.3 Spesifikasi alat uji kekerasan .....	34
Tabel 4.1 Hasil pengamatan struktur mikro sambungan pengelasan FSW .....	39
Tabel 4.2 Nilai rata-rata VHN.....	44
Tabel 4.3 Data pengujian tarik pada setiap variasi kecepatan pengelasan FSW ..	45
Tabel 4.4 Fraktografi patahan uji tarik pengelasan FSW.....	48

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Data hasil pengujian kekerasan vickers.....	53
Lampiran 2. Data hasil pengujian tarik variasi kecepatan pengelasan.....	54
Lampiran 3. Data hasil pengujian tarik raw material.....	55
Lampiran 4. Grafik hasil pengujian tarik variasi kecepatan pengelasan.....	56
Lampiran 5. Grafik hasil pengujian tarik raw material.....	57
Lampiran 6. Data perhitungan nilai heat input.....	58
Lampiran 7. Persetujuan naskah publikasi dan abstrak tugas akhir.....	59

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Al	: <i>Aluminium</i>
ASM	: <i>American Society of Metals</i>
ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
BM	: <i>Base Metal</i>
Cu	: <i>Copper</i>
FSW	: <i>Friction Stir Welding</i>
HAZ	: <i>Heat Affected Zone</i>
IMC	: <i>Intermetallic Compound</i>
SZ	: <i>Stir Zone</i>
TMAZ	: <i>Thermomechanical Affected Zone</i>
UTS	: <i>Ultimate Tensile Strength</i>
VHN	: <i>Vickers Hardness Number</i>