

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *SPINDLE* TERHADAP  
KUALITAS SAMBUNGAN PADA PENGELASAN GESEK BAHAN  
ALUMINIUM DAN TEMBAGA**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Program Pendidikan Strata Satu (S1)



**Oleh :**

**FIRMAN MAULANA**

**41187001170008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM "45"**

**BEKASI**

**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *SPINDLE* TERHADAP  
KUALITAS SAMBUNGAN PADA PENGELASAN GESEK BAHAN  
ALUMINIUM DAN TEMBAGA**

Dipersiapkan dan disusun oleh

**Firman Maulana**

**41187001170008**

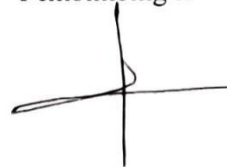
Telah dipertahankan didepan dewan penguji  
pada tanggal 20 Januari 2023

Pembimbing I



Aep Surahito, S.T., M.T.  
4514082009025

Pembimbing II




Gery Setiadi, S.Pd., M.T.  
45403122012008

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar sarjana

Bekasi, 20 Januari 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1



R. Hengki Rahmanto, S.T., M.Eng.

45101032013007

## HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Dipertahankan di depan tim penguji sidang skripsi dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam "45" Bekasi

### **PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *SPINDLE* TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN PADA PENGELASAN GESEK BAHAN ALUMINIUM DAN TEMBAGA**

Nama : Firman Maulana  
NPM : 41187001170008  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Fakultas : Teknik

Bekasi, 20 Januari 2023

Tim Penguji

Anggota Dewan Penguji

- Nama
1. Fatimah Dian Ekawati, S.T., M.T.  
45102012018001
  2. Riri Sadiana, S.Pd., M.Si.  
45104052015009
  3. R. Hengki Rahmanto, S.T., M.Eng.  
45101032013007

Tanda Tangan



.....  
.....  
.....

## PENYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Firman Maulana  
NPM : 41187001170008  
Program Studi : Teknik Mesin S1  
Fakultas : Teknik  
Email : [firmanmaulana1506@gmail.com](mailto:firmanmaulana1506@gmail.com)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penelitian saya yang berjudul **“Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran *Spindle* Terhadap Kualitas Pada Pengelasan Gesek Bahan Aluminium dan Tembaga”** bebas dari plagiarisme. Rujukan yang dipergunakan sudah sesuai dengan teknik penulisan karya ilmiah yang berlaku umum.

Apabila dikemudian hari terbukti adanya unsur plagiarisme tersebut, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Bekasi, 20 Januari 2023

Yang Membuat Pernyataan



Firman Maulana

## ABSTRAK

### PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *SPINDLE* TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN PADA PENGELASAN GESEK BAHAN ALUMINIUM DAN TEMBAGA

Pengelasan dua material berbeda sulit dilakukan. Bila dilakukan akan terjadi retak panas dan porositas. Upaya untuk memperbaiki telah dikembangkan proses pengelasan keadaan lumer seperti teknik *friction welding (FRW)*. Proses *friction welding (FRW)* merupakan teknik pengelasan material dalam kondisi lumer (tidak mencapai titik cair). Prosesnya material dijepit supaya tidak terlempar, sebuah material berputar diarahkan bertemuan material yang disambung, dan pertemuan dua sisi material karena adanya penekanan. Tujuan dari penelitian ini adalah agar dapat mengetahui kekuatan sambungan las beda material dengan Pengujian Tarik dan Uji Struktur Mikro pada pengelasan *friction welding (FRW)*. Pengelasan pada penelitian ini menggunakan material Aluminium 6061 dan Tembaga ASTM B187 dengan diameter 16 mm dan panjang 70 mm, parameter yang digunakan adalah kecepatan putar *spindle* 1200 rpm, 1400 rpm, 1810 rpm. Hasil pengelasan dianalisa dengan membandingkan kekuatan sambungan las antara beda jenis material. Dari hasil pengujian pengelasan beda kecepatan putar *spindle* menunjukkan kekuatan tarik maksimal sebesar 2762,8 N dan kekuatan tarik sebesar 13,7N/mm<sup>2</sup>. Untuk pengujian struktur mikro beda jenis material pengujian menunjukkan adanya percampuran kedua logam di daerah *HAZ* material Cu mengalami pengecilan butiran.

Kata Kunci : *FRW*, Aluminium dan Tembaga, Uji Tarik, Struktur Mikro

## **ABSTRACT**

### ***THE EFFECT OF SPINDLE SPEED VARIATION ON THE QUALITY OF JOINTS IN ALUMINUM AND COPPER FRICTION WELDING***

*Welding two different materials is difficult. When done, heat cracking and porosity will occur. Efforts to improve, have developed a melt state welding process such as friction welding (FRW) technique. Friction welding (FRW) process is a technique for welding materials in a melted condition (not reaching the melting point). The process is the material is clamped so as not to be thrown, a rotating material is directed to meet the jointed material, and the meeting of the two sides of the material because of the emphasis. The purpose of this study was to determine the strength of the welded joints of different materials with Tensile Tests and Microstructure Tests on friction welding (FRW) welding. Welding in this study uses Aluminum 6061 and Copper ASTM B187 with a diameter of 16 mm and a length of 70 mm, the parameters used are spindle rotational speed of 1200 rpm, 1400 rpm, 1810 rpm. Welding results are analyzed by comparing the strength of welded joints between different types of materials. From the test results of welding with different spindle rotational speeds, the maximum tensile strength is 2762.8 N and the tensile strength is 13.7 N/mm<sup>2</sup>. For testing the microstructure of different types of test materials, it was shown that there was a mixture of the two metals in the HAZ area, where the Cu material experienced grain reduction.*

*Keywords: FRW, Aluminum and Copper, Tensile Test, Microstructure*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warohmatullahi wabarokatuh

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T yang telah memberikan berkah, rahmat, dan hidayah- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *SPINDLE* TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN PADA PENGELASAN GESEK BAHAN ALUMINIUM DAN TEMBAGA”. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya skripsi ini berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dengan segenap rasa tulus dan segenap kerendahan hati penulis sampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis Ayahanda Armin Sugara dan Ibunda Acih Kasih yang tidak hentiya selalu memberikan doa, semangat dan dukungannya agar penulis dapat mencapai cita-citanya yang diimpikan.
2. Bapak Aep Surahto, S.T., M.T. selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan serta masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Gery Setiadi, S.Pd., M.T. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan serta masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak H. Sugeng, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam “45” Bekasi.
5. Bapak R. Hengki Rahmanto, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 Universitas Islam “45” Bekasi.
6. Seluruh rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin Universitas Islam “45” Bekasi angkatan 2017 yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan semangat dan dukungannya.
7. Segenap Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam “45” Bekasi. Semoga Allah SWT memberikan imbalan yang berlimpah ganda atas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Serta semoga laporan ini

memberikan manfaat kepada penulis khususnya dan kepada pembaca umumnya. Aamiin.

Penulis menyadari skripsi ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan karena keterbatasan ilmu dan pengetahuan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan serta kesempurnaan sehingga skripsi ini bisa bermanfaat bagi dunia pendidikan dan diteruskan untuk dilakukan penelitian .

Wasalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh

Bekasi, 20 Januari 2023



Firman Maulana



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
PENYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	iii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
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
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Pengelasan.....	6
2.2 Proses Dasar Pengelasan.....	6
2.3 Sifat Pengelasan.....	8
2.3.1 <i>Friction Welding</i> Las Gesek.....	9
2.3.2 <i>Rotary Friction Welding</i> .....	10

2.3.3 <i>Stir Friction Welding</i> .....	11
2.3.4 <i>Linier Friction Welding</i> .....	12
2.3.5 Kelebihan Pengelasan Gesek .....	12
2.3.6 Kelebihan dan Kekurangan <i>Friction Welding</i> .....	13
2.3.7 Perhitungan Masukan Energi pada <i>Friction Welding</i> .....	13
2.3.8 Daerah Pengelasan .....	15
2.4 <i>Heat Affected Zone</i> .....	17
2.5 Tembaga .....	18
2.5.1 Karakteristik Tembaga .....	18
2.5.2 Sifat-sifat Tembaga .....	19
2.5.3 Klasifikasi Logam Tembaga .....	20
2.6 Aluminium (Al) .....	21
2.6.1 Klasifikasi Paduan Aluminium .....	22
2.6.2 Sifat-Sifat Mekanik Aluminium .....	22
2.7 Uji Tarik ( <i>Tensile Test</i> ) .....	27
2.8 Uji Struktur Mikro .....	32
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>34</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	34
3.2 Alat dan Bahan .....	35
3.2.1 Alat yang digunakan Pengelasan Las Gesek Aluminium 6061 dan Tembaga ASTM B 187 .....	35
3.2.2 Bahan yang Digunakan Pengelasan Las Gesek .....	40
3.3 Proses Pengelasan Aluminium 6061 dan Tembaga Dengan <i>Friction Welding</i>	
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>46</b>
4.1 Hasil Pengelasan <i>Friction Welding</i> .....	46

4.2 Analisis dan Pembahasan Hasil Pengujian Tarik .....	48
4.2.1 Bentuk Patahan Setelah Dilakukan Pengujian Tarik .....	52
4.3 Hasil Pengujian Struktur Mikro.....	53
4.3.1 Hasil Foto <i>Friction Welding</i> Dengan Kecepatan Putar 1200 rpm .....	54
4.3.2 Hasil Foto <i>Friction Welding</i> Dengan Kecepatan Putar 1400 rpm .....	55
4.3.3 Hasil Foto <i>Friction Welding</i> Dengan Kecepatan Putar 1810 rpm .....	56
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>57</b>
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>59</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>60</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sifat Mampu Las Suatu Komponen (DIN 8528) .....	8
Gambar 2. 2 Tahapan Pengelasan <i>Rotary Friction Welding</i> .....	10
Gambar 2. 3 <i>Friction Stir Welding</i> .....	11
Gambar 2. 4 <i>Linier Friction Welding</i> .....	12
Gambar 2. 5 Daerah Pengelasan .....	15
Gambar 2. 6 Parameter Las Gesek.....	16
Gambar 2. 7 <i>Heat Affected Zone</i> .....	17
Gambar 2. 8 Ciri-ciri Umum Tembaga.....	20
Gambar 2. 9 Regangan atau Strain.....	28
Gambar 2. 10 Profil Data Hasil Uji Tarik.....	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	34
Gambar 3. 2 Mesin Bubut .....	35
Gambar 3. 3 <i>Chuck</i> .....	35
Gambar 3. 4 Penggaris Siku.....	36
Gambar 3. 5 <i>Vernier Caliper</i> .....	36
Gambar 3. 6 Gerinda.....	37
Gambar 3. 7 <i>Thermogun</i> .....	37
Gambar 3. 8 <i>Stopwatch Handphone</i> .....	38
Gambar 3. 9 Mikroskop Keyence VH-Z1000R.....	38
Gambar 3. 10 Alat Uji Tarik .....	39
Gambar 3. 11 Bahan Aluminium 6061 .....	40
Gambar 3. 12 Bahan Tembaga Murni ASTM B187 .....	40

Gambar 3. 13 Pembuatan Benda Uji Pengelasan Gesek .....	41
Gambar 3. 14 <i>Chuck</i> Bor Yang Terpasang Pada <i>Tail Stock</i> .....	42
Gambar 3. 15 Kunci <i>Spindle</i> Mesin Bubut & Kunci <i>Chuck</i> Bor .....	42
Gambar 3. 16 Pemasangan Bahan Pada <i>Chuck</i> & <i>Spindle</i> .....	43
Gambar 3. 17 Pengatur Kecepatan Putar <i>Spindle</i> .....	43
Gambar 3. 18 Tuas Putar Pada <i>Tail Stock</i> Untuk Penekanan Statis.....	44
Gambar 3. 19 Proses Pengelasan Gesek .....	45
Gambar 3. 20 Hasil Pengelasan <i>Friction Welding</i> .....	45
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian Tarik .....	50
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Kekuatan Tarik .....	51
Gambar 4. 3 Bentuk Patahan Setelah Uji Tarik Kecepatan Putar 1200 rpm .....	52
Gambar 4. 4 Bentuk Patahan Setelah Uji Tarik Kecepatan Putar 1400 rpm .....	52
Gambar 4. 5 Bentuk Patahan Setelah Uji Tarik Kecepatan Putar 1810 rpm .....	52
Gambar 4. 6 Struktur Mikro <i>Friction Welding</i> Kecepatan Putar 1200 rpm.....	54
Gambar 4. 7 Struktur Mikro <i>Friction Welding</i> Kecepatan Putar 1400 rpm.....	55
Gambar 4. 8 Struktur Mikro <i>Friction Welding</i> Kecepatan Putar 1810 rpm.....	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik dan Sifat Tembaga.....	18
Tabel 2. 2 Sifat-sifat fisik aluminium .....	24
Tabel 4. 1 Data Waktu Saat Pengelasan.....	46
Tabel 4. 2 Data Suhu Proses Pengelasan Gesek .....	47
Tabel 4. 3 Hasil pengujian Tarik Pada Putaran 1200 rpm .....	48
Tabel 4. 4 Hasil pengujian Tarik Pada Putaran 1400 rpm .....	49
Tabel 4. 5 Hasil pengujian Tarik Pada Putaran 1810 rpm .....	49