

**ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN  
*SPINDLE* TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN DENGAN  
METODE PENGELASAN GESEK MENGGUNAKAN  
MATERIAL ALUMINIUM DAN TEMBAGA**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik  
Program Pendidikan Strata Satu (S1)**



**Oleh :  
MIFTAHUL HUDA  
41187001160051**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM "45"  
BEKASI  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

### ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *SPINDLE* TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN DENGAN METODE PENGELASAN GESEK MENGGUNAKAN MATERIAL ALUMINIUM DAN TEMBAGA

Dipersiapkan dan disusun oleh

Miftahul Huda

41187001160051

Telah dipertahankan didepan dewan penguji  
pada tanggal 4 Agustus 2023

Pembimbing I



Aep Surahto, S.T., M.T.

NIK : 4514082009025

Pembimbing II



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

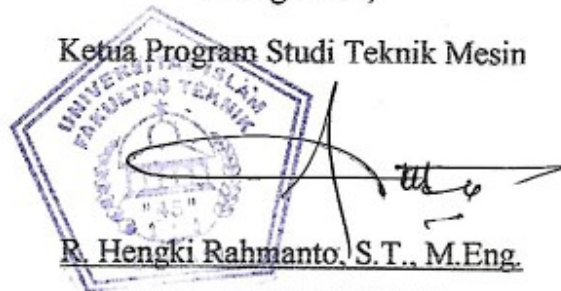
NIK : 45101032013007

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

Bekasi, 4 Agustus 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



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

NIK : 45101032013007

## HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI




Dinyatakan lulus setelah 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

### ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *SPINDLE* TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN DENGAN METODE PENGELASAN GESEK MENGGUNAKAN MATERIAL ALUMINIUM DAN TEMBAGA

Nama : Miftahul Huda  
NPM : 41187001160051  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Fakultas : Teknik

Bekasi, 4 Agustus 2023

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Novi Laura Indrayani, S.Si., M.Eng NIK : 45104052015010	
2. Riri Sadiana, S.Pd., M.Si NIK : 45104052015009	
3. Fatimah Dian Ekawati, S.T., M.T NIK : 45102012018001	

## PENYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Miftahul Huda  
NPM : 41187001160051  
Program Studi : Teknik Mesin S1  
Fakultas : Teknik  
Email : [mhuda240813@gmail.com](mailto:mhuda240813@gmail.com)

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian saya yang berjudul **“Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran *Spindle* Terhadap Kualitas Sambungan Dengan Metode Pengelasan Gesek Menggunakan Material 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, 4 Agustus 2023

Yang Membuat Pernyataan

  
Miftahul Huda

## **HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN MOTTO**

### **MOTTO**

“Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan.” (Q.S. Al-Insyirah [94]: 5-6)

“Bersabarlah yang baik maka niscaya kelapangan itu begitu dekat. Barang siapa yang mendekatkan diri kepada Allah untuk lepas dari kesulitan, maka ia pasti akan selamat. Barang siapa yang selalu berharap pada-Nya, maka Allah pasti akan memberi pertolongan.” (Tafsir Al-Quran Al-`Azhim, 14/392)

### **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana, maka dari itu saya mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua dan istriku Ghifary Ayuningtyas yang selalu mendoakan dan memberikan dukungannya kepada saya. Pencapaian ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya dan istri saya tercinta.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warohmatullahi wabarokatuh

Puji syukur kehadirat Allah S.W.T yang telah memberikan berkah, rahmat, dan hidayah- Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran *Spindle* Terhadap Kualitas Sambungan Dengan Metode Pengelasan Gesek Menggunakan Material Aluminium Dan Tembaga". Saya 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 Talbi dan Ibunda Riwayatin yang tidak hentiya selalu memberikan doa, semangat dan dukungannya agar penulis dapat mencapai cita-citanya yang diimpikan.
2. Istri saya tercinta Ghifary Ayuningtyas yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada saya.
3. Bapak Aep Surahto, S.T., M.T. selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan serta masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak R. Hengki Rahmanto, S.T., M.Eng. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan serta masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak H. Sugeng, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam "45" Bekasi.
6. Bapak R. Hengki Rahmanto, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 Universitas Islam "45" Bekasi.
7. Seluruh rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin Universitas Islam "45" Bekasi angkatan 2016 yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan semangat dan dukungannya.
8. 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.

Saya menyadari skripsi ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan karena keterbatasan ilmu dan pengetahuan. Oleh sebab itu saya 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, 4 Agustus 2023



Miftahul Huda

## ABSTRAK

### ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *SPINDLE* TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN DENGAN METODE PENGELASAN GESEK MENGGUNAKAN MATERIAL ALUMINIUM DAN TEMBAGA

Dalam dunia industri logam, material yang berbentuk silinder pejal banyak dibutuhkan. Untuk melakukan penyambungan material yang berbentuk silinder pejal masih sulit bila dilakukan dengan pengelasan fusion. Kesulitan dalam melakukan sambungan tersebut dapat diatasi dengan melakukan pengelasan *Rotary Friction Welding* (RFW). RFW ini dapat dilakukan juga dengan menggunakan mesin bubut yang tersedia dengan menentukan parameter pengelasan yang tepat agar mendapatkan hasil terbaik. Tetapi saat ini mesin untuk RFW sudah dikembangkan, seperti pada penelitian ini mesin yang digunakan ialah mesin RFW milik Politeknik Bumi Akpelni yang telah dikembangkan. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah Aluminium 6061 terhadap Tembaga Cu dengan parameter pengelasan yaitu kecepatan putar spindle mesin RFW yaitu 1000 RPM, 1200 RPM dan 1420 RPM dan waktu penekanan yaitu 10 detik. Bentuk profil sambungan dalam penelitian menggunakan bentuk profil sambungan penutup (*shock*). Hasil pengelasan dilakukan pengujian tarik untuk dapat dianalisis kekuatan tarik maksimal yang terjadi. Dari hasil pengamatan metallografi makro hasil sambungan terlihat sudah tersambung dengan baik yang dilakukan. Pengujian metallografi mikro menunjukkan perubahan struktur dari variasi kecepatan spindle yang diberikan, struktur yang sangat terlihat perubahannya terjadi pada kecepatan 1200 Rpm. Kemudian dari hasil pengujian tarik, tegangan tarik maksimum nya adalah 4999 Kg/mm<sup>2</sup> dan nilai *Tensile strength* adalah 13,13 N/mm<sup>2</sup>.

Kata kunci : Profil penutup (Shock), Mesin RFW, 1200 RPM, *RFW*, Aluminium dan Tembaga, Uji Tarik, Struktur Mikro



## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SPINDLE VELOCITY VARIATION ON JOINT QUALITY USING ALUMINUM AND COPPER MATERIALS USING ALUMINUM AND COPPER**

*In the world of metal industry, materials in the form of solid cylinders are much needed. It is still difficult to join solid cylindrical materials with fusion welding. Difficulties in making these connections can be overcome by welding Rotary Friction Welding (RFW). This RFW can also be carried out using the available lathe by determining the proper welding parameters in order to get the best results. But now the machine for RFW has been developed, as in this research the machine used is the RFW machine belonging to the Akpelni Earth Polytechnic which has been developed. In this research, the material used was Aluminum 6061 versus Cu Copper with welding parameters, namely the rotational speed of the RFW machine spindle, namely 1000 RPM, 1200 RPM and 1420 RPM and the pressing time was 10 seconds. The shape of the connection profile in the study uses the shape of the cover (shock) connection profile. The results of welding are subjected to tensile testing to be able to analyze the maximum tensile strength that occurs. From the results of macro metallographic observations, the results of the connection show that it has been well connected. Micro metallographic testing showed structural changes from a given spindle speed variation, the most visible structural changes occurred at a speed of 1200 Rpm. Then from the results of the tensile test, the maximum tensile stress is 4999 Kg/mm<sup>2</sup> and the Tensile strength value is 13.13 N/mm<sup>2</sup>.*

*Keywords : Cover profile (Shock), RFW Machine, 1200 RPM, RFW, Aluminum and Copper, Tensile Test, Microstructure*

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	
PENYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN MOTTO .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Proses Dasar Pengelasan .....	7
2.3 Pengelasan Gesek ( <i>Friction Welding</i> ).....	8
2.4 Perhitungan Masukan Energi Pada <i>Friction Welding</i> .....	11
2.5 Kelebihan dan Kekurangan <i>Friction Welding</i> .....	12
2.6 <i>Heat Affected Zone (HAZ)</i> .....	13
2.7 Kajian Material Uji.....	14
2.7.1 Definisi Aluminium .....	14
2.7.2 Sifat Mekanis Aluminium.....	19

2.7.3	Definisi Tembaga.....	20
2.7.4	Sifat Tembaga.....	21
2.7.5	Klasifikasi Logam Tembaga.....	22
2.8	Pengujian Material .....	23
2.8.1	Pengujian Tarik.....	23
2.8.2	Pengujian Struktur Mikro .....	26
BAB III .....		28
METODE PENELITIAN.....		28
3.1	Alur Penelitian.....	28
3.2	Bahan dan Alat.....	29
3.2.1	Bahan Penelitian .....	29
3.2.2	Alat Dan Perlengkapan .....	30
3.3	Persiapan Pengelasan Gesek .....	37
3.3.1	Membuat Material Pengujian.....	37
3.4	Persiapan Pengelasan Rotary Friction Welding.....	37
3.5	Proses Pengelasan .....	38
3.6	Analisis Data .....	41
BAB IV .....		42
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		42
4.1	Hasil Pengelasan <i>Friction Welding</i> .....	42
4.2	Analisis dan Pembahasan Hasil Pengujian Tarik.....	45
4.3	Hasil Pengujian Struktur Mikro .....	48
BAB IV .....		51
KESIMPULAN DAN SARAN.....		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA .....		53
DAFTAR LAMPIRAN.....		55

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Paduan Aluminium (Surdia,2000).....	18
Tabel 2. 2 Karakteristik Tembaga.....	21
Tabel 3. 1 Sifat - sifat Mekanis Alumnum Alloy 6061 .....	29
Tabel 3. 2 Sifat - sifat Mekanis Tembaga (WebElements,2023).....	29
Tabel 3. 3 Unsur Kimia (%) Aluminium Alloy 6061 .....	30
Tabel 3. 4 Unsur Kimia (%) Tembaga.....	30
Tabel 3. 5 Rancangan Eksperimen.....	41
Tabel 4. 1 Data waktu saat pengelasan .....	44
Tabel 4. 2 Suhu yang terjadi .....	44
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Tarik .....	46
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Mikro Struktur.....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Las Gesek .....	9
Gambar 2. 2 Daerah Pengelasan <i>Rotary Friction Welding</i> .....	10
Gambar 2. 3 Parameter Rotary Friction Welding.....	11
Gambar 2. 4 <i>Heat Affected Zone</i> .....	13
Gambar 2. 5 Ciri - Ciri Umum Tembaga.....	22
Gambar 2. 6 Profil Data Hasil Uji Tarik (Sastranegara, 2010).....	23
Gambar 3. 1 Flow Chart Alur Penelitian .....	28
Gambar 3. 2 Aluminium dan Tembaga.....	29
Gambar 3. 3 Mesin Las Gesek.....	30
Gambar 3. 4 Mesin Bubut / Lathe.....	31
Gambar 3. 5 <i>Chuck</i> .....	31
Gambar 3. 6 Mata Pahat HSS .....	32
Gambar 3. 7 Mata Bor 12mm .....	32
Gambar 3. 8 Meteran .....	33
Gambar 3. 9 Mesin Gerinda Tangan.....	33
Gambar 3. 10 Vernier Caliper.....	34
Gambar 3. 11 Thermogun.....	34
Gambar 3. 12 Stopwatch Handphone .....	35
Gambar 3. 13 Alat Pelindung Diri.....	35
Gambar 3. 14 Mikroskop Keyence VH-Z1000R.....	36
Gambar 3. 15 Alat Pengujian Tarik.....	36
Gambar 3. 16 Pembuatan Benda Uji Pengelasan Gesek.....	37
Gambar 3. 17 Pematangan Bahan .....	38
Gambar 3. 18 Monitor PLC .....	38
Gambar 3. 19 Bahan yang Terpasang Pada Spindle Putar Dan Spindle Diam.....	39
Gambar 3. 20 Proses Pengelasan Gesek .....	40
Gambar 3. 21 Hasil Pengelasan Gesek.....	41

Gambar 4. 1 Hasil Uji Las Gesek .....	43
Gambar 4. 2 Kegagalan <i>friction welding</i> .....	44
Gambar 4. 3 Grafik Gaya Tekanan Maksimum.....	47
Gambar 4. 4 Grafik Tegangan Tarik Maskimal.....	47