

SKRIPSI

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR *SPINDLE* TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN SRUKTUR MIKRO PADA *DISSIMILAR METAL*
ALUMINIUM A1100 DAN TEMBAGA DENGAN PROSES *MICRO*
*FRICITION STIR WELDING***



Di Susun oleh :

Hanafi Yusuf

20170130087

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

2021

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hanafi Yusuf

No. Induk Mahasiswa : 20170130087

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Penelitian : Pengaruh Kecepatan Putar *Spindle* Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada *Dissimilar Metal* Alumunium A1100 dan Tembaga dengan Proses Mikro *Friction Stir Welding*

Saya menyatakan bahwa tugas akhir ini adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, tugas akhir ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain, selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta 30 Oktober 2021



METERAI
TEMPEL
021038A.D0444158625

Hanafi Yusuf

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dua musuh terbesar kesuksesan adalah penundaan dan alasan.”

“Kita bisa ketika kita percaya dan berpikir jika kita bisa seiring dengan konsistensi usaha.”

“Waktu bagaikan pedang, jika kamu tidak memanfaatkannya dengan baik, maka ia akan memanfaatkanmu.”

HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbilalaamiin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat-Nya dan atas dukungan dan doa dari orang-orang tercinta sehingga penulis bisa tetap tegar untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu dengan rasa bahagia dan bangga penulis ucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T.,M.M. M.Eng.Sc, Ph.D, selaku Ketua Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Aris Widy Nugroho, M.T., Ph.D. dan Bapak Ir. Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan, bantuan dan saran-saran yang telah diberikan kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Kepada kedua orang tua tercinta, Lukman dan Ardiana yang telah memberikan doa, dukungan, dan segala bentuk kebaikan yang tidak ada habis- habisnya, penulis hanya bisa mengucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya semoga Allah membalas dengan pahala yang berlimpah dan semoga penulis bisa membahagiakan ayah dan ibu dengan kesuksesan kelak aamiin.
4. Teman-teman tim kelompok penelitian *Micro friction stir welding* : Akmal Fadhlurrohman, Tito Adi Nugraha dan Yoga Nagara Dwi R. yang telah bekerja sama serta memberi dukungan dan semangat selama pembuatan skripsi ini hingga terselesaikannya skripsi ini
5. Kepada teman-teman saya Teknik Mesin UMY 2017 dan teman-teman lainnya yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah memberi dukungan, hiburan dan semangat kepada saya selama mengerjakan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul “Pengaruh Kecepatan Putar *Spindle* Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada *Dissimilar Metal* Alumunium A1100 dan Tembaga dengan Proses Mikro *Friction Stir Welding*” dapat selesai 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 karakterisasi sifat fisis dan mekanis logam tak sejenis alumunium 1100 dan tembaga dengan proses pengelasan mikro *Friction Stir Welding* (FSW).

Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan logam yang sering digunakan pada proses manufaktur baik yang sederhana maupun yang memiliki tingkat kesulitan tinggi. 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, begitupun dengan nilai kekerasan dan nilai pengujian tariknya. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang bagaimana karakterisasi sifat fisis dan mekanis logam tak sejenis alumunium 1100 dan tembaga dengan proses pengelasan mikro *Friction Stir Welding* (FSW).

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode pengelasan mikro *Friction Stir Welding* (FSW). Pengelasan dilakukan menggunakan sambungan Lap-Joint dengan variasi kecepatan putar 540, 910, 1500, 2280 Rpm dan kecepatan feed rate 60 mm/s. Pengujian yang dilakukan yaitu meliputi pengujian fraktografi, pengujian struktur makro, pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan, 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 megarapkan kritik dan saran sebagai masukan untuk menyempurnakan penulisan di masa mendatang.

Yogyakarta, Oktober 2021



Hanafi Yusuf

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kajian Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 Pengelasan	10
2.2.2 Pengertian <i>Friction Stir Welding</i>	11
2.2.3 Prinsip Kerja <i>Friction Stir Welding</i>	12
2.2.4 Parameter Pengelasan <i>Friction Stir Welding</i>	14
2.2.5 <i>Depth Of Weld</i> dan Kemiringan <i>Tool</i>	15
2.2.6 Keuntungan dan Aplikasi <i>Friction Stir Welding</i>	15
2.2.7 <i>Micro Friction Stir Welding</i>	16
2.2.8 Koefisien Muai Panjang.....	16
2.2.9 Konduktivitas Termal	17

2.2.10	Alumunium	17
2.2.11	Tembaga.....	18
2.2.12	Pengujian Tarik.....	19
2.2.13	Struktur Mikro	21
2.2.14	Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	21
BAB III METODE PENELITIAN		23
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2	Identifikasi Masalah	24
3.3	Perencanaan Penelitian	24
3.3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	26
3.5	Pelaksanaan Penelitian	33
3.5.1	Skema Mesin <i>Milling</i> μ FSW	33
3.5.2	Proses Pengelasan <i>Micro Friction Stir Welding</i> (μ FSW)	35
3.5.3	Pembuatan Benda Uji	36
3.6	Proses Pengujian.....	37
3.6.1	Pengujian Tarik.....	37
3.6.2	Pengujian Metallography	38
3.6.3	Pengujian Kekerasan.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Hasil Pengelasan μ FSW	40
4.2	Hasil Pengamatan Struktur Makro dan Mikro.....	41
4.3	Hasil Pengujian Kekerasan.....	47
4.4	Hasil dan Analisa Pengujian Tarik	51
4.5	Fraktografi	57
4.5.1	Variasi Kecepatan Putar <i>Spindle</i> 540 rpm	57
4.5.2	Variasi Kecepatan Putar <i>Spindle</i> 910 rpm	58
4.5.3	Variasi Kecepatan Putar <i>Spindle</i> 1500 rpm	58
4.5.4	Variasi Kecepatan Putar <i>Spindle</i> 2280 rpm	59
BAB V PENUTUP.....		60
5.1	Kesimpulan.....	60
5.2	Saran.....	61

DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Friction Stir Welding</i> (Tarmizi, 2016)	14
Gambar 2.2 <i>Heat zone</i> pada FSW	14
Gambar 2.3 Geometri <i>welding tool</i> (Tarmizi, 2016)	16
Gambar 2.4 Skema <i>stir welding</i> (Polmear, 1995)	16
Gambar 2.5 Kurva tegangan regangan	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2 Mesin <i>Milling</i> Vertikal	27
Gambar 3.3 Mesin <i>Water jet cutting</i>	27
Gambar 3.4 Alat uji tarik	28
Gambar 3.5 Alat uji struktur mikro.....	28
Gambar 3.6 Mesin polish	29
Gambar 3.7 Alat uji <i>vickers</i>	29
Gambar 3.8 Alat pemotong plat	30
Gambar 3.9 Mesin bubut.....	30
Gambar 3.10 Gerinda duduk	31
Gambar 3.11 Jangka sorong	31
Gambar 3.12 <i>Stopwatch</i>	32
Gambar 3.13 Pin tool	32
Gambar 3.14 Bahan Aluminium A1100	33
Gambar 3.15 Bahan Tembaga	33
Gambar 3.16 Skema mesin <i>milling</i>	33
Gambar 3.17 Spesimen pengujian tarik	37
Gambar 4.1 Hasil pengelasan μ FSW setiap parameter	40
Gambar 4.2 Struktur makro pengelasan mikro <i>friction stir welding</i>	42
Gambar 4.3 Base Metal Aluminium 1100 dan tembaga	43
Gambar 4.4 Hasil pengujian struktur mikro pada daerah <i>stir zone</i>	44
Gambar 4.5 Hasil pengujian struktur mikro pada daerah al.....	45
Gambar 4.6 Hasil pengujian struktur mikro pada daerah tembaga.....	46
Gambar 4.7 Titik pengujian kekerasan	48
Gambar 4.8 Grafik kekerasan	50

Gambar 4.9 Grafik Tegangan-Regangan Setiap Parameter	52
Gambar 4.10 Histogram pengaruh kecepatan putar <i>spindle</i> terhadap UTS	54
Gambar 4.11 Histogram pengaruh kecepatan putar <i>spindle</i> terhadap Regangan...	55
Gambar 4.12 Histogram pengaruh kecepatan putar <i>spindle</i> terhadap modulus elastisitas	56
Gambar 4.13 Tampak depan dan atas bagian patahan las variasi 540 rpm.....	57
Gambar 4.14 Tampak depan dan atas bagian patahan las variasi 910 rpm	58
Gambar 4.15 Tampak depan dan atas bagian patahan las variasi 1500 rpm	58
Gambar 4.16 Tampak depan dan atas bagian patahan las variasi 2280 rpm	59

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variabel perencanaan penelitian pada <i>dissimilar metal</i> al dan Cu	25
Tabel 4.1 Data hasil pengujian kekerasan	49
Tabel 4.2 Kekuatan tarik maksimum	53
Tabel 4.3 Regangan.....	55
Tabel 4.4 Modulus Elastisitas	56

DAFTAR NOTASI

σ = Tegangan maksimal (N/mm²)

F = Gaya tarik (N)

A = Luas penampang (mm²)

ε = Regangan

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L₀ = Panjang awal (mm)

VHN = *Vickers Hardness Number* (N/mm²)

P = Beban yang digunakan (kgf)

d = Panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = Sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°