

“PENGARUH VARIASI PUTARAN *TOOL* DAN *TRAVELLING SPEED* TERHADAP KARAKTERISTIK HASIL LASAN *FRICITION STIR WELDING* PADA AI 2017 DAN AI 6061”

TUGAS AKHIR

DEARA PUTRI SUPRIADI

12315013

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
2019**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Deara Putri Supriadi

NIM : 123.15.013

Tanda Tangan :

Tanggal : 22 Agustus 2019

LEMBAR PENGESAHAN

“PENGARUH VARIASI PUTARAN *TOOL* DAN *TRAVELLING SPEED* TERHADAP KARAKTERISTIK HASIL LASAN *FRICITION STIR WELDING* PADA AI 2017 DAN AI 6061”

TUGAS AKHIR

DEARA PUTRI SUPRIADI

12315013

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi

Menyetujui,
Kota Deltamas, 22 Agustus 2019

Pembimbing 1

Dr. Eng. Asep Ridwan Setiawan, S.T., M.Sc.

NIP: 198003242009121004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Metalurgi

Dr. Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.

NIP: 19741204200811011

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT. Berkat izin-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Variasi Putaran *Tool* Dan *Travelling Speed* Terhadap Karakteristik Hasil Lasan *Friction Stir Welding* Pada Al 2017 Dan Al 6061”** Tujuan ditulisnya laporan ini adalah sebagai syarat kelulusan mahasiswa Prodi Teknik Metalurgi dan Material Institut Teknologi dan Sains Bandung, untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.).

Penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng Akhmad Ardian Korda S.T., M.T. selaku ketua program studi Teknik Metalurgi dan Material Institut Teknologi dan Sains Bandung.
2. Bapak Dr. Eng. Asep Ridwan Setiawan, S.T., M.T. selaku pembimbing pertama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pengalaman selama masa perkuliahan kepada penulis;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Rochim Soeratman dan Bapak Andrie Harmaji, S.T., M.T. selaku dosen penguji pada Sidang Ujian yang telah memberikan banyak masukan bagi penyempurnaan Tugas Akhir ini;
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Metalurgi Institut Teknologi dan Sains Bandung yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis;
5. Kedua orang tua, Bapak Dedy Supriadi dan Ibu Miranova serta adik Ahmadio Maulana Supriadi, Muhammad Deno Riadi, Rahmadika Supriadi, yang senantiasa mendoakan dan tak kenal lelah serta tanpa pamrih telah memberikan perhatian, *support*, motivasi, dan dukungan baik moril maupun materi;
6. Audi Prasetya Bagdja, yang telah menjadi *partner* yang baik dalam pengerjaan Tugas Akhir sehingga dalam pengerjaan ini, penulis merasa sangat terbantu dalam permasalahan yang terjadi;
7. Teman-teman TMM 15 yang telah memberikan dukungan serta cerita dan kenangan indah selama masa perkuliahan;

8. Seluruh masa HIMATAMA ITSB atas doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih belum sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Penulis berharap laporan tugas akhir ini memberi manfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Kota Deltamas, 22 Agustus 2019

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai civitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Deara Putri Supriadi
NIM : 12315013
Program Studi : Teknik Metalurgi
Fakultas : Teknik dan Desain
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran *Tool* Dan *Travelling Speed* Terhadap Karakteristik Hasil Lasan *Friction Stir Welding* Pada Al 2017 dan Al 6061”

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada Tanggal : 22 Agustus 2019
Yang Menyatakan

(Deara Putri Supriadi)

ABSTRAK

Friction Stir Welding (FSW) adalah proses pengelasan baru dengan biaya rendah dan kualitas sambungan yang baik. Pengelasan FSW bukan merupakan proses fusi yang membutuhkan input panas yang signifikan, sifat mekanik logam di daerah yang tersambung lebih tinggi daripada proses pengelasan lain yang dikenal, dan distorsi diminimalkan atau dihilangkan. Panas yang dihasilkan dari gesekan antara *tool* las tahan aus dan benda kerja. Pengelasan FSW memiliki 2 penting parameter las, yaitu putaran *tool* dan *traveling speed*. Dalam penelitian ini, efek dari putaran *tool* dan *traveling speed* pada pengelasan FSW paduan aluminium seri 2017 dengan aluminium seri 6061 terhadap kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro telah diteliti. Parameter FSW menggunakan tiga variasi putaran *tool* mulai dari 1250 rpm, 1000 rpm, 800 rpm dan dua *traveling speed* mulai dari 100 mm/menit hingga 125 mm /menit. *Tool* untuk FSW menggunakan baja HSS dengan dimensi *pin-length* 6 mm, pin-diameter 5,75 mm dan diameter *shoulder* 20 mm. Hasil penelitian FSW menunjukkan bahwa peningkatan nilai putaran *tool* dan *traveling speed* yang rendah menurunkan kekuatan tarik. Spesimen kekuatan tarik tertinggi adalah 121,23 MPa pada *traveling speed* 125 mm / menit dan nilai kekerasan paduan Al-2017 lebih tinggi dari Al-6061 didapatkan dari nilai hasil ujia kekerasannya yaitu Al-2017 memiliki nilai ± 105 VHN dan Al-6061 memiliki nilai ± 89 VHN. Struktur mikro di daerah lasan seperti HAZ, TMAZ, *stir zone* atau *stir zone* berubah dan pada *stir zone* terlihat seperti *onion ring*, dan terdapat cacat *tunnel* pada daerah *advancing side*.

KATA KUNCI: *Friction Stir Welding*, Al-2017, Al-6061, parameter las, sifat mekanik

ABSTRACT

Friction Stir Welding (FSW) is a new welding process with low cost and good connection quality. FSW welding is not a fusion process that requires significant heat input, the mechanical properties of metals in areas associated with other known welding processes, and distortion is reduced or eliminated. The heat generated from friction between the wear resistant welding tool and the workpiece. FSW welding has 2 important parameters, namely the putaran tool and travel speed. In this study, the effect of rotating speed and travel speed on the welding of 2017 series aluminum alloy FSW with 6061 aluminum series on the tested defense, tensile strength and microstructure. The FSW parameter uses three variations of tool putaran ranging from 1250 rpm, 1000 rpm, 800 rpm and two travel speeds ranging from 100 mm / min to 125 mm / min. The tool for FSW uses HSS steel with 6 mm pin-length dimension, 5.75 mm pin-diameter and 20 mm shoulder diameter. The results of the FSW study show how to increase the value of the tool putaran and low travel speed reinforcement strength. The highest tensile strength specimen is 121.23 MPa at a travel speed of 125 mm/min and the Al-2017 alloy hardness value higher than Al-6061 obtained from the value of the results of its defense tests such as Al-2017 has a value of ± 105 VHN and Al-6061 has a value of ± 89 VHN. Micro structures in areas such as HAZ, TMAZ, stir zone or stir zone change and in the stir zone it looks like an onion ring, and there is a defective tunnel in the area that is moving forward.

KEY WORDS: *Friction Welding Friction, Al-2017, Al-6061, welding parameters, mechanical properties*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN	2
KATA PENGANTAR.....	3
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	5
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4 Metodologi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5 Sistematika Penulisan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Paduan Alumunium.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Klasifikasi Paduan Alumunium	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Mekanisme Penguatan Alumunium	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 Karakteristik Alumunium Seri 2017	Error! Bookmark not defined.
2.1.4 Karakteristik Alumunium Seri 6061	Error! Bookmark not defined.
2.2 Pengelasan Alumunium.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Pengelasan Lebur (<i>Fusion Welding</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Pengelasan Padat (<i>Solid State Welding</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Pengelasan <i>Friction Stir Welding</i> (FSW)	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Parameter Pengelasan <i>Friction Stir Welding</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4 Penelitian Tentang <i>Friction Stir Welding</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.

3.2	Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	Alat.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.3	Prosedur Penelitian Awal	Error! Bookmark not defined.
3.3.2	Prosedur Pengelasan.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.3	Prosedur Metalografi.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.4	Prosedur Mikroskop Optik.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.5	Prosedur Pengujian Tarik.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.6	Prosedur Pengujian Kekerasan <i>Micro Vickers</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Hasil Uji Komposisi Kimia Aluminium 2xxx dan Aluminium 6xxx	Error! Bookmark not defined.
4.2	Pengamatan Visual Hasil Lasan <i>Friction Stir Welding</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3	Struktur Makro dan Morfologi Hasil Lasan <i>Friction Stir Welding</i> .	Error! Bookmark not defined.
4.4	Pengaruh Putaran <i>Tool</i> dan <i>Traveling Speed</i> terhadap Struktur Mikro	Error! Bookmark not defined.
4.5	Pengaruh Putaran <i>Tool</i> dan <i>Traveling Speed</i> terhadap Kekerasan <i>Micro Vickers</i>	Error! Bookmark not defined.
4.6	Pengaruh Putaran <i>Tool</i> dan <i>Traveling Speed</i> terhadap Kekuatan Tarik	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1** Diagram Alir Metodologi Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.1** Diagram fasa perubahan mikrostruktur paduan Al-Cu**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2** Diagram Fasa Al-Cu**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3** Struktur mikro paduan Al-2024 (Abdel-Wahab El-Morsy, at al, 2018)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4** Diagram Fasa Al-Mg-Si (Sidney, H.A., 1974)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5** Struktur mikro paduan Al-6061 (Fuheng Nie, at al, Elsevier, 2016)....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6** Pengelasan Arc Welding**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7** Pengelasan Friction Stir Welding**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8** Representasi skematis dari proses FSW**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9** Gerakan Tool**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2** Proses Pengelasan Friction Stir Welding.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.3** Proses Mounting**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.4** Mesin Grinda**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.5** Mesin Polishing**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.6** Alat Mikroskop Optik.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.7** Ukuran spesimen uji tarik.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.8** Spesimen uji tarik**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.9** Alat Uji Kekerasan Micro Vickers**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.1** Hasil lasan sampel 1 menggunakan variasi 1250 rpm, 100 mm/menit **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2** Hasil lasan sampel 2 menggunakan variasi 1250 rpm, 125 mm/menit **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.3** Hasil lasan sampel 3 menggunakan variasi 1000 rpm, 100 mm/menit **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.4** Hasil lasan sampel 4 menggunakan variasi 1250 rpm, 125 mm/menit **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.5** Hasil lasan sampel 5 menggunakan variasi 800 rpm, 100 mm/menit ..**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6 Hasil lasan sampel 4 menggunakan variasi 1250 rpm, 125 mm/menit **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.7 Zona laju pengelasan FSW spesimen I (1250 rpm, 100 mm/menit)**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8 Zona laju pengelasan FSW spesimen II (1250 rpm, 125 mm/menit) ... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.9 Zona laju pengelasan FSW spesimen III (1000 rpm, 100 mm/menit)..**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.10 Zona laju pengelasan FSW spesimen IV (1000 rpm, 125 mm/menit)**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.11 Zona laju pengelasan FSW spesimen V (800 rpm, 100 mm/menit)... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.12 Zona laju pengelasan FSW spesimen VI (800 rpm, 125 mm/menit)..**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.13 Struktur mikro base metal Al 2017.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.14 Struktur mikro base metal Al 6061.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.15 Struktur mikro TMAZ dan HAZ sampel I (1250 rpm, 100 mm/menit)**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.16 Struktur mikro (a) TMAZ dan (b) HAZ sampel II (1250 rpm, 125 mm/menit).....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.17 Struktur mikro (a) TMAZ dan (b) HAZ sampel III (1000 rpm, 100 mm/menit).....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.18 Struktur mikro (a) TMAZ dan (b) HAZ sampel IV (1000 rpm, 125 mm/menit).....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.19 Struktur mikro (a) TMAZ dan (b) HAZ sampel V (800 rpm, 100 mm/menit).....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.20 Struktur mikro (a) TMAZ dan (b) HAZ sampel V (800 rpm, 125 mm/menit).....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.21 Struktur mikro stir zone sampel I (1250 rpm, 100 mm/menit)..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.22 Struktur mikro stir zone sampel II (1250 rpm, 125 mm/menit)..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.23 Struktur mikro stir zone sampel III (1000 rpm, 100 mm/menit) **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.24 Struktur mikro stir zone sampel IV (1000 rpm, 125 mm/menit)**Error!**
Bookmark not defined.

Gambar 4.25 Struktur mikro stir zone sampel II (800 rpm, 100 mm/menit).....**Error!**
Bookmark not defined.

Gambar 4.26 Struktur mikro stir zone sampel II (800 rpm, 125 mm/menit).....**Error!**
Bookmark not defined.

Gambar 4.27 Distribusi kekerasan pada sampel lasan I (1250 rpm, 100 mm/menit)
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.28 Distribusi kekerasan pada sampel lasan II (1250 rpm, 125 mm/menit)
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.29 Distribusi kekerasan pada sampel lasan III (1000 rpm, 100 mm/menit)
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.30 Distribusi kekerasan pada sampel lasan IV (1000 rpm, 125 mm/menit)
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.31 Distribusi kekerasan pada sampel lasan V (800 rpm, 100 mm/menit)**Error!**
Bookmark not defined.

Gambar 4.32 Distribusi kekerasan pada sampel lasan VI (800 rpm, 125 mm/menit)
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.33 Perbandingan nilai kekuatan tarik maksimum (UTS) hasil pengelasan Al
2017 dan Al 6061 menggunakan variasi putaran tool dan traveling speed.....**Error!**
Bookmark not defined.

Gambar 4.34 Grafik beban vs elongasi**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.35 Hasil uji tarik hasil lasan FSW aluminium seri 2017 dan 6061.....**Error!**
Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1** Kode Paduan Alumunium**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2.2** Nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasan Al-2017**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2.3** Nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasan Al-6061**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2.4** Variasi Parameter Lasan FSW Al 2024 dan Al 6061.**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2.5** Hasil Uji Tarik dan Uji Kekerasan Lasan FSW Al 2024 dan Al 6061
.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.1** Parameter Pengelasan.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.2** Komposisi Etsa Keller (Vander Voort, George F. 1999)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.1** Perbandingan komposisi kimia hasil OES Alumunium 2xxx dan literatur ASTM B211-12**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.2** Perbandingan komposisi kimia hasil OES Alumunium 6xxx dan literatur ASTM B211-12**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat Friction Stir Welding**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 2. Proses Percobaan Las Friction Stir Welding . **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 3. Data Perhitungan Uji Tarik.....**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 4. Hasil Uji Optical Emission Spectroscopy Al 2017..... **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 5. Hasil Uji Optical Emission Spectroscopy Al 6061..... **Error! Bookmark not defined.**

