

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *TOOL* DAN
TRAVELLING SPEED TERHADAP KARAKTERISTIK HASIL
LASAN *FRICTION STIR WELDING* PADA AL 2017 DAN AL 7075**

TUGAS AKHIR

AUDI PRASETYA BAGDJA ALAMSYAH

12315001

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

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Audi Prasetya Bagdja Alamsyah

NIM : 123.15.001

Tanda Tangan :

Tanggal : 22 Agustus 2019

LEMBAR PENGESAHAN

**“PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *TOOL* DAN
TRAVELLING SPEED TERHADAP KARAKTERISTIK HASIL LASAN
FRICITION STIR WELDING PADA AL 2017 DAN AL 7075”**

TUGAS AKHIR

**AUDI PRASETYA BAGDJA ALAMSYAH
12315001**

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 KECEPATAN PUTARAN TOOL DAN TRAVELLING SPEED TERHADAP KARAKTERISTIK HASIL LASAN FRICTION STIR WELDING PADA AL 2017 DAN AL 7075”**. Tujuan dituliskannya laporan ini adalah sebagai syarat kelulusan mahasiswa Prodi Teknik Metalurgi, Institut Teknologi dan Sains Bandung, untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.).

Penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Asep Ridwan Setiawan, S.T.,M.Sc. selaku pembimbing I. Terima kasih atas segala bimbingan, ajaran, dan ilmu-ilmu baru yang penulis dapatkan dari selama penyusunan tugas akhir ini. Dengan segala kesibukan masing-masing dalam pekerjaan maupun pendidikan, masih bersedia untuk membimbing dan menuntun penulis dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih dan mohon maaf bila ada kesalahan yang penulis telah lakukan;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Rochim Suratman dan bapak Andrie Harmaji, S.T., M.T. selaku dosen penguji pada Sidang Tugas Akhir yang telah memberikan banyak masukan bagi penyempurnaan Tugas Akhir ini;
3. Segenap dosen pengajar pada Program Studi Teknik Metalurgi, bapak Dr.Eng. Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Metalurgi ITS B, bapak Prof. Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc., Ph.D, bapak Soleh Wahyudi, S.T., M.T., ibu Yesi Aristanti, S.Si., M.T., bapak Andrie Harmaji, S.T., M.T., bapak M. Wildanil Fathoni, S.T., M.T., bapak Raden Reza Rizkiansyah, S.T., M.T. dan lainnya yang telah memberikan atas ilmu, pendidikan, dan pengetahuan yang sangat berarti semasa perkuliahan sebagai bekal untuk tahap kehidupan selanjutnya;
4. Ibunda Lia Ciselia dan Ayahanda Hendi Alamsyah, Kakak tercinta Adhitya Rashta Alamsyah, dan Adik tercinta Adli Saif Alamsyah dan seluruh keluarga besar penulis, terima kasih dukungan, kasih sayang, dorongan doa, nasihat, motivasi, dan pengorbanan materilnya selama

penulis menempuh studi di Program Studi Teknik Metalurgi, Institut Teknologi dan Sains Bandung;

5. Bi Inge dan Enin yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir dengan bantuan secara materil dan non-materil selama penulis menetap sementara di kota Bandung;
6. Deara Putri Supriadi yang telah menjadi partner yang baik dalam pengerjaan Tugas Akhir sehingga dalam pengerjaan ini, penulis merasa sangat terbantu dalam penyelesaian masalah yang terjadi;
7. Satrio Panji Anggolo dan Vito Alvando C. yang telah menjadi teman kontrakan yang baik dan sangat kooperatif selama penulis menjalani masa perkuliahan;
8. Teman-teman seangkatan TMM 2015, Shintiya, Adil, Roziq, Saepul, Dhiga, Dede, Raka, Satrio, Faiza, Deara, Nindya, Titus, Kurnia, Anugrah, Fhadli, Malik, Zheldy yang telah bersama-sama melewati berbagai rintangan dan cobaan selama kuliah di ITS. Terima kasih telah menemani dan menulis cerita dan kisah selama perkuliahan yang menjadikan perkuliahan tidak membosankan dan selalu menarik. Semoga kelak akan bertemu dengan cita-cita yang telah diharapkan;
9. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Metalurgi Material ITS yang telah membantu dan membentuk karakter dan pribadi penulis menjadi yang lebih baik. Semoga Himpunan Mahasiswa Metalurgi Material ITS dapat memberikan yang terbaik bagi kampus, lingkungan kampus, bahkan lingkungan yang lebih luas. FORTITUDO FIDELITAS HONESTAS;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan dukungan.

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 : Audi Prasetya Bagdja Alamsyah

NIM : 12315001

Program Studi : Teknik Metalurgi

Fakultas : Teknik dan Desain

Jenis Karya : Tugas Akhir

demi 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 7075”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Insitut 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

(Audi Prasetya Bagdja)

ABSTRAK

Friction Stir Welding (FSW) merupakan proses penyambungan logam dalam kondisi *solid state* atau kondisi logam yang tidak meleleh, maka dari itu *Friction Stir Welding* (FSW) memiliki salah satu keunggulan yaitu tidak banyak merubah sifat logam induknya karena panas yang dihasilkan tidak besar. *Friction Stir Welding* (FSW) memiliki potensi untuk menyambung alumunium sejenis dan beda jenis dengan hasil lasan yang memiliki sifat fisik dan mekanik baik. Dengan metoda las konvensional menyambung alumunium sama jenis perlu perlakuan khusus pada permukaan dan memilih parameter yang tepat karena paduan alumunium terdapat lapisan aluminium oksida (Al_2O_3) yang memiliki titik cair yang sangat tinggi bahkan penyambungan alumunium beda jenis yang memiliki sifat yang berbeda-beda dan tentunya akan menghasilkan hasil lasan yang memiliki cacat mikro seperti *crack* dan rongga.

Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis pengaruh kecepatan putaran *tool* dan kecepatan translasi terhadap karakteristik hasil lasan yang di hasilkan dari metode *Friction Stir Welding* (FSW) pada penyambungan logam beda jenis alumunium 2017-T4 dengan alumunium 7075-T6. Dimensi material yang digunakan adalah 150 mm x 50 mm dan ketebalan 6 mm. Variasi yang digunakan adalah kecepatan putaran *tool* 1250 rpm, 1000 rpm, dan 800 rpm, lalu kecepatan translasi yang digunakan adalah 100 mm/menit, dan 80 mm/menit. Selanjutnya hasil las dilakukan pengamatan visual dan pengujian mekanik. Pengamatan visual secara makroskopik dan secara mikroskopik (700x perbesaran dan 1300x perbesaran). Dan dilakukannya pengujian mekanik yaitu pengujian tarik berdasarkan ASTM E8 dengan ukuran *subsize* dan pengujian kekerasan dengan *Micro-Vickers* menggunakan gaya beban sebesar 0,2 kgf dan mengacu pada ASTM E384.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadinya perbedaan ukuran butiran dan kekerasan pada tiap daerahnya, yang dimana pada daerah yang terpengaruh oleh panas (HAZ) memiliki kekerasan yang paling rendah diantara zona-zona yang lainnya yaitu memiliki nilai kekerasan HAZ Al 7075 sebesar 94,13 HV0,2 dan Al 2017 sebesar 88,76 HV0,2. Dan kekerasan paling tinggi terdapat pada sampel B3 (1250 rpm & 80 mm/menit) pada daerah yang diaduk (*Stir Zone*) yaitu 131 HV0,2. Adapun nilai kekuatan tarik yang dihasilkan paling maksimum yaitu pada sampel B3 (1250 rpm & 80 mm/menit) yaitu 142,08 N/mm² sebesar namun, hasil tersebut belum memberikan kekuatan yang aktual karena pada setiap sampel memiliki *tunnel defect* pada daerah yang diaduk (*Stir Zone*).

Kata Kunci: FSW, Al 2017, Al 7075, Kecepatan Putaran *Tool*, Kecepatan Translasi, Sifat Mekanik

ABSTRACT

Friction Stir Welding (FSW) is a process of metal joining in solid state or the condition of metals that do not melt, therefore friction stir welding (FSW) has advantage that is not change the basemetal properties. Friction Stir Welding (FSW) has the potential to joining similar or dissimilar aluminum with weld results that have good mechanical properties. With conventional welding methods, joining aluminum with similar or dissimilar aluminum need special treatment on the surface and choosing the correct parameters, because there is aluminum oxide (Al_2O_3) which has a high melting point of aluminum and make the results in welds that have micro defects such as cracks and cavities.

The purpose of this study was to analyze the effect of Tool Rotation Speed and travelling speed on the weld characteristics produced from the Friction Stir Welding (FSW) method for the joining dissimilar aluminum 2017-T4 with aluminum 7075-T6. The dimension of the material used are 150 mm x 50 mm and 6 mm of thickness. The variations used are tool rotation speed of 1250 rpm, 1000 rpm, and 800 rpm, then the travelling speed used is 100 mm/min, and 80 mm/min. furthermore, the welding results carried out visual observations and mechanical testing. Visual observations using photo as macroscopic and microscope optic (700x magnification and 1300 magnification). And mechanical testing there is tensile testing based on ASTM E8 with subsize and hardness testing with Micro-Vickers using a load force of 0.2 kgf and refers to ASTM E384.

The results showed that the differences in grain size and hardness in each area, which in areas was heat affected zone (HAZ) had the lowest hardness among other zones, which having a hardness value HAZ Al 7075 of 94.13 HV0.2 and Al 2017 at 88.76 HV0.2, and the highest hardness was found in the B3 sample (1250 rpm & 80 mm/min) in the stirred area (Stir Zone) which was 139.8 HV0.2. The maximum value of tensile strength produced in the B3 sample (1250 rpm & 80 mm/min) is 142.08 N/mm^2 and the lowest of tensile strength there is in A2 sample (800 rpm & 80 mm/min) is 119.0 N/mm^2 . However, these results do not provide actual strength because each sample has a tunnel defect in the stirred area (Stir Zone).

Keywords: *FSW, Al 2017, Al 7075, Tool Rotation Speed, Translation Speed, Mechanical Properties*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Pembahasan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Paduan Alumunium	6
2.1.1 Paduan Alumunium-Tembaga.....	8
2.1.2 Diagram Fasa Al-Cu	9
2.1.3 Paduan Alumunium-Zinc.....	10
2.1.4 Diagram Fasa Al-Zn	11
2.2 Metalurgi Pengelasan	11
2.2.1. Pengelasan Paduan Aluminium.....	12
2.2.2 <i>Friction Stir Welding</i> pada <i>Dissimilar Aluminium Alloy</i>	15
2.3 <i>Friction Stir Welding</i>	16
2.3.1 Pengertian <i>Friction Stir Welding</i>	16
2.3.2 Prinsip Kerja <i>Friction Stir Welding</i>	17
2.3.3 Parameter <i>Friction Stir Welding</i>	19
2.3.4 Jenis Sambungan Pada <i>Friction Stir Welding</i>	21
2.3.5 Desain <i>Tool</i>	24
2.3.6 Kelebihan dan Aplikasi <i>Friction Stir Welding</i>	27
2.4 Pengujian Mekanik	28

2.4.1 Pengujian Tarik.....	28
2.4.2 Pengujian Kekerasan.....	29
2.5 Hasil Penelitian Terdahulu mengenai FSW <i>Dissimilar Aluminium</i>	30
BAB III PROSEDUR PERCOBAAN	31
3.1 Alat dan Bahan	31
3.1.1 Alat	31
3.1.2 Bahan.....	35
3.2 Perancangan Percobaan.....	37
3.3 Prosedur Percobaan	37
3.3.1 Diagram Alir Percobaan.....	38
3.3.2 Preparasi Spesimen dan Peralatan.....	38
3.3.3 Proses Pengelasan.....	39
3.3.4 Proses Metalografi.....	39
3.3.5 Proses Pengamatan Struktur Mikro.....	42
3.3.6 Proses Pengujian Kekerasan	43
3.3.7 Proses Pengujian Tarik.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Pengujian Komposisi Kimia	46
4.2 Pengamatan Visual	47
4.2.1 Hasil Lasan	47
4.2.2 Struktur Makro.....	48
4.2.3 Struktur Mikro.....	50
4.3 Pengujian Kekerasan	54
4.4 Pengujian Tarik	58
4.5 Pengaruh Kecepatan Putaran <i>Tool</i> dan <i>Travelling Speed</i>	61
4.6 Analisa Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	4
Gambar 2. 1 Diagram Fasa Al-Cu.....	10
Gambar 2. 2 Diagram Fasa Al-Zn	11
Gambar 2. 3 Diagram terhadap mikrostruktur dan yang terpengaruh	12
Gambar 2. 4 Skematik dari paduan aluminium dengan lapisan oksida	14
Gambar 2. 5 Prinsip Kerja dari proses <i>Friction Stir Welding</i> (FSW)	17
Gambar 2. 6 Daerah-daerah setelah proses <i>Friction Stir Welding</i>	18
Gambar 2. 7 Skema Butt Joint pada proses <i>Friction Stir Welding</i>	22
Gambar 2. 8 Variasi Kekerasan sepanjang <i>Butt Joint</i>	23
Gambar 2. 9 <i>Tool</i> untuk Sambungan Tumpuk	24
Gambar 2. 10 Jenis-Jenis Shoulder	25
Gambar 2. 11 Jenis-Jenis Bentuk Pada Pin	26
Gambar 2. 12 Desain <i>Tool</i> FSW yang Dipakai pada TWI (<i>The Welding Institute</i>)	26
Gambar 2. 13 Konfigurasi sambungan FSW	27
Gambar 2. 14 Kurva Tegangan-Regangan Pengujian Tarik	28
Gambar 2. 15 Al 7075 - Advancing Side dan Al 2017 - Retreating Side.....	30
Gambar 3. 1 Mesin Freis	31
Gambar 3. 2 (a) Ragum, (b) Pencekam Benda Kerja	32
Gambar 3. 3 Desain <i>Tool</i> yang digunakan	32
Gambar 3. 4 (a) Mesin <i>Grinding</i> , (b) Amplas	33
Gambar 3. 5 Mesin Poles dan Kain Bludru	33
Gambar 3. 6 Mikroskop Optik yang sudah tersinkron dengan komputer	34
Gambar 3. 7 (a) Mesin Uji Tarik, (b) Komputer yang tersinkron mesin uji tarik	34
Gambar 3. 8 <i>Alat Uji Micro Vickers</i>	35
Gambar 3. 9 (a) Plat Aluminium 2017, (b) Plat Aluminium 7075	35
Gambar 3. 10 (a) Epoxy Resin, (b) Hardener	36
Gambar 3. 11 Pasta Gigi Zact	36
Gambar 3. 12 Diagram Alir Percobaan	38
Gambar 3. 13 Desain Las	39
Gambar 3. 14 Desain <i>Sectioning</i>	40
Gambar 3. 15 Hasil Pembungkai (<i>Mounting</i>)	40
Gambar 3. 16 Proses Pengamplasan	41
Gambar 3. 17 Proses Pemolesan	41
Gambar 3. 18 Posisi titik yang akan diamati struktur mikronya pada kode sampel B1 .	43

Gambar 3. 19 Desain Pengujian Kekerasan <i>Micro Vickers</i>	44
Gambar 3. 20 Desain Spesimen Uji Tarik (<i>Dog Bone</i>)	45
Gambar 4. 1 Hasil Lasan Plat Spesimen	47
Gambar 4. 2 Foto Struktur Makro Spesimen	49
Gambar 4. 3 Struktur Mikro (a) Logam Induk Al 7075, (b) Logam Induk Al 2017	51
Gambar 4. 4 Struktur Mikro (a) HAZ Al 7075, (b) HAZ Al 2017	52
Gambar 4. 5 Struktur Mikro (a) TMAZ Al 7075, (b) TMAZ Al 2017	53
Gambar 4. 6 Struktur Mikro <i>Stir Zone</i>	54
Gambar 4. 7 Nilai kekerasan sampel A1 (1000 rpm & 100 mm/menit)	55
Gambar 4. 8 Nilai kekerasan sampel A2 (800 rpm & 100 mm/menit)	55
Gambar 4. 9 Nilai kekerasan sampel A3 (1250 rpm & 100 mm/menit)	55
Gambar 4. 10 Nilai kekerasan sampel B1 (1000 rpm & 80 mm/menit)	56
Gambar 4. 11 Nilai kekerasan sampel B2 (800 rpm & 80 mm/menit)	56
Gambar 4. 12 Nilai kekerasan sampel B3 (1250 rpm & 80 mm/menit)	56
Gambar 4. 13 Penampakan Penampang Hasil Pengujian Tarik	59
Gambar 4. 14 Penampakan Hasil Uji Tarik	60
Gambar 4. 15 Perbandingan Kekuatan Tarik dari setiap sampel.	60
Gambar 4. 16 Perbandingan Distribusi Nilai Kekerasan	61
Gambar 4. 17 Perbandingan Kecepatan Putaran <i>Tool & Traveling Speed</i> Terhadap Kekuatan Tarik	62
Gambar 4. 18 Distribusi Nilai Kekerasan sebagai acuan	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Alumunium	6
Tabel 2. 2 Tabel Klasifikasi Paduan Alumunium	7
Tabel 2. 3 Sifat Mekanik dari Al 2017	9
Tabel 2. 4 Suhu yang digunakan dalam pemrosesan Al 2017	9
Tabel 2. 5 Sifat Mekanik Al-Zn	10
Tabel 2. 6 Suhu yang digunakan dalam pemrosesan Al 7075-T6	11
Tabel 2. 7 Hasil Uji Tarik.....	30
Tabel 3. 1 Perancangan Percobaan.....	37
Tabel 4. 1 Komposisi Kimia Pengujian OES dan ASTM B209-14	46
Tabel 4. 2 Perhitungan Data Hasil Pengujian Tarik	58
Tabel 4. 3 Tabel Perbandingan Kekuatan Tarik	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan Pengujian OES	69
Lampiran 2 Laporan Pengujian OES A1 2017	70
Lampiran 3 Laporan Pengujian OES A1 7075	71
Lampiran 4 Distribusi Nilai Kekerasan Pada Sampel A1	72
Lampiran 5 Distribusi Nilai Kekerasan Pada Sampel A2	72
Lampiran 6 Distribusi Nilai Kekerasan Pada Sampel A3	73
Lampiran 7 Distribusi Nilai Kekerasan Pada Sampel B1	73
Lampiran 8 Distribusi Nilai Kekerasan Pada Sampel B2	74
Lampiran 9 Distribusi Nilai Kekerasan Pada Sampel B3	74
Lampiran 10 Mikrostruktur Sampel A1	75
Lampiran 11 Mikrostruktur Sampel A2	76
Lampiran 12 Mikrostruktur Sampel A3	77
Lampiran 13 Mikrostruktur Sampel B1	78
Lampiran 14 Mikrostruktur Sampel B2	79
Lampiran 15 Mikrostruktur Sampel B3	80