

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Prasetyo Agung Nugroho**

NIM : **20120130069**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS *DISSIMILAR* ALUMINIUM SERI 1XXX DAN KUNINGAN DENGAN METODE *FRICTION STIR WELDING*** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Yogyakarta, Mei 2017

Yang menyatakan

Prasetyo Agung Nugroho  
20120130069

## INTISARI

Dalam pengelasan lebur penyambungan antara dua material yang berbeda (*dissimilar*) merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan yang biasanya menggunakan las *Tungsten Inner Gas (TIG)* dan *Metal Inner Gas (MIG)*. Dalam pengelasan ini masih terdapat banyak cacat yang diakibatkan oleh pelelehan seperti *Porosity*, *Residual Thermal Stresses*, dan *Impurities*. Baru-baru ini telah dikembangkan penelitian tentang penyambungan antara dua material yang berbeda dengan menggunakan metode *Friction Stir Welding (FSW)* untuk mengurangi cacat yang diakibatkan oleh proses peleburan.

Material yang digunakan adalah plat aluminium dan plat kuningan dengan ukuran masing-masing material 100mm x 60mm dengan tebal 2,7mm. Dalam penelitian ini kecepatan putar *tool* dipilih pada 1550 *rpm* dengan *feed rate* pada 20 mm/menit dibuat konstan. Variasi dalam pengelasan ini adalah tentang pengaruh perlakuan panas yang ditambahkan pada pengelasan, yakni penambahan panas selama pengelasan sehingga suhu geseknya mencapai 300°C dan perlakuan panas *Artificial aging* setelah pengelasan dengan suhu 150°C selama 3,5 jam. Ada 4 macam hasil pengelasan yang dibandingkan yakni: control tanpa penambahan perlakuan panas, penambahan panas selama pengelasan, perlakuan panas *Artificial Aging* dan gabungan perlakuan panas keduanya. Pengujian yang dilakukan adalah uji struktur makro dan mikro, uji kekerasan, dan uji tarik.

Hasil pengujian menunjukkan kekerasan tertinggi terdapat pada pengelasan dengan penambahan panas sebesar 278,4 VHN, sedangkan nilai terendah pada pengelasan dengan perlakuan panas *Artificial Aging* sebesar 237,7 VHN. Untuk uji tarik nilai tertinggi terdapat pada spesimen pengelasan gabungan perlakuan panas keduanya yaitu penambahan panas dan perlakuan panas *Artificial Aging* dengan nilai 50,91 MPa, sedangkan nilai uji tarik terendah pada pengelasan tanpa perlakuan panas sebesar 12,69 MPa.

**Kata Kunci:** *Friction Stir Welding, Feed Rate, Artificial Aging, Uji Tarik*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum WR. WB.*

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan karunianya sehingga dapat tersusunnya tugas akhir ini sesuai yang diharapkan dan terlaksana dengan baik. Hanya dengan ijin-Nya, segala urusan yang rumit menjadi mudah.

Tugas akhir ini mencakup pengaruh penambahan perlakuan panas terhadap alumunium dan kuningan dengan metode *friction stir welding*. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, banyak kendala baik teknis maupun nonteknis yang penyusun alami, namun hal tersebut tidak menyurutkan langkah penyusun dalam menyelesaikan tugas akhir. Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna baik dari segi materi maupun metodologinya. Oleh karena itu kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan guna penyempurnaan tugas akhir ini bagi penyusun lebih lanjut dan mendalam pada masa-masa yang akan datang.

Dari proses awal hingga akhir penyusunan tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan, untuk itu penyusun tidak lupa menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan berpartisipasi dalam penyusunan tugas akhir ini.

1. Bapak Novi Caroko S.T.,M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Aris Widyo Nugroho. S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan Tugas Akhir.
3. Bapak Sunardi, ST.,M.Eng selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan Tugas Akhir.

4. Bapak Totok Suwanda, S.T., M.T selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan perbaikan yang berharga dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua, Bapak dan Ibunda tercinta , dan saudara-saudaraku yang senantiasa selalu mendoakan, memberikan dorongan semangat, kasih sayang, dengan penuh kesabaran dan tanpa henti.
6. Staff pengajar, Laboran dan Tata Usaha Jurusan Teknik Mesin Fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Teman-teman Selenk family dan teman-teman Teknik Mesin angkatan 2012 yang telah memberi dorongan, masukan dan semangat selama penelitian.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu penyusun dalam menyelesaikan Tugas Akhir, yang tak dapat kami sebutkan semua satu per satu.

Karena keterbatasan dalam pengetahuan dan pengalaman, kami menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam Tugas Akhir kami ini. Maka kritik dan saran dari anda sangat kami harapkan untuk pengembangan selanjutnya. Besar harapan kami sekecil apapun informasi yang ada dibuku kami ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

*Wassalamu'alaikum WR. WB.*

Yogyakarta, Mei 2017

Penulis,

Prasetyo Agung Nugroho

20120130069

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN UJIAN PENDADARAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori.....	7

2.2.1 Pengertian <i>Friction Stir Welding</i> .....	7
2.2.1.1 Prinsip Kerja <i>Friction Stir Welding</i> .....	7
2.2.2 Siklus Proses <i>Friction Stir Welding</i> .....	10
2.2.3 <i>Depth of Weld</i> dan Kemiringan <i>tool</i> .....	10
2.2.4 Desain <i>Tool</i> .....	11
2.2.5 Gaya Pada <i>Friction Stir Welding</i> .....	12
2.3 Variabel Proses.....	13
2.4 Keuntungan dan Aplikasi FWS.....	14
2.5 Proses <i>Heat Treatment</i> Pada Paduan Aluminium .....	15
2.5.1 Penandaan Untuk Kondisi <i>Heat Treatment</i> .....	16
2.5.2 Pengerasan Presipitat .....	17
2.5.3 <i>Solution Treatment</i> .....	18
2.5.4 <i>Quenching</i> .....	20
2.5.5 <i>Aging</i> .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	22
3.2 Tempat Penelitian.....	23
3.3 Alat dan Bahan.....	24
3.3.1 Alat yang Digunakan Dalam Penelitian .....	24
3.3.2 Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian.....	29
3.4 Proses Penelitian .....	31

3.4.1 Proses Pembuatan Tool Pengelasan .....	31
3.4.2 Proses Pengelasan.....	31
3.4.3 Proses Pengujian.....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
4.1 Hasil Pengelasan <i>Friction Stir Welding</i> .....	38
4.2 Hasil Foto Makro dan Mikro .....	40
4.2.1 Hasil Foto Makro .....	41
4.2.2 Hasil Foto Mikro .....	42
4.3 Hasil Uji Kekerasan .....	46
4.4 Hasil Uji Tarik.....	51
4.5 Fraktografi.....	54
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan .....	56
5.2 Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>60</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Prinsip dasar <i>Friction Stir Welding</i> .....	8
<b>Gambar 2.2</b> Skema Kerja FSW .....	8
<b>Gambar 2.3</b> <i>Heat Zone</i> Pada FSW .....	9
<b>Gambar 2.4</b> Skema <i>Stir Welding</i> .....	10
<b>Gambar 2.5</b> Konfigurasi <i>Design Tool</i> FSW .....	12
<b>Gambar 2.6</b> Contoh <i>Design Pin</i> Pada <i>Tool</i> FSW .....	12
<b>Gambar 2.7</b> Gaya-gaya Pada FSW .....	13
<b>Gambar 2.8</b> <i>Heat Spreader</i> .....	15
<b>Gambar 2.9</b> Potongan diagram fasa Al-Cu yang menandakan daerah <i>solution threatment</i> dan <i>artificial ageing</i> .....	19
<b>Gambar 2.10</b> Contoh siklus ageing.....	20
<b>Gambar 2.11</b> Pengaruh temperatur penuaan dengan kekerasan .....	21
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian FSW pada Aluminium dan Kuningan .....	22
<b>Gambar 3.2</b> <i>Milling Machine</i> .....	25
<b>Gambar 3.3</b> Mesin Bubut .....	25
<b>Gambar 3.4</b> Oven.....	26
<b>Gambar 3.5</b> <i>Tachometer</i> .....	26
<b>Gambar 3.6</b> <i>Infrared Thermometer</i> .....	27
<b>Gambar 3.7</b> Gas Torch.....	27
<b>Gambar 3.8</b> Mesin Uji Tarik (UTM) .....	28
<b>Gambar 3.9</b> <i>Hardness Tester</i> .....	28
<b>Gambar 3.10</b> Mesin Uji Struktur Mikro .....	29
<b>Gambar 3.11</b> Plat Aluminium.....	29
<b>Gambar 3.12</b> Plat Kuningan .....	30
<b>Gambar 3.13</b> <i>Design Tool</i> Pengelasan .....	31
<b>Gambar 3.14</b> <i>Spectrometer Type ARL 3560</i> .....	32
<b>Gambar 3.15</b> Kurva Tegangan Tarik.....	33
<b>Gambar 3.16</b> Skema Uji Tarik Menurut ASTM E8 .....	34
<b>Gambar 3.17</b> Pengujian Vickers.....	36



<b>Gambar 3.18</b> Bentuk Identor .....	36
<b>Gambar 4.1</b> pengelasan Dengan Metode <i>Friction Stir Welding</i> (FSW).....	38
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Pengelasan FSW <i>Dissimilar</i> Aluminium dengan Kuningan..	39
<b>Gambar 4.3</b> Hasil Foto Mikro FSW <i>Dissimilar</i> Aluminium dengan Kuningan..	42
<b>Gambar 4.4</b> Struktur Mikro Pengelasan FSW tanpa Perlakuan Panas .....	43
<b>Gambar 4.5</b> Struktur Mikro pengelasan FSW dengan penambahan panas selama pengelasan .....	44
<b>Gambar 4.6</b> Struktur Mikro Pengelasan FSW dengan Perlakuan Panas <i>Artificial Aging</i> .....	45
<b>Gambar 4.7</b> Struktur Mikro Pengelasan FSW Gabungan Perlakuan Panas Keduanya.....	46
<b>Gambar 4.8</b> Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan FSW <i>Dissimilar</i> Tanpa Perlakuan Panas.....	47
<b>Gambar 4.9</b> Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan FSW <i>Dissimilar</i> Dengan Ditambah Pemanas Selama Pengelasan .....	47
<b>Gambar 4.10</b> Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan FSW <i>Dissimilar</i> Dengan Perlakuan Panas T5 Setelah Pengelasan.....	48
<b>Gambar 4.11</b> Grafik Distribusi Kekerasan Pengelasan FSW <i>Dissimilar</i> Dengan Gabungan Perlakuan Panas Keduanya .....	48
<b>Gambar 4.12</b> Grafik Distribusi Kekerasan Dari Semua Variasi Pengelasan.....	49
<b>Gambar 4.13</b> Grafik kekerasan Pada Daerah Sambungan Las .....	50
<b>Gambar 4.14</b> Grafik Uji Tarik Hasil FSW <i>dissimilar</i> antara Al dan CuZn.....	51
<b>Gambar 4.15</b> Grafik Variasi Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las FSW .....	52
<b>Gambar 4.16</b> Grafik Variasi Pengelasan Terhadap Regangan Hasil Las FSW ...	52
<b>Gambar 4.17</b> Fraktografi Patahan Spesimen Uji Tarik Tampak Atas .....	54
<b>Gambar 4.18</b> Fraktografi Patahan Spesimen Uji Tarik Tampak Samping .....	54

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Komposisi Aluminium 1xxx hasil Pengujian di CV. Karya Hidup Sentosa, Quick.....	30
<b>Tabel 3.2</b> Komposisi Aluminium 1050 ( <i>Chemical Composition for Aluminum alloy 1050</i> ).....	30
<b>Tabel 3.3</b> Komposisi Kuningan hasil Pengujian di Laboratorium logam Polman Ceper .....	30
<b>Tabel 3.4</b> Komposisi Kuningan CuZn20 ( <i>Chemical Composition for Chopper Alloy CuZn20</i> ).....	30
<b>Tabel 3.5</b> Rancangan Perhitungan Data Uji Tarik.....	35
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian Kekerasan.....	46

## DAFTAR NOTASI

SSW = *Solid State Welding*

TIG = *Tungsten Inert Gas*

HAZ = *Heat Affected Zone*

FLW = *Friction Linier Welding*

FSW = *Friction Stir Welding*

CDFW = *Countinous Drive Friction Welding*

AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = *Oksida Aluminium*

TMAZ = *Thermomechanically Affected Zone*

SEM = *Scanning Electron Microscope*

ASM = *Aerospace Specification Metal*

ASTM = *Standard Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast  
Aluminum- and Magnesium-Alloy Products (Metric)*

Al = *Aluminium*

Cr = *Chromium*

Cu = *Copper*

Fe = *Ferro*

Mg = *Magnesium*

Mn = *Mangan*

Si = *Silicon*

Zn = *Zinc*

C = *Carbon*

O = *Oksigen*

MPa = *Mega Pascal*

Psi = *Pound Square Inch*

GPa = *Giga Pascal*

Ksi = *Kilo-Pound Per Inci Persegi*

VHN = *Vickers Hardnes Number*

WN = *Weld Nugget*

BM = *Base Metal*

EDS = *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*

RPM = *Rotation Per Minute*

RM = *Raw Material*

UTS = *Ultimate Tensile Strength*

YS = *Yield strength*