



**ANALISIS SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN  
ALUMINIUM AA 1100 DENGAN METODE  
*FRICTION STIR WELDING*  
(FSW)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan program studi teknik mesin (S1)  
dan mencapai gelar sarjana teknik

Oleh

**Angger Sudrajat F. P.  
NIM 071910101091**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S-1)  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta;
2. Mbak Arum dan Lek Etik yang saya cintai;
3. Adik – adikku yang unyu-unyu;
4. Bapak/ibu guru sejak sekolah dasar sampai perguruan tinggi;
5. Teman-teman Teknik Mesin 2007;
6. Teman-teman Rent Hause Manggis XI;
7. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

## MOTTO

“ Raihlah ilmu, dan untuk meraih ilmu belajarlah untuk tenang dan sabar ”  
(Khalifah ‘Umar)

“ Ilmu bagaikan satu lilin kecil menyala di dalam ruang besar, jika lilin tersebut  
berbagi api dengan lilin – lilin yang lain niscaya menerangi ruang besar  
begitu juga ilmu akan bermanfaat jika dibagi untuk orang lain ”  
(Gadang Priyotomo)

“ Disaat kita menghadapi masalah besar, perlu kita ketahui bahwa kita memiliki  
ALLAH Yang Maha Besar ”  
(Firdaus Bahreisy)

“ Percaya dengan kemampuan yang kita miliki dan jangan pernah menyerah  
sebelum kita mengetahui apa yang akan terjadi kepada diri kita ”  
(Angger Sudrajat F P)

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Angger Sudrajat F P

NIM : 071910101091

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100 Dengan Metode *Friction Stir Welding* (FSW)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi 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 jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Februari 2012

Yang menyatakan,

Angger Sudrajat F P  
NIM 071910101091

**SKRIPSI**

**ANALISIS SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN  
ALUMINIUM 1100 DENGAN METODE  
*FRICTION STIR WELDING*  
(FSW)**

Oleh

**Angger Sudrajat F P  
NIM 071910101091**

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Sumarji, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Mahros Darsin, S.T., M.Sc.

## **PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100 Dengan Metode Friction Stir Welding (FSW)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Rabu, 22 Februari 2012

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### **Tim Penguji**

Ketua,

Sekretaris,

Sumarji, S.T., M.T.  
NIP. 19680202 199702 1 001

Mahros Darsin, S.T., M.Sc.  
NIP. 197003221 199501 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.  
NIP. 19670123 199702 1 001

Hari Sutjahyono, S.T., M.T.  
NIP. 19681205 199702 1 002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi., M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100 Dengan Metode Friction Stir Welding (FSW);** Angger Sudrajat F. P., 071910101091; 2012: 70 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perkembangan dunia perindustrian saat ini mulai mempertimbangkan material aluminium sebagai bahan utama dalam proses produksi. Ini dikarenakan aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap karat, konduktor listrik yang cukup baik dan aluminium lebih ringan daripada besi atau baja. Penggunaan aluminium khususnya tipe AA 1100 pada dunia industri banyak digunakan untuk heat exchangers, *pressure vessels*, pipa, dll. Namun aluminium dan paduan aluminium mempunyai sifat yang kurang baik bila dibandingkan dengan baja, diantaranya adalah mempunyai panas jenis dan daya hantar yang tinggi, mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium  $Al_2O_3$  yang mempunyai titik cair yang tinggi sehingga mengakibatkan peleburan antara logam dasar dan logam las menjadi terhalang dan bila mengalami proses pembekuan yang terlalu cepat akan terbentuk rongga halus bekas kantong hydrogen. Akan tetapi, perbedaan yang paling mendasar adalah nilai keuletan pada logam las, dimana nilai keuletan logam las baja selalu tinggi bila dibandingkan dengan logam induk, sedangkan pada aluminium nilai keuletan pada logam las cenderung lebih kecil daripada nilai keuletan pada logam induk. Seiring dengan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian-penelitian agar proses penyambungan aluminium menjadi lebih mudah dan memiliki kekuatan yang optimal. Proses penyambungan aluminium paduan salah satunya dapat dilakukan dengan cara pengelasan *friction stir welding*.

FSW (*friction stir welding*) merupakan sebuah metode pengelasan yang telah ditemukan dan dikembangkan oleh Wayne Thomas untuk benda kerja *aluminium* dan *aluminium alloy* pada tahun 1991 di TWI (*The Welding Institute*) Amerika Serikat. Prinsip kerja FSW adalah memanfaatkan gesekan dari benda kerja yang

berputar dengan benda kerja lain yang diam sehingga mampu melelehkan benda kerja yang diam tersebut dan akhirnya tersambung menjadi satu. Proses pengelasan dengan FSW terjadi pada kondisi padat (*solid state joining*). Proses pengelasan dengan FSW terjadi pada temperature *solvus*, sehingga tidak terjadi penurunan kekuatan akibat *over aging* dan larutnya endapan koheren. Karena temperature pengelasan tidak terlalu tinggi, maka tegangan sisa yang terbentuk dan distorsi akibat panas juga rendah. Karakteristik mekanis sambungan pada FSW ditentukan oleh parameter : kecepatan pengelasan, putaran *tool*, dan tekanan *tool*.

Pada penelitian ini pengelasan aluminium AA 1100 dengan metode *friction stir welding* (FSW) dapat dilakukan dengan baik. Hasil pengujian tarik diperoleh bahwa rata - rata ultimate strength untuk pengelasan dengan menggunakan putaran tool 780 rpm adalah 52.222 Mpa, untuk putaran tool 980 rpm adalah 38.472 Mpa dan putaran tool 1120 adalah 56.528 Mpa. Dengan hasil ini dapat diketahui bahwa ultimate strength yang tertinggi adalah dengan menggunakan putaran tool 1120 rpm dan ultimate strength pada putaran tool 980 rpm adalah yang terendah. Cacat *wormholes* pada pengelasan dengan putaran tool 980 rpm adalah hal utama yang mengurangi kekuatan tarik pada penelitian ini. Hasil pengamatan makro diketahui cacat *wormholes* terbesar terdapat pada hasil pengelasan dengan putaran *tool* 980 rpm dan juga adanya celah karena kurangnya penetrasi dan menimbulkan konsentrasi tegangan pada hasil pengelasan, celah ini juga terjadi pada variasi putaran *tool* 780 rpm. Dari pengamatan mikro diketahui bahwa bentuk butir pada daerah *stir zone* partikel FeAl<sub>3</sub> tersebar lebih merata pada matriks Al yang disebabkan adanya proses puntiran pada saat proses pengelasan berlangsung. Pengujian kekerasan menunjukkan bahwa logam las lebih lunak daripada logam induk. Sedangkan daerah TMAZ mempunyai kekerasan yang paling rendah.



## SUMMARY

**Mechanical Properties And Microstructure Of Alluminium AA 1100 by Friction Stir Welding**; Angger Sudrajat F. P., 071910101091; 2012: 70 pages; the Mechanical Department, the Faculty Of Engineering, Jember University.

Development of the industrial world are now starting to consider the aluminum material as the main ingredient in the production process. This is because aluminum and aluminum alloys including light metals having high strength, corrosion resistance, good electrical conductors and aluminum is lighter than iron or steel. The use of aluminum in particular types of AA 1100 in the industrial world are widely used for heat exchangers, pressure vessels, pipes, etc. However, aluminum and aluminum alloys have properties that are less well when compared to steel, such as specific heat and has a high conductivity, easily oxidized and forming an aluminum oxide  $Al_2O_3$  having a high melting point, resulting in a fusion between the base metal and weld metal to be blocked and if in too fast cooling process will form a smooth cavity ex-pouch of hydrogen. However, the most fundamental difference is the value of perseverance in the weld metal, where the value of steel weld metal toughness is always high when compared with the parent metal, while in the weld metal toughness values of aluminum tend to be smaller than the value of toughness in the parent metal. Along with these case need to be done research to makes it easy of aluminum welding and have optimal strength. One of which the welding process of aluminum alloy can be done by friction stir welding.

FSW (friction stir welding) is a welding method that has been discovered and developed by Wayne Thomas for the work piece of aluminum and aluminum alloy in 1991 at TWI (The Welding Institute) United States. FSW welding process to occur in the solid state (solid state joining). FSW welding process to occur at the solvus temperature, so there is no decrease in strength due to overaging and dissolving of

the precipitate coherent. Because the welding temperature is not too high, then the residual stress and distortion of heat effect is also low. Mechanical characteristics of the FSW is determined by the parameters: welding speed, tool rotation and tool pressure.

In this research, the welding of aluminum AA 1100 by friction stir welding method (FSW) can be done well. Tensile test results obtained that the averages of ultimate strength for welding with using 780 rpm is 52 222 Mpa, for 980 rpm is 38 472 MPa and 1120 rpm is 56 528 MPa. With these results can be seen that the highest ultimate strength is use 1120 rpm and ultimate strength at 980 rpm is the lowest. Wormholes defects in the welding with 980 rpm is the main factor that reduces the tensile strength in this research. Macro observations are known the largest wormholes defects in the welding with 980 rpm and also the presence of cracks due to lack of penetration and cause of stress concentration at the weld, this case also occurs at 780 rpm. From micro observations is known on the grains shape of the stir zone, FeAl<sub>3</sub> particles is spread more evenly in matrix of Al due to the stir process during the welding process. Hardness testing showed that the weld metal is softer than the parent metal. While the TMAZ region has the lowest hardness.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100 Dengan Metode *Friction Stir Welding* (FSW)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan banyak-banyak ucapan terima kasih kepada :

1. Sumarji, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan Mahros Darsin, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang memberikan arahan dan saran-saran dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Ir. Ahmad Syuhri, M.T., selaku penguji pertama dan Hari Sucahyono, S.T., M.T selaku penguji kedua yang telah memberikan saran dan waktu.
3. Mahros Darsin, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik selama perkuliahan.
4. Ayahanda Subig Nyono dan Ibunda Masrikah yang selalu sabar dan memberi semangat dalam penyelesaian skripsi.
5. Mbak Arum yang selalu menghibur dan memberikan support.
6. Adik – adikku yang selalu membuat hidup lebih bersemangat.
7. Teman teman Teknik Mesin 2007, keep solidarity forever.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala saran dan kritik yang membangun dari semua pihak guna kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Februari 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan dan Manfaat</b> .....	3
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Pengelasan</b> .....	5
2.1 Linier Friction Stir Welding.....	5
2.1 Friction Stir Welding .....	6
<b>2.2 Klasifikasi Aluminium dan Paduannya</b> .....	11
2.2.1 Pengertian Dasar Aluminium.....	11
2.2.2 Sifat – Sifat Aluminium .....	12
2.2.3 Unsur – Unsur Paduan Aluminium.....	13

2.2.4 Standarisasi Aluminium .....	14
<b>2.4 Metode Pengujian Tarik</b> .....	16
2.4.1 Prinsip Pengujian .....	16
2.4.2 Perilaku Mekanik Material .....	16
<b>2.3 Metode Pengujian Kekerasan</b> .....	21
2.3.1 Metode Brinell .....	22
2.3.2 Metode Vickers .....	23
2.3.3 Metode Rockwell .....	24
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	25
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	25
<b>3.2 Bahan dan Tempat</b> .....	25
3.2.1 Bahan .....	25
3.2.2 Alat .....	25
<b>3.3 Persiapan Penelitian</b> .....	26
<b>3.4 Proses Pengelasan</b> .....	26
<b>3.5 Pengujian</b> .....	27
3.5.1 Pengujian Tarik .....	27
3.5.2 Uji Struktur Mikro .....	29
3.5.3 Pengujian Kekerasan .....	30
<b>3.6 Diagram Alir Penelitian</b> .....	32
<b>3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian</b> .....	33
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	34
<b>4.1 Hasil Pengelasan Friction Stir Welding</b> .....	34
<b>4.2 Hasil Uji Tarik</b> .....	35
<b>4.3 Hasil Uji Foto Makro dan Mikro</b> .....	37
4.3.1 Hasil Uji Foto Makro .....	37
4.3.2 Hasil Uji Foto Mikro .....	39
<b>4.2 Hasil Uji Kekerasan</b> .....	43

<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>46</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>47</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Prinsip linier friction welding .....	6
2.2 Prinsip friction stir welding.....	6
2.3 Gerakan tool .....	7
2.4 Strukturmikro hasil pengelasan dengan metode friction stir welding...	10
2.5 Skematis prinsip indentasi dengan metode brinell.....	15
2.6 Hasil indentasi dengan metode brinell .....	16
2.7 Skematis prinsip indentasi dengan metode vickers.....	16
2.8 Kurva tegangan regangan dari benda uji terbuat dari bahan ulet.....	20
2.8 Kurva tegangan regangan dari benda uji terbuat dari bahan getas.....	21
3.1 Skema pengujian tarik.....	27
3.2 Skema pengujian kekerasan .....	30
4.1 Hasil pengelasan <i>friction stir welding</i> .....	33
4.2 Grafik variasi putaran tool terhadap kekuatan tarik.....	34
4.3 Grafik variasi putaran tool terhadap regangan .....	35
4.4 Foto makro hasil pengelasan dengan putaran tool 780 rpm .....	36
4.5 Foto makro hasil pengelasan dengan putaran tool 980 rpm .....	37
4.6 Foto makro hasil pengelasan dengan putaran tool 1120 rpm .....	37
4.7 Struktur mikro <i>base metal</i> Aluminium AA1100, pembesaran 400x ....	38
4.8 Struktur mikro daerah <i>stir zone</i> dengan putaran <i>tool</i> 780 rpm, pembesaran 400x .....	39
4.9 Struktur mikro daerah <i>stir zone</i> dengan putaran <i>tool</i> 980 rpm, pembesaran 400x.....	39
4.10 Struktur mikro daerah <i>stir zone</i> dengan putaran <i>tool</i> 1120 rpm, pembesaran 400x .....	39
4.11 Struktur mikro daerah daerah TMAZ dan HAZ dengan putaran <i>tool</i>	

780 rpm, pembesaran 100x .....	40
4.12 Struktur mikro daerah daerah TMAZ dan HAZ dengan putaran <i>tool</i>	
980 rpm, pembesaran 100x .....	40
4.13 Struktur mikro daerah daerah TMAZ dan HAZ dengan putaran <i>tool</i>	
1120 rpm, pembesaran 100x .....	40
4.14 Struktur mikro daerah HAZ dengan putaran <i>tool</i> 780 rpm,	
pembesaran 400x .....	41
4.15 Struktur mikro daerah HAZ dengan putaran <i>tool</i> 980 rpm,	
pembesaran 400x .....	41
4.16 Struktur mikro daerah HAZ dengan putaran <i>tool</i> 1120 rpm,	
pembesaran 400x .....	41
4.16 Grafik nilai kekerasan hasil pengelasan <i>friction stir welding</i> .....	43



## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Komposisi Aluminium AA 1100 .....	16
2.2. Skala pada Metode Uji Kekerasan Rockwell .....	25
3.1 Rancangan Perhitungan Data Uji Tarik .....	29
3.2 Rancangan Perhitungan Data Uji Kekerasan .....	31
3.3 Rencana jadwal kegiatan penelitian .....	33
4.1 Data hasil pengujian tarik.....	35
4.2 Data hasil pengujian kekerasan .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>LAMPIRAN A. PROSES FSW.....</b>	49
<b>LAMPIRAN B. HASIL PENGUJIAN TARIK.....</b>	51
<b>LAMPIRAN C. SPESIMEN PENGUJIAN.....</b>	54