



**SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM
AA1100 PADA PROSES *FRICITION STIR WELDING* DENGAN
VARIASI DIAMETER *TOOL SHOULDER***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Intan Maimuna
NIM 081910101059**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

- ❖ Ibu dan bapakku tercinta, Sanawiyah dan Moh Thoha. Terima kasih banyak atas semua doa, keteguhan hati dan pengorbanan yang tiada berbalas sepanjang masa untuk anak mu ini.

- ❖ Adik-adikku tersayang, Khafid Al-Aziz dan Putri Nur Hidayah. Kalian selalu memberiku tawa bahagia dalam menjalani hidup.

- ❖ Almamater tercinta Fakultas teknik Universitas Jember, yang selalu ada cerita disetiap perjalanannya.

- ❖ Keluarga besar di perantauan “MC Engine 2008”, kenangan terindah bersama kalian tidak akan pernah terlupa sampai kapan pun. Solidarity Forever.

MOTTO

*Setiap kebaikan pasti akan dibalas dengan kebaikan pula.
(Ar Rohman-60)*

*Setiap yang baik itu datangnya dari Allah SWT, manakala yang buruk itu
datangnya dari kelemahan diri kita sendiri.
(An Nisa-79)*

*Hanya satu motivasi yang ada, yaitu Allah. Adapun motivasi lainnya harus dalam
rangka “karena dan/atau hanya untuk” Allah
(Al Hadist)*

*Niat adalah ukuran dalam menilai benarnya suatu perbuatan, oleh karenanya,
ketika niatnya benar, maka perbuatan itu benar, dan jika niatnya buruk, maka
perbuatan itu buruk. (Imam An Nawawi)*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Intan Maimuna

NIM : 081910101059

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul: “*Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium AA1100 pada Proses Friction Stir Welding dengan Variasi Diameter Tool Shoulder*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi 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, 20 Juni 2012

Yang menyatakan,

Intan Maimuna
NIM 081910101059

SKRIPSI

SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM AA1100 PADA PROSES *FRICITION STIR WELDING* DENGAN VARIASI DIAMETER *TOOL SHOULDER*

Oleh

Intan Maimuna
NIM 081910101059

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium AA1100 pada Proses Friction Stir Welding dengan Variasi Diameter Tool Shoulder*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Jumat

Tanggal : 22 Juni 2012

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Mahros Darsin, S.T., M.Sc.
NIP 19700322 199501 1001

Sumarji, S.T., M.T.
NIP 19680202 199702 1001

Anggota I,

Anggota II,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP 19681205 199702 1 002

Ir. F.X. Kristianta, M.Eng.
NIP. 19650120 200112 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, MT.
NIP 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium AA1100 pada Proses Friction Stir Welding dengan Variasi Diameter Tool Shoulder; Intan Maimuna, 081910101059; 2012: 85 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

FSW (*Friction Stir Welding*) merupakan salah satu solusi yang bisa digunakan sebagai alternatif untuk proses pengelasan aluminium. Prinsip kerja FSW adalah memanfaatkan gesekan dari benda kerja yang berputar dengan benda kerja lain yang diam sehingga timbul panas dan panas tersebut mampu melumerkan benda kerja yang diam dan akhirnya tersambung menjadi satu. Proses pengelasan dengan FSW terjadi pada temperatur 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.

Untuk menghasilkan hasil pengelasan yang baik pada *friction stir welding*, ada banyak parameter yang harus diperhatikan diantaranya putaran *tool*, kecepatan lintasan, diameter *tool shoulder* dan sudut kemiringan *tool*. Salah satu parameter proses yang paling penting yaitu diameter *tool shoulder*. Variasi diameter *tool shoulder* akan berpengaruh terhadap hasil pengelasan yang mencakup sifat mekanik dan struktur mikro hasil pengelasan.

Variasi diameter *tool shoulder* ini terdiri dari diameter 16 mm, 18 mm dan 20 mm. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi diameter *tool shoulder* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada proses pengelasan *friction stir welding* ini dilakukan di laboratorium Permesinan Universitas jember dan di laboratorium Desain dan Uji Bahan Jurusan Universitas Jember. Material yang digunakan yaitu Aluminium AA 1100 dengan tebal 4 mm.

Dari gambar foto makro diketahui adanya cacat berupa *incomplete penetration* pada setiap variasi pengelasan. Cacat *incomplete penetration* adalah

adanya cacat karena kurangnya penekanan *tool* sehingga terjadi lubang seperti *wormholes*. *Wormholes* terbesar terdapat pada hasil pengelasan dengan diameter *tool shoulder* 20 mm. Dalam hal ini pemantauan dan kalibrasi alat yang digunakan dalam pengelasan juga berpengaruh terhadap hasil pengelasan yang terjadi.

Kekuatan tarik tertinggi (UTS) terbesar terdapat pada proses pengelasan menggunakan diameter *tool shoulder* 18 mm yaitu sebesar 63,52 MPa, kemudian berturut-turut yaitu diameter *tool shoulder* 16 mm sebesar 53,61 MPa, dan diameter *tool shoulder* 20 mm sebesar 49,44 MPa. Sedangkan untuk regangan terbesar terjadi pada proses pengelasan dengan diameter *tool shoulder* 18 mm yaitu sebesar 23,43%, dan untuk diameter *tool shoulder* 16 mm dan 20 mm nilai regangannya sama yaitu sebesar 20,31%.

Kekuatan tarik tertinggi (UTS) terbesar terdapat pada proses pengelasan menggunakan diameter *tool shoulder* 18 mm yaitu sebesar 63,52 MPa. Hal ini dikarenakan input panasnya lebih besar dan lebih merata dibandingkan dengan diameter *tool shoulder* 16 mm dan 20 mm. Input panas pada *friction stir welding* ini diperoleh dari gesekan *tool* yang berputar dengan benda kerja yang diam sehingga panas ini akan mampu melumerkan benda kerja yang diam dan benda kerja ini akan tersambung menjadi satu. Apabila input panasnya rendah maka benda kerja tidak lumer sempurna dan akan cenderung timbul cacat berupa cacat *wormholes*. Cacat inilah yang nantinya akan mengurangi sifat mekanik dari lasan salah satunya yaitu kekuatan tarik.

Analisa hasil uji impak pada pengelasan *friction stir welding* dengan variasi diameter *tool shoulder* didapat harga impak (HI) yang tidak sama. Pengelasan dengan variasi diameter *tool shoulder* 16 mm didapat harga impak rata-rata sebesar 1,5867 J/mm², untuk variasi diameter *tool shoulder* 18 mm harga impak rata-rata sebesar 1,6528 J/mm² sedangkan untuk variasi diameter *tool shoulder* 20 mm harga impak rata-rata sebesar 1,5217 J/mm².

SUMMARY

Mechanical Properties and Micro Structure of Aluminum AA1100 in Friction Stir Welding as Effect of Tool Shoulder Diameter Variation; Intan Maimuna; 081910101059; 2012; 85 pages; Mechanical Engineering; Engineering Faculty of Jember University.

FSW (Friction Stir Welding) is one solution that can be used as an alternative to aluminum welding process. FSW is the working principle of utilizing the friction of the rotating workpiece with a stationary workpiece another so that the resulting heat and the heat can melt the workpiece is stationary and connected to one end. FSW welding process to occur at the solvus temperature, so there is no reduction in strength due to aging and dissolution of the precipitate over coherent. Because the welding temperature is too high, then the residual stress and distortion are formed due to heat is also low.

To produce good results in friction welding stir welding, there are many parameters that must be considered include rotation tool, the speed of the track, the diameter of the tool shoulder and the angle of the tool. One of the most important process parameters, namely the diameter of the tool shoulder. Tool shoulder diameter variations will affect the outcome of welding which includes the mechanical properties and the microstructure of the weld.

Tool shoulder diameter variation is composed of 16 mm diameter, 18 mm and 20 mm. This study aims to determine the effect of tool shoulder diameter variation of mechanical properties and microstructure in friction stir welding process of welding is performed in the laboratory of the University of muddy and in Machinery Design and Test Laboratory Department of Materials University of Jember. The material used is aluminum AA 1100 with a 4 mm thick.

From a macro image of a defect known to be incomplete weld penetration in each variation. Incomplete penetration defect is a defect due to lack of emphasis that

occurred hole tools such as wormholes. Wormholes are the largest in the welding tool with shoulder diameter of 20 mm. In this case the monitoring and calibration of equipment used in welding, also affected the results of the welding was going on.

The highest tensile strength (UTS), the largest found in the welding process using the tool shoulder diameter of 18 mm that is equal to 63,52 MPa, and then successively the tool shoulder diameter of 16 mm by 53,61 MPa, and the tool shoulder diameter of 20 mm by 49,44 MPa. As for the greatest strain occurs in the welding process with the tool shoulder diameter of 18 mm that is equal to 23,43%, and for the tool shoulder diameter of 16 mm and 20 mm in the same strain value that is equal to 20,31%.

The highest tensile strength (UTS), the largest found in the welding process using the tool shoulder diameter of 18 mm that is equal to 63,52 MPa. This is because the heat input is greater and more equitable than the tool shoulder diameter of 16 mm and 20 mm. Heat input in friction stir welding is obtained from the friction of the rotating tool with a stationary workpiece so that the heat will be able to melt the workpiece is stationary and the workpiece will be connected into one. If the input is low, the heat melts the workpiece is not perfect and will likely arise in the form of defect defect wormholes. These defects which will reduce the mechanical properties of weld one of them is the tensile strength.

Analysis of test results of friction stir welding impact on the welding tool shoulder diameter variations obtained price impact (HI) are not the same. Welding with a variety of tool shoulder diameter of 16 mm obtained an average price impact of 1,5867 J/mm², for variations in tool diameter 18 mm shoulder impact the price of an average of 1,6528 J/mm² while for the variation tool shoulder diameter of 20 mm price impact by an average of 1,5217 J/mm².

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium AA1100 pada Proses Friction Stir Welding dengan Variasi Diameter Tool Shoulder*” 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. Ir. Widyono Hadi, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Mahros Darsin S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Sumarji, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini;
3. Hary Sutjahjono, S.T., M.T. dan Ir. F.X. Kriatianta, M. Eng., selaku dosen penguji;
4. Semua Dosen Teknik Mesin yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, terima kasih atas semua bimbingan, semangat, dan waktu yang telah bapak berikan dan ajarkan;
5. Semua guruku mulai dari SD sampai SMA yang telah mengajarkanku banyak hal dalam menuntut ilmu;
6. Kisah cintaku sepanjang jalan, terima kasih banyak atas semua dukungan yang telah diberikan untukku;
7. Tim FSW tercinta, terima kasih banyak atas kerja samanya;
8. Andre Las dan Uyab Elektro, kalian sungguh berarti demi kelancaran pengerjaan skripsi ini;

9. Teman-teman Mc' Engine 08 yang selalu memberi dukungan dalam setiap langkah ini. Suwun sanget rek;

10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan dan Manfaat	5
1.4.1 Tujuan.....	5
1.4.2 Manfaat.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pengelasan	7
2.2 Las Gesek	8
2.2.1 Linier Friction Welding	8
2.2.2 Friction Stir Welding (FSW)	9
2.3 Variabel-variabel yang Berpengaruh pada FSW	10

2.4 Kelebihan Friction Stir Welding	14
2.5 Struktur Mikro Hasil Pengelasan	15
2.6 Jenis-jenis Sambungan pada FSW	16
2.7 Aluminium	17
2.7.1 Pengertian dasar Aluminium	17
2.7.2 Sifat-sifat Aluminium	18
2.7.3 Struktur Mikro Aluminium	20
2.7.4 Klasifikasi Aluminium	21
2.8 Metode Pengujian Tarik	22
2.8.1 Prinsip pengujian	23
2.8.2 Perilaku mekanik material	23
2.9 Pengujian Impak	25
BAB 3. METODE PENELITIAN	30
3.1 Metode Penelitian	30
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.3 Bahan dan Alat Penelitian	30
3.3.1 Bahan	30
3.3.2 Alat	31
3.4 Variabel Penelitian	31
3.4.1 Variabel Bebas	31
3.4.2 Variabel Terikat	32
3.4.3 Variabel Kontrol	32
3.5 Prosedur Penelitian	32
3.5.1 Proses Pengelasan	32
3.5.2 Pengujian	33
3.6 Proses Tarik	33
3.7 Pengamatan Struktur Mikro	34
3.8 Pengujian Impak	36
3.9 Teknik Penyajian Data	37

3.10 Teknik Analisis Data	37
3.11 Diagram Alir Penelitian	38
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Pengelasan Friction Stir Welding	39
4.2 Hasil Uji Foto Makro dan Mikro	40
4.2.1 Hasil Uji Foto Makro	40
4.2.2 Hasil Uji Foto Mikro	44
4.3 Hasil Uji Tarik.....	51
4.3.1 Patahan Hasil Uji Tarik	54
4.4 Hasil Uji Impak	55
4.4.1 Patahan Hasil Uji Impak	58
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Klasifikasi Pengelasan	7
2.2 <i>Linier Friction Welding</i>	8
2.3 Prinsip <i>Friction Stir Welding</i>	10
2.4 Gerakan <i>Tool</i>	10
2.5 Visualisasi kedalaman ceburan dan Tekanan <i>Tool</i>	12
2.6 Macam-macam desain <i>tool</i> pada FSW	14
2.7 Struktur mikro hasil pengelasan dengan metode <i>friction stir welding</i> ..	15
2.8 <i>Joint configurations for friction stir welding</i>	17
2.9 Struktur mikro aluminium murni dan paduan.....	20
2.10 Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji terbuat baja ulet	24
2.11 Ilustrasi skematis pengujian impak dengan benda uji <i>charpy</i>	26
2.12 Ilustrasi tampilan perpatahan benda uji hasil uji impak <i>charpy</i>	27
2.13 Skema <i>charpy impact test</i>	28
3.1 Spesimen uji tarik standar ASTM B557M-02 a.....	33
3.2 Spesimen uji impak standar ASTM E23-01 type A.....	36
3.3 <i>Flowchart</i> penelitian	38
4.1 Hasil pengelasan <i>friction stir welding</i>	39
4.2 Visualisasi hasil pengelasan <i>friction stir welding</i>	40
4.3 Foto makro hasil pengelasan dengan variasi diameter <i>tool shoulder</i> ...	41
4.4 Struktur mikro base metal Aluminium AA 1100	45
4.5 Struktur mikro daerah <i>stir zone</i> dengan variasi diameter <i>shoulder</i>	46
4.6 Struktur mikro daerah transisi antara TMAZ dan HAZ.....	48
4.7 Struktur mikro daerah HAZ dengan variasi diameter <i>shoulder</i>	50
4.8 Grafik variasi diameter <i>tool shoulder</i> terhadap kekuatan tarik	52
4.9 Grafik variasi diameter <i>tool shoulder</i> terhadap regangan	52
4.10 Bentuk perpatahan hasil pengujian tarik	54

4.11	Grafik variasi diameter <i>tool shoulder</i> terhadap harga impak	57
4.12	Bentuk patahan pada hasil uji impak	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sifat mekanik aluminium	19
2.2 Komposisi aluminium AA 1100	22
3.1 Rancangan perhitungan data uji tarik.....	34
4.1 Data hasil pengujian tarik.....	51
4.2 Data hasil pengujian impak	56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A	64
LAMPIRAN B	66
LAMPIRAN C	67
LAMPIRAN D	76
LAMPIRAN E	83
LAMPIRAN F	85