



**SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM
PADUAN [Al-Mg-Si] HASIL PENGELASAN
LINIER FRICTION WELDING DENGAN
VARIASI *FRICTION TIME***

SKRIPSI

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

Oleh:

**Amri Hadi
NIM 081910101019**

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. **Allah SWT.** Syukur alhamdulillah atas segala kemudahan yang telah diberikan, semoga ridho dan ampunan-Mu selalu mengiringi tiap langkah hamba-Mu yang lemah ini.
2. **Rasulullah SAW.** Terima kasih atas petunjuk dan keteladanan yang telah kau berikan hingga jiwa ini penuh dengan kedamaian dan keikhlasan.
3. **Ibu, Mama dan Ayah tersayang, (Almh) Yuli Tugiarti, Venensia Evelin Junardi dan Juma'i, Adik-adikq tercinta (Almh) Dwi Retno Mandasari, Verian Maulana Junardi, Sebastian Revan Junardi .** Terima kasih atas semua hampan cinta-kasih, doa-doa serta pengorbanan yang telah diberikan sehingga aku masih bisa tetap tersenyum sampai saat ini. Atas setiap doa, keringat, rupiah, pengorbanan, setiap hal kecil yang telah tcurahkan dan mendidik anakmu yang bengal ini dengan penuh kesabaran. Yang aku berikan ini tidak akan cukup untuk membalas semua yang telah kalian berikan.
4. **Almamaterku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Jember.** Yang telah mengantarkanku kejenjang pendidikan yang lebih tinggi.
5. **Arek-Arek MC' Engine 08.** (Alm) Sareka, Roni, Skrep, Gahan, Apink, Indra, Umar, Bang Fandy, Fendy, Nata, Intan, Wahyu, Deni koko, Anggun, Sinung, Khoi, Hiding, Ragil, Ferdi, Deni, Fuad, Antok, Husni, Jeki, Andre, Andre Cahya, Afief, Radit, Rifky, Emen, Bayu, Faisal, Amuthi, Omega, Neno, Dani, Eko, Eka, Hanung, Dimas, Sabar, Erik, Wildan, Sulis, Kemal, Bagus, Ardhi, Saifi, Asik, Nuron, Ferdy setiap centi perjalanan dengan kalian tak kan pernah terlupakan olehku. *"Keep Solidarity Forever"*.
6. **Semua Teman-teman, Saudara, Kakak-kakak Angkatan** yang tidak bisa aku sebutkan satu persatu, aku ucapkan banyak banyak terimakasih

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)*

*Lakukan apa yang bisa kamu lakukan untuk hari ini, jangan menunda nunda lagi,
SOLIDARITY FOREVER
(Amri Hadi)*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amri Hadi

NIM : 081910101019

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul: “*Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Paduan [Al-Mg-Si] Hasil Pengelasan Linier Friction Welding dengan Variasi Friction Time*” 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, 23 Oktober 2012

Yang menyatakan,

Amri Hadi

NIM 081910101019

SKRIPSI

SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM PADUAN [Al-Mg-Si] HASIL PENGELOMAN *LINIER FRICTION WELDING* DENGAN VARIASI *FRICTION TIME*

Oleh

Amri Hadi

NIM 081910101019

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Paduan [Al-Mg-Si] Hasil Pengelasan Linier Friction Welding dengan Variasi Friction Time*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 24 Oktober 2012

Tempat : Lab. Mekatronika Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

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

Anggota I,

Hari Arbiantara B., S.T., M.T.
NIP 196709241994121001

Sekretaris,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP 19681205 199702 1 0 02

Anggota II,

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

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

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

RINGKASAN

Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Aluminium Paduan [Al-Mg-Si] Hasil Pengelasan *Linier Friction Welding* Dengan Variasi *Friction Time*; Amri Hadi, 081910101019; 2012: 60 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Saat ini perkembangan dunia industri berkembang pesat, baik di Indonesia maupun secara global. Perkembangan di industri tidak dapat dilepaskan dari peran penting pengelasan. Pengelasan adalah penyambungan setempat antara dua buah logam atau lebih dengan memanfaatkan energi panas. Penggunaan pengelasan sangat luas, mulai dari penyambungan pada konstruksi bangunan, perakitan otomotif dan penambangan. Penggunaan pengelasan secara luas bertujuan untuk mendapatkan suatu konstruksi yang lebih ringan dan sederhana sehingga biaya yang dikeluarkan lebih murah.

LFW *Linier Friction Welding* merupakan salah satu Metode pengelasan dimana sumber panas yang dipakai untuk mencairkan benda kerja berasal dari gesekan kedua benda kerja. Prinsip kerja FSW adalah memanfaatkan gesekan dari benda kerja yang berputar dengan benda kerja lain yang diam sehingga timbul panas dan panas tersebut mampu melelehkan benda kerja yang saling bersinggungan dan akhirnya tersambung menjadi satu.

Penelitian tentang variasi waktu pengelasan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada proses pengelasan *Linier Friction Welding* ini dilakukan di laboratorium Permesinan Universitas jember, laboratorium Pengujian Bahan Universitas Brawijaya dan di laboratorium Desain dan Uji Bahan Jurusan Universitas Jember. Material yang digunakan yaitu Aluminium Paduan Al-Mg-Si.

Dari pengamatan makro diketahui pada semua variasi pengelasan terdapat cacat porositas. Cacat porositas ini terjadi karena gas hydrogen yang berasal dari lingkungan, dipaksa didorong keluar oleh gaya sentrifugal yang dialami pada proses pengelasan. Dari pengamatan struktur pengamatan mikro di atas daerah Zpl partikel

Mg₂Si tersebar merata dan halus, hal ini disebabkan daerah Zpl mengalami proses gesekan antar permukaan pada saat proses pengelasan berlangsung. Struktur mikro daerah Zpl untuk setiap variasi , *friction time* 20 detik/1600 rpm, *friction time* 45 detik/1600 rpm, *friction time* 80 detik/1600 rpm, dan *friction time* 120 detik/1600 rpm tidak ada perbedaan. Dibanding dengan base metal, butiran Mg₂Si di daerah Zpl ukurannya lebih kecil dan halus. Pada daerah Zpd/HAZ juga tampak untuk setiap variasi parameter *friction time*. Namun jika diperhatikan daerah pengaruh panas pengelasan dengan *friction time* 45 detik/1600 rpm terlihat lebih dominan dan lebih merata susunannya karena butirannya kecil serta halus dibanding dengan variasi *friction time* yang lain yang butirannya normal dan juga merata. Hal ini disebabkan karena daerah Zpd atau HAZ ini hanya terpengaruh oleh panas, daerah ini umum terjadi pada setiap proses pengelasan. Butiran Mg₂Si pada daerah Zud pada masing-masing variasi *friction time* 20 detik/1600 rpm, *friction time* 45 detik/1600 rpm, *friction time* 80 detik/1600 rpm, dan *friction time* 120 detik/1600 rpm terdapat perbedaan, butiran Mg₂Si pada *friction time* 45detik/1600rpm cenderung merata, berukuran agak besar dan jumlahnya banyak dibandingkan dengan variasi *friction time* yang lain.

Kekuatan tarik tertinggi (UTS) terbesar terdapat pada proses pengelasan menggunakan *friction time* 45 detik/1600 rpm yaitu sebesar 61,07 MPa, namun *friction time* 20 detik/1600 rpm hanya sebesar 28,81Mpa, kemudian berturut-turut yaitu *friction time* 80 detik/1600 rpm sebesar 52,97 MPa, dan *friction time* 120 detik/1600 rpm sebesar 43,69 MPa. Hal ini disebabkan pengelasan dengan variasi *friction time* 45 detik/1600 rpm cenderung memiliki butiran-butiran Mg₂Si yang lebih banyak dan lebih halus dibandingkan dengan variasi *friction time* yang lain.

SUMMARY

Mechanical properties and micro structure of alluminium alloy [Al-Mg-Si] as results of time variation in linear friction welding; Hadi Amri, 081910101019; 2012: 60 pages; Mechanical Engineering Program of Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Today, the development of industry rapidly growing in Indonesia even global. Development in the industry can not be separated from the role of welding. Welding is a local connection between two or more pieces of metal by utilizing heat energy. The use of welding is very broad, ranging from splicing in building construction, auto assembly and mining. The use of welding broadly aims to obtain a construction that makes it lighter and simpler so that the costs which spent are cheaper.

LFW Linear Friction Welding is one of a method of welding where the heat source used to melt the workpiece comes from the friction of two bodies of work. FSW working principle is using the friction of the rotating workpiece with another static workpiece till causing heat and melting both of them and finally connected into one piece.

Research of welding timing variation on the mechanical properties and microstructure on Linear Friction Welding process is done in-lab machinery Jember University, Testing Materials laboratory of Brawijaya University and Design - Materials Testing Laboratory Department University of Jember. The material used is Mixed-Aluminum Al-Mg-Si.

From the macro observations known that on all variation of welsing there is defective porosity. This porosity defects occured because hydrogen gas which comes from the environment, forced pushed out by centrifugal force experienced during the welding process. From observations on the micro-structure observation area ZPL Mg₂Si particles spread evenly and smooth, this is due to the area having the ZPL friction between surfaces during the welding process takes place. ZPL local

microstructure for each variation, *friction time* 20 seconds/1600 rpm, *friction time* 45 seconds/1600 rpm, *friction time* 80 seconds/1600 rpm, dan *friction time* 120 seconds/1600 rpm, there is no difference. Compared to the base metals, a grain of Mg₂Si in the ZPL is smaller and smoother. Zpd / HAZ area also appear for variation parameters of friction time. However, if it observed, welding heating influenced area with *friction time* 45 seconds/1600 rpm look more dominant and more equitable arrangement for small grains and smooth grains compared with the other friction time variations which normal granules and also equitable. This is because the area of Zpd or HAZ is only affected by the heat, the area is commonly occur to each of the welding process. Mg₂Si granules in Zud area on each variations *friction time* 20 seconds/1600 rpm, *friction time* 45 seconds/1600 rpm, *friction time* 80 seconds/1600 rpm, dan *friction time* 120 seconds/1600 rpm there is a difference, the Mg₂Si grain on friction time 45 seconds/1600rpm tends to flatten, rather large size and numerous than another variations of friction time.

Ultimate tensile strength (UTS), the largest are in the process of welding on friction time 45 seconds/ 1600rpm is about to 61.07 MPa, but friction time 20 seconds/1600 only 28.81 MPa, respectively then the friction time 80 seconds / 1600 rpm is about 52.97 MPa and friction time 120 seconds/1600 rpm is about 43.69 MPa. This is due to welding which variation of friction time 45 seconds/ 1600 rpm tend to have Mg₂Si grains more numerous and more refined than the other variations of the friction time.

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 Paduan [Al-Mg-Si] Hasil Pengelasan Linier Friction Welding dengan Variasi Friction Time*” 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 Hary Sutjahjono, 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. Hari Arbiantara B., S.T., M.T. dan Sumarji S.T., M.T., selaku dosen penguji;
4. Bapak Ahmad Syuhri, F.X. Kristianta, Aris Zainul, Santoso Mulyadi, Salahudin Junus, Imam Solahuddin, Robertus Sidartawan, Andi Sanata, Nurkoyim, Yuni Hermawan dan 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. Pak Hastomo selaku teknisi Laboratorium Pengujian Bahan Universitas Brawijaya yang telah membantu pengujian kekerasan dan pengamatan makro;
6. Ayah, Bapak, Ibu, Kakek, Nenek dan adik-adik tercinta terimakasih untuk semuanya;

7. Teman-teman Mc' Engine 08 dan teman diskusi Skrip, Gahan, Alvin, Indra, Nata, dan semua yang tak bisa saya sebut satu persatu terima kasih banyak dukungannya selama ini semoga keluarga ini tak bisa dipisahkan jarak dan waktu;
8. Mas-mas angkatan tua Mas Molen (Wahyu) “suwun mas bimbingane”, Teman-teman ngolil;
9. Teman-teman serta kerabat semasa KKN : Abdullah, Faliq, Saiful, Arin, Nyla, Desinta, Mbak Vera, Rony “Ngolil”, Sinung “Cacak”, duo Irham, Mbak Rully, mbak Paulin, Gebri, Zaenal, maz Andi, Mutiara, Tiara serta Bapak Herman selaku DPL yang telah memberi motivasi, thanks for everything;
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, penulis ucapkan banyak-banyak terima kasih.

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

Jember, Oktober 2012

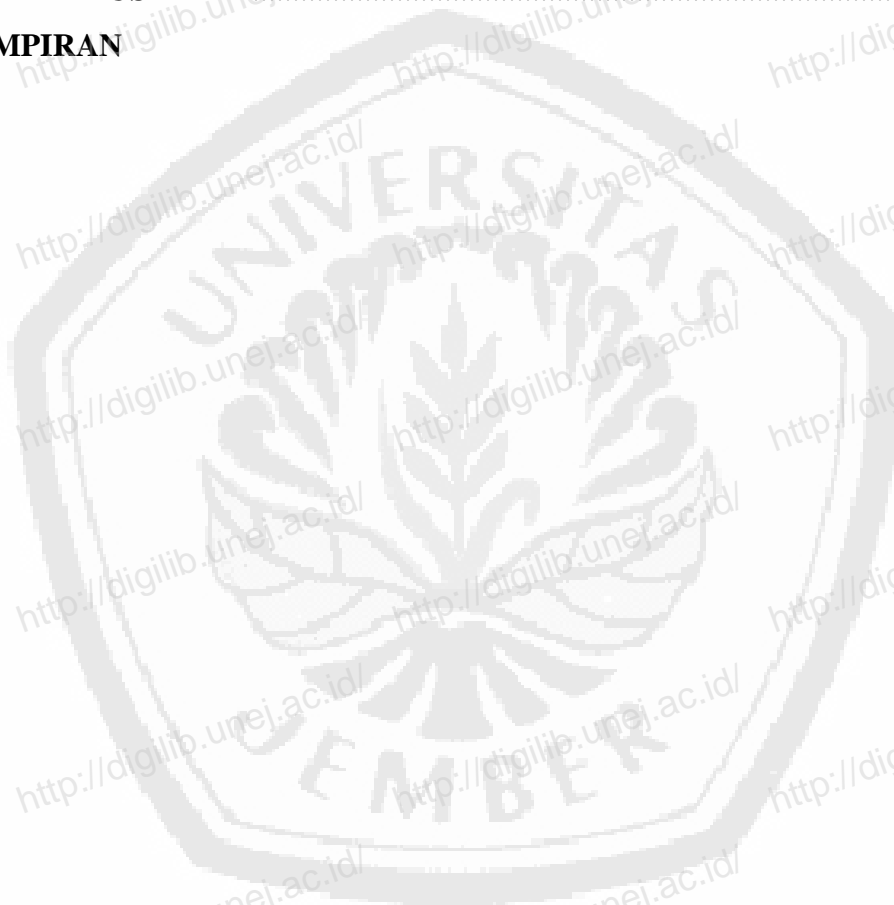
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Aluminium	6
2.2.1 Sejarah Aluminium	6
2.2.2 Pengertian Aluminium	6
2.2.3 Kegunaan Aluminium	7
2.3 Standarisasi Aluminium	8
2.4 Sifat Mampu Las Aluminium	9
2.5 Paduan Al-Mg-Si	10
2.6 Pengelasan	11
2.7 Las Gesek (<i>Friction Welding</i>)	12

2.7.1 Friction Stir Welding	12
2.7.2 Linier Friction Welding	13
2.8 Kelebihan Pengelasan Gesek	14
2.9 Aplikasi Pengelasan Gesek.....	16
BAB 3. METODE PENELITIAN	23
3.1 Metode Penelitian	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.3 Bahan dan Alat Penelitian	23
3.3.1 Bahan.....	23
3.3.2 Alat.....	24
3.4 Variabel Penelitian	24
3.4.1 Variabel Bebas	24
3.4.2 Variabel Terikat	24
3.4.3 Variabel Kontrol.....	25
3.5 Proses Pengelasan.....	25
3.6 Proses Pengujian.....	26
3.6.1 Pengujian Tarik	26
3.6.2 Pengujian Kekerasan	28
3.6.3 Pengamatan Struktur Mikro	29
3.7 Dimensi Benda Kerja	30
3.8 Teknik Penyajian Data	30
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.10 Jadwal Kegiatan Penelitian	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Pengelasan <i>Linier Friction Welding</i>	33
4.2 Hasil Uji Foto Makro dan Mikro	33
4.2.1 Hasil Uji Foto Makro	33
4.2.2 Hasil Uji Foto Mikro	35

4.3 Hasil Uji Tarik	40
4.4 Hasil Uji Kekerasan	44
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Diagram Fase Magnesium-Silikon pada paduan Aluminium	11
2.2 Klasifikasi Pengelasan	12
2.3 Tiga variasi pergerakan las gesek	13
2.4 <i>Linier Friction Welding</i>	14
2.5 Lima dasar tipe pengelasan gesek (<i>friction welding</i>).....	14
2.6 Bagian Sambungan Las Gesek.....	15
2.7 Terapan Paduan Aluminium Pada komponen Mesin.....	16
2.8 Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji terbuat baja ulet	18
2.9 Skematis prinsip indentasi dengan metode Brinell.....	20
2.10 Hasil indentasi Brinell.....	21
2.11 Skematis prinsip indentasi dengan metode Vickers.....	21
3.1 Skema alat pengujian gesek	26
3.2 Bagian Sambungan Las Gesek.....	28
3.3 Dimensi benda kerja.....	30
4.1 Hasil pengelasan <i>linier friction welding</i>	33
4.2 Foto makro hasil pengelasan dengan variasi <i>friction time</i>	34
4.3 Struktur mikro <i>base metal</i> Aluminium Al-Mg-Si seri 6061	35
4.4 Struktur mikro daerah <i>Zpl</i> dengan variasi <i>friction time</i>	36
4.5 Struktur mikro daerah <i>Zpd</i> dengan variasi <i>friction time</i>	37
4.6 Struktur mikro daerah <i>Zud</i> dengan variasi <i>friction time</i>	38
4.7 Grafik variasi <i>friction time</i> terhadap kekuatan tarik.....	41
4.8 Grafik variasi <i>friction time</i> terhadap regangan.....	41
4.9 Bentuk patahan pada masing-masing variasi <i>friction time</i>	43
4.10 Bentuk perpatahan hasil pengujian tarik.....	44
4.11 Grafik nilai kekerasan hasil pengelasan dengan variasi <i>friction time</i> ...	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Parameter Pengujian.....	26
3.2 Rancangan Perhitungan Data Uji Tarik	27
3.3 Rancangan Perhitungan Data Uji Kekerasan	29
3.4 Rencana Jadwal Kegiatan Penelitian	32
4.1 Komposisi Kimia Aluminium 6061	39
4.2 Data Hasil Pengujian Tarik	40
4.3 Tabel uji kekerasan	45

