



**ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO
ALUMINIUM PADUAN Al-Mg-Si HASIL PENGELOMAN *LINIER*
FRICTION WELDING DENGAN VARIASI
*ROTATION SPEED***

SKRIPSI

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

Oleh

**Fendi Anggara
NIM 081910101027**

**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 ini.
2. **Rasulullah SAW.** Terima kasih atas petunjuk dan keteladanan yang telah kau berikan hingga jiwa ini penuh dengan kedamaian dan keikhlasan.
3. **Ibunda dan Ayahanda tercinta, Sami Nuryati dan Abdul Jalil.** 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. **Mbah Sarima dan adek Zela.** Dengan pengorbanan, perhatian, semangat, kasih sayang dan cintamu yang telah menjadi motivasiku dan semangatku.
5. **Semua Dosen Teknik Mesin.** Terima kasih atas semua bimbingan, semangat, dan waktu yang telah bapak berikan dan ajarkan;
6. **Almamaterku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Jember.** Yang telah mengantarkanku kejenjang pendidikan yang lebih tinggi.
7. **Arek-Arek MC' Enggine 08.** Roni "Swew", Skrep NHS, Gahan "SiBudi", Apink "TERlalu", Amri "Marhapik, Umar "knalpot", Bang Fandy "BF", Intan, Wahyu, Deni "Cino", Anggun "Persie", Sinung "Emo", Khoi "Jekko", Hiding "33", Ragil "Finishing", Ferdi, Deni "Begal", Fuad "Antok", Antok "Fuad", Husni, Jekki, Andre "Las", Andre "Copet", Afief "Kotok", Radit, Rifky "HAP", Emen "Martabak", Bayu "Lek", Faisal "Lie", Indra, Amuthi, Omega, Neno, Dani, Eko "Friday", Eka "Untu", Hanung "Autis", Dimas "Om", Sabar "OraUmum", Alm.Sareka, Erik "Pokerman", Wildan "Tewel", Sulis "KiJokoBodo", Kemal "Uan", Bagus, Ardhi "Kodok", Saipi "CinoBangkrut",

Syaifuddin “Asik”, setiap mili perjalanan dengan kalian tak kan pernah terlupakan olehku. ”*Keep Solidarity Forever*”. Dijogo terus rek KUMPULANE.

8. **Ituk Nurindi**, Dengan pengorbanan, perhatian, semangat, kasih sayang dan cintamu yang telah menjadi motivasiku dan semangatku. Terimakasih banyak buat semuanya.
9. **Arek-Arek Kosan The Gie Company**: Indra, Faid “bela”, Bodebo Cemara, Fandi, Adit, Uda Faisal dan maksum. Sing penting kosan aman terkendali, ayo masak bareng maneh rek.



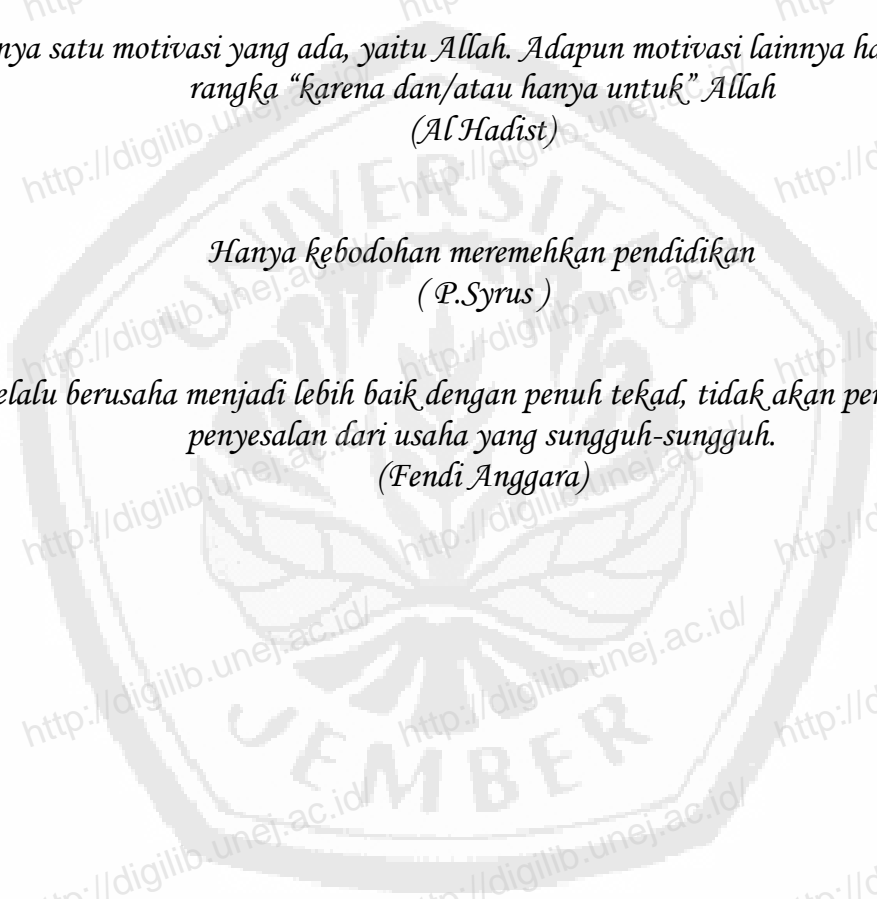
MOTTO

*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)*

*Hanya kebodohan meremehkan pendidikan
(P.Syrus)*

*Selalu berusaha menjadi lebih baik dengan penuh tekad, tidak akan pernah ada penyesalan dari usaha yang sungguh-sungguh.
(Fendi Anggara)*



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fendi Anggara

NIM : 081910101027

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul: “*Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Al-Mg-Si Hasil Pengelasan Linier Friction Welding dengan Variasi Rotation Speed*” 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, 08 Oktober 2012

Yang menyatakan,

Fendi Anggara

NIM 081910101027

SKRIPSI

**ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO
ALUMINIUM PADUAN Al-Mg-Si HASIL PENGELASAN LINIER
FRICTION WELDING DENGAN VARIASI
ROTATION SPEED**

Oleh

Fendi Anggara
NIM 081910101027

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

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

Hari : Senin

Tanggal : 29 Oktober 2012

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

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

Anggota I,

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

Sekretaris,

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

Anggota II,

Ir. FX. Kristianta, M. Eng
NIP. 19650120 200112 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

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

RINGKASAN

Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Al-Mg-Si Hasil Pengelasan Linier Friction Welding dengan Variasi Rotation Speed; Fendi Anggara, 081910101027; 2012: 76 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pengelasan merupakan bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir tidak mungkin pembangunan suatu pabrik tanpa melibatkan unsur pengelasan. Penggunaan pengelasan secara luas bertujuan untuk mendapatkan suatu konstruksi yang lebih ringan dan sederhana sehingga biaya yang dikeluarkan lebih murah. Namun pada kenyataannya tidak semua logam yang dipergunakan di industri dapat dengan mudah dilas, salah satu contohnya aluminium.

LFW (*linier friction welding*) merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan *fusion welding* (pengelasan cair). Pada pengelasan gesek (*linier friction welding*) proses penyambungan logamnya tanpa pencairan (*solid state process*), yang mana proses pengelasan terjadi sebagai akibat penggabungan antara laju putaran salah satu benda kerja dengan gaya tekan yang dilakukan oleh benda kerja yang lain terhadap ujung benda kerja yang berputar sehingga mampu melumerkan dan akhirnya terjadi proses penyambungan.

Pada pengelasan gesek (*friction welding*) terjadi beberapa fenomena fisik, seperti perubahan panas akibat gesekan, deformasi plastis, solidifikasi, perubahan struktur dan sebagainya. Adapun parameter penting dalam proses pengelasan gesek (*friction welding*) meliputi *friction time*, *rotation speed* dan *friction pressure*.

Penelitian tentang variasi kecepatan pengelasan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada proses pengelasan friction stir welding ini dilakukan di laboratorium Permesinan Universitas jember, laboratorium Pngujian Bahan

Universitas Brawijaya dan di laboratorium Desain dan Uji Bahan Jurusan Universitas Jember. Material yang digunakan yaitu Aluminium AA6061.

Dari pengamatan makro diketahui pada semua variasi pengelasan terdapat cacat *porositas*. Hal ini terjadi karena adanya udara/gas yang terperangkap pada saat pengelasan. Penyebab lainnya yaitu; kelembaban atmosfer dan kontaminasi bahan lain seperti minyak, pelumas atau kotoran lain. Cacat *porositas* terbesar terdapat pada hasil pengelasan dengan *rotation speed* 1800 rpm. Hasil pengujian tarik diperoleh bahwa rata-rata Ultimate Tensile Strength (UTS) untuk pengelasan dengan menggunakan *rotation speed* 800 adalah 108.81 MPa, untuk *rotation speed* 1300 sebesar 77.857 MPa, dan untuk *rotation speed* 1800 rpm sebesar 71.548 MPa. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa kekuatan tarik tertinggi (UTS) terbesar terdapat pada proses pengelasan menggunakan *rotation speed* 800.

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa logam las kekerasannya lebih rendah daripada logam induk. Rata-rata nilai kekerasan paling besar terjadi pada pengelasan dengan *rotation speed* 800 yaitu sebesar 71.667 BHN pada base metal, 63.333 BHN di daerah HAZ, 67 di weld metal, sedangkan kekerasan paling rendah terjadi pada variasi *rotation speed* 1800 rpm. Hal ini terjadi karena pada pengelasan dengan *rotation speed* 800 menghasilkan butiran $FeAl_3$ yang halus. Butiran yang halus strukturnya lebih rapat-sehingga ikatan antar atomnya lebih kuat. Rata-rata nilai kekerasan terendah terjadi pada daerah HAZ yaitu daerah terpengaruh panas karena pada daerah HAZ ini grain yang terbentuk kasar dan besar.

Hasil pengujian puntir diperoleh bahwa kekuatan rata-rata untuk variasi *rotation speed* 800 rpm adalah 37.366 Nm, 29.778 Nm untuk variasi *rotation speed* 1300, dan 28.075 Nm untuk variasi *rotation speed* 1800. Pengelasan dengan *rotation speed* 800 rpm merupakan kekuatan puntir yang paling tinggi dibandingkan dengan variasi *rotation speed* yang lainnya. Hal ini disebabkan pada saat *rotation speed* 800 rpm panas yang dihasilkan sesuai sehingga ketika penekanan dilakukan, aluminium tersebut tidak mengalami deformasi sehingga daya puntir antar butiran logamnya terikat kuat.

SUMMARY

Analysis of Mechanical Properties and Microstructure of Aluminum Alloy Al-Mg-Si in Linear Friction Welding with Rotation Speed Variations;

Fendi Anggara, 081910101027; 2012; 76 pages; Mechanical Engineering; Engineering Faculty of Jember University

Welding is an integral part of the growth of industrial upgrading because it plays a key role in engineering and repair metal production. It is almost impossible without involving the construction of a factory welding element. The use of welding broadly aims to obtain a construction that is lighter and simpler so that the costs were cheaper. But in reality, not all metals used in industry can be easily welded, one example aluminum.

LFW (linear friction welding) is one solution to solve the difficult problem of metal grafting done by fusion welding (welding liquid). In friction welding (linear friction welding) process on the metal without melting (solid state process), which occurs as a result of the welding process a merger between the rate of one rotation of the workpiece by compressive force by another workpiece against a rotating workpiece end so as to melt and eventually the splicing process

In friction welding (friction welding) occurred several physical phenomena, such as changes in heat due to friction, plastic deformation, solidification, structure of change and so on. The important parameters in friction welding process (friction welding) includes friction time, rotation speed and friction pressure.

Research on variation of welding speed on microstructure and mechanical properties in friction stir welding process of welding is done in-lab machinery Jember University, laboratory research UB Materials and Materials Testing Laboratory Department of Design and the University of Jember. The material used is aluminum AA6061.

From the macro observations known at all there is a defective weld porosity variations. This is due to the air / gas trapped during welding. Other causes are; moisture contamination of the atmosphere and other materials such as oil, grease or other dirt. Greatest porosity defects are the result of welding with rotation speed 1800 rpm. Tensile test results obtained that the average Ultimate Tensile Strength (UTS) for welding with rotation speed 800 rpm is 108.81 MPa, for a rotation speed 1300 rpm amounted to 77 857 MPa, and for a rotation speed 1800 rpm 71 548 MPa. From these results it can be seen that the ultimate tensile strength (UTS), the largest found in the welding process using a rotation speed 800 rpm.

Hardness testing results showed that the weld metal hardness is lower than the parent metal. The average value of the greatest violence occurred in welding with the rotation speed 800 rpm is 71.667 BHN on the base metal, 63.333 BHN in the HAZ region, 67 BHN in weld metal, while the low hardness variation occurs in rotation speed 1800 rpm. This occurred because the rotation speed welding with 800 rpm produces a fine grain FeAl₃. Fine grain structure is more tightly so that the stronger the bonds between the atoms. The average value of the lowest violence occurred in the HAZ the heat affected area because the area is HAZ coarse grains formed and large.

Torsional strength testing results are obtained that the average variation of rotation speed 800 rpm is 37.366 Nm, 29.778 Nm for variation of rotation speed 1300 rpm, and 28 075 Nm for the variation of rotation speed 1800. Welding with a rotation speed of 800 rpm is the highest torsional strength compared to the other variations of rotation speed. This is due at 800 rpm rotation speed accordingly so that the heat generated when compressing, aluminum does not deform so that the torque between the metal grains fastened.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Al-Mg-Si Hasil Pengelasan Linier Friction Welding dengan Variasi Rotation Speed*” 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. Sumarji, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Mahros Darsin S.T., M.Sc., 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. FX. Kristianta, 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. Pak Hastomo selaku teknisi Laboratorium Pengujian Bahan Universitas Brawijaya yang telah membantu pengujian kekerasan;
6. Ayah, Ibu, mbah dan adek Zela tercinta terimakasih untuk semuanya;
7. Teman-teman Mc’ Engine 08 dan teman diskusi Amri “Makasih cuy atas bantuannya selama ini, tetap jadi pribadi yang gak perhitungan”, Hanung “Teman teknik paling sering bareng, meskipun dikatain autis suwun wes dadi sahabatku, pasti kangen nobar maneh”, Bang Eko “Tiap hari jogging bang, futsalan, ajeb-ajeb sampek mabuk coca-cola, ayo cepet proposal”, Koi “Temen paling mudah galau, semangat cong ojo lali kontake dele endi”, Andri

las “Suwun wes gelem nglembur garap nak pemesinan”, Faizal “Makasih ya lie udah mau bantuin aku kalo ada kesulitan benerin motor”, Skriptyan, Roni, Alvin “Suwun masukan karo support e” dan semua yang tak bisa saya sebut satu persatu terima kasih banyak dukungannya selama ini semoga keluarga ini tak bisa dipisahkan jarak dan waktu. Mc’ Engine bersatu tak bisa dikalahkan;

8. Mas Angger “Suwun mas wejangan”;
9. Teman-teman seperjuangan Faid “Makasih cong udah jadi temen yang baik dari dulu sampe sekarang, garap skripsi sampe pagi”, Debo “Makasih guys atas loyalitas dan semuanya, jangan bosen-bosen jadi temenku”, Mas Indra “Trimakasih masukannya”, Roni Sipil “Senang bisa kenal kamu boy, ayo ngecor maneh”, Zipo “Suwun wes dadi konco dolanku, nek gak KKN gak iro kenal koen aku mbot”;
10. Ituk Nurindi, “Makasih udah ngomelin aku kalo males garap skripsi, thanks for everything”;
11. 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, Oktober 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Pengelasan	8
2.3 Las Gesek	10
2.3.1 Linier Friction Welding	11
2.3.2 Friction Stir Welding (FSW)	12
2.4 Kelebihan Pengelasan Gesek	13

2.5 Daerah Heat Affected Zone (HAZ)	14
2.6 Aplikasi Pengelasan Linier Friction Welding	14
2.7 Klasifikasi Aluminium dan Paduannya	15
2.7.1 Pengertian dasar Aluminium	16
2.7.2 Sifat-sifat Aluminium	16
2.7.3 Unsur-unsur paduan logam Aluminium	17
2.7.4 Standarisasi Aluminium	18
2.8 Paduan Al-Mg-Si	19
2.9 Metode Pengujian Tarik	21
2.8.1 Prinsip pengujian	21
2.8.2 Perilaku mekanik material	21
2.10 Pengujian Kekerasan	24
2.11 Pengujian Puntir	26
BAB 3. METODE PENELITIAN	28
3.1 Metode Penelitian	28
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.3 Bahan dan Alat Penelitian	28
3.3.1 Bahan	28
3.3.2 Alat	29
3.4 Variabel Penelitian	29
3.4.1 Variabel Bebas	29
3.4.2 Variabel Terikat	29
3.4.3 Variabel Kontrol	29
3.5 Proses Pengelasan	30
3.6 Dimensi Benda Kerja	31
3.7 Proses Pengujian	32
3.7.1 Pengujian Tarik	32
3.7.2 Pengujian Kekerasan	33
3.7.3 Pengamatan Struktur Mikro	35

3.7.4 Pengujian Puntir	36
3.8 Teknik Penyajian Data	37
3.9 Teknik Analisis Data	37
3.10 Diagram Alir Penelitian	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Pengelasan Friction Stir Welding	40
4.2 Hasil Uji Foto Makro dan Mikro	40
4.2.1 Hasil Uji Foto Makro	40
4.2.2 Hasil Uji Foto Mikro	42
4.3 Hasil Uji Tarik	46
4.4 Hasil Uji Kekerasan	51
4.5 Hasil Uji Puntir	55
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

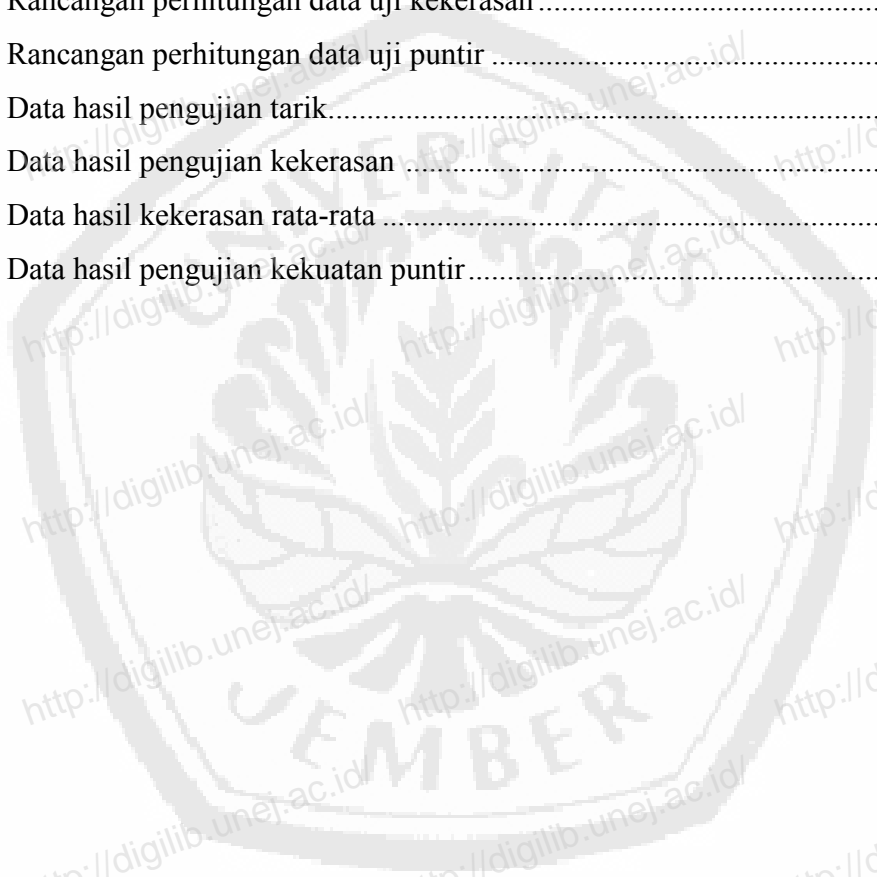
	Halaman
1.1 Parameter <i>linier friction welding</i>	3
2.1 Klasifikasi Pengelasan	9
2.2 Tiga variasi las gesek	11
2.3 <i>Linier Friction Welding</i>	12
2.4 Lima dasar tipe pengelasan gesek linier.....	13
2.5 Prinsip <i>friction stir welding</i>	13
2.6 Karakteristik kekerasan hasil pengelasan pada Al-Mg-Si	14
2.7 Aplikasi las gesek pada paduan Al-Mg-Si.....	15
2.8 Diagram fase magnesium-silikon pada paduan aluminium	18
2.9 Kurva tegangan regangan dari sebuah benda uji terbuat baja ulet.....	22
2.10 Skematis prinsip indentasi dengan metode Brinell.....	24
2.11 Hasil Indentasi Brinell.....	24
2.12 Skematis prinsip indentasi dengan metode Vickers.....	25
3.1 Skema alat <i>linier friction welding</i>	31
3.2 Dimensi benda kerja.....	31
3.3 Skema uji tarik	33
3.4 Bagian sambungan las gesek.....	34
3.5 Skema uji kekerasan.....	34
3.6 Diagram alir penelitian.....	37
4.1 Hasil pengelasan <i>linier friction welding</i>	40
4.2 Foto makro hasil pengelasan dengan variasi <i>rotation speed</i>	41
4.3 Struktur mikro base metal Aluminium AA6061.....	42
4.4 Struktur mikro daerah <i>weld metal</i> dengan variasi <i>rotation speed</i>	43
4.5 Striktur mikro daerah HAZ dengan variasi <i>feed rate</i>	44
4.6 Grafik variasi <i>rotation speed</i> terhadap kekuatan tarik.....	47

4.7	Grafik variasi <i>rotation speed</i> terhadap regangan.....	48
4.8	Bentuk perpatahan hasil pengujian tarik.....	50
4.9	Skema uji kekerasan.....	51
4.10	Grafik nilai kekerasan hasil pengelasan <i>linier friction welding</i>	52
4.11	Grafik nilai kekerasan rata-rata	53
4.12	Grafik nilai kekuatan puntir rata-rata hasil pengelasan LFW.....	55



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sifat aluminium paduan Al-Mg-Si.....	20
3.1 Rancangan proses pengujian.....	32
3.2 Rancangan perhitungan data uji tarik.....	33
3.3 Rancangan perhitungan data uji kekerasan.....	35
3.4 Rancangan perhitungan data uji puntir.....	36
4.1 Data hasil pengujian tarik.....	47
4.2 Data hasil pengujian kekerasan.....	51
4.3 Data hasil kekerasan rata-rata.....	53
4.4 Data hasil pengujian kekuatan puntir.....	55



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A	62
LAMPIRAN B	65
LAMPIRAN C	67
LAMPIRAN D	72
LAMPIRAN E	75
LAMPIRAN F	77

