



**ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO  
ALUMINIUM PADUAN [Al-Mg-Si] SERI 6061 HASIL  
PENGELASAN FRICTION WELDING DENGAN  
VARIASI TEKANAN GESEK**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Sudi Hiswara Dery Fadilla  
091910101003**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**



**ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO  
ALUMINIUM PADUAN [Al-Mg-Si] SERI 6061 HASIL  
PENGELASAN FRICTION WELDING DENGAN  
VARIASI TEKANAN GESEK**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**Sudi Hiswara Dery Fadilla  
091910101003**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**

## PERSEMBAHAN

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT serta dengan tulus ikhlas dan segala kerendahan hati skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT atas segala rizki dan hidayahnya yang telah diberikan, serta kepada junjunganku Nabi Muhammad SAW.
2. Keluargaku, Ayahanda tercinta Abd. Salam., dan Ibunda tercinta Endang Astuti., atas segala do'a, dukungan semangat dan materil. Kakak-kakakku tersayang Sudi Harjo Setyawan, Suci Astuti Sucipto, dan Almh. Suci Irma Sari yang tak henti-hentinya memberi semangat, serta saudara-saudaraku semua. Terimakasih atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, doa, pengorbanan, motivasi dan bimbingan kalian semua demi terciptanya insan manusia yang beriman, bertaqwa, berakhlak mulia, dan berguna bagi bangsa negara.
3. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Dedi dwi Laksana., S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, Bapak Ir.FX. Kristianta., M.Eng., selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Sumarji., S.T., M.T., selaku dosen penguji I, dan Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T, selaku dosen penguji II.
4. Semua guru-guruku dari Sekolah Taman Kanak-Kanak sampai Perguruan Tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbingku dengan penuh rasa sabar.
5. Almamater Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Teman-temanku yang telah membantu penelitian ini terselesaikan yaitu Firman “cacak”, Yusuf “ucup”, Muchsin, Arya '10 dan seluruh angkatan 2009 (Nine-Gine) yang telah memberikan kontribusi, dukungan, ide yang inspiratif,

dan kritikan yang konstruktif. Terimakasih atas semua kontribusi yang kalian berikan. *“Keep Solidarity Forever”*.

7. Sahabat-sahabatku Wawan “Kekok”, Rohim “Miho”, Toriq “Toyakz”, Mas Gufron, Mas kholis “Ra Kholis”, Sidqi, Firman “Cacak”, Yusuf “Ucup”, Dayat, Erik, Mas Farid, Ivan, Anja, Toni.

## **MOTTO**

“Sedekah yang paling utama adalah orang islam yang belajar suatu ilmu kemudian ia ajarkan ilmu itu kepadanya saudaranya muslim”.

(HR.Ibnu majah)

Orang-orang yang berhenti belajar akan menjadi pemilik masa lalu, Orang-orang yang masih terus belajar, akan menjadi pemilik masa depan.

(Mario Teguh)

Jadikanlah kesempatan untuk berbakti itu sebagai kenikmatan yang patut disyukuri, sebab seberat-beratnya tugas dan pengabdian tidak sesengsara orang yang tidak tahu dimana dan kepada siapa harus berbakti.

(Prof. Dr. Fuad Hasan)

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Sudi Hiswara Dery Fadilla**

NIM : **091910101003**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Paduan [Al-Mg-Si] Seri 6061 Hasil Pengelasan Friction Welding dengan Variasi Tekanan Gesek” 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, 1 April 2014  
Yang menyatakan,

Sudi Hiswara Dery F.  
NIM. 091910101003

**SKRIPSI**

**ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO  
ALUMINIUM PADUAN [Al-Mg-Si] SERI 6061 HASIL  
PENGELASAN FRICTION WELDING DENGAN  
VARIASI TEKANAN GESEK**

Oleh

Sudi Hiswara Dery Fadilla

091910101003

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir.FX. Kristianta, M.Eng.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisi Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Paduan [Al-Mg-Si] Seri 6061 Hasil Pengelasan *Friction Welding* dengan Variasi Tekanan Gesek” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Selasa, 1 April 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Dedi Dwi Laksana , S.T., M.T.  
NIP. 19691201 199602 1 001

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

Anggota I,

Anggota II,

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

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

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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



## RINGKASAN

**Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Paduan [Al-Mg-Si] Seri 6061 Hasil Pengelasan *Friction Welding* dengan Variasi Tekanan Gesek;** Sudi Hiswara Dery Fadilla; 091910101003; 97 Halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Dewasa ini teknologi pengelasan berkembang begitu pesat, hal ini terjadi karena perkembangan jaman yang semakin modern serta luasnya penggunaan teknologi pengelasan, mulai dari perakitan otomotif, penyambungan pada konstruksi bangunan, dan penambangan. Pengelasan gesek merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan *fusion welding* (pengelasan cair).

Pada pengelasan gesek (*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, gesekan yang diakibatkan oleh pertemuan dua benda kerja tersebut akan menghasilkan panas yang dapat melumerkan kedua ujung benda kerja yang bergesekan sehingga mampu melumerkan dan akhirnya terjadi proses penyambungan.

Untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik ada beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan, yaitu meliputi tekanan, gesekan, waktu tempa, waktu gesekan, tekanan tempa, tekanan gesek, dan kecepatan putar. Salah satu parameter yang paling penting adalah tekanan gesek karena semakin besar tekanan gesek maka luasan kontak pada setiap variasi akan berbeda. Variasi tekanan gesek akan berpengaruh terhadap hasil pengelasan yang mencakup sifat mekanik dan struktur mikro. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium

Paduan Al-Mg-Si, hal ini dikarenakan material ini termasuk dalam jenis logam yang dapat diperlakukan, memiliki ketahanan korosi, dan sifat mampu las yang baik.

Dari pengamatan mikro diketahui bahwa bentuk butir pada daerah *weld metal* (*Zpl*) partikel  $Mg_2Si$  tersebar lebih merata dan halus, hal ini disebabkan daerah *Zpl* mengalami proses gesekan antara permukaan pada saat proses pengelasan berlangsung. Pada daerah *Zpd*/HAZ partikel  $Mg_2Si$  terlihat lebih dominan dan lebih merata susunannya. Hal ini dikarenakan panas yang diperoleh pada *Zpl*, *Zpd*, dan *Zud* berbeda, panas pada proses pengelasan yang rendah menyebabkan laju pendinginan setelah pengelasan menjadi lebih cepat.

Hasil pengujian tarik diperoleh bahwa rata-rata Ultimate Tensile Strength (UTS) untuk pengelasan dengan menggunakan tekanan gesek 10 kgf adalah 15.51 MPa, untuk tekanan gesek 20 kgf adalah 17.5 MPa, dan untuk tekanan gesek 30 kgf sebesar 18.93 MPa. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa kekuatan tarik tertinggi (UTS) terbesar terdapat pada proses pengelasan menggunakan tekanan gesek 30 kgf.

Kekerasan paling rendah terdapat pada daerah HAZ untuk semua variasi tekanan gesek pengelasan, sedangkan untuk nilai kekerasan terendah terdapat pada variasi tekanan gesek 10 kgf, yaitu 67.76 HV pada *weld metal* (*Zpl*), 62.37 HV pada daerah HAZ (*Zpd*) dan 102.1 HV pada logam induk (*Zud*) dan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada variasi tekanan gesek 30 kgf yaitu 87.40 HV pada *weld metal* (*Zpl*), 80.17 HV pada daerah HAZ (*Zpd*) dan 108.4 HV pada logam induk (*Zud*).

## SUMMARY

**Analysis of Mechanical Properties and Structure of Micro Aluminum Alloy [Al-Mg-Si] Series 6061 Results Friction Welding Friction Welding with Pressure Variation;** Sudi Hiswara Dery Fadilla; 091910101003: 97 Pages; Tier one Program of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Nowadays welding technology developed so fast, this happens because of the development of an increasingly modern era as well as the extent of the use of welding technology, ranging from automotive assembly, splicing in building construction, and mining. Friction welding is one of the solutions to solve difficult problems connecting metal performed by fusion welding.

In friction welding process of switching the metal without melting (solid state process), which occurs as a result of the welding process merger between the rate of one rotation of the workpiece by compressive force carried by another workpiece against a rotating workpiece end, friction caused by the meeting of two of the workpiece will generate heat that can melt the two ends of the workpiece to rub so as to melt and eventually the splicing process.

To obtain good welding results there are several important parameters that need to be considered, which include pressure, friction, time forging, friction time, forging pressure, friction pressure, and rotational speed. One of the most important parameter is the frictional pressure due to the greater pressure of the frictional contact area will be different for each variation. Variations will affect the frictional pressure welding results that include mechanical properties and microstructure. The material used in this research are Aluminum Alloy Al-Mg-Si, this is because these materials are included in the types of metals that can be done with the commission of heat, corrosion resistance and good weldability properties.

From observations it is known that micro grain structure in the weld metal region Zpl  $Mg_2Si$  particles dispersed more evenly and smooth, this is caused experience the process of Zpl area of friction between surfaces during the welding process takes place. In the area Zpd / HAZ  $Mg_2Si$  particles look more dominant and more equitable arrangement. This is because the heat gained in Zpl, Zpd, and Zud different, heat on low welding process causes the cooling rate after welding to be faster.

Tensile test results obtained that the average Ultimate Tensile Strength (UTS) for welding using friction pressure 10 kgf is 15.51 MPa, for the frictional pressure 20 kgf was 17.5 MPa, and for the frictional pressure of 18.93 MPa 30 kgf. From these results it can be seen that the highest tensile strength (UTS) are the largest welding process using frictional pressure 30 kgf.

Lowest hardness present in the HAZ region for all variations of friction welding pressure, while for the lowest hardness values contained in the variation of the frictional pressure 10 kgf, ie 67.76 HV in weld metal (Zpl), 62.37 HV in the HAZ region (Zpd) and 102.1 HV on metal parent (Zud) and the highest hardness values contained in the variation of the frictional pressure of 30 kgf is 87.40 HV in weld metal (Zpl), 80.17 HV in the HAZ region (Zpd) and 108.4 HV in the base metal (Zud).

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga Allah SWT limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan membuat penulis lebih kuat dan menatap setiap hal yang penuh optimis dan berfikir positif, dalam menunjang kemampuan penulis dalam menajalani persaingan globalisasi kerja nantinya.

Skripsi ini berjudul “Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Paduan [Al-Mg-Si] Seri 6061 Hasil Pengelasan Friction Welding dengan Variasi Tekanan Gesek”. Penyusunan skripsi ini digunakan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan kepada penulis selama penyusunan laporan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Ayahanda tercinta Abd. Salam dan Ibunda tercinta Endang Astuti atas segala do'a, dukungan semangat dan materil, Kakak-kakakku Sudi Harjo Setyawan, Suci Astuti Sucipto, dan Almh. Suci Irma Sari, serta saudara-saudaraku semua yang telah memberikan doa dan motivasi kepada saya.
2. Bapak Dedi Dwi Laksana., S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Ir.FX. Kristianata, M.Eng., selaku dosen pembimbing anggota yang selalu memberikan ide, saran, dan motivasi, serta meluangkan waktunya untuk membimbing saya selama proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini.
3. Bapak Sumarji, S.T., M.T., selaku dosen penguji I, dan Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T., selaku dosen penguji II yang memberikan saran dan kritikan bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh staf pengajar dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing saya selama saya duduk di bangku perkuliahan.

5. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Seluruh teman-teman angkatan 2009 (Nine-Gine) yang telah memberikan banyak dukungan Dimas Sugiono, Yusuf ucap, Wahyu Cacak, Dana, Alvin, Hefa, Yudi Ugil, Resha, Wape, Uwik, Heru, Jrenk, Tower, Abriyanto, Justin, Beslin, Rino, Firman, Erik, Arif, Faqih, Eko Ndull, Andrik, Rizal dan teman-teman yang lain yang telah banyak membantu selama perkuliahan dan selalu menjunjung tinggi solidaritas.
7. Sahabat-sahabatku Mas kholis, Mas gufron, Wawan, Rohim, Toriq, Sidqi, Anja, Erik, Faridz, Wahyu Cacak, Dayat, Yusuf Ucup, Rama, Tony Tomo, Ivan, dan Gopal dkk. yang telah memberi semangat, memberikan doa dan motivasi kepada saya.
8. Nimas Carolina Anitasari yang telah menemani dan mendukung pengerjaan skripsi ini.
10. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.

Penulis menyadari sebagai manusia yang tak lepas dari kekhilafan dan kekurangan, oleh karena itu diharapkan adanya kritik, saran, dan ide yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini dan penelitian berikutnya yang berkaitan dengan skripsi ini. Semoga hasil dari penelitian pada skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan peneliti-peneliti berikutnya.

Jember, April 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.5 Manfaat penelitian</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Aluminium</b> .....	5
2.1.1. Sejarah Aluminium.....	5
2.1.2. Pengertian Aluminium.....	5
2.1.3. Kegunaan Aluminium .....	6

<b>2.2 Standarisasi Aluminium</b> .....	7
<b>2.3 Sifat Mampu Las Aluminium</b> .....	8
<b>2.4 Paduan Al-Mg-Si</b> .....	9
<b>2.5 Pengelasan</b> .....	10
<b>2.6 Las Gesek (<i>Friction Welding</i>)</b> .....	13
2.6.1.Rotary Friction Welding.....	13
2.6.2.Friction Stir Welding.....	15
2.6.2.Innerside Friction Welding.....	16
<b>2.7 Kelebihan Pengelasan Gesek</b> .....	17
<b>2.8 Aplikasi Pengelasan Gesek</b> .....	18
<b>2.9 Metode pengujian Tarik</b> .....	19
2.9.1.Prinsip Pengujian.....	19
2.9.2.Perilaku Mekanik Material.....	20
<b>2.10 Pengujian Kekerasan</b> .....	23
<b>2.11 Konstanta Pegas</b> .....	27
<b>2.12 Hipotesa</b> .....	29
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	30
<b>3.1 Metode Penelitian</b> .....	30
<b>3.2 Tempat dan Waktu penelitian</b> .....	30
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	30
3.3.1 Alat .....	30
3.3.2 Bahan.....	31
<b>3.4 Variabel Penelitian</b> .....	31
3.4.1 Variabel Bebas.....	31



3.4.2 Variabel Terikat.....	31
3.4.3 Variabel Kontrol.....	32
<b>3.5 Proses Pengelasan Friction Welding .....</b>	<b>32</b>
<b>3.6 Dimensi Benda Kerja .....</b>	<b>33</b>
<b>3.7 Proses Pengujian .....</b>	<b>34</b>
3.7.1 Pengujian Tarik .....	34
3.7.2 Pengujian Kekerasan .....	35
3.7.3 Pengamatan Struktur Mikro .....	37
<b>3.8 Teknik Penyajian Data .....</b>	<b>38</b>
<b>3.9 Teknik Analisis Data.....</b>	<b>36</b>
<b>3.9 Diagram Alir Penelitian.....</b>	<b>39</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PENELITIAN .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Holder/Pemegang Benda Uji.....</b>	<b>41</b>
4.1.1 Prinsip Kerja Holder/Pemegang Benda Uji.....	41
4.1.2 Perhitungan Konstanta Pegas .....	42
<b>4.2 Hasil Pengelasan Friction Welding .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3 Hasil Pengamatan Foto Makro dan Mikro.....</b>	<b>44</b>
4.3.1 Hasil Pengamatan Foto Makro .....	44
4.3.2 Hasil Pengamatan Foto Mikro.....	46
<b>4.4 Hasil Uji Tarik.....</b>	<b>53</b>
4.4.1 Hasil Patahan Pengujian Tarik .....	57
<b>4.5 Hasil Uji Kekerasan .....</b>	<b>58</b>
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>61</b>

<b>5.2 Saran.....</b>	<b>62</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Diagram fase Magnesium-Silikon pada paduan Aluminium .....	10
2.2 Klasifikasi pengelasan .....	12
2.3 Tiga variasi pengelasan gesek .....	13
2.4 Rotary friction welding .....	14
2.5 Lima dasar tipe pengelasan gesek.....	15
2.6 Prinsip friction stir welding.....	16
2.7 Innerside friction welding .....	17
2.8 Bagian sambungan las gesek.....	18
2.9 Contoh terapan aluminium pada komponen mesin.....	19
2.10 Gambaran singkat uji tarik dan grafik.....	20
2.11 Pembebanan tarik .....	21
2.12 Kurva tegangan-regangan .....	22
2.13 Skema prinsip identasi dengan metode brinell .....	24
2.14 Hasil identasi brinell .....	25
2.15 Skema prinsip identasi dengan metode vickers .....	25
2.16 Bentuk indentor rockwell.....	26
2.17 Perubahan panjang pegas .....	28
3.1 Skema alat friction welding .....	33
3.2 Dimensi benda kerja.....	33
3.3 Contoh spesimen uji tarik.....	35

3.4 Bagian sambungan las gesek.....	36
3.5 Diagram alir penelitian.....	39
4.1 Holder/alat pemegang benda uji.....	41
4.2 Skema alat pemegang benda uji.....	43
4.3 Hasil pengelasan rotary friction welding .....	44
4.4 Hasil uji foto makro sambungan las gesek aluminium paduan seri 6061 dengan variasi tekanan gesek (a) 10 kgf, (b) 20 kgf, dan (c) 30 kgf .....	45
4.5 Struktur mikro (a) daerah weld metal, (b) daerah HAZ dan (c) daerah base metal dengan variasi tekanan gesek 10 kgf dengan pembesaran 50x .....	47
4.6 Struktur mikro (a) daerah weld metal, (b) daerah HAZ dan (c) daerah base metal dengan variasi tekanan gesek 20 kgf dengan pembesaran 50x .....	47
4.7 Struktur mikro (a) daerah weld metal, (b) daerah HAZ dan (c) daerah base metal dengan variasi tekanan gesek 30 kgf dengan pembesaran 50x .....	47
4.8 Struktur mikro base metal aluminium AA6061 menurut ASM Handbook Metallography and Microstructures dengan pembesaran 250x .....	48
4.9 Struktur mikro daerah weld metal (Zpl) dengan variasi tekanan gesek (a) 10 kgf, (b) 20 kgf, dan (c) 30 kgf dengan pembesaran 500x .....	49
4.10 Struktur mikro daerah HAZ (Zpd) dengan variasi tekanan gesek (a) 10 kgf, (b) 20 kgf, dan (c) 30 kgf dengan pembesaran 500x .....	50
4.11 Struktur mikro daerah base metal (Zud) dengan variasi tekanan gesek (a) 10 kgf, (b) 20 kgf, dan (c) 30 kgf dengan pembesaran 500x .....	51
4.12 Grafik variasi tekanan gesek terhadap tegangan.....	55
4.13 Grafik variasi tekanan gesek terhadap regangan.....	55
4.14 Contoh bentuk patahan hasil pengelasan gesek setelah dilakukan pengujian tarik .....	57
4.15 Skema posisi uji kekerasan .....	58
4.16 Grafik nilai kekerasan rata-rata hasil pengelasan rotary friction welding ....	59

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sifat Aluminium paduan Al-Mg-Si.....	10
2.2 Skala kekerasan Rockwell.....	26
3.1 Rancangan proses pengujian.....	34
3.2 Rancangan perhitungan data uji tarik .....	35
3.3 Rancangan perhitungan data uji kekerasan .....	37
4.1 Komposisi Aluminium paduan seri 6061 .....	43
4.2 Data hasil pengujian tarik dengan variasi tekanan gesek 10 kgf .....	53
4.3 Data hasil pengujian tarik dengan variasi tekanan gesek 20 kgf .....	54
4.4 Data hasil pengujian tarik dengan variasi tekanan gesek 30 kgf .....	54
4.5 Data hasil pengujian tarik Logam induk .....	54
4.6 Data hasil pengujian rata-rata dalam mikro hardness vickers .....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Foto Alat dan Bahan Penelitian.....	65
B. Perhitungan .....	70
C. Lampiran Grafik dan Surat Keterangan.....	82