



**ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO
ALUMINIUM PADUAN SERI 6061 HASIL PENGELASAN
FRICTION WELDING DENGAN
VARIASI SUDUT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Jember

Oleh

**Anggun Panata Gama
NIM 081910101004**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. **Allah SWT.** Syukur alhamdulillah atas segala kemudahan yang telah diberikan, semoga rohman dan rohim-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. **Ibunda dan Ayahanda tercinta, Mujiati dan Supriyanto P, adik-adikq tercinta Adék, Imas, Winona,** Terima kasih atas semua hamparan 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. **Om dan Tante.** Terima kasih atas semua dukungan semangat, kekuatan, doa-doa, cinta-kasih yang telah diberikan sehingga aku dapat menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar. Terima kasih sekali lagi untuk kepercayaan dan perasan keringatnya yang diberikan sehingga aku bisa mengenyam bangku perkuliahan ini.
5. **Almamaterku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Jember.** Yang telah mengantarkanku kejenjang pendidikan yang lebih tinggi.
6. **Arek-Arek MC' Engine 08.** Roni "Swew", Skrep NHS, Gahan "AnakBapakBudi", Apink "TERlena, Amri, Umar "knalpot", Bang Fandy, Intan, Wahyu, Deni "Cino", Indra, Sinung, Khoi "Jekko", Hiding "33", Ragil "Finishing", Ferdi "Temon", Deni "Begal", Fuad "G-One", Antok, Husni "Ndu", Jekki, Andre "Las", Andre "Copet", Afief "Kotok", Radit, Rifky, Emen, Bayu "Lek", Uda Faisal, Fendi, Amuthi, Omega, Neno, Dani, Eko, Eka, Hanung "Restart", Dimas, Sabar "Ngolil", Sareka, Erik "Pasien, Wildan "Tewel", Sulis

“PakLik”, Kemal, Bagus, Ardhi “Kodok”, Saipi “CinoBangkrut”, Syaifuddin “Asik”, setiap centi perjalanan dengan kalian tak kan pernah terlupakan olehku. ”*Keep Solidarity Forever*”. Dijogo terus bro KUMPULane.

7. **Semua teman-teman, saudara, Adik-adik angkatan yang tidak bias aku sebutkan satu persatu**, aku ucapkan terima kasih atas bantuan dan kebersamaan kita selama ini.
8. **Sahabat–sahabat q ☺** Badar, Rendi, Menyeng “Budi”, Irwin, Henry, Sari, Soot, Dedi black, Samsul, Dhofir, Tetep Gila Tapi Sehati Rekkk.
9. **Teman-teman KKN** : Yudi Kordes. Nuriz Buben, Techvita Chef, Zakia, Aji FU, Mustofa, Anisa Firuz. Terima kasih atas semua kebersamaan dan semangat, tanpa kalian masa-masa kuliahku kurang sedap bagai sayur tanpa garam.h3
10. **Rekan-rekan sopir traktor**, Sugik, Om Tono, Slamet, Husen, Gatot, Toyo, Yopi, Feri. Terima Kasih Tanpa Kalian Kuliahku Tidak Akan Sampai Sejauh Ini Dan Pengalaman Baik Saat Reparasi Maupun Di Lapangan. **I Will Surpass Yours Are.**

MOTTO

*Tidak ada balasan kebaikan kecuali kebaikan pula.
(Ar Rohman-60)*

*Barang siapa yang bersyukur maka akan kutambah rezekimu, dan barang siapa
kufur maka dia akan mendapat siksa yang pedih.
(Qur'an syuroh)*

*Allah akan menilai apa-apa yang kamu kerjakan
(Qur'an syuroh)*

Allah tidak akan memberi beban sesuai dengan kemampuan orang tersebut

*Laungkan waktu untuk membantu sesama terumana orang-orang yang kamu
sayangi walau berat dan merugikan bagimu, karna allah yang
akan membalas jikalau kamu ikhlas,
(Anggun Panata G.)*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anggun Panata G.

NIM : 081910101004

Menyatakan Dengan Sesungguhnya Bahwa Karya Tulis Yang Berjudul: “Analisis sifat Mekanik dan Struktur Mikro Alumunium Paduan Al-Mg-Si Hasil Pengelasan *Friction Welding* dengan Variasi Sudut” 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, 26 Juni 2013

Yang menyatakan,

Anggun Panata G.

NIM 081910101004

SKRIPSI

ANALISIS SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM PADUAN SERI 6061 HASIL PENGELASAN *FRICION WELDING* DENGAN VARIASI SUDUT

Oleh

Anggun Panata G.
NIM 081910101004

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 Alumunium Paduan Al-Mg-Si Hasil Pengelasan *Friction Welding* dengan Variasi Sudut” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari :

Tanggal : Juni 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

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

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

Anggota I,

Anggota II,

Ir. FX. Kristianta M.Eng
NIP 196501202001121001

Ahmad Syuhri S.T., M.T.
NIP 19670123997021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

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

RINGKASAN

Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Alumunium Paduan Al-Mg-Si Hasil Pengelasan *Friction Welding* dengan Variasi Sudut; Anggun Panata G, 081910101004; 2013: 81 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mempunyai peranan penting dalam kemajuan bangsa sekaligus mempengaruhi keberhasilan diseluruh aspek kehidupan terutama dalam bidang keteknikan. Perkembangan tersebut menuntut kita untuk berpikir secara kritis dan selektif berdasarkan dari teori yang telah ada, agar dapat berguna dan tersalurkan terhadap IPTEK yang pada akhirnya berguna bagi kemudahan aktivitas manusia.

RSW (*Rotary Friction Welding*) merupakan salah satu solusi yang bisa digunakan sebagai alternatif untuk proses pengelasan alumunium. Prinsip kerja RSW adalah memanfaatkan gesekan dari benda kerja yang berputar dengan benda kerja lain yang diam dan diberikan penekanan sehingga timbul panas dan panas tersebut mampu melelehkan benda kerja yang diam dan akhirnya tersambung menjadi satu. Proses pengelasan dengan RSW terjadi pada temperature solvus, sehingga tidak terjadi penurunan kekuatan akibat *over aging* dan larutnya endapan koheren.

Untuk menghasilkan hasil pengelasan yang baik, ada banyak parameter yang harus diperhatikan diantaranya parameter proses yang penting adalah tekanan, gesekan, waktu tempa, waktu gesekan, tekanan tempa dan kecepatan putar. Salah satu parameter proses yang paling penting yaitu besar sudut yang nantinya menghasilkan luasan yang berbeda pada tiap-tiap variasi. Variasi besar sudut pengelasan akan berpengaruh terhadap hasil pengelasan yang mencakup sifat mekanik dan struktur mikro hasil pengelasan.

Penelitian tentang variasi kecepatan pengelasan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada proses pengelasan rotary friction welding ini dilakukan di laboratorium Permesinan Universitas jember dan di laboratorium Desain dan Uji

Bahan Jurusan Universitas Jember. Material yang digunakan yaitu Alumunium seri 6061.

Dari pengamatan makro diketahui pada variasi *sudut* pengelasan 15^0 dan 45^0 terdapat cacat *porositas*. Cacat ini terjadi akibat adanya udara/gas yang terperangkap pada saat pengelasan. Penyebab lain porositas yaitu kelembaban atmosfer dan kontaminasi bahan lain seperti minyak, pelumas atau kotoran lain. Cacat *porositas* terbesar terdapat pada hasil pengelasan dengan *sudut* pengelasan 15^0 .

Hasil pengujian tarik diperoleh bahwa rata-rata Ultimate Tensile Strength (UTS) untuk pengelasan dengan menggunakan *sudut* pengelasan 15^0 adalah 49,3 MPa, untuk *sudut* pengelasan 30^0 adalah 124,3 MPa, dan untuk *sudut* pengelasan 45^0 sebesar 90,2 MPa. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa kekuatan tarik tertinggi (UTS) terbesar terdapat pada proses pengelasan menggunakan *sudut* pengelasan 30^0 .

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa inti las (*Zpl*) kekerasannya lebih rendah daripada logam induk (*Zud*). Rata-rata nilai kekerasan paling besar terjadi pada pengelasan dengan *sudut* pengelasan 30^0 , yaitu 310,6 HL pada daerah *weld metal* (*Zpl*), 302,6 HL pada daerah HAZ (*Zpd*) dan 405,5 HL pada logam induk (*Zud*), sedangkan kekerasan paling rendah terjadi pada variasi *sudut* pengelasan 15^0 , yaitu 291 HL pada *weld metal* (*Zpl*), 228 HL pada daerah HAZ (*Zpd*) dan 371,5 HL pada logam induk (*Zud*).

SUMMARY

Analysis of Micro-Mechanical Properties and Structure of Aluminum Alloy Al-Mg-Si results Friction Welding Welding with Angle Variations; Anggun Panata G, 081910101004; 2013: 81 pages; Tier One Program Mechanical Engineering Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Developments in science and technology have an important role in the progress of the nation as well as influencing the success of all aspects of life, especially in the field of engineering. These developments require us to think critically and selectively based on existing theories, in order to be useful and channeled towards science and technology, which in turn is useful for ease of human activity.

RSW (Rotary Friction Welding) is one solution that can be used as an alternative to aluminum welding process. RSW is the working principle of utilizing the friction of the rotating workpiece with the workpiece is stationary and the other is given emphasis so that the resulting heat and the heat could melt the workpiece is stationary and eventually connected into one. Welding process with RSW occurs at temperatures solvus, so there is no decrease in strength due to over aging and coherent precipitate dissolution.

To produce good welding results, there are many parameters that must be considered such an important process parameter is the pressure, friction, time forging, friction time, forging pressure and rotational speed. One of the most important process parameters ie large angles will produce different extents in each variation. Large variations will affect the welding corner welds covering mechanical properties and the microstructure of the welding results.

Research on variation of welding speed on microstructure and mechanical properties of the rotary friction welding process of welding is done in-lab and in Jember University Machinery Design and Test Laboratory Materials Department

University of Jember. The material used is Aluminum 6061 series. Of macro-known observations on the variation of welding angles are 15° and 45° porosity defects. These defects are the result of air / gas trapped during welding. Another cause of the porosity of the atmospheric moisture and contamination of other materials such as oil, grease or other dirt. Greatest porosity defects found in welds by welding angle 15° .

Tensile test results obtained that the average Ultimate Tensile Strength (UTS) for welding using welding angle 15° is 49.3 MPa, 30° for welding angle is 124.3 MPa, and 45° for the welding angle of 90.2 MPa. From these results it can be seen that the ultimate tensile strength (UTS), the largest found in the welding process using 300 welding angle.

Hardness test results showed that the core welding (ZPL) is lower than the hardness of the parent metal (Zud). The average value of most of the violence occurs in welding with welding angle 30° , which is 310.6 HL in the weld metal region (ZPL), 302.6 HL in the HAZ region (ZPD) and 405.5 HL on base metal (Zud), while the lowest hardness variations occur in the welding angle 15° , which is 291 HL at the weld metal (ZPL), 228 HL at HAZ area (ZPD) and 371.5 HL on base metal (Zud)..

KATA PENGANTAR

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 Alumunium AA1100 Hasil Pengelasan Friction Stir Welding Dengan Variasi Feed Rate*” 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 berbagi 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. FX kristianta S.T., M.Eng. dan Ahmad Syuhri., S.T., M.T., 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. Ir Fx Kristianta, selaku kepala Laboratorium Pemesinan dan CNC Universitas Jember;
6. Bapak, Ibu, Om, Tante dan adek tercinta terimakasih untuk semuanya;
7. Teman-teman Mc’ Engine 08 dan samua 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. Adik-adik angkatan semoga diberi kelancaran agar cepat menyusul dan terima kasih atas bantuan selama ini.
9. Teman sepanjang jalanku, thanks for everything;

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	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	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Hipotesa	4
1.5 Tujuan Dan Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Pengertian Pengelasan	7
2.3 Las Gesek (Friction Welding)	10
2.3.1 Rotary Friction Welding	11
2.3.2 Friction Stir Welding	13
2.3.3 Innerside Friction Welding	14

2.4 Kelebihan Pengelasan Gesek	15
2.5 Daerah Heat Affected Zone (HAZ)	15
2.6 Aplikasi Pengelasan Rotary Friction Welding	16
2.7 Klasifikasi Alumunium dan Paduannya.....	17
2.7.1 Pengertian dasar Alumunium.....	17
2.7.2 Sifat-sifat Alumunium	18
2.7.3 Unsur-unsur paduan logam Alumunium.....	19
2.7.4 sifat-sifat teknis alumunium	20
2.7.5 standarisasi alumunium	21
2.8 Paduan Al-Mg-Si	23
2.9 Metode Pengujian Tarik	24
2.10 pengujian kekerasan	28
2.11 Konstanta Pegas	32
BAB 3. METODE PENELITIAN	34
3.1 Metode Penelitian.....	34
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.3 Bahan dan Alat Penelitian	34
3.3.1 Bahan.....	34
3.3.2 Alat.....	35
3.4 Variabel Penelitian	35
3.4.1 Variabel Bebas	35
3.4.2 Variabel Terikat	35
3.4.3 Variabel Kontrol.....	36
3.5 Proses Pengelasan.....	36
3.6 Dimensi benda kerja	37
3.7 Proses pengujian	39
3.7.1 Pengujian Tarik	39
3.7.2 Pengujian Kekerasan	41
3.7.3 Pengamatan Struktur Mikro	42

3.8 Teknik Penyajian Data	43
3.9 Teknik Analisis Data	43
3.10 Pembuatan Holder/Pemegang Benda Uji	43
3.10.1 Bahan	43
3.10.2 Alat	44
3.10.3 Proses Pembuatan	44
3.11 Diagram Alir Penelitian	45
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Pembuatan Holder/Pemegang Benda Uji	47
4.1.2 perhitungan konstanta pegas	47
4.1.3 prinsip kerja holder	48
4.2 Perhitungan Luas Permukaan Kontak	52
4.3 Hasil pengelasan RFW	47
4.4 Hasil pengamatan foto makro dan mikro	53
4.4.1 Hasil Pengamatan Foto Makro	53
4.4.2 Hasil pengamatan Foto Mikro	55
4.5 Hasil Uji Tarik	61
4.6 Hasil Uji Kekerasan	65
4.7 Analisis Gaya Penekanan Sisi Miring	68
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Klasifikasi Pengelasan	9
2.2 Tiga Variasi <i>Friction Welding</i>	11
2.3 Prinsip Rotary <i>Friction Welding</i>	12
2.4 Tipe Pengelasan Fw	13
2.5 Prinsip Fsw.....	14
2.6 Prinsip <i>Innerside Friction Welding</i>	15
2.7 Bagian Sambungan Las Gesek.....	16
2.8 Contoh Terapan Paduan Alumunium.....	17
2.9 Diagram Fasa Al-Mg-Si.....	23
2.10 Gambaran Singkat Uji Tarik Dan Grafiknya	25
2.11 Pembebanan Tarik.....	26
2.12 Kurva Tegangan-Regangan.....	27
2.13 Skematis Prinsip Indentasi Dengan Metode Brinell	29
2.14 Hasil Indentasi Brinell Berupa Jejak Berbentuk Lingkaran.....	29
2.15 Skematis Prinsip Indentasi Dengan Metode Vickers	30
2.16 Bentuk Indentor Rockwell (A) Dari Samping (B) Dari Atas.....	31
2.17 Perubahan Panjang Pegas.....	33
3.1 Skema Alat <i>Friction Welding</i>	37
3.2 Dimensi Benda Kerja	39
3.3 Spesimen Uji Tarik	40
3.4 Bagian Sambungan Las Gesek.....	42
3.5 Diagram Alir Penelitian	46
4.1 Holder/Pemegang Benda Uji	47
4.2 Skema Alat Pemegang Benda Uji	49
4.3 Skema Pemotongan Luasan Permukaan Kontak.....	50

4.4 Hasil Pengelasan <i>Rotary Friction Welding</i>	53
4.5 Hasil Uji Foto Makro	54
4.6 Struktur Mikro <i>Base Metal</i> Alumunium Aa6061	56
4.7 Struktur Mikro Daerah <i>Weld Metal</i> (Zpl)	57
4.8 Struktur Mikro Daerah Haz(Zpd)	58
4.9 Struktur Mikro Daerah <i>Base Metal</i> (Zud)	59
4.10 Grafik Variasi <i>Sudut</i> Kontak Terhadap Tegangan	62
4.11 Grafik Variasi <i>Sudut</i> Kontak Terhadap Regangan	62
4.12 Bentuk Perpatahan Hasil Pengujian Tarik	64
4.13 Skema Posisi Uji Kekerasan	65
4.14 Grafik Nilai Kekerasan	66
4.15 Gaya Penekanan Permukaan Kontak Sisi Miring.....	68

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Sifat Alumunium Paduan Al-Mg-Si	24
2 Skala Kekerasan Rockwell.....	31
3 Rancangan Proses Pengujian	39
4 Rancangan Perhitungan Data Uji Tarik	40
5 Rancangan Perhitungan Data Uji Kekerasan	42
6 Komposisi Alumunium 6061	52
7 Data Hasil Pengujian Tarik	61
8 Data Hasil Pengujian Kekerasan Rata-Rata.....	66