

**PENGARUH *UPSET FORCE* TERHADAP SUHU DAN DISTRIBUSI
KEKERASAN SAMBUNGAN LAS GESEK Al–Mg–Si
DENGAN *CHAMFER* SATU SISI**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



RIRIS FRASE PRIHANDIKA
NIM. 125060200111085

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018

LEMBAR PENGESAHAN
**PENGARUH *UPSET FORCE* TERHADAP SUHU DAN DISTRIBUSI
KEKERASAN SAMBUNGAN LAS GESEK Al-Mg-Si
DENGAN *CHAMFER* SATU SISI**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



RIRIS FRASE PRIHANDIKA

NIM. 125060200111085

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 19 Januari 2018

Dosen Pembimbing I

Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M.Eng.
NIP. 19750710 199903 1 004

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1



Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.
NIP. 19750802 199903 2 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar- benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan makalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Skripsi ini didapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang- undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 19 Januari 2018

Mahasiswa,



Riris Frase Prihandika

NIM. 125060200111085

TURNITIN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 046/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

RIRIS FRASE P

Dengan Judul Skripsi :

PENGARUH UPSET FORCE TERHADAP SUHU DAN DISTRIBUSI KEKERASAN
SAMBUNGAN LAS GESEK AL-Mg-SI DENGAN CHAMFER SATU SISI

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $< 20\%$ dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 06 FEBRUARI 2018



Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.
NIP. 19750802.1999032002

JUDUL SKRIPSI :

Pengaruh *Upset Force* terhadap Suhu dan Distribusi Kekerasan Sambungan Las Gesek Al-Mg-Si dengan *Chamfer* Satu Sisi

Nama Mahasiswa : Riris Frase Prihandika
NIM : 125060200111085
Program Studi : Teknik Mesin
Minat : Teknik Produksi

KOMISI PEMBIMBING :

Pembimbing 1 : Dr.Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M.Eng.
Pembimbing 2 : Ir. Endi Sutikno, MT.

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Dr.Eng. Moch. Agus Choiron, ST., MT.
Dosen Penguji 2 : Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng.
Dosen Penguji 3 : Ir. Ari Wahyudi, MT.

Tanggal Ujian : 8 Januari 2018
SK Penguji : 40/UN10.F07/SK/2018

Teriring Ucapan Terima Kasih Kepada :

Bapak, Ibuk, dan Adik Tercinta

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, berkah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh *Upset Force* terhadap Suhu dan Distribusi Kekerasan Sambungan Las Gesek Al–Mg–Si dengan *Chamfer Satu Sisi*”**.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu saya sebagai penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayah dan Ibu penulis, Bapak Abdul Kalim dan Ibu Erlis Dwi Prastiwi karena telah memberikan dukungan berupa materi, nasihat, semangat, kasih sayang kepada penulis serta doa sehingga skripsi dan perkuliahan ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Nabil Najmudin, adik saya yang sangat saya sayangi,
3. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Ibu Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Bapak Dr.Eng. Moch. Agus Choiron, ST., MT., selaku dosen penasehat akademik yang telah membimbing selama masa perkuliahan
7. Bapak Dr.Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M.Eng., sebagai Dosen Pembimbing Skripsi I yang telah banyak memberikan segala bimbingan, nasihat, pengarahan, motivasi, doa, dan masukan yang telah diberikan.
8. Almarhum Bapak Ir. Endi Sutikno, MT. sebagai Dosen Pembimbing Skripsi II yang telah banyak memberikan segala bimbingan, nasihat, pengarahan, motivasi, doa, dan masukan yang telah diberikan.
9. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan.
10. Seluruh pegawai dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah membantu segala administrasi saat perkuliahan maupun saat skripsi.
11. Pak Suhastomo, Mas Rofiq, dan Siswa Magang di poltek yang telah banyak membantu menyelesaikan alat yang digunakan untuk proses skripsi ini.
12. Rekan, teman, sekaligus partner skripsi penulis, Zahid dan David yang banyak membantu skripsi penulis.
13. Teman – teman Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2012 yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini.
14. Serta semua teman-teman penulis dan pihak yang telah ikut membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak mungkin penulis menyebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas segala amal kebaikan dari pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini. Penulis sangat mengharapkan masukan, saran, dan kritik dari berbagai pihak untuk membangun ke hal yang lebih baik lagi. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, penelitian selanjutnya, dan juga bagi pembaca pada umumnya. Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 19 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Aluminium	5
2.2.1 Penggolongan Aluminium Paduan	6
2.2.2 Paduan Al – Mg – Si	6
2.2.3 Sifat Mampu Las Aluminium	9
2.3 Pengelasan	10
2.3.1 Definisi Pengelasan	10
2.3.2 Klasifikasi Pengelasan	10
2.4 Las Gesek (<i>Friction Welding</i>)	11
2.4.1 <i>Continuous Drive Friction Welding</i>	12
2.4.2 Kelebihan Las Gesek	15
2.5 Energi Input	15
2.6 <i>Heat Affected Zone (HAZ)</i>	16
2.7 Suhu Pengelasan	17
2.8 Pengujian Kekerasan	17
2.8.1 Pengujian Vickers	18

2.9	Cacat Las.....	20
2.10	Aplikasi Las Gesek	21
2.11	Hipotesis	21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2	Variabel Penelitian.....	23
3.2.1	Variabel Bebas.....	23
3.2.2	Variabel Terikat.....	24
3.2.3	Variabel Terkontrol	24
3.3	Alat dan Bahan yang Digunakan	24
3.3.1	Alat yang Digunakan	24
3.3.2	Bahan yang Digunakan.....	27
3.4	Instalasi Alat Penelitian	28
3.5	Prosedur Penelitian	28
3.5.1	Pengelasan Gesek	28
3.5.2	Suhu Pengelasan.....	29
3.5.3	Pengujian Kekerasan	29
3.6	Diagram Alir Penelitian	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Pengujian	33
4.1.1	Suhu Pengelasan.....	33
4.1.2	Kekerasan	34
4.2	Pembahasan.....	35
4.2.1	Suhu Pengelasan.....	35
4.2.2	Kekerasan	37

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Paduan Alumunium Tempa	6
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Khas Paduan Alumunium	7
Tabel 2.3 Sifat Fisik Khas Paduan Alumunium.....	7
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Paduan Alumunium Al – Mg – Si	8
Tabel 3.1 Komposisi Kimia Paduan aluminium Al-Mg-Si Hasil Pengujian Komposisi....	27
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Suhu Pengelasan Sambungan Las Gesek Al – Mg – Si dengan Variasi Gaya Tempa Akhir dan Sudut <i>Chamfer</i>	33
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Sambungan Las Gesek Al – Mg – Si dengan Variasi Gaya Tempa Akhir dan Sudut <i>Chamfer</i>	35
Tabel 4.2 Perbandingan Luasan HAZ Spesimen dengan Variasi Gaya Tempa Akhir dan Sudut <i>Chamfer</i>	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Fasa Al – Mg – Si.....	9
Gambar 2.2	Klasifikasi Cara Pengelasan	11
Gambar 2.3	Mekanisme Las Gesek	12
Gambar 2.4	<i>Friction stir welding</i>	12
Gambar 2.5	<i>Continuous Drive Friction Welding</i>	13
Gambar 2.6	Parameter <i>friction welding</i>	14
Gambar 2.7	Skema Permukaan Spesimen yang Bergesekan	16
Gambar 2.8	Z_c (i), Z_{pl} (ii), Z_{pd} (iii), dan Z_{ud} (iv)	17
Gambar 2.9	<i>Vickers Method</i>	19
Gambar 2.10	Aplikasi Las Gesek.....	21
Gambar 3.1	Mesin Las Gesek	24
Gambar 3.2	<i>Vernier Caliper</i>	25
Gambar 3.3	Pompa Hidrolik	25
Gambar 3.4	<i>Stopwatch</i>	26
Gambar 3.5	<i>Thermogun</i>	26
Gambar 3.6	Mesin Uji Kekerasan.....	26
Gambar 3.7	Dimensi Benda Kerja	27
Gambar 3.8	Skema Alat Pengelasan Gesek	28
Gambar 3.9	Titik pengujian kekerasan	29
Gambar 3.10	Diagram Alir penelitian	31
Gambar 4.1	Letak Pengambilan Titik untuk Pengujian Kekerasan	35
Gambar 4.2	Grafik Hubungan <i>Upset Force</i> terhadap Suhu Pengelasan Sambungan Las Gesek Al-Mg-Si pada Setiap Variasi Sudut <i>Chamfer</i>	36
Gambar 4.3	rafik Hubungan Waktu Pengelasan terhadap Suhu Pengelasan.....	37
Gambar 4.4	Grafik Hubungan <i>Upset Force</i> terhadap Kekerasan pada Spesimen Tanpa Sudut <i>Chamfer</i>	38
Gambar 4.5	Grafik Hubungan <i>Upset Force</i> terhadap Kekerasan pada Variasi Sudut <i>Chamfer</i> 15°.	39
Gambar 4.6	Foto Makro Spesimen Dengan Variasi Gaya Tempa Akhir Dan Sudut <i>Chamfer</i>	40

Gambar 4.7 Mikrostruktur spesimen Al-Mg-Si (a) Sebelum dilakukan proses pengelasan; (b) Sambungan las dengan kekerasan tertinggi; (c) Sambungan las dengan kekerasan terendah. 41

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Surat Keterangan Pengujian Kekerasan Microvickers, Foto Makro, dan Foto Mikrostruktur di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
- Lampiran 2. Data Hasil Pengujian Kekerasan Microvickers
- Lampiran 3. Foto Spesimen Las
- Lampiran 4. Foto Pengukuran Suhu Pengelasan
- Lampiran 5. Tabel Suhu Pengelasan Setiap Detik
- Lampiran 6. Manual *Thermogun*

RINGKASAN

Riris Frase Prihandika, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2018, *Pengaruh Upset Force terhadap Suhu dan Distribusi Kekerasan Sambungan Las Gesek Al–Mg–Si dengan Chamfer Satu Sisi*, Dosen Pembimbing : Yudy Surya Irawan dan Endi Sutikno.

Pengelasan gesek (*friction welding*) adalah metode untuk menyambungkan aluminium. Metode ini memanfaatkan perubahan langsung dari energi gerak menjadi energi panas untuk penyambungan. Mula-mula material dikondisikan berotasi pada kecepatan tertentu sedangkan material lainnya dalam kondisi statis namun diberikan gaya aksial menuju material yang berputar sehingga terjadi *melting*. Hasil dari *friction welding* ini dapat diaplikasikan pada piston maupun poros pada komponen permesinan.

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh *upset force* terhadap suhu dan distribusi kekerasan sambungan las gesek Al – Mg – Si dengan *chamfer* satu sisi. Variasi *upset force* pada penelitian ini yaitu 7 kN, 14 kN dan 21 kN sedangkan variasi sudut *chamfer* yaitu sebesar 15° dan tanpa *chamfer*, kecepatan putaran *spindle* yang digunakan sebesar 1600 rpm, gaya tekan saat pengelasan sebesar 7 kN dan *upset time* selama 10 detik. Pada saat proses pengelasan berlangsung dilakukan pengukuran suhu pengelasan. Setelah proses pengelasan selesai dilakukan pengujian kekerasan pada spesimen.

Hasil penelitian ini menunjukkan Spesimen dengan sudut *chamfer* 15° menghasilkan suhu maksimal lebih tinggi dibandingkan spesimen tanpa sudut *chamfer*. Hal ini disebabkan spesimen dengan sudut *chamfer* 15° memiliki bidang kontak permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan spesimen tanpa sudut *chamfer*. Sehingga waktu pengelasan menjadi lebih lama dan suhu pengelasan yang dihasilkan semakin tinggi. Kekerasan tertinggi terdapat pada variasi *upset force* 21 kN dan tanpa sudut *chamfer*, dengan nilai 77,83 VHN. Sedangkan nilai kekerasan terendah didapat dari variasi *upset force* 7 kN dan sudut *chamfer* 15°, dengan nilai kekerasan 50,22 VHN. Semakin besar variasi *upset force* dan semakin kecil sudut *chamfer* menyebabkan semakin tingginya nilai kekerasan.

Kata Kunci : *Friction welding*, Suhu, Kekerasan, Sudut *Chamfer*, *Upset Force*.

SUMMARY

Riris Frase Prihandika, *Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, in January 2018, The Effect of Upset Force On Temperature and Hardness Distribution of Friction Welding Joint Al – Mg – Si with One – Sided Chamfer.*
Supervisor : Yudy Surya Irawan and Endi Sutikno.

Friction welding is a method for connecting aluminum. This method used a relative movement to be heat energy for connecting the material. First, one side of specimen rotated in chuck turning machine and another specimen in the static position but give force to the axial direction to first specimen until the material melted. The result of friction welding can be applied to piston or shaft at machine component.

This research aims to determine the Effect of Upset Pressure towards Temperature and Hardness Distribution Welded Joint of Friction Welding Al–Mg–Si with One – Sided Chamfer. Upset force variations at this research is 7 kN, 14 kN, and 21 kN while chamfer angle variations is 15°, and without chamfer angle, spindle spin speed used at 1600 rpm, compression force during welding 7 kN and upset time for 10 seconds. At the time of welding process takes place measurement of welding temperature. After the welding process is done the hardness testing on the specimen.

The result from this research showed specimen with chamfer 15° produce higher maximum temperature than specimen without chamfer angle. This is because the specimen with a chamfer angle of 15 ° has a smaller surface contact area compared to the specimen without the chamfer angle. So that welding time becomes longer and welding temperature generated higher. The highest hardness is in the variation of 21 kN upset force and without chamfer angle, with a value of 77.83 VHN. While the lowest hardness value obtained from the variation of upset force 7 kN and chamfer angle 15 °, with hardness value 50,22 VHN. The bigger the upset force and the smaller the chamfer angle caused the higher the hardness value.

Keywords : *Friction welding, Temperature, Hardness, Chamfer Angle, Upset Force*