

**KEKUATAN LELAH SAMBUNGAN *FRICTION WELDING*
ALUMINIUM A6061 DENGAN DAN TANPA GEOMETRI KERUCUT
SATU SISI**

**SKRIPSI
TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**DIMAS YOGA PRATAMA
NIM. 135060200111052**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

KEKUATAN LELAH SAMBUNGAN *FRICTION WELDING* ALUMINIUM A6061 DENGAN DAN TANPA GEOMETRI KERUCUT SATU SISI

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



DIMAS YOGA PRATAMA
NIM. 135060200111052

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

Dosen Pembimbing II

Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.CSE
NIP. 19670923 199303 1 002



Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

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

JUDUL SKRIPSI:

Kekuatan Lelah Sambungan *Friction Welding* Aluminium A6061 Dengan Dan Tanpa Geometri Kerucut Satu Sisi.

Nama Mahasiswa : Dimas Yoga Pratama
NIM : 135060200111052
Program Studi : Teknik Mesin
Minat : Teknik Produksi

KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M.Eng.
Pembimbing II : Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.CSE.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met.
Dosen Penguji 2 : Ir. Erwin Sulisty, MT.
Dosen Penguji 3 : Nafisah Arina Hidayati, ST. M.Eng.

Tanggal Ujian : 15 Januari 2018
SK Penguji : 117/UN10.F07/SK/2018

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelurusan berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak pernah terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di 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 dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat 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,



Dimas Yoga Pratama

NIM. 135060200111052



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 021/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

DIMAS YOGA PRATAMA

Dengan Judul Skripsi :

**KEKUATAN LELAH SAMBUNGAN *FRICTION WELDING* ALUMINIUM A6061 DENGAN
DAN TANPA GEOMETRI KERUCUT SATU SISI**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 26 JANUARI 2018



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Djarot B. Dermadi, MT., Ph.D
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

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

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan hidayatnya penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “**Kekuatan Lelah Sambungan *Friction Welding* Aluminium A6061 Dengan Dan Tanpa Kerucut Satu Sisi**”, yang diajukan untuk memenuhi syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik.

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. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ibu Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. 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.
5. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.CSE. sebagai Dosen Pembimbing Skripsi II yang telah banyak memberikan segala bimbingan, nasihat, pengarahan, motivasi, doa, dan masukan yang telah diberikan.
6. Ayah dan Ibu penulis, Bapak Sutiman dan Ibu Musirah karena telah memberikan dukungan berupa materi, nasihat, semangat, kasih sayang kepada penulis serta doa sehingga skripsi dan perkuliahan ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Kakak penulis, Eki Fitra Sutifani serta adik penulis, Dian Prasetyo Jati yang sangat penulis sayangi.
8. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan.
9. Seluruh pegawai dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah membantu segala administrasi saat perkuliahan maupun saat skripsi.
10. Rekan, teman, sekaligus partner skripsi penulis, Haikal, Tude, Abe, Albert dan Moris yang banyak membantu skripsi penulis.

11. Sahabat-sahabat penulis Muzmi, Prabu, Ditto, Satria, Imadudin, Noroyono yang telah banyak memberi bantuan tenaga serta semangat dalam mengerjakan skripsi penulis.
12. Teman-teman Kontrakan Sudimoro, Nindra, Taufik, Ilham, Bagus, Faishal, Milhab, dan Triya yang telah memberi semangat dalam mengerjakan skripsi penulis..
13. Teman – teman Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2013 yang telah bersama dalam menghadapi segala hal.
14. Serta semua teman-teman penulis dan pihak yang telah ikut membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak mungkin penulis menyebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar kedepannya dapat menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis serta pembaca dan dapat menjadi referensi untuk penelitian sebelumnya.

Malang, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

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	2
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	6
2.2.1 Sifat Mekanik Aluminium.....	8
2.2.2 Sifat Mampu Las Aluminium.....	10
2.3 Pengertian Las.....	10
2.4 <i>Friction Welding</i>	13
2.4.1 <i>Continuous Drive Friction Welding</i>	14
2.4.2 <i>Inertia Friction Welding</i>	16
2.4.3 <i>Linear Friction Welding</i>	16
2.5 <i>Burn Off Length</i> dan Geometri Kerucut Satu Sisi	17
2.6 Daerah <i>Heat Affected Zone</i>	18
2.7 <i>Fatigue</i>	19
2.7.1 Kurva <i>S-N</i>	22
2.8 Alat Uji Kelelahan	23
2.8.1 <i>Rotating Bending Fatigue Tester</i>	24

2.9 Energi Pengelasan	25
2.10 Aplikasi Pengelasan Gesek	26
2.11 Hipotesis	27

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.2 Variabel Penelitian	29
3.2.1 Variabel Bebas	29
3.2.2 Variabel Terikat	29
3.2.3 Variabel Terkontrol	29
3.3 Spesifikasi Alat dan Bahan	30
3.3.1 Spesifikasi Alat	30
3.3.2 Bahan	34
3.3.3 Dimensi Spesimen	34
3.4 Instalasi Penelitian	34
3.4.1 Instalasi Mesin Bubut untuk Pengelasan Gesek	34
3.4.2 Instalasi Mesin Uji <i>Fatigue</i>	35
3.5 Prosedur Penelitian	36
3.5.1 Prosedur Pengelasan Gesek	36
3.5.2 Prosedur Pengambilan Data	36
3.6 Diagram Alir Penelitian	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian	39
4.2 Pembahasan	40
4.2.1 Diagram S-N Kekuatan Lelah	40
4.2.2 Bentuk Patahan	43
4.2.3 Diagram Suhu	46

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persentase Komposisi Kimia Berdasarkan Berat Aluminium A6061	8
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Aluminium A6061	8
Tabel 3.1 Komposisi Kimia Aluminium A6061	34
Tabel 4.1 Data Umur Lelah Hasil Uji Lelah (<i>Fatigue</i>)	40
Tabel 4.2 Luas Daerah HAZ Pada Variasi Geometri Kerucut 0 mm dan 1 mm	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Tegangan-Regangan Aluminium	9
Gambar 2.2 Klasifikasi Pengelasan	12
Gambar 2.3 Urutan Proses <i>Fricition Welding</i>	13
Gambar 2.4 Skema <i>Continuous Drive Friction Welding</i>	14
Gambar 2.5 Parameter <i>Continuous Drive Friction Welding</i>	15
Gambar 2.6 <i>Inertia Friction Welding</i>	16
Gambar 2.7 Proses <i>Linear Friction Welding</i>	17
Gambar 2.8 <i>Burn-off length</i>	17
Gambar 2.9 Geometri Kerucut Satu Sisi	18
Gambar 2.10 Skema <i>Heat Affected Zone</i>	18
Gambar 2.11 Permukaan Patah Pada Kegagalan <i>Fatigue</i>	19
Gambar 2.12Tiga Siklus Tegangan Fatik (a) Tegangan Terbalik (b) Tegangan Berulang (c) Tegangan <i>Irregular</i> Atau Siklus Tegangan Acak	20
Gambar 2.13 Kurva S-N pada Aluminium 99% dan 6061-T6 <i>Aluminium Alloy</i>	22
Gambar 2.14 <i>Cantilever Rotating Bending Fatigue Testing Machine</i>	24
Gambar 2.15 Skema Permukaan Spesimen yang Bergesekan	25
Gambar 2.16 Aplikasi Pengelasan Gesek	26
Gambar 3.1 <i>Stopwatch</i>	30
Gambar 3.2 Jangka Sorong.....	30
Gambar 3.3 Mesin Bubut KW15-486	31
Gambar 3.4 Mesin Bubut Untuk Pengelasan	32
Gambar 3.5 <i>Power Hacksaw</i>	32
Gambar 3.6 Kamera.....	33
Gambar 3.7 <i>Thermogun</i>	33
Gambar 3.8 Mesin Uji Fatik	33
Gambar 3.9 Dimensi Spesimen dengan Tinggi Kerucut 3mm	34
Gambar 3.10Skema Instalasi Mesin Bubut Untuk Pengelasan Gesek	34
Gambar 3.11Skema Uji <i>Fatigue</i>	35
Gambar 3.12Spesimen Uji Lelah	37

Gambar 3.13 <i>Completely Reversed Stress Cycle</i>	37
Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 4.1 Diagram S-N Kekuatan Lelah Pada Tiap Variasi Geometri Tinggi Kerucut Satu Sisi Aluminium A6061	41
Gambar 4.2 Foto Daerah HAZ Serta Mikrostruktur Sambungan Friction Welding Aluminium A6061 (a) Geometri Tinggi Kerucut 0mm (b) Geometri Tinggi Kerucut 1mm.....	42
Gambar 4.3 Bentuk Patahan Hasil Pengujian Lelah Sambungan Las Aluminium (a) Variasi Tinggi Kerucut 0mm (b) Variasi Tinggi Kerucut 1mm.....	44-45
Gambar 4.4 Diagram Suhu Tiap Variasi Geometri Kerucut Saat Pengelasan	46

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Uji Tarik
- Lampiran 2. Grafik Tegangan-Regangan
- Lampiran 3. Foto Spesimen
- Lampiran 4. Hasil Uji Komposisi
- Lampiran 5. Hasil Uji Kekerasan

RINGKASAN

Dimas Yoga Pratama, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Desember 2017, *Kekuatan Lelah Sambungan Friction Welding Aluminium A6061 Dengan Dan Tanpa Geometri Kerucut Satu Sisi*.

Dosen Pembimbing : Yudy Surya Irawan dan Tjuk Oerbandono.

Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan metode pengelasan yang memanfaatkan energi panas yang didapat dari gesekan antara benda kerja yang bergerak dengan benda kerja yang diam dengan bantuan penambahan gaya untuk menggabungkan material. Hasil dari *friction welding* biasa digunakan dalam bidang permesinan seperti otomotif, pertanian dan militer.

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi geometri kerucut satu sisi terhadap nilai kekuatan lelah sambungan las gesek A6061. Variasi geometri kerucut yang diamati yaitu tinggi kerucut 0 mm dan 1 mm, kecepatan putaran *spindle* yang digunakan sebesar 1600 rpm, gaya tekan awal sebesar 7.000 N dan *upset force* sebesar 21.000 N selama 10 detik. Kemudian dilakukan pengujian lelah pada spesimen dengan dimensi spesimen yang mengacu pada standar *ASM International*.

Hasil penelitian ini diketahui bahwa untuk siklus sebesar 300.000 siklus maka spesimen variasi geometri tinggi kerucut 0 mm memiliki kekuatan lelah sebesar 32,87 MPa, sedangkan spesimen dengan variasi geometri kerucut 1 mm memiliki kekuatan lelah sebesar 20,15 MPa. dikarenakan pada variasi geometri tinggi kerucut 0 mm terjadi deformasi plastis yang lebih tinggi yang disebabkan karena pada saat proses pengelasan, aliran deformasi logam lebih tajam sehingga menyebabkan terjadinya tubrukan antar butir dan menyebabkan bentuk butir menjadi lebih kecil. Bentuk butir yang lebih kecil mengakibatkan kekuatan ultimate meningkat dan membuat kekuatan lelahnya meningkat..

Kata Kunci : Aluminium A6061, las gesek, tinggi kerucut, *burn off length*, uji *fatigue*

SUMMARY

Dimas Yoga Pratama, *Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, in December 2017, Fatigue Strength of Friction Weld Joint Aluminum A6061 With And Without Single Cone Geometry.*
Supervisor : Yudy Surya Irawan and Tjuk Oerbandono.

Friction welding is a welding method that used heat energy through mechanical friction between a moving workpiece and a stationary component with the addition of force to join the materials. The results from friction welding can be applied in engineering field such as automotive, agriculture and military.

This research aims to determine an Effect of Single Cone Geometry on fatigue Strength Welded Joint of A6061 Friction Weld. Single Cone variations is 0 mm and 1 mm, 1600 rpm for spindle rotation, 7.000 N force at friction and used a 21.000 N upset force for 10 sec. Then, the specimen prepared to fatigue testing with standard dimension from ASM International.

The result from this research is known that for 300.000 cycle specimen with variation 0 mm single cone has a fatigue strength of 32,87 MPa, whereas the specimen with variation 1 mm single cone has a fatigue strength of 20,15 MPa. due to higher plastic deformation on the welding process with a sharper flow of metal causing a collision between the grains which makes the grains become smaller. Smaller grains increased the ultimate strength and increased the fatigue strength.

Keywords : *Aluminum A6061, friction welding, single cone, burn off length, fatigue test*