

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “**Kekuatan Lelah Sambungan Las Gesek *Dissimilar Metal* Aluminium A6061 Dan Baja Karbon S50C Dengan Dan Tanpa Geometri Kerucut Baja 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 Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Purnami ST., MT., 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 membimbing serta memberikan banyak nasihat, pengarahan, motivasi, doa, dan masukan kepada penulis.
5. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.CSE. sebagai Dosen Pembimbing Skripsi II yang telah membimbing serta memberikan banyak nasihat, pengarahan, motivasi, doa, dan masukan kepada penulis.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc. sebagai Dosen Pembimbing Akademik saya yang telah membimbing dan membina penulis selama perkuliahan sampai saat ini.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
8. Kedua Orangtua penulis yang tercinta, Ir. I Wayan Suardana dan Ir. Ni Luh Ketut Rutin Yenitari yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik material maupun non-material.
9. Teman terdekat penulis, Rere, yang selalu memotivasi penulis serta memberikan saran dalam penelitian ini.

10. Rekan tim *Friction Welding*, Dimas Yoga Pratama, Haikal Rastinggi, Morris Surya Dharma, Albert Rahesta, Albertus Abesandya yang bersama-sama berjuang bersama penulis dalam penelitian ini.
11. Sahabat – sahabat M13, yang memberikan saran serta ilmu yang banyak selama penelitian ini.
12. Teman – teman URANUS 5, UNIKAHIDHA, Graha Atandra yang telah bersama dengan penulis selama 4,5 tahun di Malang.
13. Teman terdekat penulis, Ade Sasongko, Alwin Idris, Erryan Hadisto, Irfan, Danny, I Gusti Ngurah Gotama, yang selalu menemani penulis serta memberi semangat hingga hari ini.
14. Asisten Laboratorium Proses Produksi I yang membantu penulis dalam penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari 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 selanjutnya.

Malang, Maret 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>ix</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>x</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xi</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Aluminium dan Paduannya.....	6
2.2.1 Macam – Macam Paduan Aluminium serta Kode Penamaan.....	6
2.2.2 Sifat Mekanik Aluminium.....	8
2.2.3 Sifat Mampu Las Aluminium.....	8
2.3 Baja .....	9
2.3.1 Baja S50C .....	10
2.3.2 Sifat Mekanik Baja S50C .....	10
2.4 Pengertian Las .....	10
2.4.1 Definisi Pengelasan .....	10
2.4.2 <i>Friction Welding</i> .....	12
2.4.3 <i>Continuous Drive Friction Welding</i> .....	12
2.4.4 <i>Inertia Friction Welding</i> .....	14
2.4.5 <i>Linear Friction Welding</i> .....	14
2.4.6 Keuntungan dan Kelemahan <i>Friction Welding</i> .....	15
2.4.7 Aplikasi Pengelasan Gesek .....	16

2.5	Daerah HAZ ( <i>Heat Affected Zone</i> ).....	17
2.6	Kelelahan .....	18
2.6.1	Kurva <i>S-N</i> .....	21
2.6.2	<i>Rotating Cantilever Bending Fatigue Tester</i> .....	22
2.7	<i>Heat Input</i> .....	23
2.8	Hipotesis .....	25

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.2	Variabel Penelitian.....	27
3.2.1	Variabel Bebas .....	27
3.2.2	Variabel Terikat.....	27
3.2.3	Variabel Terkontrol.....	28
3.3	Alat dan Bahan .....	28
3.3.1	Alat.....	28
3.3.2	Bahan.....	31
3.3.3	Dimensi Spesimen .....	31
3.4	Instalasi Penelitian .....	32
3.4.1	Instalasi <i>Continuous Drive Friction Welding</i> .....	32
3.4.2	Instalasi Alat Uji kekuatan Lelah .....	33
3.5	Prosedur Penelitian .....	34
3.5.1	Pengelasan Gesek.....	34
3.5.2	Pengujian Kelelahan.....	34
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	36

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Data Hasil Pengujian .....	37
4.2	Pembahasan .....	39
4.2.1	Diagram <i>S-N</i> .....	39
4.2.2	Bentuk Patahan.....	42
4.2.3	Diagram Suhu Pengelasan Gesek A6061 dengan S50C .....	44

### **BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran .....	45

**DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Persentase Komposisi Kimia Aluminium A6061 .....	9
Tabel 2.2	Sifat Mekanik Aluminium A6061 .....	9
Tabel 2.3	Komposisi Kimia Baja S50C .....	10
Tabel 2.4	Sifat Mekanik Baja S50C .....	10
Tabel 3.1	Komposisi Kimia Aluminium A6061 dan S50C.....	31
Tabel 4.1	Hasil Data Pengujian Kekuatan Lelah .....	38

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Klasifikasi Pengelasan .....	11
Gambar 2.2	Urutan proses <i>friction welding</i> .....	12
Gambar 2.3	Skema <i>Continuous Drive Friction Welding</i> .....	13
Gambar 2.4	Parameter <i>Continuous Drive Friction Welding</i> .....	13
Gambar 2.5	<i>Inertia Friction Welding</i> .....	14
Gambar 2.6	<i>Linear Friction Welding</i> .....	15
Gambar 2.7	Aplikasi Pengelasan Gesek dalam Kehidupan Sehari-hari .....	16
Gambar 2.8	Skema <i>Heat Affected Zone</i> .....	17
Gambar 2.9	Contoh Permukaan Patahan <i>Fatigue</i> .....	18
Gambar 2.10	Tiga Siklus Tegangan Fatik (a) Tegangan Terbalik (b) Tegangan Berulang (c) Tegangan <i>Irregular</i> Atau Siklus Tegangan Acak .....	19
Gambar 2.11	Kurva S-N Aluminium 6061-T6 <i>Aluminium Alloy</i> .....	21
Gambar 2.12	Contoh kurva S-N pada baja .....	21
Gambar 2.13	Skema <i>Rotating Cantilever Bending Fatigue Testing Machine</i> .....	23
Gambar 2.14	Skema Permukaan Spesimen yang Bergesekan .....	24
Gambar 3.1	<i>Stopwatch</i> .....	28
Gambar 3.2	Jangka Sorong .....	28
Gambar 3.3	Mesin Bubut .....	29
Gambar 3.4	Mesin Las <i>Continous Drive Friction Welding</i> .....	29
Gambar 3.5	<i>Rotating Cantilever Bending Fatigue Testing Machine</i> .....	30
Gambar 3.6	<i>Power Hacksaw</i> .....	30
Gambar 3.7	Kamera .....	30
Gambar 3.8	<i>Thermogun</i> .....	31
Gambar 3.9	Dimensi Spesimen dengan Tinggi Kerucut 0 mm.....	31
Gambar 3.10	Dimensi Spesimen dengan Tinggi Kerucut 2 mm.....	32
Gambar 3.11	Dimensi Spesimen Uji Kekuatan Lelah .....	32
Gambar 3.12	Skema Instalasi Mesin <i>Continous Drive Friction Welding</i> .....	32
Gambar 3.13	Instalasi Alat Uji Kekuatan Lelah.....	33
Gambar 3.14	<i>Completely Reversed Stress Cycle</i> .....	34
Gambar 3.15	Diagram Alir Penelitian .....	36
Gambar 4.1	Diagram S-N Hasil Uji Kekuatan Lelah Sambungan Las Gesek A6061 dan	

S50C Variasi Tinggi Kerucut 0 mm dan 2 mm.....	39
Gambar 4.2 Foto Mikrostruktur Pada Sambungan Las Gesek variasi tinggi kerucut (a) 0 mm dan (b) 2 mm dengan pembesaran x400 .....	40
Gambar 4.3 Foto Patahan Spesimen Hasil Pengujian Lelah Sambungan Las Gesek A6061 dan Baja Karbon S50C dengan Variasi Tinggi Kerucut (a) 0 mm, (b) 2 mm.....	42
Gambar 4.4 Grafik Diagram Suhu Hasil Sambungan Las Gesek A6061 dan S50C dengan Variasi Tinggi Kerucut 0 mm dan 2 mm, <i>Upset Force</i> 500 bar .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Tarik

Lampiran 2. Foto Spesimen

Lampiran 3. Hasil Uji Komposisi Aluminium A6061

Lampiran 4. Hasil Uji Komposisi Baja karbon S50C

Lampiran 5. Hasil Uji Kekerasan

Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian

Lampiran 7. Tenggangan luluh dengan metode *offset* 0,1%

Lampiran 8. Perhitungan Pembebanan Uji Kekuatan Lelah

## RINGKASAN

**I Putu Gede Ardana Putra**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Maret 2018, *Kekuatan Lelah Sambungan Las Gesek Dissimilar Metal Aluminium A6061 Dan Baja Karbon S50C Dengan Dan Tanpa Geometri Kerucut Baja Satu Sisi*. Dosen Pembimbing : Yudy Surya Irawan dan Tjuk Oerbandono.

Salah satu teknologi yang terus berkembang dalam dunia manufaktur adalah pengelasan. Pengelasan sendiri sangat beragam, salah satunya adalah pengelasan gesek atau biasa disebut *friction welding*. Pengelasan gesek sendiri merupakan teknik pengelasan *solid-state* dua logam dengan jenis yang sama atau berbeda dengan bantuan *upsetting force* atau gaya tekan sehingga membentuk sambungan las. Salah satu aplikasi penggunaan *friction welding* adalah pada katup isap.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan lelah sambungan las gesek *dissimilar metal* aluminium A6061 dan baja karbon S50C dengan dan tanpa geometri kerucut baja satu sisi. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah geometri kerucut baja tinggi kerucut 0 mm, dan 2 mm. Variabel terkontrol yaitu putaran spindle 1600 rpm, gaya penekanan awal 7kN, gaya penekanan akhir / *upset force* 35kN, *burn off length* 3 mm, *holding time* 10 detik.

Hasil pengujian kekuatan lelah pada 150.000 siklus spesimen variasi geometri tanpa kerucut memiliki kekuatan lelah sebesar 31.7 MPa, sedangkan pada variasi geometri kerucut 2 mm memiliki kekuatan lelah sebesar 23.2 MPa. Pemberian geometri kerucut mempengaruhi kekuatan lelah sambungan las gesek aluminium A6061 dan S50C.

**Kata kunci:** Aluminium A6061, Baja S50C, *friction welding*, tinggi kerucut, *upset force*, uji lelah.

## **SUMMARY**

**I Putu Gede Ardana Putra**, *Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, March 2018, Fatigue Strength of Friction Weld Joint Dissimilar Metal A6061 and S50C With And Without Steel Single Cone Geometry.*  
Supervisor : Yudy Surya Irawan and Tjuk Oerbandono.

*One of the most technology in manufacturing world that keeps improvised is welding. Welding itself has many type, one of them is friction welding. Friction welding is a solid-state welding method used two metals that have similar or dissimilar type with help of upsetting force and form a weld joint. The results from friction welding can be applied in engineering field such as suction valve.*

*The purpose of this research is to know the strength of fatigue weld joint of dissimilar metal aluminum A6061 and S50C carbon steel with and without steel single cone geometry. The independent variables in this research are the steel cone geometry 0 mm, and 2 mm. Controlled variables are 1600 rpm spindle speed, 7 kN friction force, upset force 35kN, 3 mm of burn off length, 10 seconds holding time.*

*The result of fatigue strength test at 150.000 cycles specimen of geometry without steel cone has a fatigue strength at 31.7 MPa, whereas on cone 2 mm variation has fatigue strength of 23.2 MPa. Giving a steel cone geometry affects the fatigue strength of the A6061 and S50C aluminum friction weld joint.*

**Keywords** : *Aluminum A6061, Carbon Steel S50C, friction welding, single cone, upset force, fatigue test*