

**PENGARUH TEKANAN UPSET TERHADAP KEKUATAN  
TARIK STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN  
SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061  
T6 DAN STAINLESS STEEL 304 MENGGUNAKAN METODE  
*CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING***

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat  
Strata-I Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

**AAN WIDIYANTO**

**20130130160**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**YOGYAKARTA**

**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH TEKANAN UPSET TERHADAP KEKUATAN  
TARIK STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN  
SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061  
T6 DAN STAINLESS STEEL 304 MENGGUNAKAN METODE  
*CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING***

Disusun oleh:  
**Aan Widiyanto**  
**20130130160**

Telah dipertahankan di depan tim penguji

Pada tanggal 16 Agustus 2017

**Susunan Tim Penguji**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Totok Suwanda, S.T., M.T.**  
**NIK. 19690304199603123024**

**Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.**  
**NIK. 19700307199509123022**

**Penguji**

**Cahyo Budiyanoro, S. T., M. Sc.**  
**NIK. 197110232201507123083**

Tugas akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar sarjana teknik.

Tanggal Agustus 2017

Mengesahkan

Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Novi Caroko, S.T., M.Eng.**  
**NIP. 197911132005011001**

## **PERNYATAAN**

**Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah bagian dari disertasi bapak Totok Suwanda dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.**

**Yogyakarta, 16 Agustus 2017**

**Aan Widiyanto**

## **HALAMAN MOTTO**

*“Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan seberat dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya. Dan barang siapa yang mengerjakan kejahatan sebesar dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya pula.”*  
*(QS.Al Zalzalah: 7-8)*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puji dan syukur kepada Allah SWT dan atas dukungan serta do'a dari orang – orang yang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu saya khaturkan rasa syukur dan terimakasih saya kepada :

Allah SWT, karena hanya atas izin dan karunianyalah maka skripsi ini dapat dibuat dan selesai tepat pada waktunya, serta yang telah meridhoi dan mengabulkan segala do'a.

Bapak dan Ibu saya, yang telah memberikan dukungan moril dan materi serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya, karena tiada kata seindah lantunan do'a dan tiada doa yang paling khusuk selain do'a yang terucap dari orang tua. Ucapan terimakasih saya takkan pernah cukup untuk membalas kebaikan orang tua, karena itu terimalah persembahan bakti dan cintaku untuk kalian bapak ibuku.

Bapak dan Ibu Dosen pembimbing, penguji dan pengajar, Terimakasih selama ini telah tulus dan ikhlas meluangkan waktunya untuk menuntun dan mengarahkan saya, memberikan bimbingan dan pelajaran agar saya menjadi lebih baik.

Saudara saya (Adik), yang telah memberikan semangat luar biasa serta do'anya untuk pengerjaan ini, terimakasih dan sayang ku untuk adik tercinta.

Sahabat dan teman seperjuangan, tanpa semangat, dukungan dan bantuan kalian semua tidak mungkin aku sampai disini, terimakasih untuk semuanya. Dengan perjuangan dan semangat kita pasti bisa!Sukses untuk kita semua!!! Amiin.

Terimakasih yang sebesar – besarnya untuk kalian semua, Akhir kata saya persembahkan skripsi ini untuk kalian semua. Dan semoga skripsi ini bermanfaat untuk kedepannya.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbal'alamin segala puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat, hidayah dan kasih sayang-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul **PENGARUH TEKANAN UPSET TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO DARI SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061 T6 DAN STAINLES STEEL 304 MENGGUNAKAN METODE CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING**

Dalam menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini, penyusun menyadari sepenuhnya bahwa selesainya Tugas Akhir ini tidaklah terlepas dari kerjasama, bantuan, bimbingan, pengarahan, petunjuk dan saran-saran dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Bapak Jazaul Ikhsan, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Totok Suwanda, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dalam Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan hingga Tugas Akhir ini bias terselesaikan.
5. Seluruh staf, karyawan serta dosen Jurusan Teknik Mesin atas semua bantuan selama saya masih berstatus sebagai mahasiswa.

6. Kedua orang tua yang selalu memberikan motivasi, dukungan, kasih sayang dan segalanya kepada penyusun hingga detik ini.
7. Untuk sahabatku Destik Kurniawan, Edo Aditya Yudha, Dinta Prasetya, Arif Rakhmatullah, Ganang Efriyanto, Baskoro Pamungkas, Herawan Pambudi, Aji Setiawan, Ayub Mukromin, dan Sihtasari Devi terimakasih atas semua dukungan dan semangatnya untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman-teman satu perjuangan *Friction Welding* selama penelitian di Laboratorium berlangsung.
9. Teman-teman Teknik Mesin 2013 dan KHAD Eco Team yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penyusun berharap semoga amal baik yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Disadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, sehingga masih perlu akan adanya perbaikan dan saran dari pembaca. Penyusun juga berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi kita semua, Amin Ya Robbal 'Alamin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 2017

Penyusun  
Aan Widiyato

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Kajian pustaka .....	4
2.2. Dasar Teori.....	5
2.3. <i>Friction welding</i> .....	6
2.3.1. <i>Friction Stir Welding</i> .....	6
2.3.2. <i>Friction Linear Welding</i> .....	8
2.3.3. Continuous Drive Friction Welding .....	8
2.4. Aplikasi las gesek .....	11
2.5. Alumunium 6061 T6 .....	11
2.6. <i>Stainless Steel 304</i> .....	12
2.7. Pengujian tarik .....	14
2.8. Pengujian <i>Metallografi</i> .....	17



2.8.1. Macam – macam struktur yang ada pada logam.....	17
2.9. Pengujian Kekerasan.....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
3.1. Perencanaan Percobaan.....	20
3.1.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.1.2. Alat dan Bahan.....	22
3.2. Persiapan Penelitian.....	28
3.2.1. Alat Ukur.....	28
3.2.2. Kalibrasi Mesin <i>Friction Welding</i> .....	28
3.3. Pelaksanaan Penelitian.....	28
3.3.1. Skema Mesin <i>Friction Welding</i> .....	28
3.3.2. Pembuatan Bentuk Spesimen.....	29
3.3.3. Proses Pengelasan.....	30
3.4. Pelaksanaan Pengujian Tarik.....	31
3.5. Pengujian Kekerasan.....	32
3.6. Pengujian <i>Metallografi</i> .....	33
3.7. Diagram Alir Penelitian.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>36</b>
4.1. Hasil Pengelasan Gesek Secara Fisual.....	36
4.2. Hasil Analisa Pengujian Struktur Mikro dan Makro.....	38
4.2.1. Struktur Mikro dan Makro.....	38
4.3. Hasil dan Pembahasan Uji Kekerasan.....	41
4.4. Hasil Analisa Pengujian Tarik.....	44
4.4.1. Hasil Patahan Spesimen Uji Tarik.....	48
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>50</b>
5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran.....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perlakuan Aluminium 6061 T6 .....	12
Tabel 3.1. Tabel rancangan penelitian awal pada bahan aluminium 6061 dan stainless steel 304 .....	22
Tabel 4.1. Pemendekan sambungan Al 6061 dan SS 304.....	37
Tabel 4.2. Hasil pengujian kekerasan Alumunium 6061 T6 dan Stainless steel 304.....	41
Tabel 4.3. Hasil pengujian kekerasan Alumunium 6061 T6 dengan vareasi tekanan gesek 35 MPa .....	42
Tabel 4.4. Data hasil pengujian tarik pada sambungan bahan aluminium 6061 T6 dengan stainless steel 304.....	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Proses stir welding</i> .....	7
Gambar 2.2.	<i>Friction Linier Welding</i> (Bhamji, 2010) .....	8
Gambar 2.3.	<i>Proses friction welding</i> CDFW .....	9
Gambar 2.4.	Parameter <i>friction welding</i> .....	10
Gambar 2.5.	Hasil sambungan-sambungan las gesek meliputi (a) gardan mobil, (b) konektor Cu-Al, (c) fan blades. ....	11
Gambar 2.6.	Profil singkat uji tarik. ....	15
Gambar 2.7.	Skematis prinsip indentasi .....	19
Gambar 3.1.	Spesimen Uji Tarik Standar JIS Z 2201 .....	21
Gambar 3.2.	Mesin Las Gesek.....	22
Gambar 3.3.	Mesin Bubut.....	23
Gambar 3.4.	Mesin Uji Tarik.....	23
Gambar 3.5.	Alat Uji Struktur Mikro .....	24
Gambar 3.6.	Alat Uji Struktur Makro.....	25
Gambar 3.7.	Mesin gergaji .....	25
Gambar 3.8.	Mesin Pembelah.....	26
Gambar 3.9.	Mesin poles .....	27
Gambar 3.10.	<i>Load cell</i> .....	27
Gambar 3.11.	Skema Mesin <i>Friction Welding</i> .....	29
Gambar 3.12.	Hasil Pemotongan bahan <i>Stainless Steel</i> 304 dan alumunium 6061 T6 yang sudah dibuat. ....	30
Gambar 3.13.	Pemasangan benda kerja diposisikan center. ....	30
Gambar 3.14.	Alat uji metode vikers dan skematis prinsip identitas.....	32
Gambar 4.1.	Hasil pengelasan CDFW pada bahan AL 6061 T6 dan SS 304..	36
Gambar 4.2.	Grafik Pemendekan.....	37
Gambar 4.3.	(a). Posisi pengujian mikro (b). Foto makro (c). Logam induk AL 6061 (d). Daerah HAZ AL 6061 (e). Daerah sambungan AL 6061 (f). Logam induk SS 304 T6 (g). Daerah HAZ SS 304 T4 (h). Daerah sambungan SS 304 T6.....	39

Gambar 4.4.	(1). Posisi pengujian mikro (2). Foto makro (a). Logam induk AL 6061 (b). Daerah HAZ AL 6061 (c). Daerah sambungan AL 6061 .....	40
Gambar 4.5.	Spesimen pengujian kekerasan.....	41
Gambar 4.6.	Posisi pengujian kekerasan tekanan upset 50 MPa.....	42
Gambar 4.7.	Grafik distribusi kekerasann material di sekitar sambungan logam beda jenis Al 6061 T6 - AISI 304 dengan tekanan tempa 130 MPa dan 50 MPa.....	43
Gambar 4.8.	Spesimen Uji Tarik Aluminium 6061 dan <i>stainless steel</i> 304....	45
Gambar 4.9.	Grafik tegangan dan regangan .....	45
Gambar 4.10.	Grafik pengaruh tekanan tempa terhadap kekuatan tarik.....	47
Gambar 4.11.	Hasil pengujian tarik tekanan gesek 130 MPa, waktu gesek 4 detik, waktu tempa 5 detik dengan variasi (a) Tekanan tempa 50 MPa, (b) Tekanan tempa 60 MPa, (c) Tekanan tempa 70 MPa, (d) Tekanan tempa 80 MPa, (e) Tekanan tempa 90 MPa, (f) Tekanan tempa 100 MPa, (g) Tekanan tempa 110 MPa, (h) Tekanan tempa 120 MPa, (i) Tekanan tempa 130 MPa, (j) Tekanan tempa 140 MPa.....	48
Gambar 4.12.	Penampang patahan pengujian tarik dengan variasi tekanan tempa 50 MPa, waktu tempa 4 detik, tekanan gesek 35 MPa dan waktu gesek 5 detik.....	48
Gambar 4.13.	Penampang patahan pengujian tarik dengan variasi tekanan tempa 130 MPa, waktu tempa 4 detik, tekanan gesek 35 MPa dan waktu gesek 5 detik.....	49

## DAFTAR NOTASI

Al	= aluminium
Cu	= tembaga
Cr	= kromium
FCC	= face centered cubic
Fe	= besi
Mg	= magnesium
Mn	= mangan
O	= oksida
Ti	= titanium
Zn	= seng
Si	= silicon
F	= gaya (N)
$\Delta x$	= perbedaan panjang (mm)
P	= tekanan (MPa)
A	= luas penampang (mm <sup>2</sup> )
UTM	= <i>Universal Testing Machine</i>
$\sigma_u$	= tegangan tarik maksimal (MPa)
$\varepsilon$	= regangan
HAZ	= <i>Heat Effected Zone</i>

## INTISARI

*Friction welding* adalah suatu metode pengelasan yang dapat memecahkan masalah penyambungan material beda jenis Aluminium 6061 T6 dan Stainless steel 304. Pada penyambungannya tidak memperhatikan perbedaan sifat fisik, dan sifat mekanis dari kedua material, sehingga mampu menyambungkan kedua jenis material tersebut. Pada proses penyambungannya menggunakan beberapa parameter penting yang mampu mempengaruhi hasil kekuatan sambungannya. Salah satu parameter yang berpengaruh besar pada hasil sambungan adalah parameter tekanan upset. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh besarnya tekanan upset terhadap kekuatan tarik, struktur mikro dan kekerasan dari hasil sambungan.

Pada penelitian ini dilakukan pengelasan gesek *continuous drive friction welding* (CDFW) terhadap material beda jenis antara aluminium 6061 T6 dengan stainless steel AISI 304. Pengelasan dilakukan dengan mesin *friction welding* putaran 1000 RPM, tekanan gesek 35 MPa, waktu gesek 5 detik, dengan variasi tekanan upset 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130 dan 140 MPa dan waktu tempa selama 5 detik. Untuk mengetahui kualitas sambungan dilakukan pengujian kekuatan tarik, struktur mikro dan kekerasan mikro vickers.

Hasil pengujian di uji struktur mikro pada daerah HAZ, sambungan lasan dan logam induk dengan mikroskop, pengujian kekerasan dengan mikro vickers. Pada jarak 0.5, 1.0, 10 mm dari sambungan dan pengujian tarik dengan standar JIS 2201. Hasil pengujian didapatkan bahwa Struktur mikro pada daerah HAZ sambungan aluminium 6061 T6 mengalami perubahan berupa butiran kristal yang tidak beraturan. Pada daerah HAZ dan logam induk AISI 304 struktur mikro tidak mengalami perubahan. Kekerasan AISI 304 memiliki harga VHN lebih tinggi diatas aluminium 6061 T6. Variasi tekanan upset mempengaruhi hasil kekuatan tariknya. Kekuatan tarik tertinggi terlihat pada variasi tekanan upset 130 MPa dengan hasil kekuatan tarik 248 MPa. Sedangkan kekuatan tarik terendah terlihat pada variasi tekanan upset 50 MPa.

**Kata kunci :** *Friction welding*, Aluminium, Stainless steel, Kekuatan tarik, Struktur mikro, Kekerasan.