

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

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan untuk Derajat Sarjana Strata-1
pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh:
LUJI PRIYANTO
20130130158**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2017**

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, 21 Desember 2017

Luji Priyanto

MOTTO

*“jadikan setiap langkah ibadah dengan bismallah”
(Luji Priyanto)*

*“Ikatlah ilmu dengan menuliskannya”
(Ali bin Abi Thalib)*

*“Urip Iku Urup”
(Orang hidup sudah seharusnya menerangi atau memberi
manfaat kepada setiap makhluk di sekitarnya)
(Kanjeng Sunan Kali Jaga)*

*“Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan
mengatasi dari satu kegagalan ke kegagalan berikutnya
tanpa kehilangan semangat”
(Winston Churchill)*

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

- 1. Bapak dan Ibu tercinta (Atmo Sukarto & Karsiyatun), serta Kakakku (Tularni & Tunggal),** Terima kasih atas seglalanya. Atas setiap doa, keringat, rupiah, pengorbanan, setiap hal kecil yang telah tercurahkan dan mendidik dengan penuh cinta kasih. Semua ini tidak akan cukup untuk membalas jasa yang telah kalian berikan.
- 2. Almamaterku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin-Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.** Yang telah menemaniku kejenjang pendidikan ini.
- 3. Almamaterku, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**
- 4. Semua sahabat-sahabat dan teman-teman terimakasih atas doa dan dukungannya**

INTISARI

Continuous drive friction welding (CDFW) merupakan suatu metode pengelasan *solid state* yang cocok diaplikasikan pada penyambungan logam silinder pejal. Pada proses penyambungan CDFW digunakan beberapa parameter penting yang berpengaruh terhadap kekuatan sambungan. Beberapa parameter tersebut diantaranya: Tekanan *upset*, tekanan gesek, waktu *upset*, waktu gesek, dan putaran mesin. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan *upset* terhadap kekuatan tarik, struktur mikro dan kekerasan sambungan dengan CDFW.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah logam silinder pejal aluminium 6061 T6. Proses pengelasan menggunakan variasi parameter tekanan *upset* 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa, 70 MPa, 80 MPa, 90 MPa, 100 MPa, 110 MPa, dan 120 MPa. Sedangkan parameter yang lain dibuat konstan, yaitu tekanan gesek 40 MPa, waktu gesek 4 detik, waktu *upset* 4 detik, dan putaran mesin 1000 rpm. Untuk mengetahui pengaruh dari tekanan *upset* pada hasil sambungan dilakukan pengamatan struktur mikro, pengujian kekerasan mikro vickers, dan pengujian tarik.

Pada pengujian struktur mikro hasil sambungan mengalami perubahan struktur mikro dimana semakin mendekati sambungan kandungan Mg yang ditunjukkan dengan butiran hitam pada spesimen dikarenakan pengetsaan pada spesimen uji semakin meningkat. Pada pengujian kekerasan spesimen mengalami penurunan nilai kekerasan seiring semakin dekatnya jarak dari sambungan. Untuk pengujian tarik kekuatan tarik maksimum terjadi pada tekanan *upset* 90 MPa dengan hasil 232,212 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah diperoleh saat penggunaan tekanan *upset* 60 MPa yaitu 215,142. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa besarnya tekanan *upset* yang diberikan tidak memengaruhi kekekuatan tarik material hasil sambungan secara signifikan pada rentang tekanan 40 MPa sampai dengan 120 MPa.

Kata kunci: *CDFW, Aluminium 6061 T6, Tekanan upset, Struktur mikro, Kekerasan, Kekuatan tarik*

ABSTRAK

Continuous drive friction welding (CDFW) is a suitable solid state welding method applied to solid metal cylindrical splicing. In the process of connecting CDFW used several important parameters that affect the strength of the connection. Some of these parameters are: Upset pressure, friction pressure, upset time, friction time, and engine speed. This study was conducted to determine the effect of upset pressure variation on tensile strength, microstructure and hardness of connection with CDFW.

The material used in this research is solid aluminum cylinder 6061 T6. The welding process uses a variety of upset pressure parameters of 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa, 70 MPa, 80 MPa, 90 MPa, 100 MPa, 110 MPa, and 120 MPa. While other parameters are made constant, 40 MPa friction pressure, 4 seconds pressure time, 4 seconds upset time, and engine speed 1000 rpm. To determine the effect of upset pressure on the connection result, microstructural observation, vickers hardness testing, and tensile testing were performed.

In the microstructure testing the result of the connection experienced a change in micro structure which is closer to the connection of Mg content indicated by black grain on the specimen due to etching on test specimen is increasing. In testing the hardness of the specimen decreases the hardness value as the distance from the connection closes. For tensile strength testing the maximum tensile occurs at upset pressure 90 MPa with 232.212 MPa, while lowest tensile strength obtained when the use of pressure upset 60 MPa is 215,142. Based on the test it has been concluded that the amount of applied upset pressure does not affect the material tensile strength of the connection result significantly in the pressure range 40 MPa up to 120 MPa.

Keywords: *CDFW, Aluminum 6061 T6, Upset Pressure, Micro Structure, Hardness, Tensile Strength*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil' alamin. Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis berhasil menyelesaikan skripsi dengan judul “PENGARUH VARIASI TEKANAN *UPSET* TERHADAP KEKUATAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061 MENGGUNAKAN METODE *CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING*”.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, sesuai dengan kurikulum yang telah ditetapkan. Selain itu Tugas Akhir ini juga merupakan suatu bukti yang diberikan almamater dan masyarakat.

Banyak pihak yang telah membantu sampai selesainya Tugas Akhir ini, oleh karena itu pada kesempatan ini kami sampaikan tarima kasih kepada:

1. Allah SWT dan junjungan besarku, Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan ketenangan dalam jiwaku.
2. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang telah memberikan bimbingan.
3. Bapak Totok Suwanda, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah banyak memberikan bimbingan dan nasehat kepada penulis.
4. Bapak Aris Widiyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah banyak memberikan bimbingan dan nasehat kepada penulis.
5. Cahyo Budiyanoro, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir ini.
6. Bapak dan Ibu tercinta beserta adik, anggota keluarga, dan orang - orang yang saya cintai atas doa dan dukungannya.
7. Tim Friction Welding, atas kerjasamanya dari awal hingga akhir dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Orang-orang spesial Siti Koyimah Yuliana, Uman setiadi, Yogo Aminanto Pribadi, Muarif, Ganden Allan Kaprawy, Agung Kurniawan, Tomi Zulkifli, Estu Sabatina, Firmansyah, yang senantiasa mensupport, membantu, dan mendengarkan keluh kesah saya selama di Kota Istimewa Yogyakarta ini.
9. Teman-teman Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan bantuan dan semangat.
10. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, kami mengucapkan banyak terima kasih.

Kekurangan atau ketidaksempurnaan tentu masih ada, namun bukan sesuatu yang disengaja, hal tersebut semata - mata karena kekhilafan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program studi S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Yogyakarta, 21 Desember 2017

Penulis,

Luji Priyanto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN	ii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	iv
INTISARI	ivi
ABSTRAK	ivii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR PERSAMAAN	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
PENDAHULUAN	1
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
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Kajian Pustaka	4
2.2. Dasar Teori	5
2.2.1. <i>Friction Welding</i>	6
2.2.2. Keunggulan dan Kelemahan <i>Friction Welding</i>	10
2.2.3. Aplikasi <i>Friction Welding</i>	11
2.2.4 Aluminium	11
2.2.5 Pengujian Kekuatan Tarik	20
2.2.6. Pengujian Struktur Mikro	24

2.2.7. Pengujian Kekerasan Micro Vickers	25
2.2.8. Faktografi.....	26
METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Identifikasi Masalah	27
3.2. Perencanaan Penelitian	27
3.3. Pengadaan Alat dan Bahan	28
3.4. Pelaksanaan Penelitian	33
3.5. Pelaksanaan Pengujian	35
3.6. Diagram Alir Penelitian.....	37
HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Hasil Penyambungan	39
4.2. Pengujian Struktur Mikro	40
4.3. Pengujian Kekerasan Mikro Vickers	43
4.4. Pengujian Kekuatan Tarik	45
4.5. Fraktografi	48
PENUTUP.....	50
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahapan Penyambungan CDFW.....	7
Gambar 2.2. Daerah pengelasan.....	7
Gambar 2.3. Prinsip Kerja FSW	9
Gambar 2.4. Proses Penyambungan LFW	10
Gambar 2.5. Aplikasi Penyambungan <i>Friction Welding</i>	11
Gambar 2.6. Aluminium	12
Gambar 2.7 Aplikasi Penggunaan Aluminium 6061	18
Gambar 2.8. Pengaruh Kadar MgSi pada Kekuatan Tarik Paduan Al-Mg ₂ Si.....	18
Gambar 2.9. Spesimen Uji Tarik.....	20
Gambar 2.10. Grafik Tegangan Regangan.....	21
Gambar 2.11. Bentuk Perpatahan Benda Uji Tarik.....	24
Gambar 2.12 Indentasi Micro Vickers	26
Gambar 3.1. Mesin Las Gesek	28
Gambar 3.2. Mesin Bubut	29
Gambar 3.3. Mesin Uji Tarik.	29
Gambar 3.4. Mesin Uji Struktur Mikro & Makro.....	30
Gambar 3.5. Alat Uji Kekerasan Micro Vickers.....	30
Gambar 3.6. Mesin Gergaji.....	31
Gambar 3.7. Mesin <i>Metacut</i>	31
Gambar 3.8. Mesin Perata dan Pemoles.....	32
Gambar 3.9. Benda Kerja Aluminium 6061-T6.....	32
Gambar 3.10. Dimensi Benda Kerja	33
Gambar 3.11. Skema Mesin Las Gesek	34
Gambar 3.12. Dimensi Specimen Uji Tarik.....	35
Gambar 3.13. Posisi Uji Kekerasan	37
Gambar 3.14. Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 4.1. Hasil Sambungan	39

Gambar 4.2. Grafik Pemendekan Hasil Sambungan	40
Gambar 4.3. Spesimen Pengujian Struktur Mikro	41
Gambar 4.4. Struktur mikro Sambungan dengan Variasi <i>Upset</i> 60 MPa	41
Gambar 4.5. Struktur mikro Sambungan dengan Variasi <i>Upset</i> 90 MPa.	42
Gambar 4.6. Posisi uji Kekerasan.	43
Gambar 4.7. Grafik Nilai Kekerasan.....	45
Gambar 4.8. Grafik Tegangan - Regangan Masing-Masing Parameter.	46
Gambar 4.9. Grafik Hubungan Tekanan <i>Upset</i> dan Kekuatan Tarik.	48
Gambar 4.10. Penampang Patahan.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat - Sifat Fisik Aluminium.....	13
Tabel 2.2. Sifat – Sifat Mekanik Aluminium.....	13
Tabel 2.3. Klasifikasi Paduan Aluminium Tempaan	14
Tabel 2.4. Klasifikasi Perlakuan Bahan	15
Tabel 2.5. Kekuatan Tarik Panas Paduan Al-Si-Ni-Mg-Cu.....	16
Tabel 2.6. Sifat Mekanik Paduan Al-Mg	17
Tabel 2.7. Sifat-Sifat Mekanik Paduan Al-Mg-Si.....	19
Tabel 2.8. Sifat-Sifat Mekanik Paduan 7075	19
Tabel 3.1. Paduan Aluminium 6061-T6.....	32
Tabel 3.2. Rancangan Rencana Penelitian	34
Tabel 4.1. Pemendekan Hasil Sambungan.....	40
Tabel 4.2. Hasil Uji Kekerasan	44
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Tarik.....	47

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1. Rumus Menghitung Elongasi.....	23
Persamaan 2.3. Rumus menghitung VHN	26

DAFTAR NOTASI

CDFW = Continuous Drive Friction Welding

FSW = Friction Stir Welding

LFW = Linier Friction Welding

Al = aluminium

Cu = tembaga

Cr = kromium

Fe = besi

Mg = magnesium

Mn = mangan

O = oksida

Ti = titanium

Zn = seng

Si = silicon

F = gaya (N)

P = tekanan (MPa)

A = luas penampang (mm²)

UTM = *Universal Testing Machine*

ϵ = regangan

HAZ = *Heat Effected Zone*

DAFTAR LAMPIRAN

Hasil Pengujian Kekerasan	54
Hasil Pengujian Tarik.....	57

