

**PENGARUH VARIASI TEKANAN *UPSET* TERHADAP KEKUATAN
TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN SAMBUNGAN
LOGAM SILINDER PEJAL *AISI 304* MENGGUNAKAN METODE
*CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat
Strata-1 Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh :
WAHYU JATMIKO
20130130094**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI TEKANAN *UPSET* TERHADAP KEKUATAN
TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN SAMBUNGAN
LOGAM SILINDER PEJAL *AISI 304* MENGGUNAKAN METODE
*CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING***

**Disusun Oleh :
WAHYU JATMIKO
20130130094**

**Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 21 Desember 2017**

Susunan Tim Penguji

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

**Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D.
NIK. 19700301199509123022**

Penguji

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

**Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Tanggal 21 Desember 2017

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Mesin

**Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D.
NIP. 19740302200104123049**

PERNYATAAN

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

Yogyakarta, Desember 2017

Wahyu Jatmiko

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Berdoa dan Berusaha merupakan kunci dari keberhasilan”

(Wahyu Jatmiko)

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah maha mengetahui apa yang kamu kerjakan”

(QS. Al-Mujadilah : 11)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah sungguh-sungguh (urusan) yang lain”

(QS. Al-Insyiroh : 6-7)

“Barang siapa yang menempuh suatu jalan untuk menuntut ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga”

(HR. Muslim)

“Education is not the learning of facts, but the training of the mind to think”

(Albert Einstein)

“PERSEMBAHAN”

Karya ini saya persembahkan kepada :

- 1. Ayah dan Ibu tercinta sebagai tanda bakti suciku**
- 2. Keluarga atas dukungan moril maupun materil selama ini**
- 3. Almamaterku, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**
- 4. Semua sahabat-sahabat dan teman-teman terimakasih atas doa dan dukungannya**

INTISARI

Pengelasan gesek *continuous drive friction welding* (CDFW) merupakan proses penyambungan logam silinder pejal tanpa pencairan (*solid state process*) yang dilakukan dalam keadaan padat di bawah titik lebur. Pada metode CDFW panas di hasilkan oleh gesekan pada benda yang akan di sambung. Panas yang timbul dari gesekan tersebut diumpankan sebagai energi pengelasan. Dalam metode CDFW digunakan beberapa parameter yang berpengaruh terhadap hasil pengelasan, antara lain yaitu : tekanan gesek, waktu gesek, tekanan *upset*, waktu *upset* dan putaran mesin. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi tekanan *upset* terhadap kekuatan tarik, struktur mikro dan kekerasan sambungan dengan metode *continuous drive friction welding*.

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah logam silinder pejal AISI 304. Proses pengelasan menggunakan parameter variasi tekanan *upset* 70 MPa, 80 MPa, 90 MPa, 100 MPa, 110 MPa, 120 MPa, 130 MPa, 140 MPa, 150 MPa dan 160 MPa. Sedangkan pada parameter yang lain ditentukan sama, yaitu tekanan gesek 70 MPa, waktu gesek 5 detik, waktu *upset* 5 detik dan putaran mesin 1000 Rpm. Untuk menganalisis pengaruh dari variasi tekanan *upset* pada hasil sambungan AISI 304 dilakukan pengamatan pengujian tarik, struktur mikro dan pengujian kekerasan mikro Vickers.

Hasil pengujian struktur mikro penelitian ini pada variasi tekanan *upset* 160 MPa dijelaskan pada sambungan AISI 304 terlihat daerah sekitar sambungan terdapat butiran besar yang tidak beraturan. Pada variasi 70 MPa daerah sambungan lasan perubahan yang terjadi dengan adanya butiran-butiran kecil yang bisa menaikkan kekerasannya. Tingkat kekerasan tertinggi variasi tekanan *upset* 160 MPa terdapat pada logam induk sebesar 243,8 VHN dengan jarak 15 mm, pada daerah sambungan menghasilkan nilai kekerasan sebesar 215,3 VHN. Sedangkan variasi tekanan *upset* 70 MPa nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada jarak 9,5 mm sebesar 243,8 VHN, pada daerah sambungan menghasilkan nilai kekerasan sebesar 231,8 VHN. Pada pengujian tarik diperoleh hasil kekuatan tarik tertinggi sebesar 563,4285 MPa dengan variasi tekanan *upset* 160 MPa dan hasil kekuatan tarik terendah diperoleh pada variasi tekanan *upset* 70 MPa dengan nilai sebesar 478,0039 MPa. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar dari tekanan *upset* yang digunakan maka akan semakin tinggi pula nilai kekuatan tarik yang akan didapatkan dari hasil sambungan.

Kata kunci : *continuous drive friction welding*, tekanan *upset*, AISI 304, struktur mikro, pengujian tarik

ABSTRACT

Continuous drive friction welding (CDFW) is a solid state joining process. CDFW heat generated by friction on the object the joining. Heat generated from the friction is fed as welding energy. In the method CDFW used several parameters that effect the welding results, such as : friction pressure, friction time, upset pressure, upset time and rotation speed machine. This research was conducted to analyze effect of upset pressure variation on tensile strength, microstructure and hardness of connection with continuous drive friction welding method.

In this research the material used is a solid cylindrical metal AISI 304. Welding process using variation parameter of upset pressure 70 MPa, 80 MPa, 90 MPa, 100 MPa, 110 MPa, 120 MPa, 130 MPa, 140 MPa, 150 MPa and 160 MPa. While the other parameters are determined constant, 70 MPa friction pressure, 5 seconds friction time, 5 seconds upset time and rotation speed machine 1000 Rpm. To analyze effect of upset pressure variation on connection result of AISI 304 was observation tensile strength test, microstructure and hardness micro Vickers test.

The results of the microstructure test of this research on a variation of upset pressure 160 MPa described in connection AISI 304 visible area around joining there are large granules that not uniform. On a variation 70 MPa of welded joint area changes that presence of small grains that can increase the hardness. The high hardness rate of upset pressure variation 160 MPa is there in the base metal of 243,8 VHN at distance of 15 mm, at the connection result area in a hardness value of 215,3 VHN. While the upset pressure variation 70 MPa the high hardness value at a distance 9,5 mm at 243,8 VHN, in the joining area produced a hardness value of 231,8 VHN. In tensile test obtained the high tensile strength of 563,4285 MPa with variation of upset pressure 160 MPa and the tensile strength results low obtained at a variation of upset pressure 70 MPa with a value of 478,0039 MPa. It can be concluded that the large of the upset pressure used, the high value tensile strength to be obtained from the connection result.

Keywords : continuous drive friction welding, upset pressure, AISI 304, microstructure, tensile strength test

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT penulis panjatkan atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “PENGARUH VARIASI TEKANAN *UPSET* TERHADAP KEKUATAN TARIK, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL *AISI 304* 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 Guna untuk melengkapi salah satu syarat kurikulum yang ditetapkan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain itu Tugas Akhir ini merupakan suatu bukti yang diberikan kepada almamater dan masyarakat.

Banyak pihak yang telah membantu selama penulis menyusun Tugas Akhir ini, Untuk itu atas segala bentuk bantuannya yang diberikan, penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Allah SWT dan suri tauladan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan rahmat, hidayah dan kesehatan serta panutan bagi penulis.
2. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas kemudahan dalam proses administrasi selama menjadi mahasiswa.
3. Bapak Totok Suwanda, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan banyak motivasi, arahan dan nasehat selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah membimbing memberikan arahan, motivasi dan nasehat selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Cahyo Budiyanoro, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji pada Tugas Akhir ini.

6. Bapak dan Ibu seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin UMY atas bimbingannya kepada penulis selama kuliah di Teknik Mesin UMY.
7. Kedua orang tua beserta adik dan anggota keluarga beserta orang-orang terkasih yang telah memberikan doa, dorongan, nasehat dan motivasi kepada penulis selama ini.
8. Kepada Friction Welding Team 2017 (Uman Setiadi, Avian Jefri, Aan widy, Danang Sony, Arizona Aditya, dan teman-teman yang lain) atas kerjasama dan saling membantu selama proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh kawan-kawan Teknik Mesin B 2013 (Lutfi Khoirul, Arizona A, Ali khaerul, Ihwan N, Frengki S, Adang Mubarok, Arif Saifudin, Ade Tyas serta kawan-kawan yang lain) atas kebaikan-kebaikan selama di bangku kuliah.
10. Kepada rekan-rekan Gemapala dan Gema Pusaka (Agus, Antho, Andika, Andi, Nanang, mas Jihad, mbak Anisa Rachma, mas Sidik dan rekan-rekan lain) yang senantiasa mensupport dan mendengarkan segala keluhan kesah dari penulis.
11. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga amal kebaikan semua pihak mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga yang tertulis di sini dapat bermanfaat bagi almamater Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, Desember 2017

Penulis

Wahyu Jatmiko

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
INTISARI.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Pengelasan Gesek (<i>Friction Welding</i>).....	8
2.2.1.1 <i>Continuous Drive Friction Welding (CDFW)</i>	8
2.2.1.2 <i>Friction Stir Welding (FSW)</i>	10
2.2.1.3 <i>Linear Friction Welding (LFW)</i>	10

2.2.2 Kelebihan Pengelasan Gesek <i>Continuous Drive Friction Welding</i>	12
2.2.3 Aplikasi Pengelasan Gesek Metode <i>Rotary</i>	12
2.2.4 Klasifikasi Logam <i>Stainless Steel AISI 304</i>	13
2.2.5 Pengujian Tarik	16
2.2.6 Pengujian Kekerasan Mikro Vickers	17
2.2.7 Pengujian <i>Metallografi</i>	18

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	21
3.2 Identifikasi Masalah	23
3.3 Perencanaan Penelitian.....	23
3.3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.3.2 Penentuan Kecepatan Putaran dan Eksentisitas Sambungan	25
3.4 Persiapan Alat dan Bahan.....	26
3.5 Persiapan Penelitian	33
3.5.1 Alat Ukur	34
3.5.2 Kalibrasi Mesin <i>Friction Welding</i>	34
3.6 Pelaksanaan Penelitian	34
3.6.1 Skema Mesin <i>Friction Welding</i>	34
3.6.2 Pembuatan Bentuk Spesimen.....	35
3.6.3 Proses Pengelasan	35
3.7 Pelaksanaan Pengujian	38
3.7.1 Pengujian Tarik	38
3.7.2 Pengujian Kekerasan	39
3.7.3 Pengujian <i>Metallografi</i>	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengelasan Gesek.....	42
4.2 Pengujian Struktur Mikro dan Makro	45

4.2.1 Hasil Pengamatan Struktur Mikro dan Makro	46
4.3 Pengujian Kekerasan	48
4.4 Pengujian Kekuatan Tarik	53
4.4.1 Hasil Penampang Patahan Spesimen Uji Tarik	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses <i>Continuous Drive Friction Welding</i>	9
Gambar 2.2 Proses <i>Friction Stir Welding</i>	10
Gambar 2.3 Proses <i>Linear Friction Welding</i>	11
Gambar 2.4 Aplikasi Pengelasan Gesek Metode <i>Rotary</i>	13
Gambar 2.5 Regangan-Tegangan	16
Gambar 2.6 Proses Indentasi <i>Hardness Vickers</i>	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.2 Spesimen Uji Tarik Standar JIS Z 2201	24
Gambar 3.3 Mesin Las Gesek	26
Gambar 3.4 Mesin Bubut	27
Gambar 3.5 Mesin Uji Tarik	28
Gambar 3.6 Alat Uji Struktur Mikro	29
Gambar 3.7 Alat Uji Makro	29
Gambar 3.8 <i>LoadCell</i>	30
Gambar 3.9 Mesin Gergaji	31
Gambar 3.10 Mesin <i>MetaCut</i>	31
Gambar 3.11 Alat Uji Kekerasan.....	32
Gambar 3.12 <i>Grinding Belt</i>	33
Gambar 3.13 Skema Mesin <i>Friction Welding</i>	35
Gambar 3.14 Hasil Bahan <i>Stainless steel 304</i> dibuat Sesuai Standar JIS Z 2201 .	36
Gambar 3.15 Pemasangan Spesimen pada Posisi Center	36
Gambar 3.16 Hasil Pengelasan Gesek	37
Gambar 3.17 Profil Singkat Pengujian Tarik	39
Gambar 3.18 Alat Uji Metode Vickers dan Skematis Proses Indentasi	40
Gambar 4.1 Hasil Pengelasan Gesek <i>AISI 304</i> Dengan Variasi Tekanan <i>Upset</i> ...	42
Gambar 4.2 Grafik Pemendekan Hasil Sambungan Pengelasan Gesek	44
Gambar 4.3 Spesimen Pengujian Mikro	45

Gambar 4.4 Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Tekanan <i>Upset</i> 160 MPa ...	46
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Struktur Mikro Variasi Tekanan <i>Upset</i> 70 MPa	47
Gambar 4.6 Spesimen Pengujian Kekerasan.....	48
Gambar 4.7 Titik Pengujian Kekerasan diukur dari Sambungan	49
Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji Kekerasan pada Variasi Tekanan <i>Upset</i>	51
Gambar 4.9 Grafik Tegangan dan Regangan	54
Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Tarik	55
Gambar 4.11 Hasil Patahan Pengujian Tarik	56
Gambar 4.12 Penampang Patah Uji Tarik Variasi Tekanan <i>Upset</i> 160 MPa	57
Gambar 4.13 Penampang Patah Uji Tarik Variasi Tekanan <i>Upset</i> 70 MPa	58

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian Awal	25
Tabel 3.2 Paduan <i>AISI</i> 304	33
Tabel 4.1 Pemendekan Spesimen Setelah Pengelasan.....	44
Tabel 4.2 Hasil Kekerasan Variasi Tekanan <i>Upset</i> 160 MPa	50
Tabel 4.3 Hasil Kekerasan Variasi Tekanan <i>Upset</i> 70 MPa	50
Tabel 4.4 Parameter Pengelasan Gesek dan Hasil Kekuatan Tarik	53

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CDFW	= <i>Continuous drive friction welding</i>
FSW	= <i>Friction stir welding</i>
LFW	= <i>Linear friction welding</i>
DIN	= <i>Deutsche industrie normen</i>
HAZ	= <i>Heat effected zone</i>
σ	= Tegangan
F	= Gaya tarikan (N)
A	= Luas penampang
ε	= Regangan
ΔL	= Pertambahan panjang
L	= Panjang awal
P	= Beban yang diterima (N)
d	= Panjang diagonal rata-rata
θ	= Sudut puncak
JIS	= <i>Japan industrial standards</i>
C	= Karbon
P	= Fosfor
S	= Sulfur
Mn	= Mangan
Si	= Silikon
Cr	= Kromium
Ni	= Nikel
Fe	= Besi
UTM	= <i>Universal testing machine</i>
PU	= Tekanan <i>upset</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Hasil pengujian kekerasan	64
Lampiran B Hasil perhitungan	66
Lampiran C Hasil pengujian tarik.....	68