

**PENGARUH VARIASI WAKTU *UPSET* TERHADAP SIFAT MEKANIK
SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061 T6
DENGAN *STAINLESS STEEL* 304 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:

Danang Sony Mahardika

20130130200

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2017

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI WAKTU *UPSET* TERHADAP SIFAT MEKANIK
SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061 DENGAN
STAINLESS STEEL 304 MENGGUNAKAN METODE *CONTINUOUS
DRIVE FRICTION WELDING***

Disusun oleh:

**Danang Sony Mahardika
20130130200**

Telah dipertahankan di depan tim penguji

Pada tanggal 11 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. 197003071995509123022**

Penguji

**Bambang Riyanta, S.T., M.T.
NIK. 19710124199603123025**

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

Tanggal 11 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, 11 Agustus 2017

Danang Sony Mahardika

MOTTO

“Cobalah agar kamu bisa”

(Danang Sony Mahardika)

“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(Terjemahan Surat Ar-Ra’d ayat 11)

“Kami tidak bisa mewariskan harta benda kepadamu, tetapi kami hanya bisa mewariskan ilmu karena senantiasa ilmu yang kau miliki bisa mengantarmu menuju sukses”

(Ayahanda & Ibunda)

Eling kalawan Gusti lan tumindak welas asih marang pepadhan makhluk, Begegeg ugeg-ugeg mel-mel sadulita

(Bathara Ismaya/Semar)

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. **Allah SWT.** Syukur alhamdulillah atas segala kemudahan yang telah diberikan, semoga rohman dan rohim-Mu selalu mengiringi tiap langkah hamba-Mu yang lemah ini.
2. **Rasulullah SAW.** Terima kasih atas petunjuk dan keteladanan yang telah Engkau berikan hingga jiwa ini penuh dengan kedamaian dan keikhlasan.
3. **Ibunda dan Ayahanda tercinta, serta adikku Agustia Hera Maharrani,** Terima kasih atas semua hampan cinta-kasih, doa-doa serta pengorbanan yang telah diberikan sehingga aku masih bisa tetap tersenyum sampai saat ini. Atas setiap doa, keringat, rupiah, pengorbanan, setiap hal kecil yang telah tcurahkan dan mendidik anakmu yang nakal ini dengan penuh kesabaran. Yang aku berikan ini tidak akan cukup untuk membalas semua yang telah kalian berikan.
4. **Totok Suwanda, S.T., M.T. dan Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.** Selaku dosen pembimbing terimakasih atas bimbingan bapak sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini sampai selesai dan semoga ilmu yang diberikan bermanfaat.
5. **Aan Widiyanto, Arizona Aditya S, Avian Jefri M, Eko Syaifudin, Gantosantosa, Luji Priyanto, Lukman Hakim dan Uman Setiadi** sebagai tim seperjuangan penelitian terimakasih atas kerjasamanya.
6. **Lutfi Khoirul MN, Erjati Pitaloka, Warsito Kabul S, Arif Burhanudin L.** terimakasih teruntuk sahabat-sahabat seperjuanganku yang telah memberikan motivasi, perhatian dan kerjasamanya selama ini.
7. **Aprilya Intan Candrasari** sebagai teman paling spesial terimakasih untuk segala perhatian, dorongan dan motivasi yang diberikan.
8. **Teman-teman teknik mesin angkatan 2013 dan semua angkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu,** saya ucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungannya selama ini.

INTISARI

Pada pengelasan fusi masih ditemuinya kesulitan saat melakukan penyambungan logam silinder pejal berdiameter besar. Las padat merupakan solusi penyambungan material silinder pejal diameter besar. Dengan metode las gesek jenis *rotary friction welding* cocok digunakan untuk penyambungan logam beda jenis aluminium 6061 T6 dengan *stainless steel* 304 dan dapat dilakukan secara lebih kompleks. Proses penyambungannya menggunakan parameter kecepatan putar, tekanan gesek, waktu gesek, tekanan *upset*, dan waktu *upset*. Pengaruh lamanya waktu *upset* terhadap sifat mekanik sambungan perlu diketahui lebih lanjut agar mendapat proses dan hasil penyambungan yang bagus dan efisien. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanik pada hasil pengelasan.

Material dibentuk sesuai dengan standar JIS Z 2201 dengan diameter 14 mm. Aluminium diputar dengan kecepatan 1000 rpm dan *stainless steel* pada kondisi diam kemudian didorong dengan tekanan 35 MPa hingga terjadi gesekan pada *interface* kedua material dengan waktu gesekan 4 detik. Setelah putaran berhenti diberikan tekanan tempa sebesar 130 MPa. Parameter yang divariasi adalah waktu *upset*. Penelitian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan variasi waktu tempa mulai dari 4 detik, 6 detik, 8 detik, 10 detik, 12 detik, 14 detik, 16 detik, 18 detik, 20 detik, dan 22 detik. Hasil pengelasan di uji tarik, uji struktur mikro dan uji kekerasan.

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, diketahui bahwa pengaruh variasi waktu *upset* tidak mempunyai pengaruh banyak terhadap hasil pengujian tarik. Kekuatan tarik paling tinggi pada variasi waktu *upset* 18 detik sebesar 237 MPa dan paling rendah variasi waktu *upset* 12 detik sebesar 208 MPa. Struktur mikro dan nilai kekerasan pada *stainless steel* 304 tidak mengalami perubahan, dan perubahan terjadi hanya pada aluminium 6061 T6 di daerah las dan daerah *HAZ* dengan nilai kekerasan 51,9 VHN yang menurun jika dibandingkan nilai kekerasan logam induknya sebesar 79,0 VHN.

Kata kunci: Pengelasan, waktu *upset*, sifat mekanik.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis berhasil menyelesaikan skripsi dengan judul “PENGARUH VARIASI WAKTU TEMPA TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061 T6 DENGAN *STAINLESS STEEL* 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 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 Novi Caroko, S.T., M.T. 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 Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah banyak memberikan bimbingan dan nasehat kepada penulis.
5. Sudarisman, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan bimbingan dan nasehat kepada penulis.
6. Bapak Bambang Riyanta, S.T., M.T. selaku dosen penguji Tugas Akhir ini.
7. Bapak dan Ibu tercinta beserta adik, anggota keluarga, dan orang - orang yang kami cintai atas doa dan dukungannya.

8. Teman-teman dekat terutama teman satu tim tugas akhir dan teman dekat lainnya yang telah membantu dan saling memberi dukungan.
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, Agustus 2017

Penulis,

Danang Sony Mahardika

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN.....	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Dasar Teori	6
2.3. Daerah Lasan	7
2.4. Pengelasan Gesek (<i>Friction Welding</i>)	10
2.5. Material.....	14
2.6. Pengujian Tarik.....	18
2.7. Pengujian Metalografi	22
2.6. Pengujian Kekerasan Mikro Vickers	24
METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1. Identifikasi Masalah.....	26

3.2. Perencanaan Percobaan	26
3.3. Persiapan Penelitian.....	33
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	33
3.5. Pelaksanaan Pengujian Tarik.....	36
3.6. Pengamatan Metalografi.....	37
3.7. Pengujian Kekerasan	38
3.8. Diagram Alir Penelitian.....	39
HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Hasil Pengelasan Gesek.....	41
4.2. Pengukuran Pemendekan.....	42
4.3. Hasil Pengujian Tarik	43
4.4. Fraktografi	45
4.5. Hasil Pengujian Mikro	47
4.6. Hasil Pengujian Kekerasan	49
KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Daerah pengelasan fusi.....	8
Gambar 2.2. Daerah pengelasan gesek	9
Gambar 2.3. Parameter las gesek	9
Gambar 2.4. Rotary friction welding	11
Gambar 2.5. Friction stir welding	12
Gambar 2.6. Linear friction welding.....	13
Gambar 2.7. Aplikasi pengelasan gesek	13
Gambar 2.8. Profil singkat uji tarik	19
Gambar 2.9. Profil data hasil uji tarik.....	19
Gambar 2.10. Kurva tegangan-regangan	22
Gambar 2.11. Alat uji makro dan mikro	23
Gambar 2.12. Alat uji kekerasan.....	24
Gambar 3.1. Spesimen uji tarik.....	27
Gambar 3.2. Mesin las gesek	28
Gambar 3.3. Mesin bubut.....	28
Gambar 3.4. Mesin uji tarik.	29
Gambar 3.5. Alat uji mikro	29
Gambar 3.6. Alat uji kekerasan.....	30
Gambar 3.7. Mesin poles.	30
Gambar 3.8. Mesin pemotongan <i>Metacut</i>	30
Gambar 3.9. Gergaji motor	31
Gambar 3.10. Load cell.....	32
Gambar 3.11. Skema mesin <i>friction welding</i>	34
Gambar 3.12. Hasil pembuatan spesimen las gesek	35
Gambar 3.13. Pemasangan bahan diposisikan center.	35
Gambar 3.14. Spesimen hasil pengelasan.....	35
Gambar 3.15. Posisi pengambilan titik uji	38
Gambar 3.16. Diagram alir penelitian.....	39

Gambar 4.1. Hasil pengelasan gesek	41
Gambar 4.2. Grafik pemendekan	43
Gambar 4.3. Spesimen hasil pengelasan setelah pemesinan.....	43
Gambar 4.4. Grafik tegangan-regangan	44
Gambar 4.5. Grafik hubungan waktu tempa dengan kekuatan tarik.....	45
Gambar 4.6. Patahan hasil uji tarik.	46
Gambar 4.7. Penampang patah hasil uji tarik.	46
Gambar 4.8. Foto makro, posisi uji mikro dan struktur mikro.	48
Gambar 4.9. Grafik kekerasan.	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi paduan aluminium	14
Tabel 2.2. Perlakuan Al pengerasan penuaan	15
Tabel 2.3. Sifat-sifat mekanik paduan Al-Mg ₂ -Si.....	15
Tabel 2.4. Paduan aluminium.	16
Tabel 2.5. Paduan <i>Stainless Steel</i> 304.....	18
Tabel 3.1. Tabel parameter penelitian.....	27
Tabel 3.2. Paduan aluminium 6061	32
Tabel 3.3. Paduan <i>Stainless Steel</i> 304.....	32
Tabel 4.1. Pemendekan	42
Tabel 4.2. Data hasil uji tarik	44
Tabel 4.3. Hasil pengujian kekerasan	49

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1. Rumus menghitung tegangan.....	21
Persamaan 2.2. Rumus menghitung regangan	21
Persamaan 2.3. Rumus menghitung nilai kekerasan.....	25
Persamaan 3.1. Rumus menghitung tekanan.....	33
Persamaan 3.2. Rumus menghitung tegangan tarik maksimal.....	34

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)
Δx	= perbedaan panjang (mm)
P	= tekanan (MPa)
A	= luas penampang (mm ²)
UTM	= <i>Universal Testing Machine</i>
σ_u	= tegangan tarik maksimal (MPa)
ε	= regangan
HAZ	= <i>Heat Effected Zone</i>

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran A Perhitungan.....	54
2. Lampiran B Grafik Uji Tarik.....	58
3. Lampiran C Tabel Uji Kekerasan.....	69

