

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI BENTUK PERMUKAAN GESEK TERHADAP  
KEKUATAN TARIK STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN  
SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061 T6  
DENGAN *STAINLESS STEEL* 304 MENGGUNAKAN METODE  
*CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING***

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



**UMY**

**UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA**

**Unggul & Islami**

**Disusun Oleh:**

**NUGROHO DWI CAHYO SAPUTRO**

**20140130147**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
2019**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah bagian dari disertasi bapak Totok Suwanda, S.T., M.T. 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, 25 September 2019**



**Nugroho Dwi Cahyo Saputro**

## MOTTO

*“Perlakukanlah orang tuamu sebagaimana seorang RAJA maka rejeckimu sebagaimana rejeck RAJA, dan apabila kamu memperlakukan orang tuamu sebagaimana seorang PEMBANTU maka rejeckimu sebagaimana rejeck PEMBANTU”*

*(Nugroho Dwi Cahyo Saputro)*

*“Tiada keindahan yang lebih baik dari pada kecerdasan”  
(Nabi Muhammad S.A.W)*

*“Hal-hal yang paling berharga dalam hidup bukanlah hal-hal yang dapat diperoleh dengan uang”*

*(Albert Einstein)*

*“Manusia tidak merancang untuk gagal, mereka gagal untuk merancang.”*

*(William J. Siegel)*

*“Barang siapa yang beramal baik maka bermanfaat bagi dirinya, dan barang siapa yang beramal jelek maka berat atas dirinya”*

*(Q.S Fussilat :46)*

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. **Allah SWT.** Syukur alhamdulillah atas segala kemudahan yang telah diberikan, semoga rahmat dan hidayahMu selalu mengiringi tiap langkah hamba-Mu yang lemah ini.
2. **Nabi Besar Muhammad SAW.** Terima kasih atas petunjuk dan keteladanan yang telah Engkau berikan hingga jiwa ini penuh dengan kedamaian dan keikhlasan.
3. **Bapak dan Ibu tercinta (H. Idris Sarjono S.H & Hj. Sri Hartiwi), Kakakku (Fajar & Arum), serta Adek-adekku (Abu & Fahmy),** Terima kasih atas segalanya. Atas setiap doa, keringat, rupiah, pengorbanan, setiap hal kecil yang telah tcurahkan dan mendidik anakmu/kakakmu/adikmu dengan penuh cinta kasih. Semua ini tidak akan cukup untuk membalas jasa yang telah kalian berikan.
4. **Almamaterku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin-Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.** Yang telah menemaniku kejenjang pendidikan ini.
5. **Semua teman-teman, saudara, adik-adik angkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu,** saya ucapkan terima kasih atas bantuan dan kebersamaan kita selama ini.

## **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 BENTUK PERMUKAAN GESEK TERHADAP KEKUATAN TARIK STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN 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 Berli Paripurna Kamiel, S.T., 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.Eng., Ph.D.. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah banyak memberikan bimbingan dan nasehat kepada penulis.
5. Bapak Drs. Sudarisman, M.S.Mechs., Ph.D. 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 bekerjasamanya dari awal hingga akhir dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Dessy Putri Rahayu N yang telah menemani, membantu dan memberi semangat dalam menyelesaikan laporan tugas akhir saya.
9. Rekan-rekan Tim Futsal Fokus United, yang telah memberikan banyak cerita perjuangan bersama dalam meraih juara-juara kompetisi futsal.
10. Teman-teman Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan bantuan dan semangat.
11. 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, 25 September 2019

Penulis,

Nugroho Dwi Cahyo Saputro

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL ..</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN ..</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN ..</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN ..</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN ..</b>	<b>xv</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
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.....	6
2.2.1. Friction Welding .....	7
2.2.2. Kelebihan dan keterbatasan <i>friction welding</i> .....	10
2.2.3. Aplikasi pada <i>friction welding</i> .....	10
2.2.4. Paduan Aluminium-Magnesium-Silicon (Al 6061).....	11
2.2.5. <i>Stainless steel</i> 304 (AISI 304) .....	12
2.2.6. Pengujian Struktur Mikro .....	13

2.2.7. Pengujian Kekerasan Micro Vickers .....	15
2.2.8. Pengujian kekuatan tarik .....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1. Identifikasi Masalah .....	19
3.2. Perencanaan Penelitian.....	19
3.2.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.2.2. Variabel Penelitian .....	19
3.3. Pengadaan Alat dan Bahan.....	20
3.3.1. Alat Penelitian .....	20
3.3.2. Bahan penelitian.....	25
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	25
3.5. Pelaksanaan Pengujian .....	28
3.6. Diagram Alir Penelitian .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
4.1. Hasil Penyambungan Aluminium 6061 T6 dan <i>Stainless steel</i> 304 dengan Metode CDFW .....	32
4.2. Pengujian Struktur Mikro.....	34
4.2.1. Hasil pengamatan struktur mikro dan makro.....	34
4.3. Pengujian Kekerasan .....	39
4.4. Hasil Uji Kekuatan Tarik .....	44
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>48</b>
5.1. Kesimpulan .....	48
5.2. Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahapan penyambungan CDFW .....	8
Gambar 2.2. Proses penyambungan LFW.....	9
Gambar 2.3. Metode Friction Stir Welding .....	10
Gambar 2.4. Aplikasi penyambungan <i>friction welding</i> .....	11
Gambar 2.5. Mikroskop optik .....	14
Gambar 2.6. Indentasi mikro vickers .....	15
Gambar 2.7. Skema pengujian tarik dari awal pembebanan .....	17
Gambar 2.8. Kurva tegangan-regangan .....	17
Gambar 2.9. Bentuk patahan uji tarik .....	18
Gambar 3.1. Mesin las gesek .....	21
Gambar 3.2. Mesin bubut .....	21
Gambar 3.3. Mesin uji tarik .....	22
Gambar 3.4. Mesin uji struktur mikro dan makro .....	22
Gambar 3.5. Alat uji kekerasan mikro vickers .....	23
Gambar 3.6. Mesin gergaji .....	23
Gambar 3.7. Mesin <i>metacut</i> .....	24
Gambar 3.8. Mesin <i>polish</i> .....	24
Gambar 3.9. Jangka sorong .....	24
Gambar 3.10. <i>Load cell</i> .....	25
Gambar 3.11. Dimensi benda kerja (a. Permukaan gesek <i>chamfer</i> luar, b. Permukaan gesek tanpa <i>chamfer</i> , c. Permukaan gesek <i>chamfer</i> dalam).....	26
Gambar 3.12. Skema mesin las gesek .....	27
Gambar 3.13. Skema proses pengelasan gesek .....	28
Gambar 3.14. Dimensi spesimen uji tarik standar JIS Z 2201 .....	28
Gambar 3.15. Posisi uji kekerasan .....	30
Gambar 3.16. Diagram alir penelitian .....	30
Gambar 4.1. Hasil sambungan, (a) Permukaan gesek AL <i>chamfer</i> , (b) Permukaan gesek SS <i>chamfer</i> , (c) Permukaan gesek tanpa <i>chamfer</i> .....	32

Gambar 4.2. Grafik hubungan bentuk permukaan gesek dan pemendekan spesimen .....	33
Gambar 4.3. Spesimen pengujian struktur mikro, (a) Spesimen permukaan gesek SS <i>chanfer</i> , (b) Spesimen permukaan gesek AL <i>chanfer</i> , (c) Spesimen permukaan gesek tanpa <i>chanfer</i> .....	34
Gambar 4.4. (a) Benda uji bentuk permukaan gesek SS <i>chanfer</i> (b) AL 6061 T6 logam induk , (c) AL 6061 T6 HAZ, (d) AL 6061 T6 daerah sambungan, (e) SS 304 daerah sambungan, (f) SS 304 logam induk....	35
Gambar 4.5. (a) Benda uji bentuk permukaan gesek AL <i>chanfer</i> (b) AL 6061 T6 logam induk , (c) AL 6061 T6 HAZ, (d) AL 6061 T6 daerah sambungan, (e) SS 304 daerah sambungan, (f) SS 304 logam induk ...	37
Gambar 4.6. (a) Benda uji bentuk permukaan gesek tanpa <i>chanfer</i> , (b) AL 6061 T6 logam induk , (c) AL 6061 T6 HAZ, (d) AL 6061 T6 daerah sambungan, (e) SS 304 daerah sambungan, (f) SS 304 logam induk....	38
Gambar 4.7. Posisi uji kekerasan .....	39
Gambar 4.8. Grafik distribusi kekerasan bentuk permukaan gesek tanpa <i>chanfer</i> .....	41
Gambar 4.9. Grafik distribusi kekerasan bentuk permukaan gesek SS <i>chanfer</i> .	42
Gambar 4.10. Grafik distribusi kekerasan bentuk permukaan AL <i>chanfer</i> .....	43
Gambar 4.11. Grafik perbandingan distribusi kekerasan .....	44
Gambar 4.12. Spesimen pengujian tarik .....	45
Gambar 4.13. Grafik hubungan tegangan dan regangan masing-masing bentuk permukaan gesek .....	45
Gambar 4.14. Grafik rata-rata kekuatan tarik .....	46
Gambar 4.15. Hasil patahan uji tarik, (a) Spesimen permukaan gesek SS <i>chanfer</i> , (b) Spesimen permukaan gesek AL <i>chanfer</i> , (c) Spesimen permukaan gesek tanpa <i>chanfer</i> .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat Mekanis Aluminium paduan AL-Mg-Si seri 6061 .....	12
Tabel 2.2. Komposisi kimia AISI 304 .....	13
Tabel 2.3. Karakteristik AISI 304 .....	13
Tabel 3.1. Paduan Aluminium 6061-T6 .....	25
Tabel 3.2. Komposisi kimia <i>Stainless steel</i> 304 .....	25
Tabel 4.1. Pemendekan hasil sambungan .....	33
Tabel 4.2. Hasil Uji Kekerasan .....	40
Tabel 4.3. Rata-rata hasil Pengujian Tarik .....	46

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1. Rumus menghitung VHN .....	15
Persamaan 2.2. Rumus menghitung perpanjangan .....	18
Persamaan 2.2. Rumus UTS .....	18

## 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 (mm<sup>2</sup>)

UTM = *Universal Testing Machine*

$\sigma$  = tegangan (MPa)

$\varepsilon$  = regangan

HAZ = *Heat Effected Zone*

SS = *Stainless steel*

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Hasil pengujian kekerasan .....	53
Lampiran 2 Hasil pengujian kekuatan tarik .....	55