

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ANGGI LUSANKO

NIM : 20140130202

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul: **PENGARUH VARIASI WAKTU GESEK TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PADA PENGELASAN *CONTINOUS DRIVE FRICTION WELDING* SAMBUNGAN LOGAM BEDA JENIS *AISI 304* DAN *AL 6061 T6*** adalah benar-benar hasil karya sendiri bagian dari disertasi Totok Suwanda, S.T., M.T. kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Yogyakarta, 24 Oktober 2018



Anggi Lusanko
NIM : 20140120202

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Jangan menilai saya dari kesuksesan, tetapi nilailah saya dari seberapa sering saya jatuh dan berhasil bangkit kembali”

(Anggi Lusanko)

“MAN JADDA WAJADA”

(Q.S Ar-Ra'd 11)

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

(QS. Al-Insyiroh : 6-7)

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan”

(Q.SAl-Rahman 13)

“Anda harus belajar aturan permainan, dan kemudian anda harus bermain lebuah baik dari orang lain”

(Albert Einstein)

“PERSEMBAHAN”

Karya ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan keberkahan, umur dan kesehatan dalam mengerjakan skripsi ini.
2. Ayah dan Ibu tercinta sebagai tanda baktiku
3. Keluarga tercinta yang telah memberi dukungan moril maupun materil
4. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
5. Teman-teman dan sahabat saya yang telah mendukung dan mendoakan

INTISARI

Pengelasan gesek *Continuous Drive Friction Welding (CDFW)* merupakan proses penyambungan logam silinder pejal tanpa pencairan (*solid state*) yang dilakukan dalam keadaan padat di bawah titik lebur. Pada metode CDFW panas dihasilkan oleh gesekan pada benda yang akan disambung. Pada saat proses penyambungan menggunakan beberapa parameter penting yang mempengaruhi hasil kekuatan sambungannya. Salah satu parameter yang sangat mempengaruhi hasil lasan adalah parameter waktu gesek. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu gesek terhadap distribusi temperatur, struktur mikro dan uji kekerasan dari sambungan dari logam pejal *AISI 304* dengan *AL 6061 T6*.

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah logam beda jenis silinder pejal *AISI 304* dan *AL 6061 T6*. Proses pengelasan menggunakan parameter variasi waktu gesek 2 detik, 4 detik, dan 6 detik. Sedangkan pada parameter yang lain ditentukan sama, yaitu tekanan 25 MPa, tekanan *upset* 50 MPa, waktu *upset* 2 detik dan putaran mesin 1000 Rpm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu gesek terhadap distribusi temperatur, struktur mikro dan kekerasan *Vickers* dengan standar ASTM E 384.

Hasil distribusi temperatur dilihat dari grafik dapat dijelaskan bahwa semakin lama waktu gesek yang diberikan maka panas yang dihasilkan dari metode pengelasan gesek ini semakin tinggi. Pengujian struktur mikro penelitian ini pada variasi waktu gesek 2, 4, dan 6 detik dijelaskan pada sambungan aluminium 6061 T6 mengalami perubahan paling jelas dimana Mg_2Si saling menempel dan menyatu sangat rapat. Tingkat kekerasan terbaik ada pada variasi waktu gesek 6 detik dilanjut 4 detik dan paling rendah adalah 2 detik dan dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu gesek yang diberikan maka akan semakin bagus nilai kekerasan yang dihasilkan.

Kata Kunci : *Continuous Drive Friction Welding*, waktu gesek, logam beda jenis, distribusi temperatur, struktur mikro, kekerasan.

ABSTRACT

Continuous Drive Friction Welding (CDFW) is a process of connecting metal solid cylinders without melting which is carried out in a solid state below the melting point. In the CDFW method heat is generated by friction on the object to be connected. During the connecting process there are several important parameters that affect to the strength of the connection. One parameter that greatly affects the weld quality is the time friction parameter. This study aims to determine the effects of friction time variation on temperature distribution, microstructure and hardness of solid metal joint Stainless Steel 304 with Aluminum 6061 T6.

In this study the materials used are stainless steel 304 and aluminum 6061 T6 cylinders. The friction time variation in this parameters are 2 second, 4 second and 6 second. While the other parameters are constant at 25 Mpa pressure, 50 Mpa upset pressure, 2 seconds upset time and 1000 Rpm engine speed. This test was conducted to determine the effect of friction time variation on temperature distribution, micro structure and vickers hardness using the ASTM E 384 standard.

The results of the distribution of temperature seen from the graph can be explained that the longer the friction time given, the heat generated from this friction welding method is higher. The microstructure testing of this study on 2, 4 and 6 seconds of friction time explained in 6061 T6 aluminum joints experienced the most obvious changes where Mg₂Si sticks together and converges very tightly. The best level of hardness is in the variation of friction time 6 seconds and then 4 seconds and the lowest is 2 seconds and it can be concluded that the longer the friction time given, the better the hardness value produced.

Keywords: *Continuous Drive Friction Welding, friction time, metal different types, temperature distribution, microstructure, hardness.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hdayah dan barokah sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik di pogam studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang berjudul **“PENGARUH VARIASI WAKTU GESEK TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PADA PENGELASAN *CONTINOUS DRIVE FRICTION WELDING* SAMBUNGAN LOGAM BEDA JENIS AISI 304 DAN AL 6061 T6”**. *Stainless steel* banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari maupun di bidang industri dikarenakan sifat bahannya yang anti karat dan mengkilap, dan untuk aluminium juga banyak digunakan dikehidupan sehari-hari dan banyak digunakan di industri kedirgantaraan karena sifat bahannya yang kuat dan ringan. Penyambungan stainless steel 304 dengan aluminium 6061 T6 ini menggunakan metode *Continuous Drive Friction Welding*.

Penelitian ini dilakukan dengan variasi waktu gesek (2, 4, dan 6 detik), menggunakan tekanan gesek 25 MPa, tekanan upset 50 MPa, waktu upset 2 detik dan putaran mesin 1000 Rpm. Pengujian yang dilakukan adalah distribusi temperatur, struktur mikro, dan kekerasan.

Kami sangat menyadari sanyat banyak kekurangan dalam tugas akhir kami ini, oleh sebab itu kritik dan saran dari anda sangat kami harapkan untuk pengembangan selanjutnya. Semoga informasi yang ada di buku kami ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 24 Oktober 2018

Penulis

Anggi Lusanko

20140130202

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iii |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN | iv |
| INTISARI | v |
| ABSTRACT | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|------------------------------|---|
| 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 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|---|---|
| 2.1 Kajian Pustaka..... | 4 |
| 2.2 Dasar Teori..... | 7 |
| 2.2.1 Friction Welding | 8 |
| 2.2.1.1 <i>Continuous Drive Friction Welding (CDFW)</i> | 8 |
| 2.2.1.2 <i>Friction Stir Welding (FSW)</i> | 8 |
| 2.2.1.3 <i>Linier Friction Welding (LFW)</i> | 9 |

| | |
|---|----|
| 2.2.2 Keunggulan dan Keterbatasan <i>Friction Welding</i> | 10 |
| 2.2.3 Aplikasi <i>Friction Welding</i> Penyambungan Material Beda Jenis | 10 |
| 2.2.4 Paduan Aluminium-Magnesium-Silicon (Al 6061) | 11 |
| 2.2.5 <i>Stainless Steel 304</i> (AISI 304) | 12 |
| 2.2.6 Pengujian Struktur Mikro..... | 14 |
| 2.2.7 Pengujian Kekerasan <i>Micro Vickers</i> | 15 |
| 2.2.8 Distribusi Temperatur Selama Pengelasan Gesek | 16 |
| 2.2.8.1 Metode Pengukuran Temperatur | 16 |
| 2.2.8.2 Prinsip Kerja Termokopel | 17 |
| 2.2.8.3 Fungsi Termokopel..... | 18 |
| 2.2.8.4 Termokopel Sebagai Sensor Panas..... | 18 |

BAB III METODE PENELITIAN

| | |
|--|----|
| 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 20 |
| 3.2 Identifikasi Masalah | 21 |
| 3.3 Perencanaan Penelitian | 21 |
| 3.3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 21 |
| 3.3.2 Variabel Penelitian | 22 |
| 3.4 Pengadaan Alat dan Bahan | 22 |
| 3.4.1 Alat Penelitian..... | 22 |
| 3.4.2 Bahan Penelitian | 27 |
| 3.4.2.1 Aluminium Seri 6061-T6..... | 28 |
| 3.4.2.2 <i>Stainless Steel 304</i> | 28 |
| 3.5 Pelaksanaan Penelitian | 28 |
| 3.5.1 Pembuatan Spesimen Benda Kerja | 28 |
| 3.5.2 Proses Penyambungan CDFW | 29 |
| 3.6 Pemasangan Termokopel..... | 30 |
| 3.7 Pelaksanaan Pengujian | 31 |
| 3.7.1 Pengujian Struktur Mikro..... | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 3.7.2 Pelaksanaan Pengujian Kekerasan | 31 |
| 3.8 Analisis Data | 32 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Proses Pengambilan Data | 34 |
| 4.2 Hasil Pengelasan Gesek..... | 35 |
| 4.3 Profil Distribusi Temperatur..... | 37 |
| 4.4 Hasil Perbandingan Distribusi Temperatur | 40 |
| 4.5 Hasil Perbandingan Pencapaian Temperatur Maksimal Terhadap Waktu .. | 41 |
| 4.6 Hasil Struktur Mikro..... | 43 |
| 4.6.1 Hasil Pengamatan Struktur Mikro dan Makro | 44 |
| 4.7 Pengujian Kekerasan | 48 |
| BAB V PENUTUP | |
| 5.1 Kesimpulan..... | 55 |
| 5.2 Saran..... | 55 |
| DAFTAR PUSTAKA | 57 |
| LAMPIRAN | 61 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Skema <i>Continuous Drive Friction Welding</i> | 8 |
| Gambar 2.2 Skema <i>Friction Stir Welding</i> | 9 |
| Gambar 2.3 Proses Penyambungan LFW | 10 |
| Gambar 2.4 Aplikasi Pengelasan Gesek | 11 |
| Gambar 2.5 Hasil Struktur Mikro, (A) <i>Martensit</i> , (B) <i>Perlit</i> , (C) <i>Bainit</i> , (D) <i>Austenit</i> , (D) <i>Ferit</i> | 15 |
| Gambar 2.6 Indentasi Micro Vicker | 15 |
| Gambar 2.7 Rangkaian Dasar Termokopel..... | 17 |
| Gambar 2.8 Bentuk Fisik Termokopel..... | 18 |
| Gambar 2.9 Termokopel | 19 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian | 20 |
| Gambar 3.2 Mesin Gergaji..... | 23 |
| Gambar 3.3 Mesin Bubut | 23 |
| Gambar 3.4 Mesin Bor..... | 24 |
| Gambar 3.5 Load Cell..... | 24 |
| Gambar 3.6 Termokopel | 25 |
| Gambar 3.7 Termokopel Welding | 25 |
| Gambar 3.8 Mesin Las Gesek..... | 26 |
| Gambar 3.9 Gergji Tangan (<i>Handshaw</i>)..... | 26 |
| Gambar 3.10 Mesin Perata Permukaan dan Poles | 27 |
| Gambar 3.11 Mesin Uji Struktur Mikro..... | 27 |
| Gambar 3.12 Dimensi Benda Kerja | 29 |
| Gambar 3.13 Skema Mesin Las Gesek | 29 |
| Gambar 3.14 Posisi Pemasangan Termokopel..... | 30 |
| Gambar 3.15 Alat Uji Kekerasan <i>Vickers</i> | 32 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.1 Pemasangan Termokopel Pada Spesimen Yang Diam | 34 |
| Gambar 4.2 Hasil Sambungan Pengelasan Gesek Waktu Gesek (a) 2 detik, (b) 4 detik, (c) 6 detik | 35 |
| Gambar 4.3 Grafik Pemendekan Hasil Pengelasan Gesek | 36 |
| Gambar 4.4 Grafik Distribusi Temperatur Pada Waktu Gesek 2 Detik..... | 37 |
| Gambar 4.5 Grafik Distribusi Temperatur Pada Waktu Gesek 4 Detik..... | 38 |
| Gambar 4.6 Grafik Distribusi Temperatur Pada Waktu Gesek 6 Detik..... | 39 |
| Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Temperatur Maksimal..... | 40 |
| Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Pencapaian Temperatur Maksimal Terhadap Waktu Pada Variasi Waktu Gesek 2, 4 dan 6 Detik..... | 41 |
| Gambar 4.9 Grafik perbandingan laju pendinginan..... | 42 |
| Gambar 4.10 Spesimen Uji Mikro | 43 |
| Gambar 4.11 (a) Benda Uji variasi 2 Detik (b) SS 304 Logam Induk (c) SS 304 Daerah Sambungan (d) AL 6061 T6 Daerah Sambungan (e) AL 6061 T6 HAZ (f) AL 6061 T6 logam induk | 44 |
| Gambar 4.12 (a) Benda Uji variasi 2 Detik (b) SS 304 Logam Induk (c) SS 304 Daerah Sambungan (d) AL 6061 T6 Daerah Sambungan (e) AL 6061 T6 HAZ (f) AL 6061 T6 logam induk | 45 |
| Gambar 4.13 (a) Benda Uji variasi 2 Detik (b) SS 304 Logam Induk (c) SS 304 Daerah Sambungan (d) AL 6061 T6 Daerah Sambungan (e) AL 6061 T6 HAZ (f) AL 6061 T6 logam induk | 47 |
| Gambar 4.14 Titik Pengujian Kekerasan | 48 |
| Gambar 4.15 Grafik Distribusi Kekerasan Waktu Gesek 2 Detik | 50 |
| Gambar 4.16 Grafik Distribusi Kekerasan Waktu Gesek 4 Detik | 51 |
| Gambar 4.17 Grafik Distribusi Kekerasan Waktu Gesek 6 Detik | 52 |
| Gambar 4.18 Grafik perbandingan Distribusi Kekerasan..... | 53 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Paduan Logam Pejal <i>Stainless Steel</i> 304 | 13 |
| Tabel 3.1 Paduan Logam Pejal Aluminium 6061 T6 | 28 |
| Tabel 3.2 Paduan Logam Pejal <i>Stainless Steel</i> 304 | 28 |
| Tabel 4.1 Pemendekan Hasil Pengelasan Gesek..... | 36 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan | 49 |

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | |
|---------------|--|
| CDFW | : <i>Continuous Drive Friction Welding</i> |
| FSW | : <i>Friction Stir Welding</i> |
| LFW | : <i>Liner Friction Welding</i> |
| DIN | : <i>Deutsche Industrie Norman</i> |
| HAZ | : <i>Heat Effected Zone</i> |
| JIZ | : <i>Japan Industrial Standards</i> |
| UTM | : <i>Universal Testing Machine</i> |
| σ | : Tegangan |
| F | : Gaya Tarikan (N) |
| A | : Luas Penampang |
| ε | : Regangan |
| ΔL | : Pertambahan Panjang |
| L | : Panjang Awal |
| P | : Beban Yang Diterima |
| d | : Panjang Diagonal Rata-Rata |
| θ | : Sudut Puncak |
| C | : Karbon |
| P | : Fosfor |
| S | : Sulfur |
| Mg | : Mangan |
| Si | : Silikon |
| Cr | : Kromium |
| Ni | : Nikel |
| Fe | : Besi |
| PU | : Tekanan <i>Upset</i> |

DAFTAR LAMPIRAN

Hasil pengujian kekerasan Spesimen Friction Welding Stainless Steel 304 –
Aluminium 6061 T6.