

TUGAS AKHIR

OPTIMALISASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS METODE *FRICTION WELDING* BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM AISI 1045 DAN SS 403



Disusun sebagai syarat menyelesaikan Studi Strata Satu pada Jurusan
Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh :

Tumar

D200160118

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2020

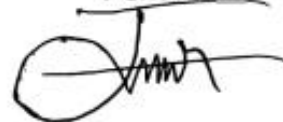
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :
OPTIMALISASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS METODE *FRICTION WELDING* BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM AISI 1045 DAN SS 403

Yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 30 Desember 2020

Penulis



Tumar

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi ini berjudul “OPTIMALISASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS METODE *FRICITION WELDING* BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM AISI 1045 DAN SS 403” telah disetujui dan diajukan sebagai syarat menyelesaikan program sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Tumar
NIM : D200160118

Diterima dan disetujui pada :

Hari : Rabu.....
Tanggal : 30 Desember 2020

Dosen Pembimbing



Ir. Bibit Sugito, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini berjudul "OPTIMALISASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS METODE *FRICITION WELDING* BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM AISI 1045 DAN SS 403" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan Sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersembahkan oleh :

Nama : Tumar

NIM : D200160118

Diterima dan disetujui pada :

Hari/Tanggal : Rabu 30 Desember 2020

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Bibit Sugito, M.T.

Anggota 1 : Nurmuntaha Agung Nugraha,
S.T., M.T.

Anggota 2 : Ir Sunardi Wiyono, M.T.

Nurmuntaha Agung Nugraha
.....
Nugraha
.....
Sunardi Wiyono
.....



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Subroto
.....
Ir. Subroto, M.T.



LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta nomor **029/II/2020** tanggal **20 Februari 2020** tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini:

Nama : Ir. Bibit Sugito, M.T.

Pangkat/Jabatan : Pembina/lektor Kepala

Kedudukan : Pembimbing

Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa:

Nama : Tumar

Nomor Induk : D200160118

Jurusan/Semester : Teknik Mesin/ 9

Judul/Topik : Optimalisasi Waktu Gesek Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Sambungan Las Metode *Friction Welding* Bahan Silinder Pejal Logam AISI 1045 dan SS 403

Rincian Soal/Tugas : Menganalisa Pengaruh Waktu Gesek Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Sambungan Las Dengan Bahan yang Berbeda (Disimilar) Yaitu Silinder Pejal Logam AISI 1045 dan SS 403 Dengan Metode Pengelasan *Friction Welding*

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagai mestinya.

Surakarta, **28 Februari 2020**

Pembimbing

Ir. Bibit Sugito, M.T.

Keterangan

Dibuat rangkap tiga (3)

1. Untuk KAJUR (Koordinator TA)

2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir

3. Untuk Mahasiswa

MOTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah suatu kaum, sebelum kaum itu sendiri mengubah apa yang ada pada diri mereka”

(Q.S Ar-Ra'd [13]: 11)

“Dan bersabarlah. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”

(Q.S Al-Anfaal [46])

“Orang boleh pandai setinggi langit, tapi selama ia tidak menulis, ia akan hilang di dalam masyarakat dan dari sejarah. Menulis adalah bekerja untuk keabadian”

(Pramoedya Ananta Toer)

“Pendidikan adalah kemampuan untuk mendengarkan segala sesuatu tanpa membuatmu kehilangan temperamen atau rasa percaya diri.”

(Julius Caesar)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Persembahan tugas akhir ini dan rasa terima kasih saya ucapkan untuk :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, rahmat, hidayah, rizki, dan semua yang saya butuhkan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Orang tua yang telah memberikan dukungan secara moril maupun materil sehingga saya dapat menyusun tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan anugerah yang tiada terkira. Atas izin-Nyalah penulis dapat menyelesaikan tulisan ini. Dialah yang Maha Berilmu dan Maha Pemberi Ilmu bagi siapa saja yang dikehendaki-Nya.

Atas terselesaikannya tugas akhir ini, tidak mungkin dicapai tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, semangat dan nasihat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Subroto, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T. dan Bapak Nurmuntaha Agung Nugraha, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin UMS.
3. Bapak Ir. Bibit Sugito, M.T. selaku Pembimbing tugas akhir, yang menjadi guru bagi saya. Yang mana telah mengarahkan, membantu, dan membimbing selama pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Bambang Waluyo Febriantoko S.T., M.T. atas dukungan, semangat yang telah disampaikan kepada saya. serta telah menjadi Pembimbing Akademik yang mencontohkan tentang pengembangan karakter.
5. Jajaran dosen dan staff di Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh studi.
6. Teman – teman Teknik Mesin angkatan 2016 yang tidak bias disebutkan satu persatu. Semoga Selalu diberikan keberkahan dan kelancaran.

Penulis berharap laporan ini bias bermanfaat bagi yang membaca dan atas segala kekurangan yang ada pada laporan ini penulis memohon maaf yang sebesar – besarnya. Penulis berharap ada kritikan dan saran yang bersifat membangun. Terimakasih

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

**OPTIMALISASI WAKTU GESEK TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN
STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS METODE *FRICTION WELDING*
BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM AISI 1045 DAN SS 403**

ABSTRAK

Metode pengelasan tradisional yang digunakan untuk menyambung bahan yang berbeda sulit untuk dilakukan karena perbedaan dari komposisi kimia, struktur Kristal dan titik lelehnya, tetapi dapat dilakukan dengan metode pengelasan solid state, yaitu dengan metode Friction Welding. Disimilar Friction Welding adalah proses penyambungan dua material logam dengan menggunakan panas yang dihasilkan dari perubahan energi mekanik kedalam energi panas pada permukaan benda yang digesekkan serta logam yang digunakan memiliki perbedaan dari karakteristik sifat mekanik, struktur mikro, komposisi kimia dan titik lebur logam.

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah baja AISI 1045 dan SS 403 karena memiliki sifat yang dapat dimodifikasi, sedikit ulet dan tangguh. Proses pengelasan dilakukan dengan memvariasi waktu gesek sebesar 4 detik, 6 detik, dan 8 detik. Gesekan dilakukan dengan mesin friction welding putaran 1450 rpm. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekuatan tarik, pengujian struktur mikro, dan pengujian kekerasan vickers.

Hasil pengujian tarik menjelaskan bahwa kekuatan tarik bergerak naik seiring bertambahnya waktu gesek yang digunakan. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh dari variasi waktu gesek 8 detik dengan nilai 343,2 MPa, dan kekuatan tarik terendah pada variasi waktu gesek 4 detik sebesar 293,7 MPa. Pengujian kekerasan menjelaskan bahwa dari ketiga variasi waktu gesek nilai kekerasan tertinggi terletak disekitar weld line dibandingkan daerah HAZ dan logam induk. Nilai kekerasan tertinggi dimiliki pada daerah weld line dengan waktu gesek 4 detik sebesar 427,98 VHN, sedangkan nilai kekerasan terendah pada daerah HAZ baja dengan waktu gesek 4 detik sebesar 173,62 VHN. Dari pemeriksaan struktur mikro ukuran butir pada daerah weld metal lebih kecil dan lebih halus dari daerah HAZ dan material induk. Dari semua variasi waktu gesek, waktu yang sesuai adalah 8 detik.

Kata kunci : AISI 1045 dan SS 403, Dissimilar, Waktu gesek, Kekuatan tarik, Struktur mikro, Kekerasan vickers

**OPTIMIZATION OF FRICTION TIME TO THE MECHANICAL
PROPERTIES AND MICRO STRUCTURE OF WELDING FRICTION
WELDING METHOD FRICTION WELDING METHOD MATERIAL
CYLINDER METAL JOINT AISI 1045 AND SS 403**

ABSTRACT

The traditional welding method used to join different materials is difficult to do because of differences in chemical composition, crystal structure and melting point, but can be done by the solid state welding method, namely the Friction Welding method. Dissimilar Friction Welding is the process of joining two metal materials by using heat generated from the change in mechanical energy into heat energy on the surface of the object being rubbed and the metal used has differences in the characteristics of mechanical properties, microstructure, chemical composition and metal melting point.

In this research, the material used is steel AISI 1045 and SS 403 because it has properties that can be modified, a little ductile and tough. The welding process was carried out by varying the friction time of 4 seconds, 6 seconds, and 8 seconds. Friction is carried out by means of a 1450 rpm friction welding machine. The tests carried out are tensile strength testing, microstructure testing, and vickers hardness testing.

The results of the tensile test show that the tensile strength increases with increasing friction time. The highest tensile strength is obtained from the variation of the friction time of 8 seconds with a value of 343.2 MPa, and the lowest tensile strength at the variation of the friction time of 4 seconds is 293.7 MPa. The hardness test explains that of the three variations of the friction time, the highest hardness value is located around the weld line compared to the HAZ areas and the parent metal. The highest hardness value is in the weld line area with a friction time of 4 seconds of 427.98 VHN, while the lowest hardness value is in the HAZ area of steel with a friction time of 4 seconds of 173.62 VHN. From the microstructure examination, the grain size in the weld metal area is smaller and finer than the HAZ area and the parent material. Of all the variations in the friction time, the appropriate time is 8 seconds.

Keywords: *AISI 1045 and SS 403, Dissimilar, friction time, tensile strength, microstructure, hardness of vickers*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
MOTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR RUMUS	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Proses Dasar Pengelasan.....	9
2.2.2 Sifat Pengelasan	11
2.2.3 Pengelasan Gesek (<i>Friction Welding</i>)	12
2.2.3.1 Durasi Gesek.....	15
2.2.3.2 Parameter Metalurgi	15

2.2.3.3	Penyambungan Untuk Logam yang Berbeda	15
2.2.3.4	Daerah Sambungan <i>Friction Welding</i>	16
2.2.3.5	Kelebihan dan Kekurangan Las Gesek (<i>Friction Welding</i>)	17
2.2.3.6	Aplikasi Las Gesek (<i>Friction Welding</i>)	18
2.2.4	Kajian Material Uji	18
2.2.4.1	Definisi Baja Paduan	18
2.2.4.2	Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	21
2.2.4.3	Struktur Mikro Baja	22
2.2.4.4	Baja AISI 1045.....	24
2.2.4.5	<i>Stainless Steel</i>	25
2.2.4.6	<i>Stainless Steel 403</i>	27
2.2.5	Pengujian Bahan	28
2.2.5.1.	Pengujian Tarik.....	28
2.2.5.2	Pengujian Kekerasan <i>Mikro Vickers</i>	34
2.2.5.3	Pengamatan Struktur Mikro	36

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Rancangan Penelitian.....	40
3.2	Bahan dan Alat	41
3.2.1	Bahan Penelitian	41
3.2.2	Alat Penelitian	41
3.2.3	Perlengkapan	42
3.3	Prosedur Penelitian	44
3.3.1	Persiapan Spesimen Uji	44
3.3.2	Proses Pengelasan Gesek (<i>Friction Welding</i>).....	45
3.3.3	Proses Pembuatan Spesimen Uji.....	48
3.3.3.1	Pembuatan Spesimen uji tarik	48
3.3.3.2	Pembuatan Spesimen Uji Kekerasan dan Struktur Mikro	49
3.3.4	Proses Uji Tarik	50
3.3.5	Proses Uji Kekerasan.....	51
3.3.6	Proses Uji Foto Struktur Mikro	52

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Pengujian	53
4.1.1	Analisa Data Hasil Pengujian Tarik	53
4.1.2	Data Uji Kekerasan dan Analisa	54
4.2	Analisa / Pembahasan	57
4.2.1	Uji Tarik	57
4.2.1.1	Raw Material.....	57
4.2.1.2	Sambungan 1 – Sambungan 3.....	58
4.2.2	Uji Kekerasan.....	61
4.2.3	Uji Foto Struktur Mikro.....	63

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1	Kesimpulan	69
5.2	Implikasi dan Rekomendasi	70
5.2.1	Implikasi	70
5.2.2	Rekomendasi	70
5.3	Saran	71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sifat Mampu las Suatu Komponen.....	11
Gambar 2. 2 Tahap <i>Friction Welding</i>	13
Gambar 2. 3 Skema <i>Direct-drive Welding</i>	14
Gambar 2. 4 Skema <i>Inertia-drive Welding</i>	14
Gambar 2. 5 Daerah Pengelasan <i>Friction Welding</i>	16
Gambar 2. 6 Hasil Sambungan Las Gesek.....	18
Gambar 2. 7 Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	21
Gambar 2. 8 Alat Uji Tarik.....	28
Gambar 2. 9 Profil Singkat Uji Tarik.....	29
Gambar 2. 10 Pertambahan Panjang Benda Kerja.....	31
Gambar 2. 11 Skema Uji Tarik.....	32
Gambar 2. 12 Bentuk Perpatahan Pada Uji Tarik.....	33
Gambar 2. 13 Mikro <i>Vickers Hardness Tester</i>	34
Gambar 2. 14 Indentasi <i>vickers</i>	35
Gambar 2. 15 Mikroskop Struktur Mikro	36
Gambar 3. 1 Diagram Alir	40
Gambar 3. 2 <i>Metallographic Cutting Machine</i>	42
Gambar 3. 3 <i>Grinding and Polishing Machine</i>	42
Gambar 3. 4 Jangka Sorong.....	43
Gambar 3. 5 Ampelas.....	43
Gambar 3. 6 Gergaji	43
Gambar 3. 7 Kikir	44
Gambar 3. 8 Sarung Tangan dan Kacamata	44
Gambar 3. 9 Raw Material <i>Stainless Steel</i> dan Baja Karbon Sedang.....	45
Gambar 3. 10 Material – Material Yang Akan Diproses <i>Friction Welding</i>	45
Gambar 3. 11 Mesin Las Gesek.	46
Gambar 3. 12 Pengelasan Gesek (<i>Friction Welding</i>).....	47
Gambar 3. 13 Material Setelah Dilakukan Pengelasan.....	47
Gambar 3. 14 <i>Bone Shape</i> Standar ASTM.....	48

Gambar 3. 15 Spesimen Material Sebelum Dilakukan Pengujian Tarik, Kekerasan Mikro, dan Foto Struktur Mikro.	49
Gambar 3. 16 Skema Uji Tarik.....	51
Gambar 3. 17 Jarak Antar Titik Uji Kekerasan.....	51
Gambar 4. 1 Jarak Titik Uji Kekerasan Mikro.....	55
Gambar 4. 2 Diagram Tegangan-Regangan Dari <i>Raw</i> Material Sampai Ketiga Sambungan Las.....	59
Gambar 4. 3 <i>Histogram</i> Kekuatan Tarik Maksimum.	60
Gambar 4. 4 Nilai Kekerasan Pada Sambungan	61
Gambar 4. 5 Struktur Mikro Daerah (a) <i>Weld Line</i> , (b) <i>Haz Stainless Steel</i> , (c) <i>Haz Baja</i> , (d) <i>Raw stainless steel</i> , (e) <i>Raw baja</i>	63
Gambar 4. 6 Struktur Mikro Daerah (a) <i>Weld Line</i> , (b) <i>Haz Stainless Steel</i> , (c) <i>Haz Baja</i> , (d) <i>Raw Stainless Steel</i> , (e) <i>Raw Baja</i>	65
Gambar 4. 7 Struktur Mikro Daerah (a) <i>Weld Line</i> , (b) <i>Haz Stainless Steel</i> , (c) <i>Haz Baja</i> , (d) <i>Raw stainless steel</i> , (e) <i>Raw Baja</i>	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Baja Karbon	19
Tabel 2. 2 Sifat Baja.....	19
Tabel 2. 3 Sifat - Sifat Mekanis Baja Karbon AISI 1045.....	24
Table 2. 4 Komposisi Kimia Baja AISI 1045.....	25
Tabel 2. 5 Sifat - Sifat Mekanis <i>Stainless Steel</i> 403.....	27
Table 2. 6 Komposisi Kimia <i>Stainless Steel</i> 403.....	27
Tabel 3. 1 Hasil Proses Las Gesek Dengan Variasi Waktu Gesek.....	48
Tabel 4. 1 Hasil Uji Tarik Dengan Waktu Gesek 4 Detik.....	53
Tabel 4. 2 Hasil Uji Tarik Dengan Waktu Gesek 6 Detik.....	53
Tabel 4. 3 Hasil Uji Tarik Dengan Waktu Gesek 8 Detik.....	54
Tabel 4. 4 Hasil Uji Tarik.....	54
Tabel 4. 5 Hasil Uji Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Dengan Durasi Gesek 4 Detik.....	55
Tabel 4. 6 Hasil Uji Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Dengan Durasi Gesek 6 Detik.....	56
Tabel 4. 7 Hasil Uji Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Dengan Durasi Gesek 8 Detik.....	56
Tabel 4. 8 Hasil Rata-Rata Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i>	57

DAFTAR RUMUS

Rumus 1	Tegangan (σ)	30
Rumus 2	Regangan (ε).....	31
Rumus 3	Besar Modulus Elastisitas (E)	32
Rumus 4	kekuatan Tarik (σ_B)	33
Rumus 5	<i>Vickers Hardness Number</i> (VHN)	35
Rumus 6	Panjang Diagonal Bekas Indentasi (d) Untuk Pembesar 40x.	35
Rumus 7	<i>Vickers Hardness Number</i> (VHN) Untuk Pembesar 40x	36