

SKRIPSI
PENGARUH VARIASI TEKANAN GESEK TERHADAP SIFAT
MEKANIK PADA SAMBUNGAN *STAINLESS STEEL* 304 DENGAN PLAT
BAJA KARBON RENDAH MENGGUNAKAN METODE *CONTINUOUS*
DRIVE FRICTION WELDING (CDFW)

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar

Sarjana Teknik



UMY
UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA

Unggul & Islami

Disusun oleh:

NURWAHYUDI

20140130091

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2020/2021

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Nurwahyudi**

NIM : **20140130091**

Dengan ini saya menyatakan bahwa sesungguhnya Tugas Akhir yang berjudul: **Pengaruh Variasi Tekanan Gesek Terhadap Sifat Mekanik pada Sambungan Stainless Steel 304 dan Plat Baja Karbon Rendah Menggunakan Metode *Continuous Drive Friction Welding (CDFW)*** menyatakan dengan sesungguhnya serta sebenarnya bahwa karya tulis ilmiah ini yang saya serahkan melalui penelitian ini adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri. Selain itu, karya tulis ilmiah ini tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang telah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya didalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 24 Juni 2021


Nurwahyudi



SEPULUH RIBU RUPIAH
1000
20 METERAI
TEMPEL
1CC6FAJX272695907

MOTTO

*"Maka nikmat Tuhan yang manakah yang kamu dustakan?"
(QS. Ar-Rahman: 13)*

*"Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu."
(QS. Al-Baqarah: 45)*

*"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain)."
(QS. Al-Insyirah: 6-7)*

*"Jangan kalah pada rasa takutmu. Hanya ada satu hal yang membuat mimpi tak mungkin diraih yaitu perasaan takut gagal."
(Paulo Coelho, "Sang Alkemis")*

*"Atasilah satu kesulitan anda, maka anda akan terhindar dari ribuan kesulitan yang lain."
(Peribahasa Cina)*

*"Last but no least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting."
(Calvin Broadus)*

*"Salah memilih jurusan bukan berarti salah masa depan, dan lulus terakhir bukan berarti dapat rizki yang terakhir."
(Penulis)*

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis dengan rendah hati menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terselesaikan tanpa adanya bantuan, pengarahan, bimbingan, doa, dukungan serta motivasi dari berbagai pihak. Dengan rasa hormat dan syukur penulis ingin mengucapkan banyak-banyak terimakasih kepada:

- Allah SWT atas Rahmat dan karunia-Nya yang tiada hentinya.
- Ayahnda Yusalmi dan Ibunda Marlisnoor terinta, terimakasih atas kasih sayang dan dukungan yang kalian berikan.
- Bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D., selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing pertama Tugas Akhir atas motivasi dan bimbingannya selama proses penyusunan Tugas Akhir.
- Bapak Dr. Ir Totok Suwanda, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu selama proses penyusunan Tugas Akhir.
- Bapak Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji yang telah bersedia memberikan bimbingan dan saran yang bermanfaat.
- Kakak dan Adik saya tercinta, terimakasih atas kasih sayang serta memberi dukungan semangat terus-menerus.
- Teman-teman dan tim *Friction Welding* yang telah membantu dan memberi motivasi selama penelitian.
- Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam bentuk apapun yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, barokah dan inayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang berjudul **“Pengaruh Variasi Tekanan Gesek Terhadap Sifat Mekanik pada Sambungan Stainless Steel 304 dan Plat Baja Karbon Rendah Menggunakan Metode *Continuous Drive Friction Welding (CDFW)*”**. Salah satu metode pengelasan yang banyak digunakan di dunia industri adalah menggunakan pengelasan fusi (*fusion welding*). Pengelasan fusi adalah proses pengelasan yang menghubungkan logam benda kerja (logam dasar) melalui proses peleburan dan pembekuan. Logam cair dihasilkan dengan pemanasan atau terbuat dari campuran logam dasar dan logam pengisi. Metode *fusion welding* ini masih memiliki beberapa kendala, antara lain luas area *heat affected zone (HAZ)* yang lebih luas dapat mengubah sifat material yang dilas, peleburan antara tepi dan tengah saat pengelasan tidak merata, dan kekuatan tidak maksimal perlu penambahan logam ekstra dalam pengelasan. Sebagai alternatif untuk mengatasi masalah ini, metode pengelasan yang digunakan adalah menggunakan pengelasan gesek. Pengelasan gesek (*friction welding*) adalah metode proses pengelasan dalam kondisi padat (*solid-state*). Panas yang digunakan untuk menyambung logam dihasilkan dari gesekan mekanis antarmuka logam tersebut.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah silinder pejal *stainless steel* 304 dan plat baja karbon rendah *ASTM A633 grade E*. Dengan ukuran diameter material yang digunakan untuk bagian pengelasan gesek ini sebesar 14 mm dan diameter material yang digunakan untuk grip sebesar 20 mm dan baja karbon rendah berukuran 60 mm berbentuk segitiga. Parameter tekanan gesek yang digunakan pada penelitian ini yaitu 35 MPa, 40 MPa, dan 45 MPa dengan waktu gesek 6 detik dan tekanan tempa 60 MPa dengan waktu tekanan tempa 4 detik. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan *vickers* dan pengujian tarik.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk perbaikan di masa mendatang.

Yogyakarta, 25 Juli 2021



Nurwahyudi

NIM. 20140130091

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
KATA PENGATAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.0 Kajian Pustaka.....	4
2.1 Dasar Teori	6
2.2.1 Las Gesek (<i>Friction Welding</i>).....	7
2.2.2 Friction Stir Welding (FSW).....	7

2.2.3	Continuous Drive Friction Welding (CDFW)	8
2.2.4	Linier Friction Welding (LFW)	9
2.2.5	Kelebihan dan Kekurangan <i>Friction Welding</i>	9
2.2.6	Aplikasi Continuous Drive Friction Welding	10
2.2.7	Logam <i>Stainless Steel</i> dan Baja Karbon	10
2.2.8	Pengujian Struktur Mikro	14
2.2.9	Pengujian Kekerasan	15
2.2.10	Pengujian Tarik	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Identifikasi Masalah	19
3.2	Perencanaan Penelitian	19
3.3	Variabel Penelitian	20
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	21
3.4.1	Alat Penelitian	21
3.4.2	Bahan Penelitian	25
3.5	Pelaksanaan Penelitian	25
3.5.1	Pembuatan Spesimen	25
3.5.2	Pengelasan Gesek	26
3.6	Proses Pengujian	27
3.6.1	Proses Pengujian Struktur Mikro	27
3.6.2	Proses Pengujian Kekerasan	28
3.6.3	Proses Pengujian Tarik	28
3.7	Diagram Alir Penelitian	30
3.8	Analisa Data	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Hasil Pengelasan Gesek.....	32
4.2 Hasil dan Analisis Pengujian Makro dan Mikro	34
4.3 Hasil dan Analisis Pengujian Kekerasan.....	36
4.4 Hasil dan Analisis Pengujian Tarik.....	40
BAB V HASIL DAN KESIMPULAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2. 1 Proses friction stir welding (Singh, 2012)</i>	7
<i>Gambar 2. 2 Proses continous drive friction welding (Sahin, 2009)</i>	8
<i>Gambar 2. 3 Proses linear friction welding (Wenya dkk, 2016)</i>	9
<i>Gambar 2. 4 Aplikasi penyambungan friction welding</i>	10
<i>Gambar 2. 5 Identasi vickers (Gordonegland,2014)</i>	15
<i>Gambar 2. 6 Grafik tegangan-regangan (Sastranegara,2009)</i>	16
<i>Gambar 3. 1 Mesin las gesek</i>	21
<i>Gambar 3. 2 Mesin bubut</i>	21
<i>Gambar 3. 3 Mesin uji kekerasan vickers</i>	22
<i>Gambar 3. 4 Mesin uji struktur mikro</i>	22
<i>Gambar 3. 5 Mesin uji tarik</i>	23
<i>Gambar 3. 6 Load cell</i>	23
<i>Gambar 3. 7 Saw machine</i>	24
<i>Gambar 3. 8 Gergaji besi</i>	24
<i>Gambar 3. 9 Vernier caliper</i>	24
<i>Gambar 3. 10 Standar pengujian JIS Z 2201</i>	28
<i>Gambar 3. 11 Diagram alir penelitian</i>	30
<i>Gambar 4. 1 Hasil sambungan SS 304 dengan plat baja karbon rendah</i>	32
<i>Gambar 4. 2 Diagram hubungan tekanan gesek dengan pemendekan</i>	33
<i>Gambar 4. 3 Spesimen uji setelah di mounting</i>	34
<i>Gambar 4. 4 Hasil foto makro dengan 10x pembesaran</i>	34
<i>Gambar 4. 5 Hasil pengujian struktur mikro</i>	35
<i>Gambar 4. 6 Posisi titik pengujian kekerasan</i>	36
<i>Gambar 4. 7 Grafik pengujian kekerasan</i>	38
<i>Gambar 4. 8 Spesimen pengujian tarik</i>	40
<i>Gambar 4. 9 Grafik pengujian tarik</i>	41
<i>Gambar 4. 10 Diagram kekuatan tarik dan modulus elastisitas</i>	42
<i>Gambar 4. 11 Diagram hasil regangan terhadap tekanan gesek</i>	43
<i>Gambar 4. 12 Hasil patahan spesimen uji tarik</i>	44

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2. 1 Komposisi kimia AISI 304 (Iron and steel Society, 1999)</i>	<i>12</i>
<i>Tabel 2. 2 Sifat mekanis stainlees steel 304 (Kimura dkk, 2017).....</i>	<i>12</i>
<i>Tabel 2. 3 Komposisi baja karbon rendah ASTM A633 grade e.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabel 2. 4 Sifat mekanis baja karbon rendah ASTM A633 grade e.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabel 4. 1 Rata-rata pemendekan setelah pengelasan gesek.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabel 4. 2 Hasil pengujian kekerasan SS 304 dan plat baja karbon rendah.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabel 4. 3 Hasil pengujian kekerasan SS 304 dan plat baja karbon rendah.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabel 4. 4 Rata-rata hasil nilai pengujian tarik</i>	<i>42</i>

LAMPIRAN

<i>Lampiran 1 Hasil pengujian kekerasan.....</i>	<i>49</i>
<i>Lampiran 2 Hasil pengujian tarik 35 MPa sampel 1.....</i>	<i>50</i>
<i>Lampiran 3 Hasil pengujian tarik 35 MPa sampel 2.....</i>	<i>51</i>
<i>Lampiran 4 Hasil pengujian tarik 40 MPa sampel 1.....</i>	<i>51</i>
<i>Lampiran 5 Hasil pengujian tarik 40 MPa sampel 2.....</i>	<i>52</i>
<i>Lampiran 6 Hasil pengujian tarik 45 MPa sampel 1.....</i>	<i>52</i>
<i>Lampiran 7 Hasil pengujian tarik 45 MPa sampel 2.....</i>	<i>52</i>

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

NOTASI

D	= Diagonal rata-rata (mm)
E	= Modulus Elastisitas (GPa)
P	= Beban Pengujian Kekerasan Vickers (kgf)
L_o	= panjang awal benda uji (mm)
L_f	= panjang akhir benda uji (mm)
θ	= Sudut antara permukaan intan (136°)
σ	= Tegangan (MPa)
ε	= Regangan (%)

SINGKATAN

ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
CDFW	= <i>Continous Drive Friction Welding</i>
DIN	= <i>Deutch Industrie Normen</i>
FW	= <i>Friction Welding</i>
HAZ	= <i>Heat Affected Zone</i>
JIS	= <i>Japan Industrial Standard</i>
STDEV	= Standar Deviasi
UTM	= <i>Ultimate Tensile Strength</i>
VHN	= <i>Vickers Hardness Number</i>