

**SKRIPSI**  
**PENGARUH VARIASI TEKANAN GESEK TERHADAP STRUKTUR**  
**MIKRO, KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN**  
***DISIMILLAR PIPA STAINLESS STEEL (BERPUTAR) - PIPA BAJA***  
***MENGGUNAKAN METODE CONTINUOUS DRIVE FRICTION***  
***WELDING***  
**(CDFW)**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar  
Sarjana Teknik



**Disusun Oleh:**  
**DANANG CLIFF RIZALDI**  
**20140130206**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**  
**2018**



## LEMBAR PENGESAHAN

### SKRIPSI

**Pengaruh Variasi Tekanan Gesek Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Kekuatan Tarik Sambungan *Disimilar* Pipa *Stainless Steel* (Berputar) - Pipa Baja Menggunakan Metode *Continuous Drive Friction Welding* (CDFW)**

*The Effect of Friction Pressure Variations to Micro Structure, Hardness and Tensile Strength of the Disimilar Joint Stainless Steel Pipe (Rotate) – Steel Pipe Using Continuous Drive Friction Welding (CDFW) Method*

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Danang Cliff Rizaldi**  
20140130206

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 24 Agustus 2018

Pembimbing Utama

**Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D.**  
NIK. 19700307199509123022

Pembimbing Pendamping

**Totok Suwanda, S.T., M.T.**  
NIK. 19690304 199603 123024

Penguji

**Drs. Sudarisman, M.S. Mechs., Ph.D.**  
NIP. 19590502 198702 1 001

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal, 30 Agustus 2018

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY



  
**Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.**  
NIK. 19740302 200104 123049

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 10 Agustus 2018



Danang Cliff Rizaldi

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan anugerah 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 STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN *DISIMILLAR* PIPA *STAINLESS STEEL* (BERPUTAR) - PIPA BAJA MENGGUNAKAN METODE *CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING* (CDFW)”. Metode penyambungan pipa saat ini masih banyak menggunakan pengelasan *fusion* (cair) yang memerlukan *skill* operator yang mumpuni dan waktu pengelasan yang lama. Selain itu dengan metode pengelasan *fusion* tidak dapat digunakan pada sambungan berbeda jenis (*disimilar*) seperti pipa *stainless steel* dengan pipa baja. Hal ini dapat diselesaikan dengan menggunakan metode pengelasan gesek (*friction welding*). Dengan metode pengelasan gesek penyambungan *disimilar* pipa *stainless steel* dengan pipa baja mampu dilakukan tanpa harus menguasai *skill* posisi 5G dan waktu yang dibutuhkan lebih singkat.

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasi tekanan gesek sebesar 25, 30 dan 35 MPa dengan tekanan tempa sebesar 50 MPa. Waktu gesek yang dibutuhkan hanya 1 detik dengan waktu tempa selama 5 detik. Putaran mesin pengelasan gesek yang digunakan sebesar 1000 rpm. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan *vickers* dan pengujian tarik.

Yogyakarta, 7 Agustus 2018

Danang Cliff Rizaldi

NIM. 20140130206

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	xi
<b>INTISARI</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	9
2.2.1 Las Gesek ( <i>Friction welding</i> ).....	10
2.2.2 <i>Linier Friction Welding</i> (LFW).....	10
2.2.3 <i>Friction Stir Welding</i> (FSW).....	11
2.2.4 <i>Continuous Drive Friction Welding</i> (CDFW).....	11
2.2.5 Kelebihan dan Kekurangan Pengelasan Gesek .....	12
2.2.6 Aplikasi <i>Continuous Drive Friction Welding</i> .....	13
2.2.7 Logam <i>Stainless Steel</i> dan <i>Carbon Steel</i> .....	13
2.2.8 Pengujian Struktur Mikro.....	16
2.2.9 Pengujian Kekerasan .....	17
2.2.10 Pengujian Tarik .....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	22

3.1	Identifikasi Masalah .....	22
3.2	Perencanaan Penelitian.....	22
3.2.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
3.2.2	Variabel Penelitian .....	23
3.3	Alat dan Bahan .....	23
3.3.1	Alat Penelitian .....	23
3.3.2	Bahan Penelitian.....	28
3.4	Pelaksanaan Penelitian .....	29
3.4.1	Skema Mesin Las Gesek .....	29
3.4.2	Pembuatan Spesimen.....	30
3.4.3	Proses Pengelasan.....	31
3.5	Proses Pengujian .....	31
3.5.1	Pengujian Struktur Mikro .....	31
3.5.2	Pengujian Kekerasan .....	32
3.5.3	Pengujian Tarik .....	32
3.6	Diagram Alir Penelitian .....	35
3.7	Analisis Data .....	36
3.7.1	Penyajian Data Pengujian Struktur Mikro.....	36
3.7.2	Penyajian Data Pengujian Kekerasan.....	36
3.7.3	Penyajian Data Pengujian Kekuatan Tarik.....	36
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
4.1	Hasil Pengelasan Gesek Pipa <i>Stainless Steel</i> (Berputar) – Pipa Baja .....	38
4.2	Hasil Pengujian .....	40
4.2.1	Hasil Pengujian Struktur Mikro.....	40
4.2.2	Hasil Pengujian Kekerasan.....	43
4.2.3	Hasil Pengujian Tarik .....	47
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>53</b>
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran.....	54
	<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>55</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>56</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>59</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Linear Friction Welding (Wenya dkk, 2016) .....	11
Gambar 2. 2 Proses Friction Stir Welding (Singh, 2012) .....	11
Gambar 2. 3 Proses Continuous Drive Friction Welding (Sahin, 2009).....	12
Gambar 2. 4 Aplikasi Continuous Drive Friction Welding (Mehmet dkk, 1980)	13
Gambar 2. 5 Metode Pengujian Vickers (Syaifudin, 2017).....	18
Gambar 2. 6 Grafik Pengujian Tarik (Syaifudin, 2017).....	19
Gambar 3. 1 Mesin Gergaji.....	24
Gambar 3. 2 Mesin Bubut .....	24
Gambar 3. 3 Mesin Las Gesek .....	25
Gambar 3. 4 Mesin Uji Tarik .....	25
Gambar 3. 5 Mesin Uji Kekerasan Vickers .....	26
Gambar 3. 6 Mesin Uji Struktur Mikro.....	26
Gambar 3. 7 Load Cell .....	27
Gambar 3. 8 Gergaji .....	27
Gambar 3. 9 Mesin Poles .....	28
Gambar 3. 10 Skema Mesin Las Gesek .....	29
Gambar 3. 11 Standar JIS Z 2201 No. 14 C Spesimen Uji Tarik Pipa .....	32
Gambar 3. 12 Diagram Alir Penelitian .....	35
Gambar 4. 1 Hasil Pengelasan Gesek Pipa Stainless Steel - Pipa Baja .....	38
Gambar 4. 2 Grafik Tekanan Gesek dengan Rata-rata Pemendekan .....	40
Gambar 4. 3 Spesimen Pengujian Struktur Mikro dan Kekerasan.....	41
Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Struktur Mikro (perbesaran 200x) .....	41
Gambar 4. 5 Struktur Mikro Logam Induk Pipa .....	43
Gambar 4. 6 Posisi Titik Pengujian Kekerasan.....	43
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengujian Kekerasan .....	45
Gambar 4. 8 Spesimen Pengujian Tarik Pipa JIS Z 2201 No. 14 C .....	47
Gambar 4. 9 Grafik Pengujian Tarik.....	48
Gambar 4. 10 Diagram Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas.....	49
Gambar 4. 11 Diagram Regangan Rata-rata .....	51

Gambar 4. 12 Foto Patahan Hasil Pengujian Tarik..... 52



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3. 1 Struktur Paduan Pipa Stainless Steel (Atlas Steel, 2013) .....	28
Tabel 3. 2 Sifat Mekanik Pipa Stainless Steel (Atlas Steel, 2013) .....	28
Tabel 3. 3 Struktur Paduan Pipa Baja (ASTM A53 Standart Spesification, 2012) .....	29
Tabel 3. 4 Sifat Mekanik Pipa Baja (ASTM A53 Standart Spesification, 2012)..	29
Tabel 4. 1 Rata-rata Pemendekan Setelah Pengelasan Gesek.....	39
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kekerasan Sambungan Pipa Stainless Steel – Baja...	44
Tabel 4. 3 Rata-rata Hasil Pengujian Tarik.....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Kekerasan .....	59
Lampiran 2 Hasil Pengujian Kekerasan .....	60
Lampiran 3 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 1 Tekanan Gesek 25 MPa .....	61
Lampiran 4 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 3 Tekanan Gesek 25 MPa .....	62
Lampiran 5 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 4 Tekanan Gesek 25 MPa .....	63
Lampiran 6 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 6 Tekanan Gesek 30 MPa .....	64
Lampiran 7 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 7 Tekanan Gesek 30 MPa .....	65
Lampiran 8 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 13 Tekanan Gesek 30 MPa .....	66
Lampiran 9 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 9 Tekanan Gesek 35 MPa .....	67
Lampiran 10 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 10 Tekanan Gesek 35 MPa .....	68
Lampiran 11 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 12 Tekanan Gesek 35 MPa .....	69
Lampiran 12 Hasil Pengujian Tarik Raw Pipa Baja 1 .....	70
Lampiran 13 Hasil Pengujian Tarik Raw Pipa Baja 2 .....	71
Lampiran 14 Hasil Pengujian Tarik Raw Pipa Stainless Steel 1 .....	72
Lampiran 15 Hasil Pengujian Tarik Raw Pipa Stainless Steel 2 .....	73
Lampiran 16 Tabel Perhitungan Pengujian Tarik .....	74

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	: Luas penampang pipa ( $\text{mm}^2$ )
ASTM	: <i>American Standard Testing and Material</i>
D	: Diameter luar pipa (mm)
d	: Diagonal rata-rata (mm)
E	: Modulus Elastisitas (GPa)
HAZ	: <i>Heat Affected Zone</i>
JIS	: <i>Japan Industrial Standard</i>
L	: Panjang <i>gauge</i> (mm)
$L_f$	: Panjang akhir spesimen uji tarik (mm)
$L_0$	: Panjang awal spesimen uji tarik (mm)
P	: Beban pengujian kekerasan <i>vickers</i> (Kgf)
SD	: Standar deviasi
TMAZ	: <i>Thermomechanically Affected Zone</i>
VHN	: <i>Vickers Hardness Number</i>
WCZ	: <i>Weld Centre Zone</i>
$\epsilon$	: Regangan (%)
$\Delta\epsilon$	: Selisih Regangan (%)
$\sigma$	: Tegangan (MPa)
$\Delta\sigma$	: Selisih Tegangan (MPa)
$\theta$	: Sudut antara permukaan intan ( $136^\circ$ )