

SKRIPSI

PENGARUH TEKANAN GESEK PADA PENGELASAN GESEK KONTINU TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN SIFAT TARIK SAMBUNGAN PIPA TEMBAGA

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



UMY

**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

Disusun Oleh:

WAHYU SAPUTRO

20140130234

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



LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

Pengaruh Tekanan Gesek pada Pengelasan Gesek Kontinu Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Sifat Tarik Sambungan Pipa Tembaga

The Effect of Frictional Pressure by Continuous Drive Friction Welding on Microstructure, Hardness and Tensile Strength Copper Pipe Joint

Dipersiapkan dan disusun oleh :

WAHYU SAPUTRO

NIM. 20140130234

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 11 Desember 2018

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Totok Suwanda, S.T., M.T.
NIK. 19690304199603123024

Penguji

Dr. Bambang Riyanta, S.T., M.T.
NIK. 19710124199603123025

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

Tanggal, Desember 2018

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY



Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

NIP. 19740302200104123049

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wahyu Saputro
NIM : 20140130234
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul: **Pengaruh Tekanan Gesek pada Pengelasan Gesek Kontinu Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Sifat Tarik Sambungan Pipa Tembaga** adalah hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana pada perguruan tinggi lain. 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 di dalam naskah dan daftar pustaka. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Yogyakarta, 11 Desember 2018

Yang menyatakan



Wahyu Saputro

NIM. 20140130234

HALAMAN MOTTO

“Tidak ada kesuksesan bagiku melainkan dengan pertolongan Allah”.

(Q.S. Huud: 88)

“Sukses bukanlah kebetulan, sukses adalah kerja keras, tekun belajar, berkorban dan yang terpenting ialah mencintai pekerjaan anda”.

(Pele)

“Banyak kegagalan hidup yang terjadi karena orang-orang tidak menyadari seberapa dekat kesuksesan mereka saat mereka menyerah”.

(Thomas A. Edison)

“Hiduplah seakan kamu akan mati besok. Belajarlah seakan kamu akan hidup selamanya”. *(Mahatma Gandhi)*

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan rahmat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

Dengan ini saya persembahkan karya ini untuk...

Allah SWT

Ibuku tercinta yang selalu dengan sabar membimbing, memberikan semangat serta doa untuk saya yang sedang berjuang. Almarhum ayah saya, terima kasih ayah semoga engkau bahagia di sana. Tidak ada suatu halpun yang dapat membalas semua yang telah engkau berikan hanya prestasi dan karya yang dapat sedikit membuat engkau bangga.

Kakak tercinta, Reni Melasari dan Ambar Waluya Jati yang selalu mendukung dan mendoakan.

Budhe Yamtini yang selalu merawat saya saat jauh dari orang tua.

Sahabat yang sudah seperti saudara saya Okta Riyanda G. sesama pejuang skripsi yang selalu mendukung serta mendoakan.

Sahabatku Ellite_69 Dedy, Yoyo dan Saifulloh yang memberikan hiburan disela-sela pengerjaan skripsi.

Sahabat seperjuangan kelas E yang tidak bisa di sebutkan satu-persatu yang menemani saya selama perkuliahan. Kebersamaan dengan kalian adalah warna dalam dunia perkuliahan, kebersamaan dalam berkelana mencari arah dan pembelajaran ekspektasi dalam setiap sebuah rencana yang tidak pernah terlaksana namun semua itu membuat saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tim tugas akhir *Friction Welding* Rian, Emha, Danang, Ridwan, Antok, Achid yang selalu membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

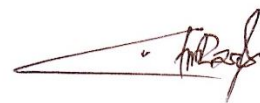
KATA PENGANTAR

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 Tekanan Gesek pada Pengelasan Gesek Kontinu Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Sifat Tarik Sambungan Pipa Tembaga”**. Proses penyambungan pada logam pipa tembaga yang sering digunakan adalah metode *brazing*. Penyambungan pipa tembaga menggunakan metode pengelasan gesek masih belum banyak dilakukan. Sehingga, belum banyak referensi yang dapat digunakan sebagai acuan untuk penyambungan pipa tembaga menggunakan pengelasan gesek. Pengelasan gesek (*friction welding*) adalah metode pengelasan logam yang dilakukan dalam kondisi padat (*solid state*) dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan dari gesekan antara kedua logam yang akan dilas.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah logam pipa tembaga ASTM B280 dengan ukuran diameter luar 22,2 mm, diameter dalam 19,8 mm, tebal 1,2 mm dan dipotong sepanjang 75 mm. Proses pengelasan menggunakan putaran mesin 1000 rpm. Parameter tekanan gesek yang digunakan pada penelitian ini yaitu 30 MPa, 35 MPa, dan 40 MPa dengan waktu gesek 1 detik dan tekanan tempa 50 MPa dengan waktu tekanan tempa 5 detik. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan *vickers* dan pengujian tarik.

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

Yogyakarta, 11 Desember 2018



Wahyu Saputro
NIM. 20140130234

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
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	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori	8
2.3 Friction Welding (FW).....	9
2.3.1. Friction Stir Welding (FSW).....	9
2.3.2. Linear Friction Welding (LFW).....	10
2.3.3. Continuous Drive Friction Welding (CDFW).....	11
2.3.4. Aplikasi Pengelasan Gesek.....	13
2.3.5. Kelebihan dan Kekurangan Pengelasan Gesek	14
2.4 Tembaga	14
2.5 Pengujian Struktur Mikro.....	15

2.6	Pengujian Kekerasan	16
2.7	Pengujian Tarik	17
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Diagram Alir Penelitian	21
3.2	Identifikasi Masalah	22
3.3	Perencanaan Penelitian.....	22
3.3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.3.2.	Variabel Penelitian	23
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	23
3.4.1.	Alat Penelitian	24
3.4.2.	Bahan Penelitian.....	28
3.5	Pelaksanaan Penelitian	28
3.5.1.	Pembuatan Spesimen.....	28
3.5.2.	Proses Pengelasan Gesek.....	29
3.5.3.	Hasil Pengelasan Gesek.....	30
3.5.4.	Meresin Spesimen untuk Pengujian	30
3.6	Proses Pengujian	31
3.6.1.	Proses Pengujian Metallografi.....	31
3.6.2.	Proses Pengujian Kekerasan.....	32
3.6.3.	Proses Pengujian Tarik	32
3.7	Analisis Data	33
3.7.1.	Analisis Data Struktur Mikro	33
3.7.2.	Analisis Data Kekerasan.....	34
3.7.3.	Analisis Data kekuatan Tarik	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Hasil Pengelasan Gesek Pipa Tembaga	35
4.2	Hasil Pengujian Makro dan Mikro	37
4.2.1.	Hasil Foto Makro.....	37
4.2.2.	Hasil pengujian Struktur Mikro.....	38
4.3	Hasil Pengujian Kekerasan.....	42
4.4	Hasil Pengujian Kekuatan Tarik	45
BAB V PENUTUP		50

5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	51
UCAPAN TERIMA KASIH	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses friction stir welding (Wijayanto,2012)	10
Gambar 2.2 Proses linear friction welding (LFW) (Jedrasiak dkk., 2018).....	10
Gambar 2.3 Proses continuous drive friction welding (Maalekian, 2007)	11
Gambar 2.4 Daerah pengelasan pada CDFW (Purnomo, S., 2016).....	12
Gambar 2.5 Aplikasi Pengelasan Gesek	13
Gambar 2.6 Skema uji kekerasan (Callister, 2001).....	17
Gambar 2.7 Grafik pengujian tarik (Callister, 2001)	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.2 Mesin las gesek kontinu (continuous drive friction welding)	24
Gambar 3.3 Mesin bubut.....	24
Gambar 3.4 Mesin uji tarik	25
Gambar 3.5 Alat uji struktur mikro (Laboratorium D3 Teknik Mesin UGM).....	25
Gambar 3.6 Alat uji Hardness Vickers (Laboratorium D3 Teknik Mesin UGM)..	25
Gambar 3.7 Load cell.....	26
Gambar 3.8 Saw machine	26
Gambar 3.9 Gerinda	26
Gambar 3.10 Gergaji besi	27
Gambar 3.11 Jangka sorong.....	27
Gambar 3.12 Pahat bubut.....	27
Gambar 3.13 Mesin polish	28
Gambar 3.14 Pipa tembaga	28
Gambar 3.15 Skema proses pengelasan gesek.....	29
Gambar 3.16 Spesimen hasil pengelasan gesek.....	30
Gambar 3.17 Spesimen uji yang telah di resin.....	31
Gambar 3.18 Standar uji tarik JIS Z 2201.....	32
Gambar 4.1 Spesimen hasil pengelasan gesek.....	35
Gambar 4.2 Diagram hubungan antara tekanan gesek dengan pemendekan	36
Gambar 4.3 Spesimen pengujian struktur mikro dan kekerasan.....	37
Gambar 4.4 Hasil foto makro pada sambungan pipa tembaga.....	38

Gambar 4.5 Struktur mikro pada tekanan 30 MPa.....	39
Gambar 4.6 Struktur mikro pada tekanan 35 MPa.....	40
Gambar 4.7 Struktur mikro pada tekanan 40 MPa.....	41
Gambar 4.8 Posisi titik pengujian kekerasan (mm).	42
Gambar 4.9 Grafik nilai kekerasan pada sambungan pipa tembaga	44
Gambar 4.10 Spesimen uji tarik.....	45
Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengujian Tarik	46
Gambar 4.12 Diagram kekuatan tarik rata-rata terhadap variasi tekanan gesek...	47
Gambar 4.13 Diagram regangan rata- rata terhadap variasi tekanan gesek.....	48
Gambar 4.14 Foto patahan hasil uji tarik pada sambungan pipa tembaga	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Tembaga ASTM B280 – Berat %	15
Tabel 4.1 Rata-rata Pemendekan Setelah Proses Pengelasan Gesek Kontinu	36
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Sambungan Pipa Tembaga	43
Tabel 4.3 Nilai kekuatan tarik dan regangan	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Kekerasan	55
Lampiran 2 Hasil Pengujian Kekerasan	56
Lampiran 3 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 3 Tekanan Gesek 30 MPa	57
Lampiran 4 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 4 Tekanan Gesek 30 MPa	58
Lampiran 5 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 5 Tekanan Gesek 30 MPa	59
Lampiran 6 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 6 Tekanan Gesek 35 MPa	60
Lampiran 7 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 8 Tekanan Gesek 35 MPa	61
Lampiran 8 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 10 Tekanan Gesek 35 MPa	62
Lampiran 9 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 11 Tekanan Gesek 40 MPa	63
Lampiran 10 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 12 Tekanan Gesek 40 MPa	64
Lampiran 11 Hasil Pengujian Tarik Spesimen 13 Tekanan Gesek 40 MPa	65
Lampiran 12 Hasil Pengujian Tarik RAW Tembaga	66

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

NOTASI

1. P = Beban pengujian kekerasan *vickers* (kgf)
2. L = Panjang *gauge* (mm)
3. A = Luas penampang pipa (mm²)
4. θ = Sudut diantara permukaan intan (136°)
5. σ = Tegangan (MPa)
6. ε = Regangan (%)
7. L_f = Panjang akhir spesimen uji tarik (mm)
8. L₀ = Panjang awal spesimen uji tarik (mm)
9. T,s = Putaran mesin (rpm)
10. D = Diameter luar pipa (mm)
11. d = Diagonal rata-rata (mm)
12. P_f = Tekanan Gesek
13. T_f = Waktu gesek

SINGKATAN

1. ASTM = *American Standard Testing and Material*
2. JIS = *Japan Industrial Standard*
3. SEM = *Scanning Electron Microscopy*
4. TEM = *Transmission Electron Microscope*
5. VHN = *Vickers Hardness Number*
6. UTM = *Universal Testing Machine*
7. Cu = *Copper*
8. WCZ = *Welding Center Zone*
9. HAZ = *Heat Affected Zone*
10. SD = Standar Deviasi
11. BM = *Base Metal*