

SKRIPSI

PENGARUH KECEPATAN PUTAR TOOL TERHADAP KEKUATAN MEKANIK SAMBUNGAN LAS FRICTION STIR WELDING PADA HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun oleh :

MUHAMMAD RAFI UDDIN IMBARAGA

20140130003

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2019



**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**Pengaruh Kecepatan Putar Tool terhadap Kekuatan Mekanik Sambungan
Las Friction Stir Welding pada High Density Polyethylene (HDPE)**

*The Effect of Rotational Speed Tool on the Mechanical Strength of Weld
Joints Friction Stir Welding on High Density Polyethylene (HDPE)*

Dipersiapkan dan disusun oleh :


MUHAMMAD RAFI UDDIN IMBARAGA
20140130003

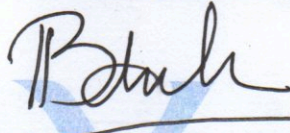
Telah dipertanggung jawabkan didepan Dewan Penguji

Pada tanggal, 13 Agustus 2019


Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D.
NIK. 19700307 199509 123022


Muh. Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng.
NIP. 19790523 200501 1 001

Penguji


Dr. Bambang Riyanta, S.T., M.T.
NIK. 19710124 199603 123025


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

Tanggal, 8 Oktober 2019

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

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rafiuddin Imbaraga
NIM : 20140130003
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH KECEPATAN PUTAR TOOL TERHADAP KEKUATAN MEKANIK SAMBUNGAN LAS FRICTION STIR WELDING PADA HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)”** ini adalah bagian dari penelitian Dosen Pembimbing (Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D.). Segala publikasi dari penelitian ini harus seizin dosen yang bersangkutan.

Yogyakarta, 8 Oktober 2019

Muhammad Rafiuddin Imbaraga
NIM. 20140130003

MOTTO

“Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), maka kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”.

Q.S. Al-Insyiroh Ayat 7

INTISARI

Friction stir welding (FSW) adalah suatu proses pengelasan dalam keadaan padat dan tidak memerlukan bahan tambahan. Penyambungannya memanfaatkan gesekan dari alat pin yang berputar dengan benda kerja sehingga dapat melelehkan benda kerja yang membuatnya terhubung. HDPE merupakan bahan polimer yang bisa disambungkan dengan menggunakan proses FSW. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar tool terhadap kekuatan mekanik bahan HDPE dengan mengetahui struktur makro, sifat tarik, dan sifat lenturnya.

Parameter yang digunakan adalah variasi kecepatan putar pahat 900 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm. Proses pengelasannya menggunakan laju pahat 20 mm / menit, kedalaman pahat 0,5 mm, dan pin pahat 3 mm. Spesimen diuji dengan uji tarik menggunakan standar ASTM D638 *type IV*, uji lentur dengan standar ASTM D790 dan uji struktur makro.

Semakin tinggi kecepatan putar pahat maka sifat mekanik dari bahan HDPE semakin rendah. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh dari kecepatan putar pahat 900 rpm sebesar 13,6 MPa dengan regangan 6.2% dan modulus elastisitas 0.51 GPa, sedangkan kekuatan tarik pada kecepatan putar pahat 2000 rpm sebesar 2.69 MPa dengan regangan 4.6% dan modulus elastisitas 0.21 GPa. Nilai kekuatan lentur tertinggi sebesar 14,2 MPa pada kecepatan putar pahat 900 rpm, sedangkan pada kecepatan putar pahat 2000 rpm sebesar 8.58 MPa. Dalam pengamatan struktur makro, setiap variasi kecepatan putar pahat terlihat adanya cacat flash, tetapi pada kecepatan putar pahat 2000 rpm terlihat banyak cacat yaitu cacat lubang, cacat flash, dan kotoran di area sambungan yang dilas.

Kata kunci : *friction stir welding*, HDPE, Variasi kecepatan putar pahat

ABSTRACT

Friction stir welding (FSW) is a welding process in a solid state that does not require additional materials. Its connection utilizes the friction of the rotating pin tool with the workpiece to make it connected. HDPE is a polymer material that can be connected using the FSW process. The purpose of this study was to determine the effect of tool rotational speed on the mechanical strength of HDPE materials by knowing the macro structure, tensile characteristic, and flexural characteristic.

The parameters used are variations in the rotational speed of 900 rpm, 1500 rpm and 2000 rpm. The welding process uses a feed rate of 20 mm / minute, depth of plunge 0.5 mm, and pin tool of 3 mm. Tensile test using ASTM D638 type IV standard, flexural test with ASTM D790 standard and macro structure test.

The higher the speed tool, the lower the mechanical properties of HDPE material. The highest tensile strength was obtained from a 900 rpm tool rotating speed of 13.6 MPa with a 6.2% strain and 0.51 GPa modulus of elasticity, at a 2000 rpm was 2.69 MPa with a 4.6% strain and a modulus of elasticity of 0.21 GPa. The highest flexural strength value of 14.2 MPa at 900 rpm, at 2000 rpm of 8.58 MPa. In observing the macro structure, every variation was seen with flash defects, but at 2000 rpm rotational speed was seen with many defects namely void defects, flash defects, and dirt in the weld joint area.

Keyword: friction stir welding, HDPE, variations of the rotational speed

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur Alhamdulillahirobbil'alamin kepada Allah SWT, yang telah memberikan nikmat iman, islam serta kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul **“Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Tool terhadap Kekuatan Mekanik Sambungan Las Friction Stir Welding pada High Density Polyethylene (HDPE)”**.

Bahan HDPE merupakan salah satu bahan polimer yang populer karena ketersediaan bahan dan biaya yang murah. Semakin meningkatnya perkembangan zaman, rekayasa plastik saat ini menjadi pembahasan utama. Proses pengolahan yang mudah dan biaya yang murah merupakan faktor yang menjadikan plastik adalah bahan yang menguntungkan untuk dikembangkan. Maka dipilihlah pengelasan friction stir welding sebagai metode penyambungan karena FSW merupakan metode penyambungan yang efektif untuk menyambung bahan termoplastik seperti HDPE.

Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademis jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penyusunan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembacanya.

Yogyakarta, 8 Oktober 2019
Penulis

M. Rafiuddin Imbaraga
NIM. 20140130003

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dalam penyelesaian skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan yang baik ini perkenankan penulis untuk mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua saya Nata Imbaraga dan Teti Priswati yang sudah memberikan dukungan tak terhingga baik itu moral, spiritual, maupun material hingga selesainya laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Aris Widyo Nugroho, ST., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing serta memberikan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing serta memberikan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Bambang Riyanta, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan dan saran terhadap tugas akhir ini.
7. Seluruh Dosen dan staff di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
8. Akademi Teknik Mesin Industri (ATMI) yang telah membantu untuk pengujian pada tugas akhir ini.
9. Sahabat terbaik saya Irham Fathul Ulum yang telah memberikan dorongan, motivasi untuk move on, dan berbagi banyak hal yang tidak penting. Berkat hal itu penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

10. Teman seperjuangan pada penelitian ini Rinto dan Aripin yang telah bersama-sama menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Seluruh teman-teman Teknik Mesin kelas A angkatan 2014 yang telah bersama-sama berjuang dari awal.
12. Dan kepada pihak-pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung, penulis mengucapkan terima kasih.

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
MOTTO	iii
INTISARI	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Metode Pengambilan Data	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	6
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Dasar Teori.....	8
2.2.1. Pengelasan	8
2.2.2. Friction Stir Welding.....	9
2.2.3. High Density Polyethylene.....	13
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1. Diagram Alir Penelitian	15
3.2. Pengadaan Alat dan Bahan	16
3.2.1. Alat Penelitian.....	16

3.2.2. Bahan Penelitian	24
3.3. Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.4. Proses Penelitian	26
3.4.1. Proses Pengelasan	26
3.5. Persipan dan Pengujian Spesimen.....	28
3.5.1. Pengujian Tarik	29
3.5.2. Pengujian Bending	31
3.5.3. Pengujian Struktur Makro	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Hasil Pengelasan FSW	35
4.1.1. Hasil Pengelasan dengan Kecepatan Putar Tool 900 rpm	36
4.1.2. Hasil Pengelasan dengan Kecepatan Putar Tool 1500 rpm	37
4.1.3. Hasil Pengelasan dengan Kecepatan Putar Tool 2000 rpm	38
4.2. Hasil Uji Makro	39
4.3. Hasil Pengujian Tarik	43
4.4. Hasil pengujian Bending	51
BAB V PENUTUP	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Friction Stir Welding	10
Gambar 2.2 Heat Zone pada proses FSW	11
Gambar 2.3 Lembaran Material HDPE.....	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Friction Stir Welding	15
Gambar 3.2 Mesin Milling Vertikal.....	16
Gambar 3.3 Alat Uji Struktur Makro	17
Gambar 3.4 Alat Uji Tarik dan Bending.....	18
Gambar 3.5 Pin Tool silinder ulir 3mm	19
Gambar 3.6 Sketsa Pin Tool Ulir 3mm.....	20
Gambar 3.7 Gerinda Tangan	20
Gambar 3.8 Tachometer.....	21
Gambar 3.9 Amplas	22
Gambar 3.10 Penggaris Lurus.....	22
Gambar 3.11 Jangka Sorong	23
Gambar 3.12 Feeler Gauge	23
Gambar 3.13 Smartphone/stopwatch	24
Gambar 3.14 Spesimen HDPE.....	25
Gambar 3.15 Proses Pengelasan FSW	27
Gambar 3.16 Spesimen Uji Tarik ASTM D638 Type IV	28
Gambar 3.17 Sketsa ASTM D638 Type IV	29
Gambar 3.18 Spesimen Uji Bending ASTM D790.....	29
Gambar 3.19 Sketsa Uji Bending.....	29
Gambar 3.20 Proses Pengujian Tarik	30
Gambar 3.21 Proses Pengujian Bending.....	32
Gambar 4.1 Dimensi Bahan HDPE Hasil las FSW.....	35
Gambar 4.2 Hasil Pengelasan FSW Variasi 900 rpm	36
Gambar 4.3 Hasil Pengelasan FSW Variasi 1500 rpm	37
Gambar 4.4 Hasil Pengelasan FSW Variasi 2000 rpm	38

Gambar 4.5 Struktur Makro Variasi 900 rpm	39
Gambar 4.6 Struktur Makro Variasi 1500 rpm	40
Gambar 4.7 Struktur Makro Variasi 2000 rpm	41
Gambar 4.8 Kurva Nilai Kekuatan Tarik	43
Gambar 4.9 Hasil Uji Tarik Variasi 900 rpm.....	44
Gambar 4.10 Hasil Uji Tarik Variasi 1500 rpm.....	45
Gambar 4.11 Hasil Uji Tarik Variasi 2000 rpm.....	46
Gambar 4.12 Hasil Uji Tarik RAW Material.....	47
Gambar 4.13 Grafik Tegangan Hasil Pengujian Tarik	48
Gambar 4.14 Grafik Regangan dan Modulus Elastisitas Uji Tarik	49
Gambar 4.15 Kurva Nilai Kekuatan Bending Pada Setiap Variasi	51
Gambar 4.16 Grafik Tegangan Lentur	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat HDPE	14
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Uji Tarik dan Uji Bending	19
Tabel 3.2 Karakteristik HDPE	25
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tarik Standard ASTM D638 HDPE.....	48
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Bending	51
Tabel 4.3 Pengamatan Visual Spesimen Bending Face	53
Tabel 4.4 Pengamatan Visual Spesimen Bending root dan samping.....	54

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

HDPE	= <i>High Density polyethylene</i>
FSW	= <i>Friction Stir welding</i>
TWI	= <i>The Welding Institute</i>
TMAZ	= <i>Thermomechanically Affected Zone</i>
F	= Beban (N)
Ao	= Luas area awal (mm^2)
Lo	= Panjang awal (mm)
ΔL	= Penambahan panjang (mm)
F	= Beban (N)
E	= Modulus Young atau modulus elastisitas (Mpa)
σ	= Tegangan lentur (MPa)
P	= Beban/gaya yang terjadi (N)
L	= Jarak point/span (mm)
b	= Lebar spesimen (mm)
d	= Ketebalan specimen (mm)