

## **TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *TOOL* TERHADAP  
PENGUJIAN MEKANIK PADA SAMBUNGAN LAS PLASTIK HDPE  
DENGAN METODE *FRICTION STIR WELDING* DUA SISI**

**Diajukan sebagai syarat untuk Memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun oleh:**

**ARIPIN**

**20140130036**

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

**2019**



## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**Pengaruh variasi kecepatan putaran tool terhadap pengujian mekanik pada sambungan las plastik HDPE dengan metode *friction stir welding* dua sisi**

***The effect of tool rotation speed variation on mechanical testing on HDPE plastic welded joints with two-sided friction stir welding method***

Dipersiapkan dan disusun oleh :

**ARIPIN**  
**20140130036**

Telah dipertanggung jawabkan didepan Dewan Penguji

Pada tanggal, 26 Agustus 2019

**Dosen Pembimbing 1**

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

**Dosen Pembimbing 2**

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

**Penguji**

Drs. Sudarisman, M.S.Mechs., Ph.D.  
NIP. 195905021987021001

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

Tanggal, 28 September 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**

Nama : Aripin  
NIM : 20140130036  
Jurusan : Teknik Mesin  
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN TOOL TERHADAP PENGUJIAN MEKANIK PADA SAMBUNGAN LAS PLASTIK HDPE DENGAN METODE FRICTION STIR WELDING DUA SISI”** 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, 26 Agustus 2019

Aripin  
NIM. 20140130036

## **MOTTO**

Berusahalah semampu yang kamu bisa dan jangan lah kamu menginginkan kemudahan yang orang lain dapat karna Allah SWT punya jalan terbaik untuk hambanya

“maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-insyirah ayat 5)

## INTISARI

Friction Stir Welding adalah salah satu jenis pengelasan Solid State Welding (SSW) di mana pengelasan FSW memanfaatkan gesekan yang terjadi antara alat dan benda kerja yang akan dihubungkan tanpa mencapai titik leleh benda yang akan dilas, pengelasan ini sangat cocok digunakan untuk menyambung bahan polimer seperti HDPE (*high density polyethylene*). Bahan HDPE memiliki sifat yang kuat bahan yang memiliki kode no 2 ini bagus digunakan untuk tempat makanan maupun obat-obatan walau seperti itu penggunaan bahan HDPE dianjurkan hanya sekali pakai, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hasil uji struktur makro, uji tarik dan uji bending pada pengelasan FSW dua sisi bahan HDPE dan mengurangi lengkungan/ distorsi yang terjadi setelah pengelasan.

Penelitian ini menggunakan lembar HDPE dengan dimensi ketebalan 5mm, lebar 80 cm panjang 100 cm. Pengelasan dilakukan dengan kecepatan putar 900.1500 dan 2000 rpm, dengan kecepatan pengelasan 5mm/menit *dept of pluge* 0,5 mm di buat sama semua pada saat proses pengelasan, tiga pengujian dilakukan pada penelitian ini yakni pengujian struktur makro kekuatan tarik dan bending terhadap hasil pengelasan.

Hasil penelitian ini setelah pengujian mekanik hasil uji bending dan struktur makro menunjukkan hasil terbaik adalah variasi putaran pahat 900 rpm dengan kekuatan tarik 18,8 Mpa nilai regangan 8,7% sedangkan tegangan pada bahan baku adalah 23,9 Mpa dan regangan 25 % dan variasi 2.000 rpm yang mendapatkan hasil paling baik di antara semua variasi. Pada hasil uji bending menjadi dua pengujian dengan bagian face dan root karena pengelasan dilakukan pada kedua sisi hasil yang diperoleh pada bagian variasi root 2000 rpm hasil rata-rata yang diperoleh adalah 18,9 Mpa dan hasil face 900 rpm dengan rata-rata 21,95 Mpa.

Kata kunci: pengelasan aduk gesek dua sisi, HDPE, variasi rotasi, uji tarik, tekukan, struktur makro.

## **ABSTRACT**

Friction Stir Welding is a type of Solid State Welding (SSW) welding where FSW welding utilizes friction that occurs between the tool and the workpiece to be connected without reaching the melting point of the object to be welded, this welding is very suitable for connecting polymeric materials such as HDPE (high density polyethylene). HDPE material has strong properties material that has code no. 2 is good for food and medicine, even though it is recommended to use HDPE only once, the purpose of this study is to find out the results of the macro structure test, tensile test and bending test on welding of FSW double-sided HDPE material and reducing the bending / distortion that occurs after welding.

This study uses HDPE sheets with dimensions of 5mm thickness, width 80 cm, length 100 cm. Welding is carried out with a rotational speed of 900,1500 and 2000 rpm, with a welding speed of 5 mm / minute depth of pluge 0.5 mm made all the same during the welding process, three tests conducted in this study are testing the tensile strength and bending macro structure of the welding results.

The results of this study after mechanical testing the results of bending and macro structure tests showed the best results were the variation of the tool rotation of 900 rpm with a tensile strength of 18.8 Mpa with a strain value of 8.7% while the stress on the raw material was 23.9 Mpa and a strain of 25% and a variation 2,000 rpm which gets the best results among all variations. In the bending test results into two tests with the face and root because welding is done on both sides the results obtained in the 2000 rpm root variation section the average results obtained are 18.9 Mpa and 900 rpm face results with an average of 21.95 Mpa.

**Keywords:** two-sided friction stir welding, HDPE, rotation variation, tensile test, bending, macro structure.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini. Shalawat dan salam semoga tetap tercurah atas junjungan besar nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi pedoman dalam setiap gerak langkah hidup kita. Penelitian yang berjudul **“Pengaruh variasi kecepatan putaran tool terhadap pengujian mekanik pada sambungan las plastik HDPE dengan metode *friction stir welding* dua sisi”** ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Program Studi TeknikMesin, FakultasTeknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Bahan HDPE merupakan salah satu polimer yang populer karena ketersediaan dan kompetitifnya biyaya, semakin meningkatnya perkembangan plastik rekayasa saat ini permintaan untuk handal dan cepat. Produktifitas tinggi dan biyaya yang efektif pada metode penyambungan juga meningkat. Maka dipilihlah pengelasan friction stir welding sebagai metode penyambungan karena FSW merupakan metode penyambungan yang efektif untuk menyambung bahan termoplastik seperti HDPE.

Tak ada yang bisa penulis berikan selain doa dan rasa terimakasih yang tulus kepada para pendukung. Namun tidak lupa juga masukkan yang berguna seperti saran atau kritik dari para pembaca sangat diharapkan oleh penulis. Penulis berharap bahwa skripsi ini akan sangat bermanfaat bagi siapa saja yang membaca dan menambah pengetahuan kita semua.

Yogyakarta, Agustus 2019  
Penulis

Aripin  
NIM. 20140130036

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Dasar Teori.....	7
1.    Pengertian Pengelasan.....	7
2.    Jenis pengelasan secara SSW .....	9
3.    Daerah Pengelasan Pada Friction Stir Welding .....	14



4. Pengujian bending face dan root .....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	14
3.2. Tempat Penelitian .....	15
3.3. Alat dan Bahan yang digunakan .....	15
3.4. Proses Penelitian .....	25
1. Proses Pembuatan tool .....	25
2. proses pengelasan.....	26
3.5. Persipan dan Pengujian Spesimen.....	28
1. Pengujian Tarik .....	28
2. Pengujian Bending .....	32
3. Pengujian Struktur Makro .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1. Hasil Pengelasan FSW dua sisi.....	35
1. Variasi Putaran 900 rpm .....	35
2. Variasi Putaran 1500 rpm .....	36
3. Variasi Putaran 2000 rpm .....	36
4.2. Hasil Penelitian Struktur Makro .....	37
4.3. Hasil Pengujian Tarik .....	40
4.4. Hasil pengujian Bending .....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>58</b>
5.1. Kesimpulan .....	58
5.2. Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>60</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN. ....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Friction Stir Welding.....	8
Gambar 2.2 Prinsip Friction stir welding.....	9
Gambar 2.3 Prinsip continous drive friction stir welding .....	10
Gambar 2.4 Friction linear welding .....	11
Gambar 2.5 struktur mikro hasil pengelasan logam HAZ, TMAZ.....	12
Gambar 2.6 face bending. ....	12
Gambar 2.7 root bending.....	13
Gambar 3.1 Dagram alir penelitian.....	14
Gambar 3.2 Mesin milling vertikal .....	15
Gambar 3.3 Mesin bubut.....	16
Gambar 3.4 Tachometer digital .....	17
Gambar 3.5 Amplas halus .....	17
Gambar 3.6 Kunci kole .....	18
Gambar 3.7 kunci inggris.....	18
Gambar 3.8 smartphone untuk stopwach .....	19
Gambar 3.9 Jangka Sorong .....	19
Gambar 3.10 Penggaris .....	20
Gambar 3.11 Gerinda.....	20
Gambar 3.12 Universal testing machine .....	21
Gambar 3.13 Mikroskop optik USB .....	22
Gambar 3.14 Mesin water jet machining .....	23
Gambar 3.15 Feeler gauge .....	24
Gambar 3.16 High density polyethylene.....	24
Gambar 3.17 Sketsa pin tool .....	26
Gambar 3.18 pin tool silinder dan tool shilinder .....	26
Gambar 3.19 Proses FSW .....	27
Gambar 3.20 Proses uji tarik.....	29
Gambar 3.21 sketsa bentuk benda uji Tarik ASTM d 638.....	30
Gambar 3.22 spesimen uji tarik .....	30

Gambar 3.23 Proses uji bending .....	32
Gambar 3.24 Sketsa benda uji bending.....	33
Gambar 3.25 spesimen uji bending ASTM D790.....	33
Gambar 4.1 Hasil pengelasan 900 rpm .....	35
Gambar 4.2 Hasil pengelasan 1500 rpm .....	36
Gambar 4.3 hasil pengelasan 2000 rpm .....	37
Gambar 4.4 Hasil pengujian makro variasi putaran 900 rpm .....	38
Gambar 4.5 Hasil pengujian makro variasi putaran 1500 rpm .....	39
Gambar 4.6 Hasil pengujian makro variasi putaran 2000 rpm .....	40
Gambar 4.7 Grafik uji tarik .....	41
Gambar 4.8 Raw material tarik .....	41
Gambar 4.9 Patahan setelah uji tarik variasi 900 rpm .....	42
Gambar 4.10 Patahan setelah uji tarik variasi 1500 rpm .....	43
Gambar 4.11 Patahan setelah uji tarik variasi 2000 rpm .....	44
Gambar 4.12 Grafik kekuatan tarik kecepatan putaran tool .....	45
Gambar 4.13 Grafik modulus elastisitas .....	46
Gambar 4.14 Grafik regangan tarik .....	46
Gambar 4.15 Mesin uji bending 3 point. ....	47
Gambar 4.16 Grafik uji root bending.....	47
Gambar 4.17 Grafik uji face bending.....	48
Gambar 4.18 Raw material uji bending .....	48
Gambar 4.19 Patahan setelah uji tarik variasi putaran 900 rpm .....	49
Gambar 4.20 Patahan setelah uji tarik variasi putaran 1500 rpm .....	50
Gambar 4.21 Patahan setelah uji tarik variasi putaran 2000 rpm .....	50
Gambar 4.22 Tegangan lentur bagian root dan face .....	51
Gambar 4.23 pengukuran sudut. ....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi alat uji tarik zwick roell z020 .....	21
Tabel 3.2 Sifat fisik dan kimia HDPE.....	24
Tabel 3.3 Dimensi spesimen ASTM D 638 Type IV.....	30
Tabel 4.1 Hasil pengujian tarik .....	45
Tabel 4.2 Kekuatan lentur bagian root.....	51
Tabel 4.3 Kekuatan lentur bagian face.....	52
Tabel 4.4 Pengamatan visual uji bending face.....	52
Tabel 4.5 Pengamatan visual uji bending root.....	53
Tabel 4.6 Pengamatan visual distorsi pada pengelasan satu sisi.....	54
Tabel 4.7 pengamatan visual distorsi pada pengelasan dua sisi .....	54
Tabel 4.8 Hasil pengukuran sudut setelah pengelasan.....	56

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

HDPE	= <i>High Density polythelene</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)
$\Delta L$	= Penambahan panjang (mm)
F	= Beban (N)
E	= Modulus Young atau modulus elastisitas (Mpa)
$\sigma$	= Tegangan lentur (MPa)
P	= Beban/gaya yang terjadi (N)
L	= Jarak point/span (mm)
b	= Lebar spesimen (mm)
d	= Ketebalan specimen (mm)