

TUGAS AKHIR
PENGARUH *DWELL TIME* DAN KECEPATAN PUTAR
PADA SAMBUNGAN *HIGH DENSITY POLYETHYLENE*
MENGGUNAKAN *FRICITION STIR WELDING* DENGAN
TAPERED CYLINDRICAL PIN TOOL



UMY

**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

Disusun Oleh :
LITANIA KUSUMANINGRUM
20190130109

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2021

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Litania Kusumaningrum
NIM : 20190130109
Program Studi : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini saya menyatakan bahwa penulisan tugas akhir yang berjudul “ Pengaruh *Dwell Time* dan Kecepatan Putar pada Sambungan *High Density Polyethylene* Menggunakan *Friction Stir Welding* dengan *Tapered Cylindrical Pin Too l*” ini merupakan hasil pemikiran, penerapan, dan penelitian saya sendiri, bukan dari hasil plagiat karya pihak manapun, terkecuali yang secara tertulis disebut sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya dan dapat dipertanggung jawabkan.

Yogyakarta, 19 Oktober 2021



Litania Kusumaningrum

PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya susun guna menyelesaikan program studi dan saya persembahkan kepada :

1. Almarhum bapakku Ir. Setiyono.
2. Ibuku tercinta Dra. Ermiyani Agustini yang selalu memberikan dukungan
3. Mamas, kakakku tersayang Relung Doni Arifin yang selalu memberi motivasi
4. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D, dosen pembimbing utama
5. Bapak Ir. Cahyo Budiyanoro, S.T., M.Sc, dosen pembimbing kedua
6. Teman – teman grup Inshaallah TA (Isfan, barid, dan Raju) yang selalu memberi motivasi dan memberi banyak cerita di kampus.
7. Serta kawanku Fikri yang selalu saya repotkan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan keagungannya dari-Nya hingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Pengaruh Variasi Kecepatan Putar dan Bentuk *Pin Tool Terhadap Sifat Tarik Pengelasan Friction Stir Spot Welding Pada Polypropylene*”, sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar S1 di program studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Umumnya para peneliti menggunakan kecepatan putar yang rendah pada saat proses pengelasan FSSW dengan spesimen berbahan plastik. Hal tersebut menyebabkan kekuatan Tarik yang lemah dan menghasilkan luas area *nugget* yang kecil yang disebabkan karena rendahnya panas yang dihasilkan. Pada proses pengelasan FSSW ini menggunakan kecepatan putar yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suhu yang tinggi saat proses pengelasan FSSW, sehingga dapat menghasilkan luas area *nugget* yang besar menggunakan kecepatan putar yang tinggi dengan spesimen berbahan plastik.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata kesempurnaan. Oleh karena 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, 19 Oktober 2021

Penulis



Litania Kusumaningrum

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
LEMBAR PENGESAHAN	xv
INTISARI	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1. Tinjauan Pustaka	7
2.2. Dasar Teori.....	12

2.2.1.	Pengelasan.....	12
2.2.2.	Friction Stir Spot Welding (FSSW).....	15
2.2.3.	Polymer	19
2.2.4.	<i>Polyethylene</i>	20
2.2.5.	High Density Polyethylene (HDPE).....	21
2.2.6.	Pengujian.....	22
BAB III METODE PENELITIAN		25
3.1.	Diagram Alir Penelitian	25
3.2.	Tempat Penelitian	27
3.3.	Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3.1.	Alat.....	27
3.3.2.	Bahan	32
3.4.	Proses Penelitian	33
3.4.1.	Proses Pembuatan Tool	33
3.4.2.	Proses Pengelasan	34
3.4.3.	Proses Pengujian	39
BAB IV PEMBAHASAN		42
4.1.	Hasil Pengelasan	42
4.2.	Siklus Proses Pengelasan	45
4.2.1.	Hasil Pengelasan dengan parameter <i>dwell time</i> 7 s / 10000 rpm.....	46
4.2.2.	Hasil Pengelasan dengan parameter <i>dwell time</i> 9 s / 10000 rpm.....	47
4.2.3.	Hasil Pengelasan dengan parameter <i>dwell time</i> 11 s / 10000 rpm.....	48
4.2.4.	Hasil Pengelasan dengan parameter <i>dwell time</i> 7 s / 11000 rpm.....	49
4.2.5.	Hasil Pengelasan dengan parameter <i>dwell time</i> 9 s / 11000 rpm.....	50
4.2.6.	Hasil Pengelasan dengan parameter <i>dwell time</i> 11 s / 11000 rpm.....	51

4.3.	Hasil Foto Makro	53
4.3.1.	Foto Struktur Makro <i>dwell time</i> 7 s dan kecepatan putar <i>tool</i> 10000 rpm.....	54
4.3.2.	Foto Struktur Makro <i>dwell time</i> 9 s dan kecepatan putar <i>tool</i> 10000 rpm.....	54
4.3.3.	Foto Struktur Makro <i>dwell time</i> 11 s dan kecepatan putar <i>tool</i> 10000 rpm....	55
4.3.4.	Foto Struktur Makro <i>dwell time</i> 7 s dan kecepatan putar <i>tool</i> 11000 rpm.....	56
4.3.5.	Foto Struktur Makro <i>dwell time</i> 9 s dan kecepatan putar <i>tool</i> 11000 rpm.....	56
4.3.6.	Foto Struktur Makro <i>dwell time</i> 11 s dan kecepatan putar <i>tool</i> 11000 rpm....	57
4.4.	Hasil Uji Kekerasan	59
4.5.	Hasil Uji Tarik	62
4.6.	Fraktografi.....	69
BAB V	PENUTUP.....	72
5.1.	Kesimpulan	72
5.2.	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....		74
NASKAH PUBLIKASI		76
LAMPIRAN.....		88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses <i>Friction Stir Spot Welding</i>	8
Gambar 2. 2 Pengaruh <i>Plunge Depth</i> Terhadap kekuatan tarik material HDPE.....	9
Gambar 2.3 Pengaruh <i>Plunge Rate</i> Terhadap Kekuatan Tarik Material HDPE	9
Gambar 2. 4 Pengaruh Kecepatan Putar dengan kekuatan sambungan Lasan	10
Gambar 2. 5 Pengaruh Geometri pin terhadap panjang <i>nugget</i> material HDPE	11
Gambar 2. 6 Pengaruh <i>Dwell Time</i> Terhadap Panjang <i>Nugget</i>	12
Gambar 2. 7 Pengaruh Kecepatan Putar Terhadap Kekuatan Sambungan	12
Gambar 2. 8 Prinsip FSW	14
Gambar 2. 10 Prinsip <i>Continous Drive Friction Welding</i>	15
Gambar 2. 11 <i>Friction Linier Welding</i>	16
Gambar 2. 12 Proses FSSW	16
Gambar 2. 13 Zona sambungan FSSW	17
Gambar 2. 14 Konfigurasi pin tool kerucut.....	18
Gambar 2. 15 Dimensi <i>pin tool</i> silinder	19
Gambar 2.16 Polimerisasi <i>polyethylene</i>	22
Gambar 2.16 Polimerisasi <i>polyethylene</i>	22
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Penggaris	28
Gambar 3. 3 Jangka Sorong	28
Gambar 3. 4 Spidol.....	28
Gambar 3. 5 <i>Tapered Cylindrical Pin Tool</i>	29
Gambar 3. 6 Termometer	29
Gambar 3. 7 Mesin <i>Friction Stir Spot Welding</i>	30
Gambar 3. 8 Mikroskop optik OLYMPUS-SZ61TR.	30
Gambar 3. 9 Zwick Roell Z020.....	31
Gambar 3. 10 Shore D Durometer.....	31
Gambar 3. 11 Spesimen HDPE	32

Gambar 3. 12 Baja Pejal.....	32
Gambar 3. 13 Lem G.....	33
Gambar 3. 14 <i>Pin Tapered Cylindrical</i>	33
Gambar 3. 15 Aplikasi Universal Gcode Sender dan Arduino IDE.....	34
Gambar 3. 16 Aplikasi terhubung dengan mesin FSSW.....	35
Gambar 3. 17 Dimensi benda kerja.....	35
Gambar 3. 18 Proses <i>marking welding area</i>	36
Gambar 3. 19 Posisi titik tempat sensor suhu.....	36
Gambar 3. 20 Bagan Pembacaan Sensor Suhu Saat Proses Pengelasan.....	37
Gambar 3. 21 Letak benda kerja pada mesin FSSW.....	37
Gambar 3. 22 <i>Setting zero</i> pada mesin FSSW.....	37
Gambar 3. 23 Tombol <i>reset zero</i> dan beban 1 kg.....	38
Gambar 3. 24 Program parameter dari aplikasi <i>Universal G code Sender</i>	38
Gambar 3. 25 Tuas <i>rotational speed</i> pada mesin FSSW.....	39
Gambar 3. 26 Tampilan Kecepatan putar.....	39
Gambar 3. 27 Skema <i>Durometer Hardness Test</i>	37
Gambar 4. 1 Uji Struktur Makro <i>Dwell Time 7 s / 10000 rpm</i>	54
Gambar 4. 2 Uji Struktur Makro <i>Dwell Time 9 s / 10000 rpm</i>	54
Gambar 4. 3 Uji Struktur Makro <i>Dwell Time 11 s / 10000 rpm</i>	55
Gambar 4. 4 Uji Struktur Makro <i>Dwell Time 7 s / 11000 rpm</i>	56
Gambar 4. 5 Uji Struktur Makro <i>Dwell Time 9 s / 11000 rpm</i>	56
Gambar 4. 6 Uji Struktur Makro <i>Dwell Time 11 s / 11000 rpm</i>	57
Gambar 4. 7 Titik Lokasi Pengujian.....	60
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian Tarik <i>Dwell Time 7 s, n 10000 rpm</i>	69
Gambar 4. 9 Hasil Pengujian Tarik <i>Dwell Time 7 s, n 11000 rpm</i>	69
Gambar 4. 10 Hasil Pengujian Tarik <i>Dwell Time 9 s, n 11000 rpm</i>	70
Gambar 4. 11 Hasil Pengujian Tarik <i>Dwell Time 9 s, n 11000 rpm</i>	70
Gambar 4. 12 Hasil Pengujian Tarik <i>Dwell Time 11 s, n 10000 rpm</i>	70

Gambar 4. 13 Hasil Pengujian Tarik *Dwell Time* 11 s, n 11000 rpm..... 70
Gambar 4. 14 Hasil Pengujian Tarik lem dan *raw material*..... 70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil uji tarik dwell time 7 s dan kecepatan putar tool 10000 rpm	89
Lampiran 2. Hasil uji tarik dwell time 9 s dan kecepatan putar tool 10000 rpm	90
Lampiran 3. Hasil uji tarik dwell time 11 s dan kecepatan putar tool 10000 rpm	91
Lampiran 4. Hasil uji tarik dwell time 7 s dan kecepatan putar tool 11000 rpm	92
Lampiran 5. Hasil uji tarik dwell time 9 s dan kecepatan putar tool 11000 rpm	93
Lampiran 6. Hasil uji tarik dwell time 11 s dan kecepatan putar tool 11000 rpm	94
Lampiran 7. Hasil uji tarik sambungan lem	95
Lampiran 8. Hasil uji tarik raw material	96
Lampiran 9. Hasil uji kekerasan dwell time 7 s, 10000 rpm.....	97
Lampiran 10. Hasil uji kekerasan dwell time 9 s, 10000 rpm.....	98
Lampiran 11. Hasil uji kekerasan dwell time 11s, 10000 rpm.....	99
Lampiran 12. Hasil uji kekerasan dwell time 7 s,11000 rpm.....	100
Lampiran 13. Hasil uji kekerasan dwell time 9 s, 11000 rpm.....	101
Lampiran 14. Hasil uji kekerasan dwell time 11s,11000 rpm.....	102
Lampiran 15. Gambar teknik <i>tapered cylindrical pin tool</i>	103

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat HDPE	22
Tabel 4. 1 Hasil Sambungan Pengelasan	42
Tabel 4. 2 Tampak atas hasil lasan.....	44
Tabel 4. 3 Beban Maksimum Spesimen Uji.....	52
Tabel 4. 4 Suhu Maksimal Spesimen Uji.....	52
Tabel 4. 5 Hasil Stuktur Makro	60
Tabel 4. 6 Tabel Uji Kekerasan.....	60
Tabel 4. 7 Hasil pengujian tarik nilai kapasitas beban tarik metode pengelasan	65
Tabel 4. 8 Tabel Perbandingan beban tarik dengan tegangan Geser.....	65
Tabel 4. 9 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang	68

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Uji Suhu dengan Parameter <i>Dwell Time</i> 7 s / 10000 rpm	46
Grafik 4. 2 Uji Suhu dengan Parameter <i>Dwell Time</i> 9 s / 10000 rpm	47
Grafik 4. 3 Uji Suhu dengan Parameter <i>Dwell Time</i> 11 s / 10000 rpm	48
Grafik 4. 4 Uji Suhu dengan Parameter <i>Dwell Time</i> 7 s / 11000 rpm	49
Grafik 4. 5 Uji Suhu dengan Parameter <i>Dwell Time</i> 9 s / 11000 rpm	50
Grafik 4. 6 Uji Suhu dengan Parameter <i>Dwell Time</i> 11 s / 11000 rpm	51
Grafik 4. 7 Beban Maksimal Spesimen Uji	59
Grafik 4. 8 Suhu Maksimal Spesimen Uji	59
Grafik 4. 9 Tebal <i>Nugget</i> (X) dan Tebal Daerah <i>Stir</i> (Y)	59
Grafik 4. 10 Uji Kekerasan	61
Grafik 4. 11 Uji Tarik Sambungan las dan Sambungan Lem	62
Grafik 4. 12 Uji Tarik <i>Raw Material</i>	64
Grafik 4. 13 Nilai Rata - Rata Kapasitas Beban Tarik.....	65
Grafik 4. 14 Perhitungan Tegangan geser Spesimen	66