

TUGAS AKHIR

PENGARUH *DWELL TIME* DAN KECEPATAN PUTAR *PIN TOOL*
TERHADAP SIFAT TARIK, KEKERASAN DAN STRUKTUR MAKRO
FRICTION STIR SPOT WELDING* PADA *HIGH DENSITY
POLYETHYLENE

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar

Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

RAJULA AJRI HUSAINI

NIM. 20190130182

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2021

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rajula Ajri Husaini
NIM : 20190130182
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Pengaruh *dwell time* dan kecepatan putar *pin tool* terhadap sifat tarik, kekerasan dan struktur makro *friction stir spot welding* pada *high density polyethylene*.

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini adalah asli karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis ataupun dipublikasikan sebelumnya oleh orang lain, kecuali yang sengaja tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan sumbernya dalam daftar pustaka. Saya juga menyatakan bahwa penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Dosen Pembimbing, Ir. Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.



gyakarta, 18 Januari 2022

Rajula Ajri Husaini
NIM. 20190130182

KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang sebesar – besarnya kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kelancaran dalam pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul “**Pengaruh *dwell time* dan kecepatan putar *pin tool* terhadap sifat tarik, kekerasan dan struktur makro *friction stir spot welding* pada *high density polyethylene*””. Shalawat dan salam selalu kita kirimkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan yang baik bagi seluruh umat manusia di muka bumi ini.**

Penulis sangat bersyukur karena sudah sampai pada titik ini, titik dimana terselesaikannya penelitian Tugas Akhir yang dikerjakan dan disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih terdapat ketidaksempurnaan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, sehingga penulis berharap kepada pembaca agar bisa memberikan saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis juga sangat berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak pembelajaran dan manfaat kepada pembaca.

Yogyakarta, 18 Januari 2022



Rajula Ajri Husaini

DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Batasan masalah	4
1.5 Manfaat penelitian.....	4
1.6 Sistematika penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan pustaka	6
2.2 Dasar teori	12
2.2.1 Pengelasan.....	12
2.2.2 Friction stir spot welding (FSSW)	12
2.2.3 Pengertian <i>polymer</i>	13

2.2.4	High density polyethylene (HDPE)	14
2.2.5	Keunggulan high density polyethylene (HDPE).....	15
2.3	Perekat.....	16
2.4	Uji tarik	16
2.5	Uji kekerasan.....	17
2.6	Uji struktur makro	18
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		19
3.1	Diagram alir penelitian.....	19
3.2	Tempat penelitian.....	20
3.3	Alat dan bahan penelitian.....	20
3.3.1	Alat.....	20
3.3.2	Bahan	27
3.4	Proses penelitian.....	29
3.4.1	Proses pembuatan <i>tool</i>	29
3.4.2	Proses pengelasan	29
3.4.3	Proses pengujian	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Hasil pengelasan.....	39
4.1.1	Siklus proses pengelasan parameter <i>dwell time</i> 7, variasi putaran 10000 rpm.....	41
4.1.2	Siklus proses pengelasan parameter <i>dwell time</i> 9, variasi putaran 10000 rpm.....	43
4.1.3	Siklus proses pengelasan parameter <i>dwell time</i> 11, variasi putaran 10000 rpm.....	44
4.1.4	Siklus proses pengelasan parameter <i>dwell time</i> 7, variasi putaran 11000 rpm.....	46
4.1.5	Siklus proses pengelasan parameter <i>dwell time</i> 9, variasi putaran 11000 rpm.....	47
4.1.6	Siklus proses pengelasan parameter <i>dwell time</i> 11, variasi putaran 11000 rpm.....	48
4.2	Hasil penelitian struktur makro	51

4.2.1	Hasil pengujian dengan <i>dwell time</i> 7 s, variasi putaran 10000 rpm.....	51
4.2.2	Hasil pengujian dengan <i>dwell time</i> 9 s, variasi putaran 10000 rpm.....	52
4.2.3	Hasil pengujian dengan <i>dwell time</i> 11 s, variasi putaran 10000 rpm.....	52
4.2.4	Hasil pengujian dengan <i>dwell time</i> 7 s, variasi putaran 11000 rpm.....	53
4.2.5	Hasil pengujian dengan <i>dwell time</i> 9 s, variasi putaran 11000 rpm.....	54
4.2.6	Hasil pengujian dengan <i>dwell time</i> 11 s, variasi putaran 11000 rpm.....	54
4.3	Hasil pengujian kekerasan.....	56
4.4	Hasil pengujian tarik	59
4.5	Fraktografi.....	68
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		75
5.1	Kesimpulan.....	75
5.2	Saran.....	75
UCAPAN TERIMAKASIH		77
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN.....		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konfigurasi spesimen uji lap-geser	6
Gambar 2. 2 Tampilan desain pahat (<i>pin tool</i>)	7
Gambar 2. 3 Analisis ANOVA, parameter pengelasan optimal.....	8
Gambar 2. 4 Analisis ANOVA, parameter pengelasan optimal.....	8
Gambar 2. 5 Analisis ANOVA, parameter pengelasan optimal.....	9
Gambar 2. 6 Perilaku tarik lembaran AA5052-H32 dan <i>HDPE</i>	10
Gambar 2. 7 Jenis dan bentuk <i>pin tool</i> yang dibuat untuk <i>FSSW</i>	11
Gambar 2. 8 Tiga fase proses pengelasan <i>FSSW</i>	12
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian metode <i>FSSW</i> material <i>high density polyethylene</i>	19
Gambar 3. 2 Kacamata	21
Gambar 3. 3 Jangka sorong	21
Gambar 3. 4 Penggaris	22
Gambar 3. 5 Spidol	22
Gambar 3. 6 Pisau cutter	23
Gambar 3. 7 <i>Cylinder pin tool</i>	23
Gambar 3. 8 Termometer digital	24
Gambar 3. 9 Mesin <i>water jet cutting</i> 5 sumbu dengan 2 kepala <i>DYP</i>	24
Gambar 3. 10 Mesin <i>polisher</i>	25
Gambar 3. 11 Mesin las <i>friction stir spot welding</i>	25
Gambar 3. 12 Mikroskop optik Olympus – <i>SZ61TR</i>	26
Gambar 3. 13 <i>Durometer shore D</i>	26
Gambar 3. 14 <i>Zwick roell Z020</i>	27
Gambar 3. 15 Lembaran plastik <i>HDPE</i>	27
Gambar 3. 16 Baja pejal	28
Gambar 3. 17 Lem G	28
Gambar 3. 18 Desain tool pengelasan <i>FSSW</i>	29
Gambar 3. 19 Proses pembuatan garis ukuran material <i>HDPE</i>	30
Gambar 3. 20 Proses pembuatan garis penanda	30
Gambar 3. 21 Posisi pemasangan sensor suhu	31
Gambar 3. 22 Posisi benda kerja pada <i>work area</i>	31

Gambar 3. 23 Posisi pemasangan <i>pin tool</i>	32
Gambar 3. 24 Tampilan aplikasi <i>universal Gcode sender</i> dan <i>arduino IDE</i>	32
Gambar 3. 25 Mesin <i>FSSW</i> terhubung dengan aplikasi	33
Gambar 3. 26 <i>Icon reset zero</i> dan tampilan beban 1 kg.....	34
Gambar 3. 27 Parameter setting aplikasi <i>universal Gcode sender</i>	34
Gambar 3. 28 Tuas <i>rotational speed</i> dan tombol <i>emergency</i>	35
Gambar 3. 29 Tampilan kecepatan putar	35
Gambar 3. 30 Dimensi spesimen uji	36
Gambar 3. 31 Skema <i>durometer hardness test</i>	37
Gambar 4. 1 Siklus pembebanan, kecepatan putar dan temperatur akibat gesekan parameter dwell time 7 s dan kecepatan putar 10000 rpm.....	41
Gambar 4. 2 Siklus pembebanan, kecepatan putar dan temperatur akibat gesekan parameter dwell time 9 s dan kecepatan putar 10000 rpm.....	43
Gambar 4. 3 Siklus pembebanan, kecepatan putar dan temperatur akibat gesekan parameter dwell time 11 s dan kecepatan putar 10000 rpm.....	44
Gambar 4. 4 Siklus pembebanan, kecepatan putar dan temperatur akibat gesekan parameter dwell time 7 s dan kecepatan putar 11000 rpm.....	46
Gambar 4. 5 Siklus pembebanan, kecepatan putar dan temperatur akibat gesekan parameter dwell time 9 s dan kecepatan putar 11000 rpm.....	47
Gambar 4. 6 Siklus pembebanan, kecepatan putar dan temperatur akibat gesekan parameter dwell time 11 s dan kecepatan putar 11000 rpm.....	48
Gambar 4. 7 Nilai temperatur maksimum dan nilai beban maksimum.....	50
Gambar 4. 8 Hasil struktur makro putaran <i>dwell time</i> 7 s, variasi putaran 10000 rpm.....	51
Gambar 4. 9 Hasil struktur makro putaran <i>dwell time</i> 9 s, variasi putaran 10000 rpm.....	52
Gambar 4. 10 Hasil struktur makro putaran <i>dwell time</i> 11 s, variasi putaran 10000 rpm.....	52
Gambar 4. 11 Hasil struktur makro putaran <i>dwell time</i> 7 s, variasi putaran 11000 rpm.....	53
Gambar 4. 12 Hasil struktur makro putaran <i>dwell time</i> 9 s, variasi putaran 11000 rpm.....	54
Gambar 4. 13 Hasil struktur makro putaran <i>dwell time</i> 11 s, variasi putaran 11000 rpm.....	54
Gambar 4. 14 Nilai X dan Y hasil pengujian struktur makro pada area lasan.....	56
Gambar 4. 15 Hasil pengujian kekerasan.....	57
Gambar 4. 16 Titik lokasi pengujian kekerasan.....	58

Gambar 4. 17 Hasil pengujian tarik sambungan las dan sambungan lem.	59
Gambar 4. 18 Hasil pengujian tarik FSSW.	60
Gambar 4. 19 Nilai rata - rata kapasitas beban tarik.	62
Gambar 4. 20 Hasil uji tarik sambungan lem.	65
Gambar 4. 21 Hasil pengujian tarik sambungan las, lem dan raw material.	65
Gambar 4. 22 Hasil uji tarik <i>raw material</i>	66
Gambar 4. 23 Parameter dw 7 s / n 10000 (spesimen 1).	68
Gambar 4. 24 Parameter dw 7 s / n 10000 (spesimen 2).	69
Gambar 4. 25 Parameter dw 9 s / n 10000 (spesimen 1).	69
Gambar 4. 26 Parameter dw 9 s / n 10000 (spesimen 2).	69
Gambar 4. 27 Parameter dw 11 s / n 10000 (spesimen 1).	70
Gambar 4. 28 Parameter dw 11 s / n 10000 (spesimen 2).	70
Gambar 4. 29 Parameter dw 7 s / n 11000 (spesimen 1).	70
Gambar 4. 30 Parameter dw 7 s / n 11000 (spesimen 2).	71
Gambar 4. 31 Parameter dw 9 s / n 11000 (spesimen 1).	71
Gambar 4. 32 Parameter dw 9 s / n 11000 (spesimen 2).	71
Gambar 4. 33 Parameter dw 11 s / n 11000 (spesimen 1).	72
Gambar 4. 34 Parameter dw 11 s / n 11000 (spesimen 2).	72
Gambar 4. 35 <i>Pull-out</i>	73
Gambar 4. 36 <i>Cross nugget failure</i>	73
Gambar 4. 37 <i>Pull-out</i>	74
Gambar 4. 38 <i>Cross nugget failure</i>	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil eksperimen untuk kekuatan las dan rasio S/N yang dihitung	8
Tabel 2. 2 Sifat fisik dan mekanik HDPE	15
Tabel 4. 1 Variasi dan bentuk hasil pengelasan metode friction stir spot welding.	40
Tabel 4. 2 Nilai beban dan suhu maksimum akibat gesekan pengelasan material HDPE dengan metode FSSW.	49
Tabel 4. 3 Nilai X dan Y hasil pengujian struktur makro pada area lasan.	55
Tabel 4. 4 Hasil pengujian kekerasan pengelasan material HDPE dengan metode FSSW.....	57
Tabel 4. 5 Hasil pengujian tarik nilai kapasitas beban tarik metode pengelasan.	61
Tabel 4. 6 Perbandingan beban tarik dengan tegangan geser.	64
Tabel 4. 7 Perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian sekarang.	66

DAFTAR NOTASI

DW	: <i>Dwell time</i> (s)
N	: Kecepatan putar <i>tool</i> (rpm)
f	: <i>Feed rate</i> (mm/s)
z	: Kedalaman pemakanan (mm)
D	: Diameter (mm)
F	: Kapasitas beban tarik (N)
T	: Suhu (°C)
X	: Tebal <i>nugget</i> (mm)
Y	: Tebal lapisan atas material (mm)
A	: Luas area (mm ²)
R ₁	: Jari – jari pin ditambah panjang <i>nugget</i> (mm)
R ₂	: Jari – jari pin (mm)
P	: Panjang (mm)
L	: Lebar (mm)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Hasil pengujian tarik <i>dwell time</i> 7 s, kecepatan putar <i>tool</i> 10000 rpm.	82
LAMPIRAN 2. Hasil pengujian tarik <i>dwell time</i> 9 s, kecepatan putar <i>tool</i> 10000 rpm.	83
LAMPIRAN 3. Hasil pengujian tarik <i>dwell time</i> 11 s, kecepatan putar <i>tool</i> 10000 rpm.	84
LAMPIRAN 4. Hasil pengujian tarik <i>dwell time</i> 7 s, kecepatan putar <i>tool</i> 11000 rpm.	85
LAMPIRAN 5. Hasil pengujian tarik <i>dwell time</i> 9 s, kecepatan putar <i>tool</i> 11000 rpm.	86
LAMPIRAN 6. Hasil pengujian tarik <i>dwell time</i> 11 s, kecepatan putar <i>tool</i> 11000 rpm.	87
LAMPIRAN 7. Hasil pengujian tarik sambungan lem.	88
LAMPIRAN 8. Hasil pengujian tarik <i>raw material</i>	89
LAMPIRAN 9. Hasil pengujian kekerasan <i>dwell time</i> 7 s, kecepatan putar <i>tool</i> 10000 rpm.	90
LAMPIRAN 10. Hasil pengujian kekerasan <i>dwell time</i> 9 s, kecepatan putar <i>tool</i> 10000 rpm. ..	91
LAMPIRAN 11. Hasil pengujian kekerasan <i>dwell time</i> 11 s, kecepatan putar <i>tool</i> 10000 rpm. ..	92
LAMPIRAN 12. Hasil pengujian kekerasan <i>dwell time</i> 7 s, kecepatan putar <i>tool</i> 11000 rpm. ..	93
LAMPIRAN 13. Hasil pengujian kekerasan <i>dwell time</i> 9 s, kecepatan putar <i>tool</i> 11000 rpm. ..	94
LAMPIRAN 14. Hasil pengujian kekerasan <i>dwell time</i> 11 s, kecepatan putar <i>tool</i> 11000 rpm. ..	95
LAMPIRAN 15. Gambar teknik desain <i>cylinder pin tool</i>	96