

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

Aripin<sup>1</sup>, Aris Widyo Nugroho<sup>2</sup>, Muhammad Budi Nur Rahman<sup>3</sup>  
 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
 Jl. Brawijaya, Kasihan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta  
 +62087728482979  
 e-mail: [aripinfumy@gmail.com](mailto:aripinfumy@gmail.com)

### Abstrack

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, dance 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 dept 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.

### 1. PENDAHULUAN

Proses pengelasan FSW adalah penyambungan dua benda kerja dengan menggunakan bantuan pin tool yang didesain sesuai kebutuhan atau bahan yang akan di las, pada pengelasan FSW mesin yang digunakan adalah mesin milling . FSW memiliki beberapa keunggulan dari pada las konvensional atau las *fusion* (lebur) las busur (*arc welding*), keunggulannya antara lain mengurangi percikan api, tidak terbentuk porositas, tidak menggunakan gas apapun selama proses las, tidak ada perubahan volume material secara signifikan, pengelasan ini sepenuhnya aman bagi lingkungan karena tidak menggunakan gas pelindung dan aman dari radiasi sinar ultraviolet (Misrha dan Ma, 2005). Sedangkan hasil sambungan yang terbentuk dari proses las FSW memiliki karekteristik kekuatan sambungan,kekuatan lelah, ketahanan korosi dan keuletan yang tinggi (Florence, 2005).

Pengaruh kecepatan putaran tool dan pemanas tambahan terhadap kekuatan mekanik *polypropylene* hasil las *friction stir welding*. Hasil yang diperoleh adalah variasi kecepatan putaran *tool* 602 rpm dengan penambahan pemanas, pada variasi tersebut kualitas visual dan kekuatan mekanik hasil lasan mencapai angka tertinggi yaitu 6,022 Mpa

untuk kekuatan bending 14,55 Mpa ntuk kekuatan tarik. Terjadi penurunan kualitas hasil lasan baik dari segi visual hasil lasan maupun kekuatan mekanik hasil las pada variasi kecepatan pada putaran tool 1140 rpm yang disebabkan putaran *tool* yang terlalu tinggi sehingga banyak molten material yang terlempar keluar dari area sambungan, sehingga menyebabkan munculnya kembali *voids* pada sambungan (Prabowo dan Triyono 2013).

Dengan hasil pemanasan pengelasan yang memanfaatkan panas yang dibantu gesekan lembar HDPE bisa bergabung dengan kekuatan tarik lebih tinggi dari 95% dasar kekuatan bahan, namun dalam beberapa sampel efisiensi las setara dengan bahan dasar. Dengan meningkatkan kecepatan rotasi pin suhu lokal akan ikut naik, hal ini dapat dikaitkan dengan konduktivitas termal rendah bahan polimer (Mostafapour dan Azarsa 2011).

Penelitian tentang studi perbandingan sifat mekanik pada pengelasan satu sisi dan dua sisi friction stir welding aluminium 5083 kapal katamaran. Pengaruh metode pengelasan satu sisi dan dua sisi pada Friction Stir Welding terhadap sifat mekanik terlihat jelas dari seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan. Pengelasan dengan metode dua sisi menghasilkan nilai kekuatan mekanik yang lebih baik di tinjau dari pengujian tarik, hardness test dan Pengujian bending, namun pada uji mikro, makroetsa dan radiografi juga menunjukkan tidak adanya cacat permukaan, cacat dalam, maupun open defect pada pengelasan dua sisi (Endartyana 2013).

Penelitian *Submerged friction stir weld of polyethylene sheet* menunjukkan hasil kekuatan tarik meningkat pada awalnya dan kemudian menurun dengan meningkatnya kecepatan putaran dan kecepatan melintas, nilai kekuatan maksimum bawah air sambungan las adalah 12,3 Mpa yang lebih tinggi dari sambungan las normal. Alasan utama penurunan kekuatan tarik yang pembentukan retak dan gelembung udara penurunana kadar kristal (Jicheng gao dkk 2014).

Pada penelitian tentang *friction stir welded of high density polyethylene sheet*. Hasil yang diperoleh adalah bahan HDPE dapat disambung dengan mendapatkan nilai tarik maksimum sekitar 71% yang dari baseplat, diperoleh dengan kecepatan rotasi 900 rpm dan feed rate 45mm / menit, kecepatan rotasi yang lebih tinggi dan feed rate rendah mengakibatkan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan suhu lokal yang tinggi dicapai pada kecepatan spindle yang lebih tinggi sedangkan meningkatkan lebar sholder mengakibatkan efek penurunan pada kekuatan tarik las (Kemal dan Kurt 2017).

Pada penelitian sebelumnya tentang pengelasan FSW berbahan plat plastik kebanyakan melakukan proses pengelasan hanya di satu sisi, sehingga menyebabkan bahan setelah pengelasan menjadi melengkung/distorsi. Pada penelitian *The Effect of Passing The Double Tools in Friction is Polyethylene Welding* pengelasan dua sisi pada bahan MDPE dapat menghilangkan akar cacat pada bagian root bahkan mendapatkan nilai tarik dan lentur yang memuaskan. Dengan variasi putaran 600 rpm, 800 rpm dan 1000 rpm dengan feed rate berbeda yaitu 12,5, 25 dan 40 mm/menit dan sudut 0-1° (Arici, 2005).

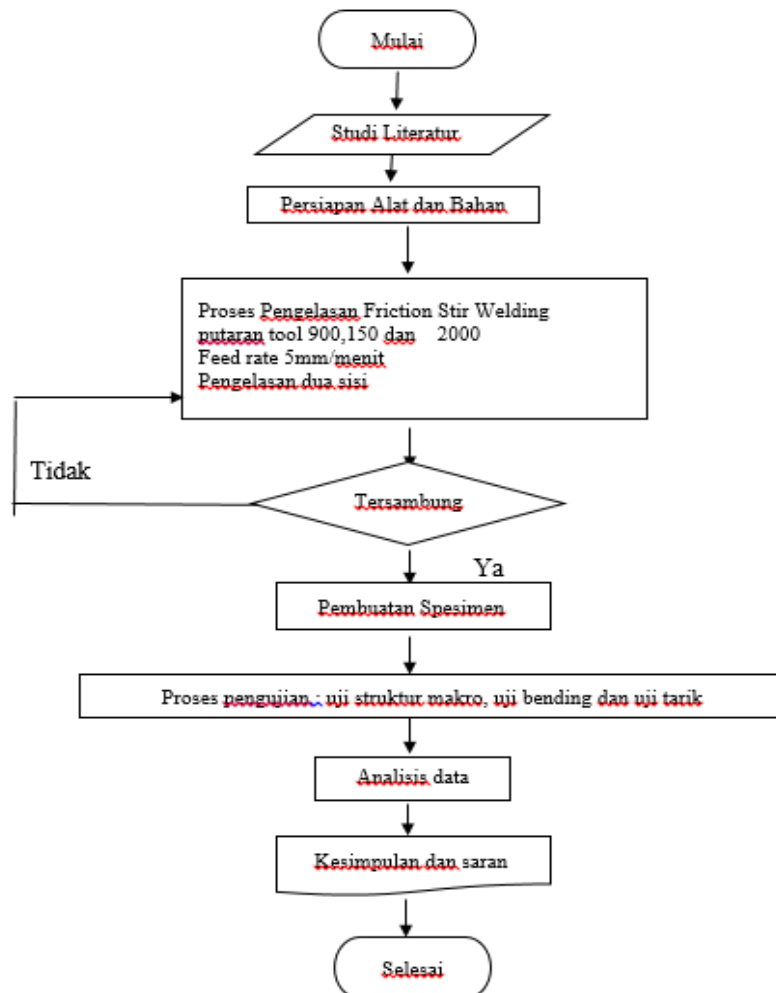
Penelitian *Optimization of friction process parameters stir on welding high density polypropylene plates*. Hasil dari penelitian ini adalah plat polypropylene berhasil disambungkan dengan metode friction stir welding dengan tool silinder runcing bahan HSS, kekuatan luluh 10 Mpa yang hampir 45% dari kekuatan bahan induk dan karakteristik dengan kecepatan spindle 950-1000 RPM dan feedrate 9-12 mm/ menit dan sudut kemiringan 1 (Jaiganesh dan Maruthu 2014).

Dalam perkembangannya FSW juga mulai digunakan untuk menyambung bahan plastik, karena saat ini kebutuhan/ penggunaan bahan plastik meningkat. Penggunaan pengelasan FSW untuk material non logam merupakan inovasi terbaru dalam bidang pengelasan. Untuk mengelas material non logam dalam hal ini polimer akan jauh lebih sulit karena polimer merupakan isolator murni yang memiliki konduktivitas termal rendah (Sercher dan Raos, 2007).

Penelitian *optimization of the friction parameter of the welding stirring process to achieve maximum tensile strength in the polyethylene sheet*. Menggunakan metode taguci lembar hdpe berhasil disambung kecepatan putar 3000 Rpm kecepatan melintas alat 115 mm/ menit dan sudut kemiringan 3, pengujian menunjukkan efisiensi meningkat 112% dan 105% masing- masing dari pengelasan awal dalam penelitian ini kecepatan rotasi sangat berpengaruh dalam kualitas lasan (Bozkurt 2011).

## 2. METODE PENELITIAN

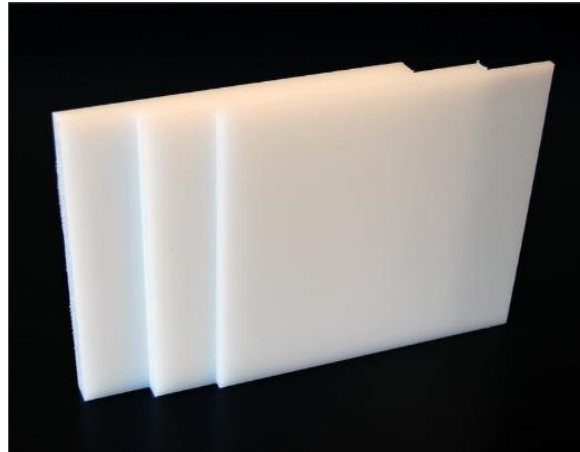
### 1. Diagram Alir



Gambar 1 diagram alir penelitian

## 2. Bahan

Bahan yang digunakan adalah *High density polyethylene* (HDPE) ditunjukkan gambar 2 polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi sifat fisik dan kimia ditunjukkan oleh tabel 1



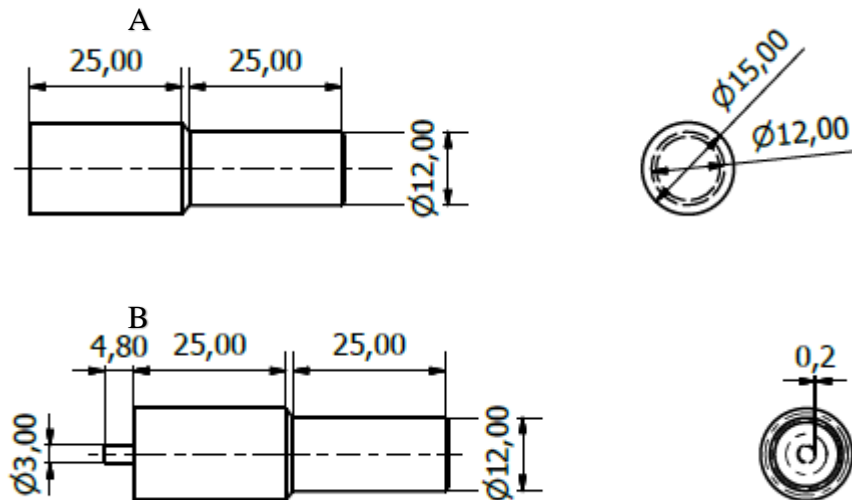
Gambar 2 *High density polyethylene* (tap plastick.com)

Tabel 1 sifat fisik dan kimia polietilen HDPE

No.	Sifat	Nilai
1	Unjuk kerja suhu dingin	Baik
2	Berat jenis ASTM D 792	0,94 - 0,96
3	Kuat dampak ASTM D 256 (J/12 mm)	1,02 – 8,15
4	Kuat tensile ASTM D 638, d 651 (MN m <sup>o</sup> )	21,4 - 38
5	Elongasi tegangan ASTM D 638 (%)	50 - 800
6	Modulus elastisitas tegangan ASTM D 747 (MN m <sup>o</sup> x 10 <sup>o</sup> )	5,53 – 10,4
7	Kuat flexural ASTM D 790 (MN m <sup>o</sup> )	13,8 – 20,3
8	Kuat kompresif ASTM D 695 (MN m <sup>o</sup> )	16,5
9	Tetapan dielektrik ASTM D 150 (10 <sup>o</sup> Hz)	2,25 – 2,35
10	Muai termal ASTM D696 (mm mm <sup>3</sup> °C x 10 <sup>o</sup> )	11 - 13
11	Kalor jenis (K) kg)	2,22 – 2,3
12	Titik leleh (lunak (°C)	120 - 130

## 3. Desain tool

Pembuatan tool untuk pengelasan HDPE ini dilakukan di kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta di lab teknik mesin, setelah mendapatkan referensi dari penelitian sebelumnya tentang desain dan ukuran pin tool peneliti membuat desain dengan menggunakan aplikasi inventor dengan sedikit perubahan bentuk dan ukuran pin tool karna di sesuaikan dengan bahan yang akan di sambung. Pada penelitian ini membuat dua tool yang akan digunakan seperti pada gambar 3 Bagian A ini pin yang tidak menggunakan pin melainkan hanya sholder saja sedangkan di bagian B adalah tool yang menggunakan pinsilinder ulir.



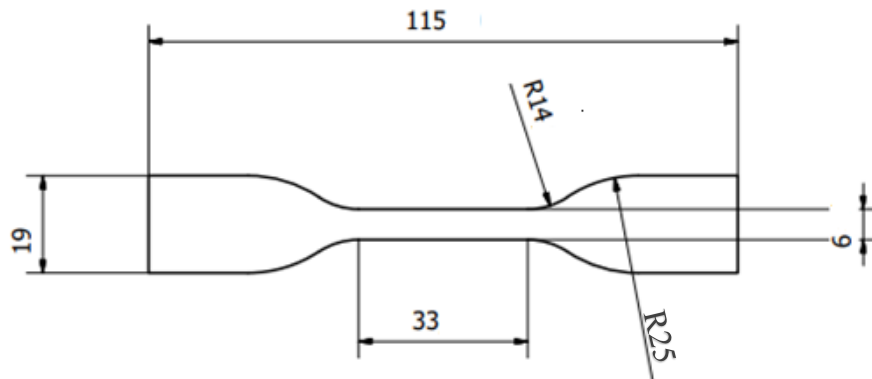
Gambar 3 sketsa pin tool

Proses pembubutan di mulai setelah mendapatkan bahan untuk membuat pin tool, bahan yang digunakan untuk pembuan tool adalah baja ST 42 baja karbon rendah karena bahan yang di sambung tidak terlalu keras jadi baja ST 42 sangat cocok digunakan untuk menjadi pin tool.



Gambar 4 pin tol silinder ulir

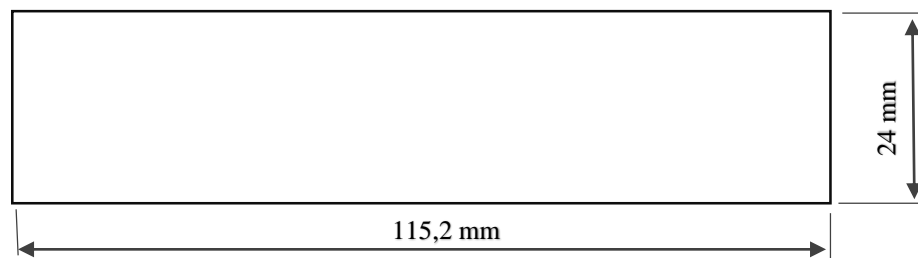
Gambar 4 adalah gambar pin tool yang telah jadi dibuat dan siap digunakan dalam proses penelitian yang akan dilakukan.



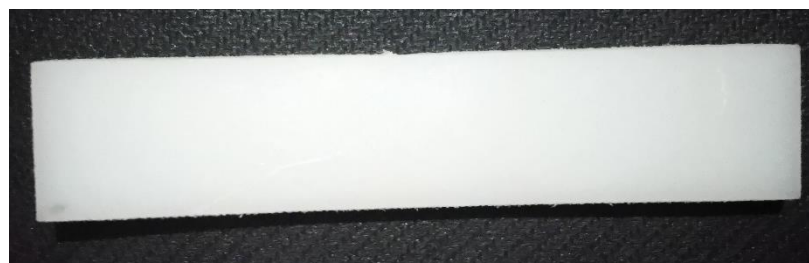
Gambar 5 sketsa bentuk benda uji tarik standar ASTM D638



Gambar 6 Spesimen uji tarik ASTM D638 Type IV



Gambar 7 sketsa benda uji bending



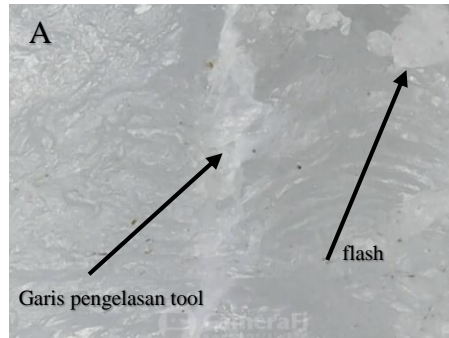
Gambar 8 Spesimen Uji Bending ASTM D79



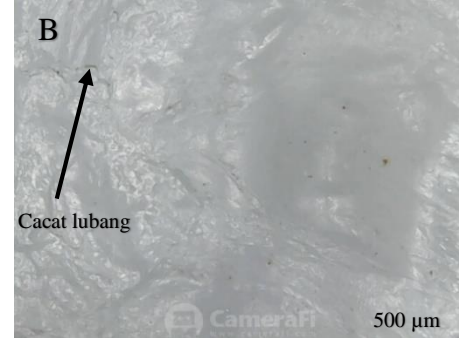
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil pengujian makro

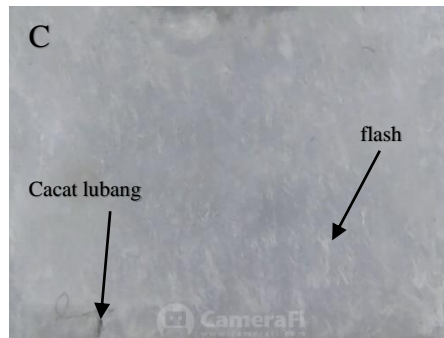
Bagian depan



Bagian belakang

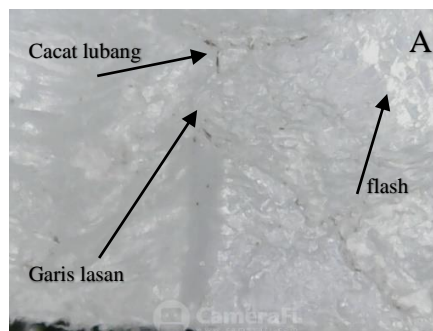


Bagian samping

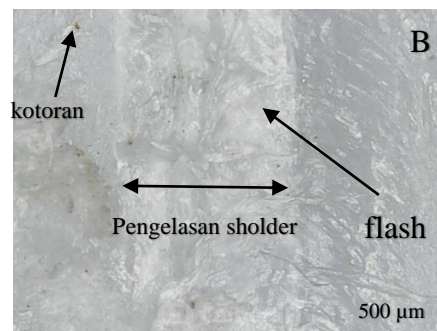


Gambar 9 hasil pengujian makro variasi peuatan 900 rpm

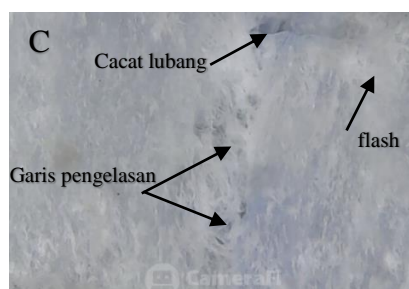
Bagian depan



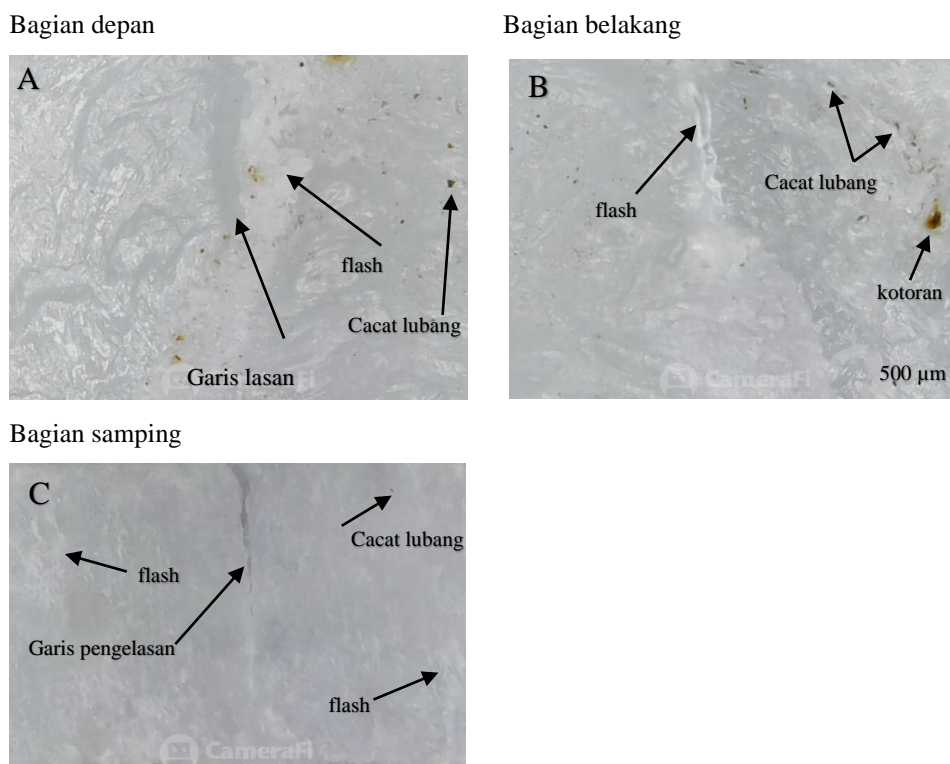
Bagian belakang



Bagian samping



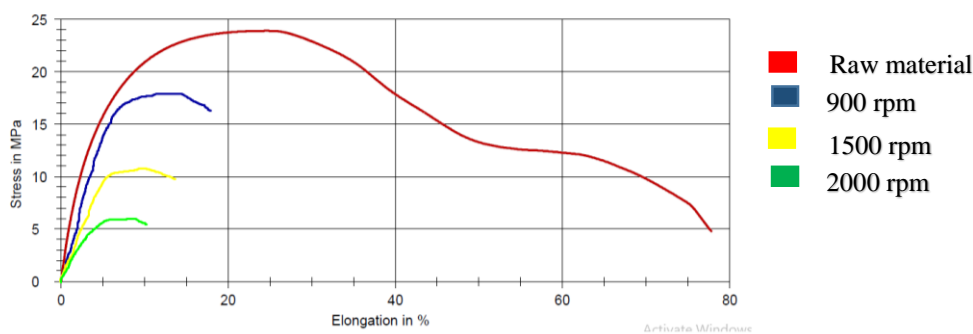
Gambar 10 hasil pengujian makro variasi putaran 1500 rpm



Gambar 11 hasil pengujian makro variasi pekatan 2000 rpm

Pengamatan dari hasil struktur makro dari setiap pengujian yang ada pada gambar 9,10 dan 11 dari setiap variasi ditemukan ada cacat pengelasan dan flash. Pada gambar 9 hasil variasi 900 rpm menunjukkan hasil yang bagus dan tidak terdapat banyak cacat setelah pengelasan, hal ini dipengaruhi oleh laju putaran tool yang tidak terlalu kencang sehingga mengakibatkan hasil pengelasan bagus. Berbeda dengan hasil yang ditunjukkan pada gambar 11 variasi 2000 rpm menunjukkan sisa pengelasan dan cacat pengelasan pada pengujian struktur makro.

2. Hasil pengujian tarik



Gambar 12 grafik uji tarik



Raw material

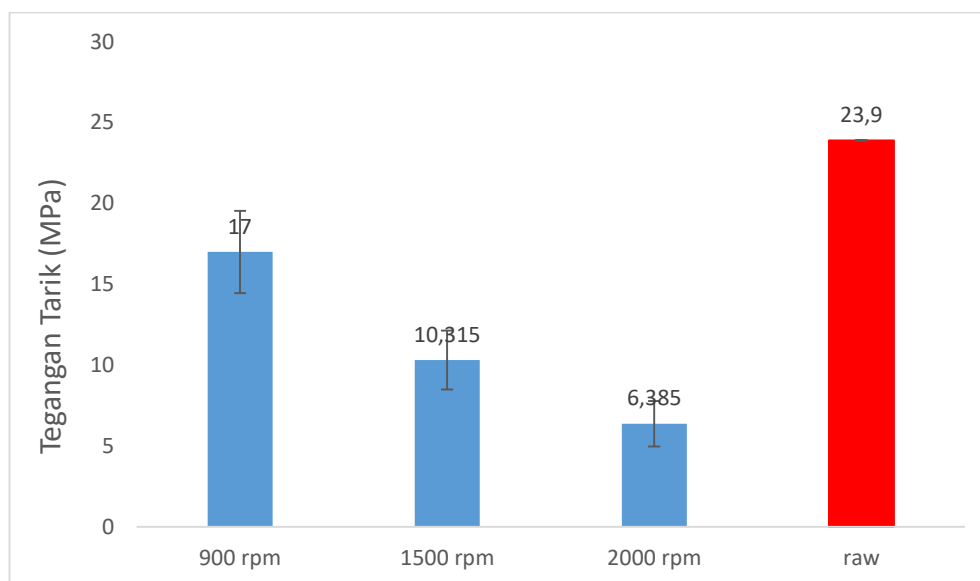
Raw material tarik untuk menjadi acuan standar nilai pengujian hasil pengelasan FSW dua sisi agar mengetahui nilai yang mendekati dengan bahan yang sebelum dilakukan pengelasan. Pada penelitian ini digunakan standar uji tarik dengan ASTM D638 Type IV gambar 13 menunjukkan raw material tarik yang setelah diuji dan sebelum dilakukan pengujian.



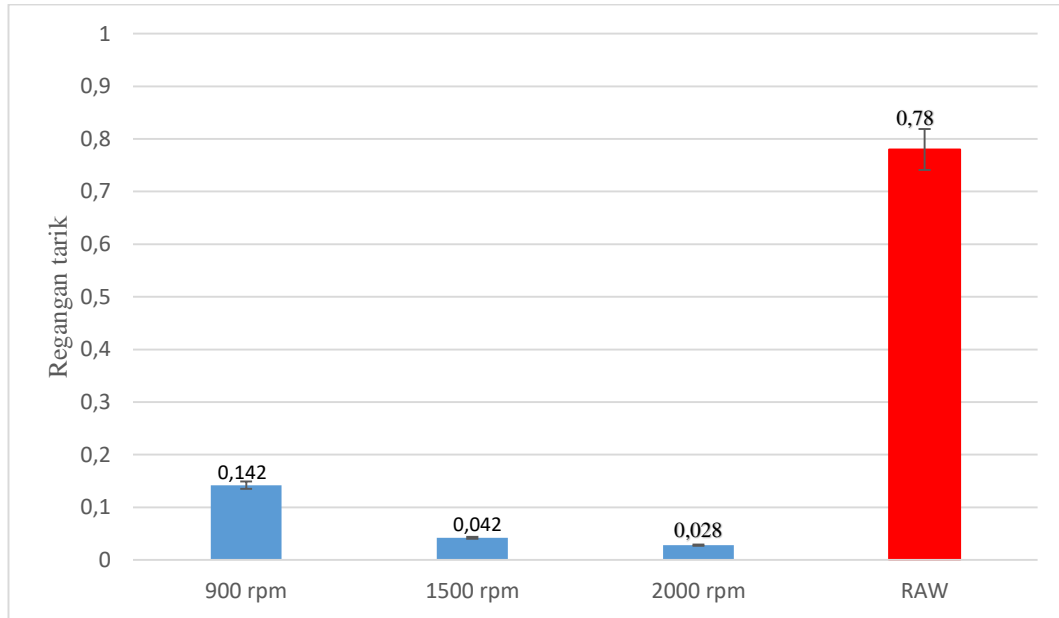
Gambar 13 raw material tarik

Tabel 2 hasil pengujian tarik pengelasan FSW dua sisi variasi putaran pin tool

Variasi putaran pin tool (rpm)	UTS		Regangan maksimum	Kekuatan tarik rata – rata (MPa)	Modulus elastisitas
	Ke 1	Ke 2			
900	18,8	15,2	0,142	17,0 ± 2,55	0,56
1500	9,03	11,6	0,042	10,3 ± 1,82	0,57
2000	5,39	7,38	0,028	6,38 ± 1,41	0,53
raw	23,9		0,78	23,9	0,54



Gambar grafik 14 kekuatan tarik pengelasan FSW dua sisi variasi kecepatan putaran tool Tabel 2 dan gambar 14 menunjukkan data kekuatan tarik yang didapat setelah pengujian tarik nilai rata-rata yang paling tinggi ditunjukkan oleh variasi putaran 900 rpm dengan nilai 17 Mpa.



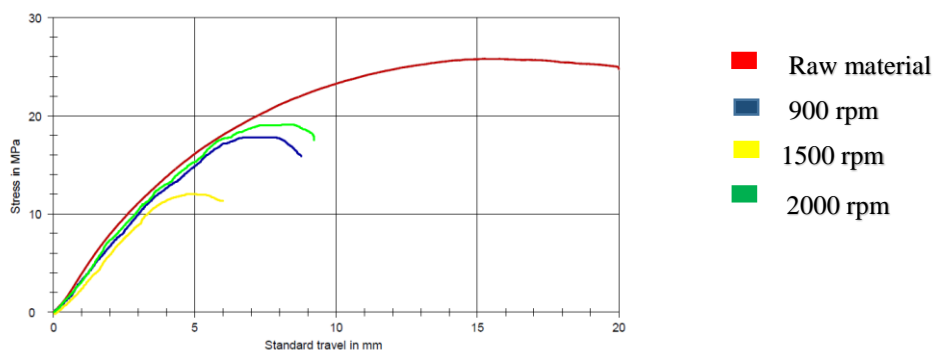
Gambar grafik 15 regangan pengelasan FSW dua sisi variasi kecepatan putaran tool

Gambar grafik 15 menunjukkan hasil regangan dari pengujian tarik di nilai regangan sama yang mendapatkan hasil tertinggi adalah variasi 900 rpm dengan nilai regangan 0,142. Hasil ini menunjukkan variasi 900 rpm di pengujian tarik mendapatkan hasil yang paling baik.

3. Hasil pengujian bending



Gambar 16 hasil pengujian *bending root*

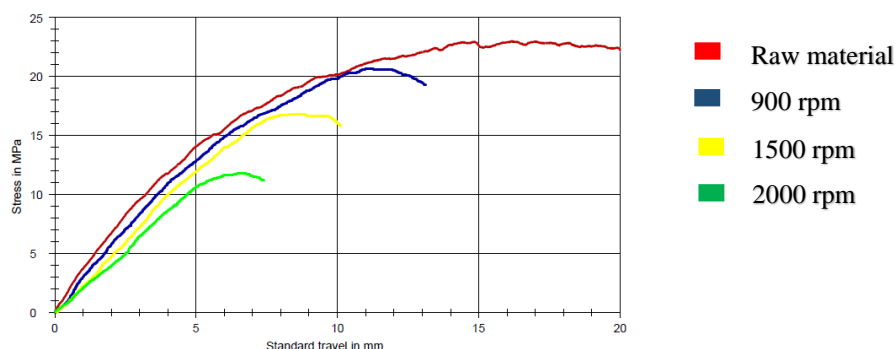


Gambar 17 grafik *root uji bending*

Gambar grafik 17 hasil pengujian *bending* bagian *face* semua variasi pada hasil pengujian ini variasi 2000 rpm yang menunjukkan hasil rata-rata paling bagus dengan nilai 18,90 MPa.



Gambar 18 hasil pengujian *bending facet*

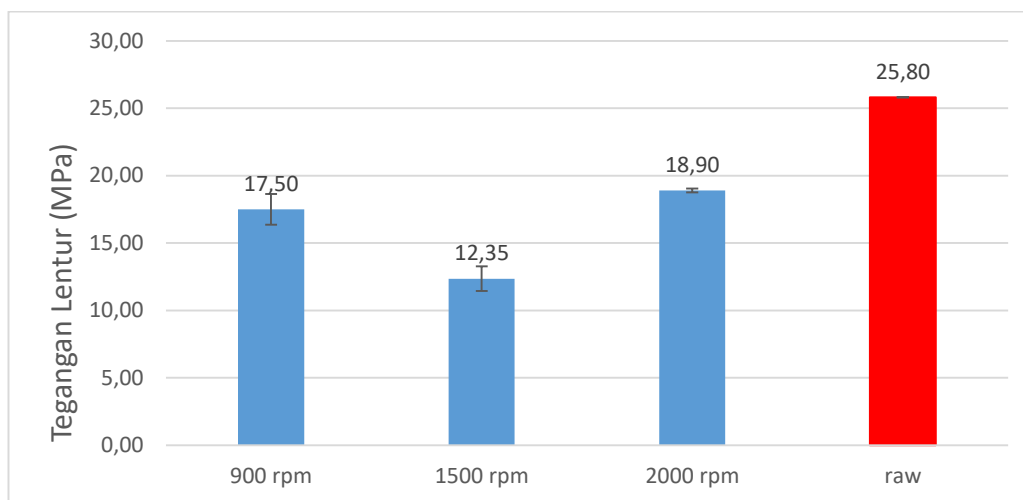


Gambar 19 grafik *face* uji *bending*

Gambar grafik 19 hasil dari uji bending bagian *face* pada bagian ini variasi yang paling bagus rata-ratanya adalah 900 rpm dengan nilai 21,95 MPa hasil ini mendekati nilai dari *raw material* yang 25,8 MPa.

Tabel 3 kekuatan lentur uji *bending* bagian *root*

Variasi putaran <i>pin tool</i> (rpm) Bagian <i>root</i>	Kekuatan lentur maksimum (MPa)		Beban Maksimum (kN)	Rata-rata nilai kekuatan lentur (MPa)
	Ke 1	Ke 2		
900	16,7	18,3	0,070	17,5 ± 1,13
1500	13	11,7	0,052	12,3 ± 0,92
2000	19	18,8	0,065	18,9 ± 0,14
RAW	25,8	25,8	0,142	25,8 ± 0

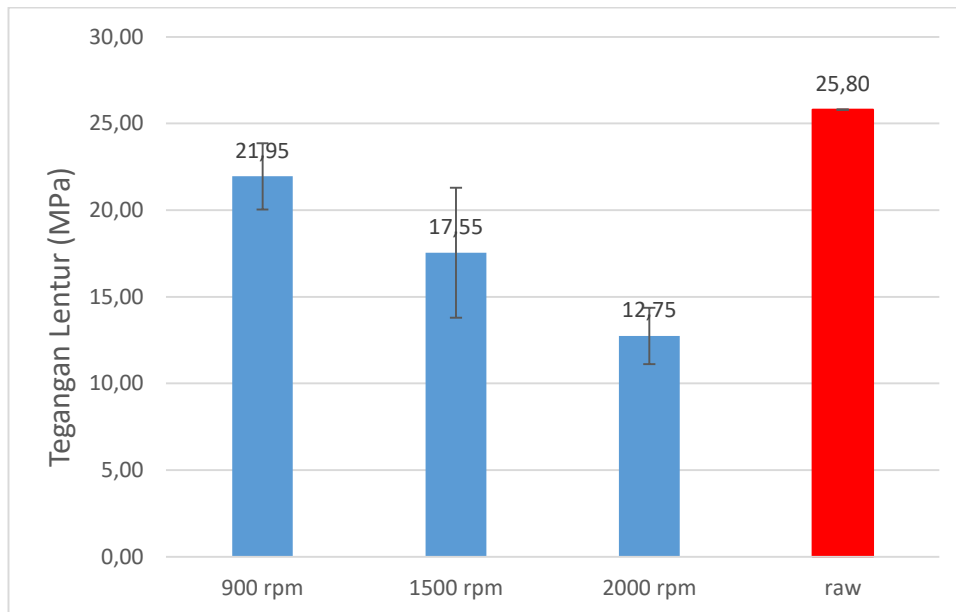


Gambar grafik 20 pengaruh variasi putaran *tool* pengelasan FSW dua sisi terhadap kekuatan lentur bagian *root*

Tabel 3 dan gambar grafik 20 menunjukkan nilai tegangan lentur pada bagian *root* pengujian *bending* hasil dari variasi 900 rpm dan 2000 rpm mendekati dari nilai *raw* material dan nilai beban maksimum pada variasi 900 rpm dengan 0,070 kN.

Tabel 4 kekuatan lentur uji *bending* bagian *face*

Variasi putaran <i>pin tool</i> (rpm) Bagian <i>face</i>	Kekuatan lentur maksimum (MPa)		Beban Maksimum (kN)	Rata-rata nilai kekuatan lentur (MPa)
	Ke 1	Ke 2		
900	20,6	23,3	0,020	21,9 ± 1,91
1500	14,9	20,2	0,015	17,5 ± 3,75
2000	11,6	13,9	0,010	12,7 ± 1,63
RAW	25,8	25,8	0,142	25,8 ± 0



Gambar grafik 21 pengaruh variasi putaran *tool* pengelasan FSW dua sisi terhadap kekuatan lentur bagian *face*

Tabel 4 dan gambar grafik 21 menunjukkan nilai tegangan lentur pada bagian *face* pengujian *bending* hasil pengelasan FSW dua sisi hasil dari variasi 900 rpm mendapatkan hasil 21,95 MPa hasil ini sangat mendekati dari hasil *raw* material. Bisa disimpulkan pengelasan dua sisi ini sangat efektif untuk menghilangkan cacat pengelasan pada bagian *root* dan ditorsi yang terjadi setelah pengelasan bahan plastik dan mendapatkan nilai *bending* yang bagus.

Dengan hasil penelitian ini dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang mendapatkan hasil pada pengujian makro tidak terdapat terlalu banyak cacat pengelasan pada variasi 900 rpm terdapat *flash* pada variasi 2000 rpm, dan hasil pengujian tarik mendapatkan nilai tertinggi pada variasi 900 rpm dengan nilai 18,8 MPa dengan nilai regangan 8,7 % sedangkan pada penelitian sebelumnya hanya mendapatkan nilai uji tarik tertinggi 10-12 MPa saja pada hasil uji *bending* hasil yang didapatkan berbeda karena dilakukan dua pengujian dibagian *face* dan *root* pada penelitian ini hasil pengujian *root* tertingi pada variasi 2000 rpm dengan nilai 18,9 MPa dan nilai pengujian *face* 21,95 mpa pada variasi 900 rpm hasil ini sangat bagus karena mendekati dari nilai *raw* material yang bernilai 25,8 MPa, hasil penelitian dari (Mostafapour dan Azarsa 2011) mendapatkan hasil uji *bending* dengan nilai tertinggi 24,5 MPa mencapai 95% tetapi nilai ini dengan tambahan pemanas saat pengelasan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arici A and Sinmaz T. (2005). *The Effect of Passing The Double Tools in Friction is Polyethylene Welding*. journal of materials science 40 (2005) 3313 – 3316.
- Bozkurt Y., (2011). *optimization of the friction parameter of the welding stirring process to achieve maximum tensile strength in the polyethylene sheet*,36,440-445.
- Endartyana, R.F., (2013), Studi Perbandingan Sifat Mekanik pada Pengelasan Satu Sisi dan Dua Sisi *Friction Stir Welding Aluminium 5083 Kapal Katamaran*, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- Florence, Jamie. 2005. *Friction Stir Welding An Innovative Commercial Joining Method Revolutionizing The Design – Fabrication and Performance of Army Ground Vehicle Structures and Armors*. Concurrent Technologies Corporation. USA.
- Hasibuan H. (2012). *Friction stir welding berbahan plastik HDPE pengaruh variasi putaran spindle terhadap hasil penyambungan*.
- Jaiganes V and Marutu B. (2014). *Optimization of friction process parameters stir on welding high density polypropylene plates*,97,1957-1965.
- Jicheng G., Shen Y., Zhang J., Haiseng X. (2014). *Submerged friction stir weld of polyethylene sheet*.
- Kemal M and Kurt B. (2017). *friction stir welded of high density polyethylene sheet*,4(9),363-370.
- Mishra, R.S. and Ma, Z.Y., 2005, *Friction Stir Welding and Processing*, *Journal of Materials Science and Engineering, Science Direct*.
- Mostafapour A and Azarsa E. (2011). *A Study of the role polyethylene sheet processing parameters via friction assisted heat stirring micro investigation, tensile and bending properties*,7(4),647-654.
- Prabowo H., Triyono dan kusharjanta B. (2013). Pengaruh Kecepatan Putaran Tool dan Pemanas Tambahan Terhadap Kekuatan Mekanik *Polypropylene Hasil Las Friction Stir Welding*.
- Sahu K.S., Mishra D., Mahto R.P., Sharma V.M., Banerjee S., and Dash P. (2017). *friction stir welded polyethylene sheet*.
- Sercer M, and Raos P. 2007. *Joining Plastics And Composites. Welding Engineering And Technology*, 1 – 13.