

PENGARUH TEMPERATUR PADAPENYAMBUNGAN MATERIAL POLYETHYLENE (PE) MENGGUNAKAN METODE *FRICTION STIR WELDING*

Anjananda Vitodi¹, Dodi Sofyan Arief², M. Dalil³

Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

¹Anjananda.vitodi1278@student.unri.ac.id, ²dodidarul@yahoo.com, ³dhalilm@yahoo.com

Abstract

Friction Stir Welding (FSW) is a welding process that is promoted with little cost and good connection quality. That is because it does not need filler metal and can eliminate or minimize the number of cracks and porosity defects. The FSW principle uses tools that rotate and move across so that the material occurs forging at the center of the weld and finally melts. The FSW welding process variables are tool parameters and welding parameters. Welding parameters include rotational speed, tool slope, travel speed, shoulder penetration, probe penetration, probe shape and dimensions, shoulder shape and dimensions, material tools, and others. In this study, the effect of temperature variation of heating elements used in welding polyethylene (PE) material on tensile strength by tensile test is examined. From the tensile test data, it is found that the higher the temperature of the heating element during the FSW process, the feeding translation tool will increase and the tensile strength of the FSW joint results will also increase and vice versa. The lowest tensile strength occurs at temperatures of 0 ° C (without preheating) and 100 ° C (using preheating), namely 4.465 MPa and 14.25 MPa. The highest tensile strength occurs at heating element temperature of 140 ° C which is 24.71 MPa while the tensile strength of polyethylene material without FSW connection is 29 MPa.

Keyword : *friction stir welding, feed rate, polyethylene, the tensile strength of welded joints.*

1. Pendahuluan

Teknik pengelasan semakin berkembang seiring dengan perkembangan jenis dan aplikasi dari material tersebut. Salah satu teknik pengelasan yang sekarang ini sedang berkembang adalah *Friction Stir Welding (FSW)*. *FSW* dikenalkan pertama kali oleh The Welding Institute (TWI) of UK 1991 sebagai teknik sambungan padat (Mishra, 2005). Menurut Z. Kiss (2007), aplikasi *FSW* pada material polimer dan menyatakan bahwa teknologi *FSW* dapat diterapkan pada material polimer.

Proses penyambungan dengan metode *Friction Stir Welding (FSW)* ini sangat cocok digunakan pada jenis logam karena nilai konduktivitas thermal yang tinggi dari logam akan meningkatkan kecepatan pelumeran logam. Pengaplikasian metode *Friction Stir Welding (FSW)* untuk penyambungan polimer (plastic) sendiri pertama kalinya dilakukan pada tahun 1997 (Strand, 2004) dan hingga saat ini telah ada beberapa peneliti dari berbagai negara yang mempelajari tentang penerapan *Friction Stir Welding (FSW)* pada bahan Thermoplastik untuk mendapatkan parameter pengelasan yang tepat seperti design pin, arah dan kecepatan putaran spindle, *transverse speed*, temperatur pengelasan, temperatur *back plate*, dan masih banyak parameter-parameter lain yang nantinya akan berimbas pada peningkatan kualitas sambungan pengelasan. karena itu, masih banyak dibutuhkan usaha untuk mendapatkan hasil penyambungan yang baik karena material plastik sendiri merupakan media isolator panas murni yang memiliki nilai

konduktivitasnya rendah, hal tersebut merupakan hambatan utama dalam penerapan metode *Friction Stir Welding (FSW)* pada bahan jenis polimer (plastic) ini.

Polimer salah satu bahan rekayasa bukan logam (*non-metallic material*) yang sangat penting. Saat ini bahan polimer telah banyak diaplikasikan sebagai bahan substitusi untuk menggantikan logam terutama karena sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi dan kimia, khususnya untuk aplikasi-aplikasi pada temperatur rendah. Hal lain yang banyak menjadi pertimbangan adalah daya hantar listrik dan panas yang rendah, kemampuan untuk meredam kebisingan, warna dan tingkat transparansi yang bervariasi, kesesuaian desain dan manufaktur, selain itu polimer juga relatif ekonomis dari segi harga.

Penelitian tentang *FSW* untuk material non logam seperti polymer telah banyak dilakukan. Polimer merupakan bahan pengganti logam yang sering digunakan pada industri makanan, minuman, otomotif, transportasi, dan tekstil. Dibandingkan dengan logam polimer memiliki keunggulan antara lain ringan, tahan korosi dan lebih murah. Salah satu jenis polimer yang memiliki ketahanan atau daya leleh yang baik adalah polyethylene (PE). Menurut K. Mustafa (2011), aplikasi *FSW* dalam material HDPE dan menyatakan bahwa material plastik memiliki nilai konduktivitas panas rendah yang menjadi kendala dalam proses *FSW*.

Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh variasi *temperature controller* elemen pemanas yang digunakan dalam pengelasan material

polyethylene (PE) dengan metode las *Friction Stir Welding* (FSW), sehingga dari kajian tersebut dapat diketahui sejauh mana pengaruh variasi *temperature controller* elemen pemanas pada sambungan *Friction Stir Welding* (FSW) material *polyethylene* (PE) terhadap kekuatan tarik dengan cara pengujian tarik (*tensile test*).

2. Metodologi

2.1 Alur Kegiatan Penelitian

Tahapan-tahapan pengerjaan yang dilakukan dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap studi literatur

Tahapan belajar dan pendalaman konsep yang berkaitan dengan materi penelitian yang berasal dari buku, jurnal penelitian, laporan pengerjaan tugas akhir, E-buku, internet, atau dari sumber lainnya.

2. Bimbingan dengan dosen

Dilakukan untuk mengkonsultasikan dan menanyakan mengenai hal yang berkaitan dengan tugas akhir.

3. Identifikasi permasalahan

Mengidentifikasi permasalahan mengenai pengelasan *Friction Stir Welding* pada material *polyethylene* (PE).

4. Perancangan *tool* dan persiapan proses pengelasan FSW

Meliput perancangan dimensi *tool*, bentuk, dan jenis pin / *probe*, persiapan material pengelasan, pembuatan alat bantu *clamp spesimen* dan peralatan pengelasan.

5. Proses *Friction Stir Welding* material *polyethylene*

Melakukan proses FSW material *polyethylene* sehingga diperoleh hasil sambungan yang diinginkan.

6. Pembuatan spesimen uji tarik

Pembuatan spesimen uji tarik berdasarkan ASTM D638 *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*

7. Pengolahan data dan analisa

Melakukan pengolahan data dan analisa dari hasil pengujian tarik sambungan FSW.

8. Pembuatan laporan tugas akhir

2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembaran *polyethylene*. Bahan tersebut ditunjukkan dalam Gambar 1. berikut ini.



Gambar 1. Lembaran Polyethylene (Pe)

Berikut ini merupakan sifat sifat meterial *polyethylene* yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel sifat material *polyethylene* (James E. Mark, 1999)

Typical properties for polyethylene	Low density	High density
Crystallinity (%)	60	95
Density (kg/m ³)	920	950
Tensile strength (Mpa)	11	31
Elongation (%)	100-600	50-800
Impact value (J)	No fracture	5-15
T _g (°C)	-120	-120
T _m (°C)	115	138
Maximum service temperature (°C)	85	125

2.3 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin milling Universal ACIERA Tipe F3-10018, *tool* FSW, *thermocontroller*, *thermocouple*, pencekam spesimen (*jig*) dan *Universal Testing Machine* (UTM).

2.4 Prosedur Penelitian

Proses pengelasan dilakukan di laboratorium produksi Universitas Riau. Pengelasan menggunakan mesin milling Universal ACIERA Tipe F3-10018. Proses pengelasan menggunakan elemen pemanas yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses FSW material PE

Proses pengelasan lembaran *polyethylene* menggunakan mesin milling dengan mengatur

kecepatan putar yang dipakai sebesar 700 rpm .

Dibawah ini merupakan gambar *tool* FSW material PE yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Tool* FSW material PE

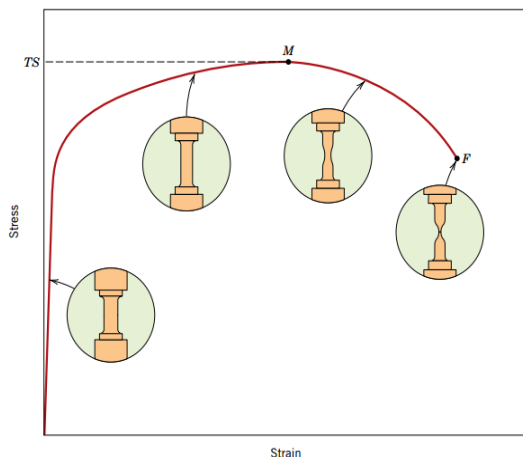
Pada penelitian ini memanfaatkan masukan panas yang lebih tinggi dalam proses FSW material polyethylene (Pe) menggunakan elemen pemanas tambahan. Dimana elemen pemanas ini dapat diatur atau divariasikan temperatur elemen pemanasnya dengan menggunakan *thermocontroller*. Variasi temperatur elemen pemanas diatur dengan variasi sebesar 100°C, 110°C, 120°C, 130°C, 140°C dan 150°C.

2.5 Metode Analisis Data

2.5.1 Uji Tarik

Uji Tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan bisa diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat.

Pengujian tarik hasil lasan menggunakan standar ASTM D638. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum hasil sambungan FSW. Hubungan antara gaya tarik dengan perubahan panjang dari hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Hubungan Gaya Tarik Dengan Perubahan Panjang (Callister, 2014)

Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*), merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (*fracture*). Nilai kekuatan tarik maksimum σ_{uts} ditentukan dari beban maksimum F_{maks} dibagi luas penampang awal A_o . Seperti Persamaan 1 dan persamaan 2 (Sudrajat, 2012).

$$\sigma_{uts} = \frac{F_{maks}}{A_o} \dots\dots\dots (1)$$

$$\epsilon = \frac{L-L_o}{L_o} = \frac{\Delta L}{L_o} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

σ_{uts} = kekuatan tarik maksimum (N/mm²)

F_{maks} = Gaya maksimum (N)

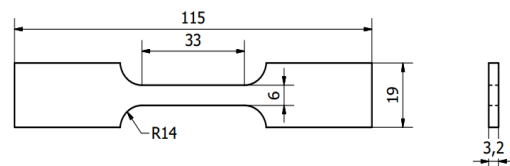
ϵ = Regangan

A_o = Luas penampang mula-mula(mm²)

L_o = Panjang spesimen mula-mula (mm)

L = Panjang spesimen setelah pengujian (mm)

Pengujian tarik hasil pengelasan menggunakan standar ASTM D638 Tipe 4. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum hasil pengelasan. Berikut ini standar pengujian tarik spesimen material polyethylene menggunakan standar ASTM D 638 Tipe 4 yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. ASTM D638 *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics Type 4*

3. Hasil

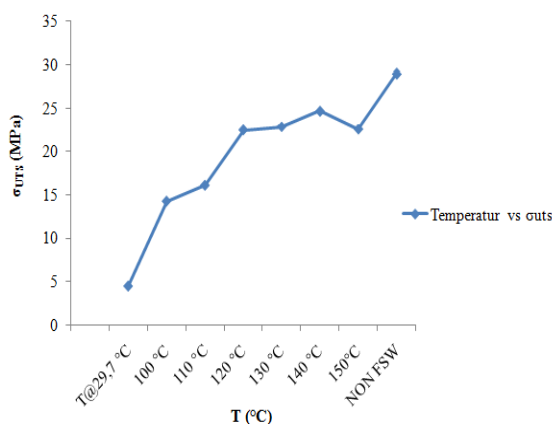
Pengujian tarik berfungsi untuk mengetahui kekuatan sambungan las FSW dalam menahan beban arah sejajar permukaan las. Beban yang diberikan adalah beban statik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D638 *Standart Test Method For Tensile Properties Of Plastics*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanasan awal berpengaruh terhadap kekuatan tarik spesimen hasil las.

Berikut ini tabel hasil pengolahan data pengujian tarik yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. hasil pengolahan data pengujian tarik

Sampel No	Temperatur (°C)	Luas penampang (mm ²)	F _{max} (N)	σ _{max} (MPa)
6	Tanpa Elemen Pemanas (T@29,7°C)	19,2	85,721	4,465
1	100	19,2	273,711	14,256
2	110	19,2	308,903	16,089
3	120	19,2	431,645	22,482
4	130	19,2	439,020	22,866
5	140	19,2	474,468	24,712
8	150	19,2	433,363	22,571
7	No FSW	19,2	556,853	29,003

Dibawah ini merupakan grafik pengaruh Temperatur vs σ_{uts} uji tarik sambungan FSW yang ditunjukkan pada Gambar 6.

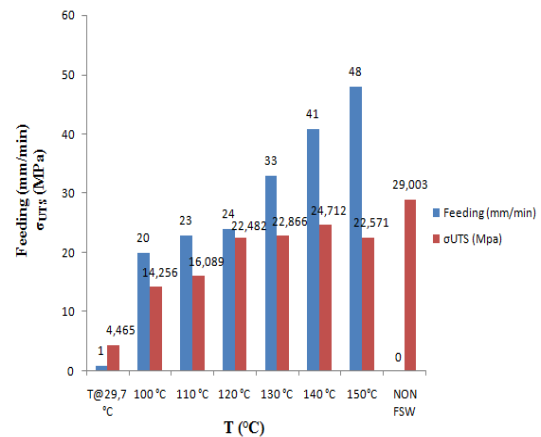


Gambar 6. Grafik Temperatur vs σ_{uts} uji tarik sambungan FSW

Dapat di lihat pada Gambar 6 menunjukkan hubungan antara kekuatan tarik dengan temperatur elemen pemanas dan kecepatan pemakanan, dari gambar tersebut diketahui bahwa temperatur elemen pemanas dan kecepatan gerak pemakanan berpengaruh terhadap kekuatan tarik sambungan FSW polyethylene. Hal ini dapat dilihat pada spesimen dengan variasi temperatur elemen pemanas 100°C, 110°C, 120°C, 130°C dan 140°C dimana seiring dengan penambahan temperatur elemen pemanas maka kekuatan tarik sambungan semakin meningkat. Tetapi pada temperatur kerja FSW 150°C didapatkan hasil kekuatan tarik yang menurun menjadi 22,571 Mpa. dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa batas temperatur

kerja FSW material polyethylene yaitu pada temperatur 140°C.

Dibawah ini merupakan *bar chart* pengaruh temperatur elemen pemanas dan kecepatan gerak pemakanan terhadap kekuatan tarik spesimen hasil las FSW polyethylene yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh temperatur elemen pemanas dan kecepatan gerak pemakanan terhadap kekuatan tarik spesimen hasil las FSW polyethylene

Dari data tabel pada Gambar 7 diatas didapatkan bahwa semakin tinggi temperatur elemen pemanas selama proses *friction stir welding* maka kecepatan gerak pemakanan / *feeding translation tool* akan meningkat dan kekuatan tarik dari hasil sambungan *friction stir welding* juga akan meningkat begitu pula sebaliknya, semakin rendah temperatur elemen pemanas selama proses *friction stir welding* maka kecepatan gerak pemakanan / *feeding translation tool* akan menurun dan kekuatan tarik dari hasil sambungan *friction stir welding* juga akan menurun. kekuatan tarik hasil sambungan FSW material polyethylene tanpa elemen pemanas sebesar 4,465 Mpa, Kekuatan tarik terendah dari sambungan FSW yang menggunakan elemen pemanas terjadi pada temperatur 100°C yaitu 14,25 MPa. Hal ini terjadi karena temperatur elemen pemanas yang kurang sehingga *melting point* dari material tidak tercapai maksimal menyebabkan material meleleh semakin berkurang dan pengadukan material yang terjadi kurang optimal. Pengadukan material yang kurang optimal oleh putaran tool menyebabkan material leleh tidak mengisi secara sempurna kedalam rongga sambungan sehingga memperbesar ruang terbentuknya cacat pada sambungan.

Kekuatan tarik tertinggi terjadi pada temperatur elemen pemanas 140°C yaitu 24,71 Mpa , pada temperatur kerja elemen pemanas 150°C kekuatan tarik hasil sambungan FSW mengalami penurunan.sedangkan kekuatan tarik material polyethlyene tanpa sambungan FSW yaitu 29 Mpa.

4. Simpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Dari hasil pengujian tarik didapatkan adanya pengaruh variasi temperatur elemen pemanas 100°C, 110°C, 120°C, 130°C, 140°C dan 150°C terhadap kekuatan tarik sambungan friction stir welding material polyethylene. Variasi temperatur elemen pemanas antar 100°C sampai 140°C menghasilkan kekuatan tarik yang meningkat sebanding dengan kenaikan temperatur elemen pemanas sedangkan pada temperatur elemen pemanas melebihi 140°C kekuatan tarik sambungan FSW akan mengalami penurunan. Kekuatan tarik terendah terjadi pada temperatur 0°C (Tanpa pemanasan awal) dan 100°C (menggunakan pemanasan awal) yaitu 4,465 MPa dan 14,25 MPa. Kekuatan tarik tertinggi terjadi pada temperatur elemen pemanas 140°C yaitu 24,71 Mpa sedangkan kekuatan tarik material polyethylene tanpa sambungan FSW yaitu 29 Mpa. Temperatur elemen pemanasan yang sesuai untuk temperatur kerja proses sambungan FSW material polyethylene yaitu 140°C.

Daftar Pustaka

- A. Sudrajat F. P., 2012. "Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100 Dengan Metode Friction Stir Welding (FSW)". Universitas Jember.
- Callister, Rethwisch. 2014. *Material Science and Engineering*. United States of America : John Wiley & Sons, Inc
- James E. Mark . 1999. *Polymer Data Handbook*. England: Oxford University Press
- K. Mustafa, I Ahmet. 2011, Effect Of Welding Parameters On Friction Stir Spot Welding Of High Density Polyethylene Sheets. *Departemen Of Material Technology, Marmara University, Istanbul 34722, Turkey*.
- Mishra RS, Ma ZY. 2005."Friction Stir Welding and Processing". *Material Science and Engineering*;50:1–78.
- Strand SR. "Effects of friction stir welding on polymer microstructure". *Brigham Young University*; 2004.
- Z. Kiss, T Czigany. 2007."Applicability of Friction Stir Welding in Polymeric Materials". *Per Pol Mech Eng*;51: 15–18.