

PENGARUH KECEPATAN PUTARAN TOOL DAN PEMANAS TAMBAHAN TERHADAP KEKUATAN MEKANIK POLYPROPYLENE HASIL LAS FRICTION STIR WELDING

Heru Prabowo¹, Triyono², Bambang Kusharjanta²

¹Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

²Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

Friction stir welding (fsw)
Polypropylene
Rotational tool speed
Additional heater

Abstract :

Joining polypropylene material by friction stir welding is a new development in welding technology. Effect of welding parameter such as rotational tool speed and additional heater to mechanical properties of polypropylene friction stir welding joint was determined. The welding parameters was used in this experiment were 204 ; 356; 602; 1140 rpm and additional heater.

As a result of the experiment, it was determined that rotational tool speed 602 rpm with additional heater has highest tensile strength and bending strength value, it is 14,55 MPa and 6,022 MPa. The optimum rotational speed and additional heater cause better stirring process, so molten material can spread evenly in welding area. The evenly spreading molten material minimize voids that appear so it is increase the mechanical properties of joint.

PENDAHULUAN

Teknik penyambungan atau pengelasan material berkembang seiring dengan berkembangnya jenis material dan aplikasi dari material tersebut. Teknik pengelasan yang saat ini banyak dikembangkan adalah teknik pengelasan *friction stir welding (FSW)*. Pengelasan FSW adalah teknik penyambungan material yang umumnya untuk menyambung material lembaran logam. FSW merupakan suatu teknik pengelasan baru yang ditemukan oleh Wayne Thomas pada tahun 1991 di *The Welding Institute (TWI)*.

Konsep dasar teknik penyambungan ini adalah menyambung dua material dengan memanfaatkan sumber panas yang berasal dari gesekan putaran *tool* dengan di permukaan benda kerja. *Tool* yang berputar ditekan pada permukaan antara dua material yang akan disambung. Gesekan *tool* dan material akan menghasilkan panas hingga mencapai temperatur leleh material tersebut (Thomas dkk, 1991). Pengelasan FSW memiliki banyak keunggulan antara lain tidak menggunakan *filler metal*, biaya yang lebih murah dari pengelasan busur, pengerjaan pengelasan yang lebih cepat dan efisien, hasil pengelasan memiliki sifat mekanik yang baik, sedikit deformasi, dan pengelasan ini sepenuhnya aman bagi lingkungan karena tidak menggunakan gas pelindung dan aman dari radiasi sinar ultraviolet (Mishra dan Ma, 2005)

Penggunaan teknik pengelasan FSW untuk menyambung material non logam merupakan terobosan baru dalam bidang pengelasan. Dibandingkan dengan mengelas material logam, untuk mengelas material non logam dalam hal ini polimer akan jauh lebih rumit karena polimer

merupakan isolator murni yang memiliki konduktivitas termal rendah (Sercer dan Raos, 2007).

Berdasarkan pertimbangan di atas maka dalam penelitian ini diusulkan untuk menggunakan sumber panas tambahan berupa *electric heater* untuk menunjang proses pengelasan FSW. *Electric heater* dengan chasingnya diletakkan pada permukaan benda kerja. Fungsi *electric heater* adalah untuk memanaskan atau melunakkan permukaan benda kerja sebelum dilakukan pengelasan atau *preheat*. Dengan penggunaan sumber panas tambahan diharapkan hasil las menjadi lebih halus serta mampu mereduksi waktu pengelasan. Beberapa parameter yang potensial berpengaruh terhadap hasil las antara lain temperatur set *heater* dan konduktivitas termal material dari *chasing heater*. Karena belum banyak penelitian tentang pengaruh kecepatan putaran *tool* dan pengaruh penggunaan sumber panas tambahan dalam proses pengelasan FSW *polypropylene*, maka perlu dilakukan studi lebih dalam tentang pengaruh kecepatan putaran *tool* terhadap kekuatan mekanik hasil lasan material *polypropylene* dengan metode pengelasan FSW.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah plat *polypropylene*. Bahan tersebut ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Plat *polypropylene*

Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *milling 57-3C*, *tool*, *thermocontroller*, *thermocouple*, pencekam spesimen, *Universal Testing Machine* (UTM) dan mikroskop makro.

Prosedur Penelitian

Pengelasan FSW *polypropylene* didahului dengan persiapan spesimen yang akan disambung. Proses persiapan spesimen tersebut meliputi :

1. Memotong plat *polypropylene* yang akan dilas sesuai ukuran yang telah ditentukan.
2. Membersihkan sisi plat yang akan dilas dari sisa pemotongan dengan menggunakan pisau.

Setelah spesimen telah siap disambung. Proses pengelasan FSW *polypropylene* tersebut dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Memasang *tool* pada *chasing* pemanas tambahan seperti terlihat pada gambar 2.



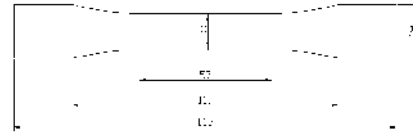
Gambar 2. *Tool* terpasang pada *chasing* pemanas tambahan

2. Memasang *tool* yang telah terpasang pada *chasing* pemanas tambahan ke *holding tool* mesin *milling*.
3. Meletakkan dan mencekam benda kerja dengan ragum yang telah terpasang pada meja kerja/*work bench*.
4. Mengeset temperatur pemanas pada temperatur 140°C dengan *thermocontroller*.
5. Menghidupkan mesin *milling* dan menyatel pada putaran 204 rpm (variasi A).
6. Menekankan *tool* yang berputar ke permukaan benda kerja.
7. Memasukkan *shoulder tool* sedalam 0,2 mm untuk memulai proses pengelasan.
8. Menjalankan meja kerja secara otomatis dengan kecepatan pengelasan 7,3 mm/min.
9. Melepaskan benda kerja dari ragum.
10. Memasang benda kerja berikutnya pada ragum.
11. Mengulang langkah 5 sampai 9 untuk variasi kecepatan *tool* 356, 602 dan 1140 rpm.

Metode Analisis Data

Metode analisis data yang dilakukan adalah :

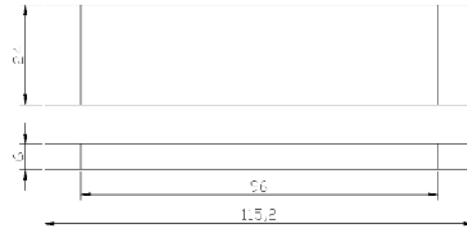
1. Pengamatan struktur makro
Pengamatan struktur makro sambungan dilakukan untuk mengetahui struktur makro sambungan hasil lasan FSW *polypropylene*.
2. Uji tarik
Pengujian tarik hasil lasan menggunakan standar ASTM D638. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum hasil lasan.



Gambar 3. Spesimen Uji Tarik ASTM D 638

3. Uji bending

Pengujian bending hasil lasan menggunakan standar ASTM D790. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan bending maksimum hasil lasan.



Gambar 4. Spesimen Uji Bending ASTM D 790

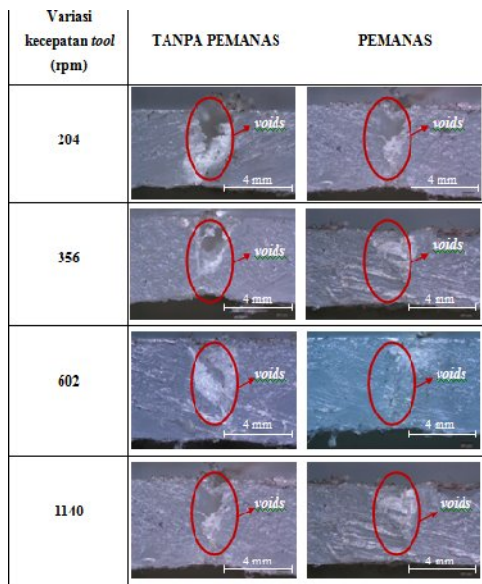
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan foto makro (*macrostructure observe*)

Gambar 5. memperlihatkan perbedaan kualitas penampang hasil lasan yang cukup signifikan antara spesimen las variasi tanpa pemanas dengan variasi berpenambahan pemanas. Peningkatan kualitas hasil lasan terlihat seiring dengan kenaikan kecepatan *tool* serta penambahan pemanas. Spesimen dengan variasi tanpa pemanas memperlihatkan adanya rongga cacat atau *voids* yang cukup besar yang diakibatkan dari pengadukan material oleh *shoulder* dan *pin* yang tidak sempurna (Payganeh dkk, 2011). Fenomena cacat rongga atau *voids* ini membaik pada variasi kecepatan yang sama namun dengan penambahan pemanas. Rongga atau *voids* yang dihasilkan dari proses pengelasan menjadi lebih kecil. Hal ini kemungkinan dikarenakan adanya penambahan pemanas dalam proses pengelasan sehingga menaikkan temperatur material. Gesekan *shoulder* dan *pin* pada saat pengadukan serta adanya penambahan heater mengakibatkan material melunak tanpa mencapai titik leleh yaitu berkisar antara 0,6 hingga 0,8 temperatur leleh (Li dkk, 1999).

Fenomena cacat rongga atau *voids* kembali muncul pada spesimen dengan variasi kecepatan *tool* 1140 rpm. Cacat rongga atau *voids* ini terbentuk karena kecepatan putaran *tool* yang terlalu tinggi serta adanya penambahan pemanas. Putaran *tool* yang terlalu tinggi serta penambahan pemanas akan meningkatkan panas material akibat gesekan antara material dengan *shoulder* dan *pin*, sehingga material menjadi terlalu lunak. Material yang terlalu lunak mengakibatkan banyak *molten material* yang terlempar keluar dari zona las pada saat proses pengadukan berlangsung. Hal ini yang menyebabkan

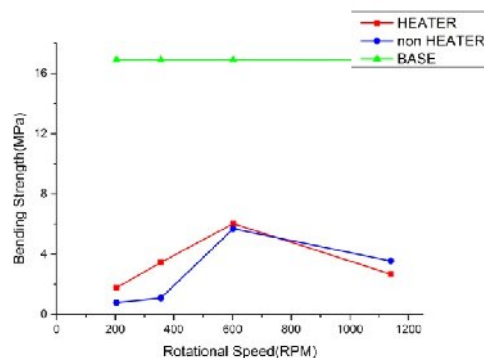
terbentuknya banyak rongga cacat atau *voids* pada sambungan (Pirizadeh, 2013).



Gambar 5. Foto makro sambungan hasil lasan

Kekuatan bending (*Bending Strength*)

Pengujian kekuatan *bending* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sambungan dalam menahan beban dalam arah tegak lurus permukaan sambungan. Beban yang diberikan pada sambungan merupakan beban statik. Pengujian dilakukan berdasarkan standar ASTM D 790. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan putaran *tool* dan penambahan pemanas berpengaruh terhadap kekuatan *bending* spesimen hasil las.



Gambar 6. Pengaruh kecepatan putaran *tool* dan penambahan pemanas terhadap kekuatan *bending* spesimen hasil las FSW *polypropylene*.

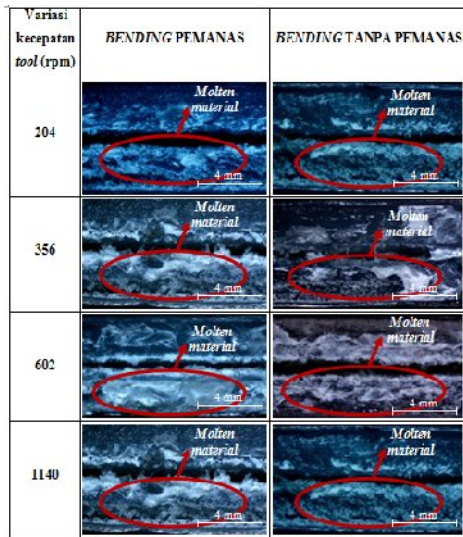
Gambar 6. memperlihatkan bahwa nilai kekuatan *bending* hasil lasan menurun bila dibandingkan dengan nilai kekuatan *bending base material polypropylene*. Nilai kekuatan *bending* tertinggi hasil lasan yaitu 6,022 MPa sedangkan nilai kekuatan *bending base material* adalah 16,89 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan nilai kekuatan *bending* sebesar 65% dari kekuatan *bending base material*.

Kekuatan *bending* hasil lasan sendiri mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan kecepatan putaran *tool*. Hal ini dapat dilihat pada spesimen dengan variasi kecepatan putaran *tool* 204, 356, 602 rpm. Kenaikan kecepatan putaran *tool* menyebabkan kenaikan temperatur material akibat gesekan antara material dengan *shoulder* dan *pin* pada saat proses pengadukan berlangsung. Gesekan antara material dengan *shoulder* dan *pin* serta adanya penambahan heater mengakibatkan material melunak tanpa mencapai titik leleh yaitu berkisar antara 0,6 hingga 0,8 temperatur leleh (Li dkk, 1999).

Kekuatan *bending* hasil lasan spesimen dengan variasi kecepatan *tool* 1140 rpm terlihat menurun. Turunnya kekuatan *bending* tersebut mungkin terjadi karena kecepatan putaran *tool* yang terlalu tinggi serta penambahan pemanas mengakibatkan banyak material leleh (*molten material*) yang terlempar keluar dari sambungan pada saat proses pengadukan berlangsung. Hal ini menyebabkan munculnya kembali *voids* pada sambungan yang mengakibatkan menurunnya nilai kekuatan mekanik hasil lasan (Pirizadeh, 2013).

Jenis cacat yang dihasilkan dalam penelitian las FSW adalah cacat rongga atau *voids*. *Voids* terjadi karena proses pengadukan material yang kurang sempurna sehingga *molten material* yang dihasilkan dari gesekan antara material dengan *shoulder* dan *pin* menjadi tidak merata persebarannya pada seluruh area sambungan. Patahan yang dihasilkan dari pengujian *bending* memperlihatkan bahwa spesimen dengan variasi pemanas memiliki struktur yang lebih baik daripada spesimen variasi tanpa pemanas.

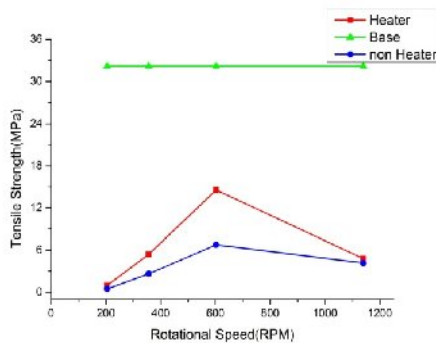
Struktur patahan variasi pemanas memiliki *molten material* yang lebih banyak dan tersebar lebih merata di seluruh permukaan sambungan. Semakin tinggi kecepatan putaran *tool* membuat pengadukan material menjadi lebih baik, sehingga *molten material* yang dihasilkan dari gesekan antara material dengan *shoulder* dan *pin* akan semakin banyak dan tersebar merata di seluruh permukaan sambungan. Hal ini seperti ditunjukkan oleh gambar 7.



Gambar 7. Foto makro patahan spesimen *bending* las FSW *polypropylene*

Kekuatan tarik (Tensile Strength)

Pengujian kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui kemampuan lasan dalam menahan beban dalam arah sejajar permukaan lasan. Beban yang diberikan pada sambungan merupakan beban statik. Pengujian dilakukan mengacu pada standar ASTM D 638. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan putaran *tool* dan penambahan pemanas berpengaruh terhadap kekuatan tarik spesimen hasil las.



Gambar 8. Pengaruh kecepatan putaran *tool* dan penambahan pemanas terhadap kekuatan tarik spesimen hasil las FSW *polypropylene*.

Gambar 8. memperlihatkan bahwa nilai kekuatan tarik hasil lasan menurun bila dibandingkan dengan nilai kekuatan tarik *base material polypropylene*. Nilai kekuatan tarik tertinggi hasil lasan yaitu 14,55 MPa sedangkan nilai kekuatan tarik *base material* adalah 32,19 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan nilai kekuatan *bending* sebesar 55% dari kekuatan *bending base material*.

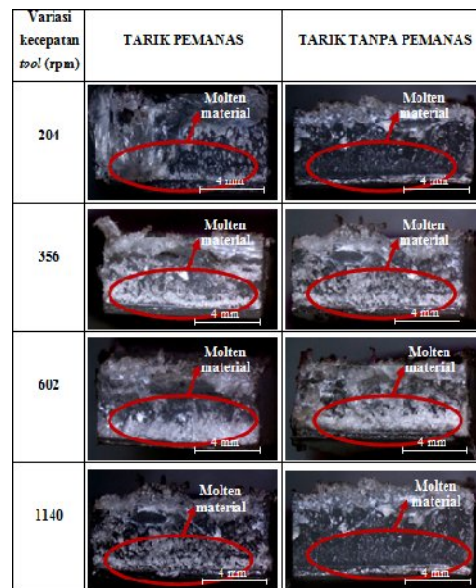
Kekuatan tarik hasil lasan sendiri mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan kecepatan putaran *tool*. Hal ini dapat dilihat pada spesimen dengan variasi kecepatan putaran *tool* 204, 356, 602

rpm. Kenaikan kecepatan putaran *tool* menyebabkan kenaikan temperatur material akibat gesekan antara material dengan *shoulder* dan *pin* saat proses pengadukan. Gesekan antara material dengan *shoulder* dan *pin* serta adanya penambahan pemanas mengakibatkan material melunak tanpa mencapai titik leleh yaitu berkisar antara 0,6 hingga 0,8 temperatur leleh (Li dkk, 1999).

Kekuatan tarik hasil lasan spesimen las dengan variasi kecepatan *tool* 1140 rpm terlihat menurun yaitu 4,77 MPa. Turunnya kekuatan *bending* tersebut mungkin terjadi karena kecepatan putaran *tool* yang terlalu tinggi serta penambahan pemanas mengakibatkan banyak material leleh (*molten material*) yang terlempar keluar dari sambungan pada saat proses pengadukan berlangsung. Hal ini menyebabkan munculnya kembali *voids* pada sambungan yang mengakibatkan menurunnya nilai kekuatan mekanik hasil lasan (Pirizadeh, 2013).

Jenis cacat yang dihasilkan dalam penelitian las FSW adalah cacat rongga atau *voids*. *Voids* terjadi karena pengadukan material oleh *shoulder* dan *pin* yang kurang sempurna sehingga *molten material* yang dihasilkan tidak cukup memenuhi sambungan. Patahan yang dihasilkan dari pengujian tarik memperlihatkan bahwa variasi pemanas memiliki struktur yang lebih baik daripada variasi tanpa pemanas.

Struktur patahan variasi pemanas memiliki *molten material* yang lebih banyak dan tersebar lebih merata di seluruh permukaan sambungan. Semakin tinggi kecepatan putaran *tool* membuat pengadukan material menjadi lebih baik, sehingga *molten material* yang dihasilkan dari gesekan antara material dengan *shoulder* dan *pin* akan semakin banyak dan tersebar merata di seluruh permukaan sambungan. Hal ini seperti ditunjukkan oleh gambar 9.



Gambar 9. Foto makro patahan spesimen tarik las FSW *polypropylene*

KESIMPULAN

Variasi pengelasan optimal FSW pada penelitian ini 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 dan 14,55 MPa untuk kekuatan tarik. Terjadi penurunan kualitas hasil lasan baik dari segi visual hasil las maupun kekuatan mekanik hasil las pada variasi kecepatan 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagheri A., Azdast T., Doniavi A. 2012. *An Experimental Study on Mechanical Properties of Friction Stir Welded ABS Sheets*. International Journal of Materials and Design, 43 : 402 – 409.
- Kiss Z., Czigany T. 2007. *Applicability of Friction Stir Welding in Polymeric Materials*. Per. Pol. Mech. Eng., 51 : 15 – 18.
- Li Y., Murr LE., McClude, JC. 1999. *Flow Visualization and Residual Microstructures Associated with the Friction Stir Welding of 2024 Aluminium Alloy to 6061 Aluminium*, Material Science and Engineering, Vol. 271 No 1-2. Pp. 213-223.
- Megantoro L, Hendroprasetyo W. 2012. *Pengaruh Pengelasan Aluminium 5083 Terhadap Sifat Mekanis dan Biaya Pengelasan dengan Perbedaan Diameter Shoulder pada Friction Stir Welding*. Jurnal Ilmiah Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, 1 – 9.
- Mishra RS, Ma ZY. 2005. *Friction Stir Welding and Processing*. Material Science and Engineering, 50 : 1 – 78.
- Payganeh GH, Mostafa A, Dadgar A, Ghasemi F, Saeidi BM. 2011. *Effects of Friction Stir Welding Process Parameters on Appearance and Strength of Polypropylene Composite Welds*. International Journal of Physical Sciences, 6 : 4595 – 4601.
- Pirizadeh M, Azdast T., Ahmadi SR, Shishavan SM, Bagheri A. 2013. *Friction Stir Welding of Thermoplastics Using a Newly Designed Tool*. International Journal of Materials and Design, 54 : 342 – 347.
- Prasad RV, Raghava M. 2012. *Fsw Of Polypropylene Reinforced With Al₂O₃ Nano Composites, Effect On Mechanical And Microstructural Properties*. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), Vol. 2, Issues 6 : 288 – 296.
- Sercer M, Raos P. 2007. *Joining Plastics And Composites*. Welding Engineering And Technology, 1 – 13.
- Squeo EA, Bruno G, Guglielmotti A, Quadri F. 2009. *Friction Stir Welding Of Polyethylene Sheets*. The Annals of “Dunarea De Jos” University Of Galati. Fascicle V, Technologies in Machine Building, ISSN 1221- 4566.
- Thomas WM, Nicholas ED, Needham JC, Murch MG, Temple-Smith P, Dawes CJ. 1991. *Friction Stir Butt Welding*. International Patent Application, No. PCT/GB92/02203.