

OPTIMASI SAMBUNGAN *ROTARY FRICTION WELDING* (RFW) PADA ALUMINIUM DENGAN VARIASI UKURAN DIAMETER

Yustiasih Purwaningrum, Aldino Data Pratama dan Fathurohman Fatha

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

e-mail: yustiasih.purwaningrum@uii.ac.id

Abstract: *Welded joints are widely used in construction and machining tools. Solid cylinders are one form of material that is difficult to connect using conventional welding. This is overcome by using Rotary Friction Welding (RFW). The purpose of this study was to obtain optimum physical and mechanical properties at RFW welded joints with variations in the diameter of the parent metal. The material used is Aluminum 4017 with diameter variations of 10 mm, 13 mm, and 16 mm. The RFW welding process is carried out using a lathe with spindle rotation speed of 1170 r / m and a pressing distance of 10 mm. From the results of macro metallography, the results of the joint there is a slight porosity in various diameter variations. From mechanical testing, it is known that specimens with a diameter of 16 mm have brittle properties because they have high hardness values, high tensile strength and the lowest strain value. Tensile test results, the maximum stress value and the highest strain value are with a diameter of 10 cm, with a tensile stress value of 165.36 MPa and a strain value of 29.81%. For bending testing, the highest voltage is obtained is a diameter of 10 mm whose value is 209.99 MPa followed by a diameter of 13 mm which is 158.36 MPa and the lowest bending strength value is found in the weld results with a diameter of 16 mm with a value of 114,3 MPa.*

Keywords: *Rotary Friction Welding (RFW), tensile strength, bending strength, hardness number*

PENDAHULUAN

Rotary friction welding (RFW) adalah salah satu jenis pengelasan *solid state*. Proses pengelasan keadaan padat (*solid state*) mengurangi banyak diskontinuitas las yang terkait dengan peleburan dan solidifikasi, tetapi mempunyai kelemahan yaitu biaya operasionalnya mahal dan desain sambungannya terbatas [1].

Dalam pengelasan *solid-state*, penggabungan dilakukan tanpa melelehkan salah satu bahan yang akan disambung. Proses pengelasan menggunakan panas gesekan yang dihasilkan ketika dua benda bergesek satu sama lain. Proses pengelasan gesekan dilakukan dengan satu bagian ditahan tetap dan bagian lain (biasanya poros atau silinder) diputar dengan cepat dan, pada saat yang sama, ditekan secara aksial terhadap bagian stasioner. Gesekan dengan cepat memanaskan permukaan yang berbatasan dan segera setelah suhu yang tepat tercapai, rotasi dihentikan dan tekanan dipertahankan sampai pengelasan selesai. Zona yang dipanaskan sangat sempit, dan karena itu silinder pejal yang tidak sama mudah bergabung [2]. Dalam proses ini, panas dihasilkan oleh konversi energi mekanik menjadi energi panas karena gesekan, di antarmuka benda kerja selama rotasi dengan adanya tekanan satu bagian terhadap bagian yang lain [3].

Penelitian menunjukkan bahwa kecepatan rotasi dan nilai penekanan sangat berpengaruh terhadap hasil pengelasan RFW [4][5]. Selain parameter pengelasan, hal yang berpengaruh pada hasil pengelasan RFW adalah konduktivitas *thermal* dan komposisi kimia dari material yang akan disambung [6].

Keuntungan pengelasan RFW adalah ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap, gas atau asap, cocok untuk jumlah produksi yang banyak, meminimalisir terjadinya porositas dan inklusi terak, dapat menggabungkan dua material dengan karakteristik berbeda, memiliki kontrol yang akurat pada toleransi lasan dan tidak memerlukan fluks atau *filler* logam dan gas [7],[8].

Aplikasi RFW sangat luas karena sambungannya kuat, ekonomis, dan bersih. Contoh aplikasi RFW adalah pada bidang otomotif, kedirgantaraan, dan kelautan [9].

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Material yang digunakan adalah Aluminium seri 4017 berbentuk silinder pejal dengan variasi diameter. Ukuran diameter silinder aluminium yang digunakan adalah 10 mm, 13 mm dan 16 mm

dengan panjang 100 mm seperti terlihat pada Gambar 1. Untuk setiap variasi diameter logam induk dilakukan 3x proses pengelasan RFW. Komposisi kimia aluminium seri 4017 dapat terlihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Logam induk

Tabel 1. Komposisi kimia unsur paduan pada aluminium 4017

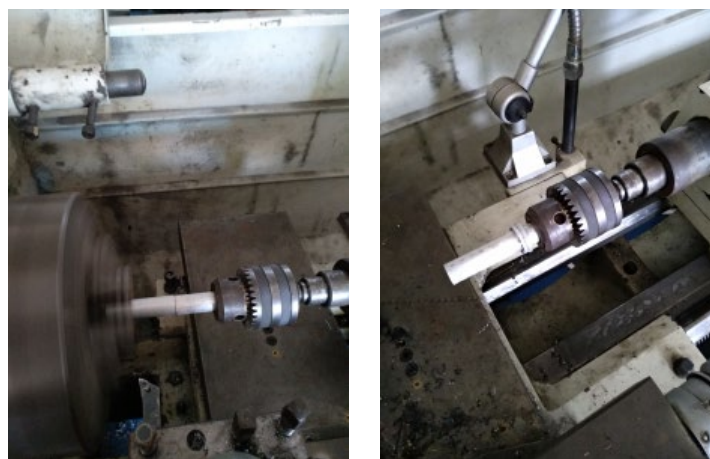
Aluminium	Mg	Si	Fe	Cu	Cr	Zn	Mn	Ti
(%)	0,196	0,620	0,342	0,175	0,066	0,075	0,027	0,021

Proses Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan dengan metode *Rotary Friction Welding* (RFW) dengan menggunakan mesin bubut. Kecepatan putar yang digunakan adalah 1170 rpm dengan jarak penekanan sebesar 10 mm yang terdiri dari 7 mm saat *spindle* berputar konstan dan ditambahkan 3 mm saat *spindle* dihentikan. Waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan proses penyambungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Waktu dan suhu proses penyambungan dengan pengelasan RFW

Diameter (mm)	Waktu rata-rata (detik)	Suhu rata-rata (°C)
10	42,6	95,3
13	47,4	101,8
16	66,5	125,3



Gambar 2. Proses penyambungan dengan metode RFW

Proses Pengujian

Pengujian fisik dilakukan dengan pengamatan fotomakro dan struktur mikro. Pengamatan fotomakro dilakukan dengan menggunakan *sterezoom* sedangkan pengujian struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 200x.

Sedangkan pengujian sifat mekanik yang dilakukan adalah pengujian tarik dan pengujian bending. Pengujian Tarik dilakukan dengan menggunakan standar ASTM E-8M. Pengujian *bending* yang dilakukan menggunakan standart ASTM E 290 dengan memperhatikan aturan jarak pemberian titik tumpu sesuai persamaan 1 sebagai berikut:

$$C = 2r + 3t \pm \frac{t}{2} \quad (1)$$

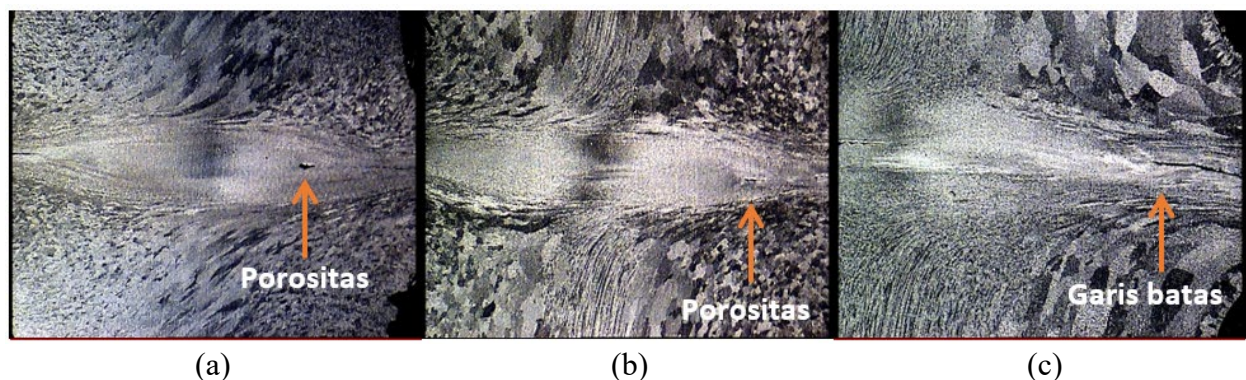
Keterangan:

C = jarak antara 2 titik tumpu
r = jari-jari pembebanan
t = tebal spesimen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Fotomikro

Hasil pengamatan fotomakro dapat dilihat pada Gambar 3. Dari gambar dapat terlihat bahwa kedua logam dapat tersambung dengan baik tetapi masih ada sedikit porositas pada sambungan las RFW dengan diameter 10 dan 13 mm, sedangkan pada logam dengan diameter terlihat adanya garis batas yang menunjukkan proses penyambung tidak berjalan dengan sempurna. Dari Gambar 3 juga terlihat bahwa struktur material yang terjadi pada daerah sekitar hasil las berubah. Perubahan struktur material ini dan orientasi butir disebabkan panas dan gesekan antar spesimen.

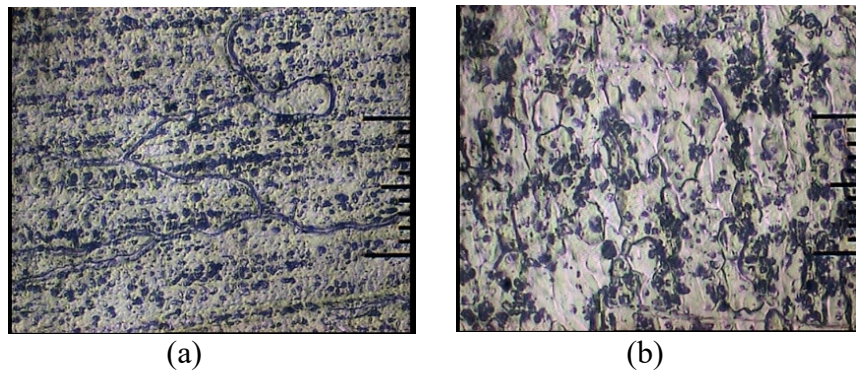


Gambar 3. Fotomakro hasil pengelasan RFW dengan variasi diameter logam induk
(a) 10 mm (b) 13 mm (c) 16 mm

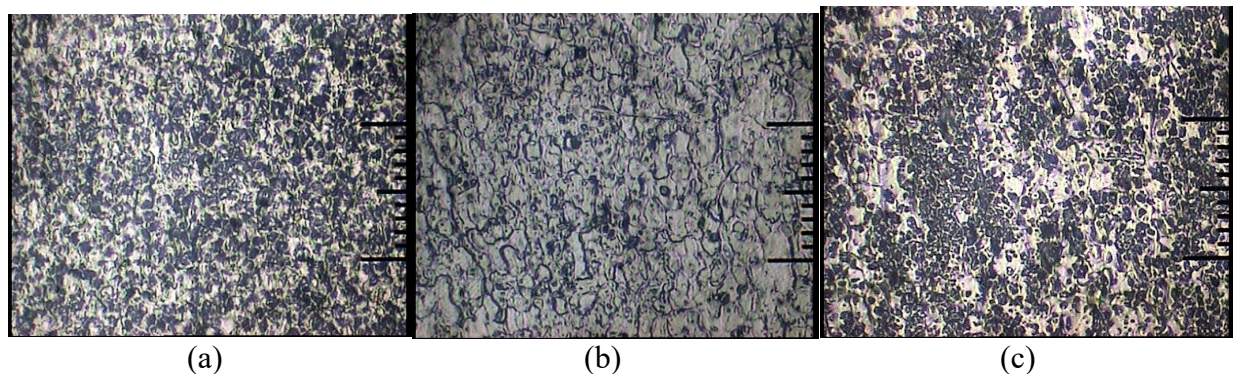
Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 200x sehingga 10 strip skala pada fotomikro menunjukkan nilai 50 μm . Struktur mikro pada daerah logam induk dan HAZ (*Heat Affected Zone*) untuk variasi diameter hampir sama karena logam induk yang digunakan adalah sama yaitu Aluminium 4017. Panas las RFW yang mengenai daerah HAZ juga belum mencapai nilai temperatur kritis aluminium sehingga tidak berpengaruh terhadap struktur mikronya seperti terlihat pada Gambar 4.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa struktur mikro hasil las dengan variasi ukuran diameter mempunyai bentuk struktur mikro yang hamper sama. Perbedaan yang terlihat adalah jumlah bagian terang dan bagian gelapnya. Spesimen dengan diameter 16 mm mempunya bagian gelap paling luas dibandingkan dengan specimen dengan diameter 10 mm dan 13 mm.



(a) (b)
Gambar 4. Struktur mikro hasil las RFW
(a) Logam induk (b) Daerah HAZ



(a) (b) (c)
Gambar 5. Struktur mikro daerah las RFW
(a) diameter 10 mm (b) diameter 13 mm (c) diameter 16 mm

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode *Vickers Microhardness* dengan beban 100 gr. Grafik nilai kekerasan dapat dilihat pada Gambar 6. Untuk logam induk nilai kekerasannya relatif sama karena logam induk yang dipakai sama yaitu Al 4017. Daerah HAZ nilai kekerasannya lebih tinggi jika dibandingkan logam induknya, karena pada daerah HAZ terkena panas akibat proses gesekan pengelasan.

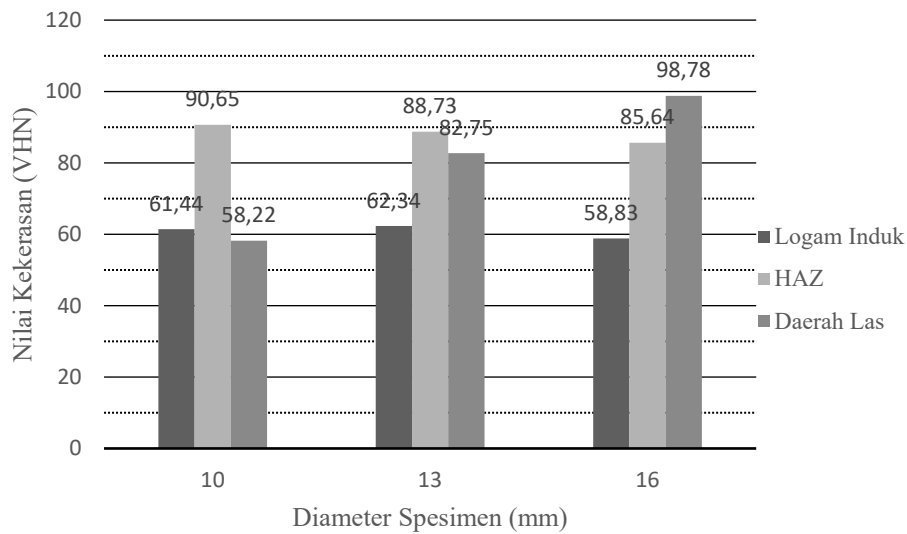
Untuk daerah las nilai kekerasan tertinggi terdapat pada specimen las dengan diameter 16 mm. Hal tersebut disebabkan panas pengelasan tertinggi terdapat pada specimen las diameter 16 mm seperti terlihat pada Tabel 2 yang menunjukkan bahwa proses pengelasan specimen dengan diameter 16 mm memerlukan waktu yang paling lama dalam penyambungan sehingga panas yang terjadi juga paling tinggi.

Pengujian Tarik

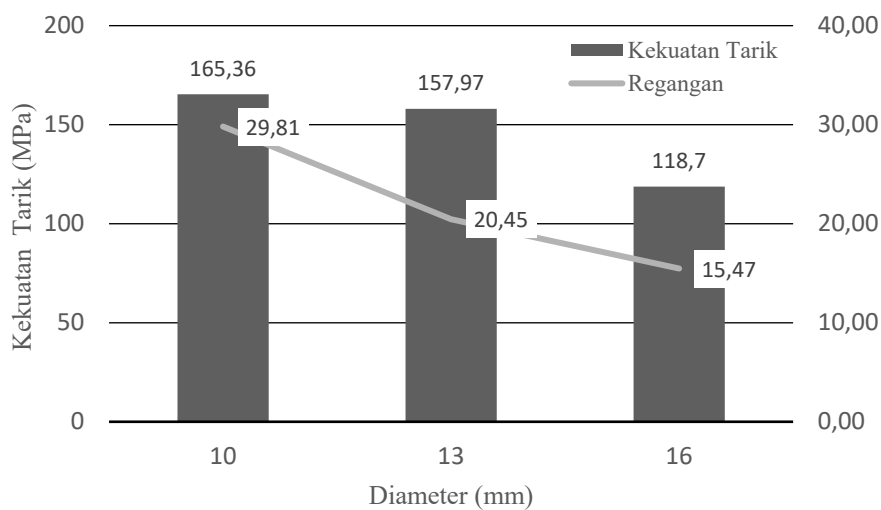
Dari hasil pengujian Tarik didapatkan nilai rata-rata tegangan tarik paling besar adalah pada hasil las pengelasan RFW pada diameter 10 mm dengan nilai 165,36 MPa, diikuti specimen dengan diameter 13 mm, dan nilai rata-rata terendah terdapat pada specimen dengan diameter 16 mm seperti terlihat pada Gambar 7. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengamatan fotomakro yang menunjukkan bahwa sambungan pada specimen dengan diameter 10 dan 13 mm cukup baik sedangkan untuk diameter 16 mm terdapat garis batas yang menyebabkan kekuatannya rendah.

Nilai regangan hasil pengujian menunjukkan kecenderungan yang sama dengan nilai kekuatan tariknya. Nilai kekuatan Tarik pada Gambar 6 dinyatakan dalam persen (%). Nilai regangan specimen dengan diameter 16 mm 51,89% dari nilai regangan hasil las dengan diameter 10 mm. Hal tersebut menunjukkan hasil las dengan diameter 16 mm mempunyai sifat getas. Hasil pengujian Tarik ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Pah dkk [10], yang menyimpulkan bahwa semakin lama waktu pengelasan maka temperatur akan naik dan akan menyebabkan sambungan menjadi

semakin getas dan melemah. Hal tersebut juga sesuai dengan hasil pengujian kekerasan yang menunjukkan specimen dengan diameter 16 mm mempunyai kekerasan paling tinggi. Material yang mempunyai kekerasan tinggi biasanya bersifat getas.



Gambar 6. Nilai kekerasan hasil las RFW

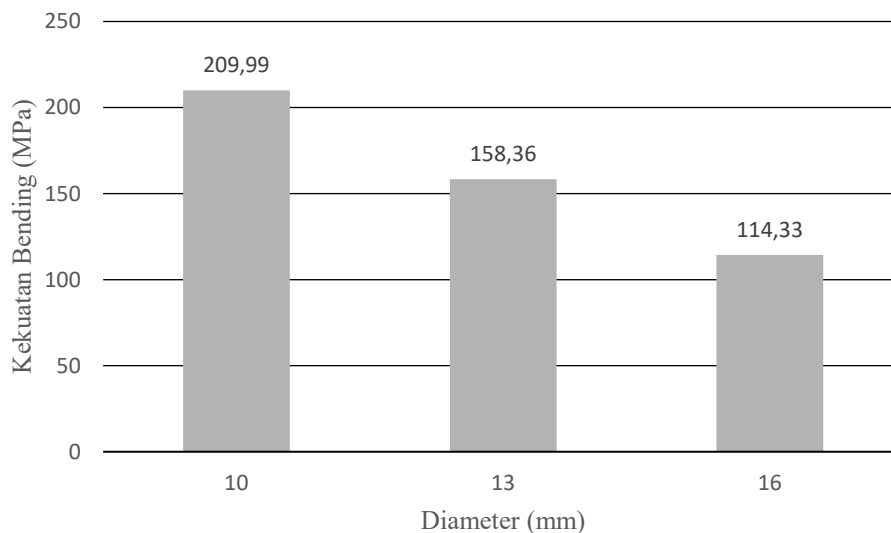


Gambar 7. Hasil pengujian tarik las RFW

Pengujian Bending

Pengujian *bending* yang dilakukan adalah dengan metode *three point bending*. Penentuan jarak titik tumpu dalam pengujian *bending* ini dibuat mengacu pada manual book of ASTM standards 2003 dan mengacu pada standar ASTM E290.

Berdasarkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 8, nilai tegangan *bending* yang paling tinggi di miliki oleh sambungan las RFW dengan diameter 10 mm dengan nilai rata-rata 209,99 MPa. Nilai tegangan kekuatan bending hasil las RFW berbanding lurus dengan nilai kekuatan tariknya.



Gambar 8. Hasil pengujian bending las RFW

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ukuran silinder pejal logam induk Al 4018 paling optimum untuk proses pengelasan RFW dengan kecepatan putar 1170 rpm dan jarak penekanan 10 mm adalah dengan diameter 10 mm karena hasil pengujian fotomakro menunjukkan spesimen dengan diameter 10 mm mempunyai sambungan yang paling baik karena porositas kecil. Hasil pengujian mekanik yaitu pengujian Tarik dan pengujian Bending, menunjukkan nilai paling tinggi. Sedangkan hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai paling rendah sehingga sambungan mempunyai sifat ulet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Phillips, D. H., 2016. *Welding Engineering An Introduction*. 1st ed. India: Wiley.
- [2] Dieter, G. E. & Schmidt, L. C., 2013. *Engineering design*. 5th ed. New York: McGraw-Hill.
- [3] Yilbas BS, Sahin AZ, Coban A, Aleem BJ, 1994, Investigation into the properties of friction-welded aluminium bars. *J Mater Process Technol* 54:76–81.
- [4] Yilbas BS, Sahin AZ, Kahraman N, Al-Garni AZ ,1995, Friction welding of St-Al and Al-Cu materials. *J Mater Process Technol* 49:431-443.
- [5] Murti KGK, Surdaresan S ,1983, Parameter optimization in friction welding dissimilar materials. *Met Constr* 15:331–335.
- [6] Nirmal S. Kalsi & Vishal S. Sharma ,2011, A statistical analysis of rotary friction welding of steel with varying carbon in workpieces *Int J Adv Manuf Technol* 57:957-967.
- [7] Alves, E. P., Neto, F. P., An, C. Y. & da Silva, E. C., 2012. Experimental Determination of Temperature During Rotary Friction Welding of AA1050 Aluminum with AISI 304 Stainless Steel. *Aerosp Technol Manag*, 4(1), pp. 61-67.
- [8] Kurt, A., Uygur, I. & Paylasan, U., 2011. Effect of Friction Welding Parameters on Mechanical and Microstructural Properties of Dissimilar AISI 1010-ASTM B22 Joints. *Welding Journal*, 90(5), pp. 102 s-105 s.
- [9] Jessop TJ, Dinsdale WO ,2008, Friction welding dissimilar metals. *Proc. Conf. Advances in Welding Processes*, Harrogate, The Welding Institute, 49.
- [10] Pah, J. C. A., Irawan, Y. S. & Suprpto, W., 2018. Pengaruh Waktu dan Tekanan Gesek Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Paduan Aluminium dan Baja Karbon pada Pengelasan Gesek Continuous Drive. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Volume 9, pp. 51-59.