

Evaluating the role of friction time in dissimilar metals friction welded joints

Djarot B. Darmadi^{1,*}, Muttaqien Tashirulumur¹ dan Achmad As'ad Sonief¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya – Malang

*Corresponding author: b_darmadi_djarot@ub.ac.id

Abstract. Friction welding has been developed since 1991 as an alternative to overcome problems which is found in fusion welding. One of the problems in fusion welding is to join dissimilar metals, especially when their melting temperature is significantly different. In this paper a copper was joint to the steel by means of friction welding. The melting temperature is 1085°C and 1415°C for the coppers and steels respectively. The evaluated parameter of the friction welding process is friction time, which was varied at 15, 20, 25 and 30 seconds. From the tensile strength data, it can be said that increasing friction time improves tensile strength. The maximum tensile strength obtained from the 30 s friction time, which equal to 306.561 N/mm². This tensile strength if compared to the tensile strength of the copper equal to 76.01% which is considered good enough. Better tensile strength for the longer friction time is believed due to the increased provided heat that melts both metals to form perfect mechanical bonding at the interface.

Abstrak. Sejak dikembangkan pada tahun 1991 las gesek diharapkan merupakan metode alternatif untuk mengatasi permasalahan-permasalahan yang ditemui pada proses las konvensional (las fusi). Salah satu masalah dari proses las fusi adalah untuk menyambung logam tak sejenis terutama jika titik leburnya memiliki beda yang cukup jauh. Pada naskah ini tembaga dengan titik lebur 1085°C disambungkan dengan baja yang memiliki titik lebur 1415°C. Parameter proses las gesek yang dievaluasi adalah waktu gesek yang divariasikan pada 15, 20, 25 dan 30 detik. Dari data kekuatan tarik dapat diketahui dengan waktu gesek yang semakin lama akan meningkatkan kekuatan tarik. Kekuatan tarik maksimum diperoleh untuk spesimen dengan waktu gesek sama dengan 30 detik yakni diperoleh kekuatan tarik sama dengan 306.561 N/mm² yang jika dibandingkan dengan kekuatan tarik tembaga maka diperoleh efisiensi sambungan sama dengan 76.01%. Nilai efisiensi sambungan ini dianggap cukup baik. Kekuatan tarik yang lebih tinggi akibat waktu gesek yang semakin lama diyakini disebabkan dengan waktu gesek yang lebih lama tersedia panas yang cukup untuk mencairkan kedua logam terutama pada interface yang pada akhirnya akan membentuk ikatan mekanik yang lebih baik saat proses las gesek selesai.

Keywords: Las gesek, las gesek rotary, *friction time*, *dissimilar metals*

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Proses pengelasan mekanik atau sering juga disebut sebagai pengelasan padat (*solid state welding*) sejak awal dikembangkannya diharapkan dapat mengatasi permasalahan-permasalahan yang ditemui pada proses pengelasan fusi, terutama akibat fenomena peleburan yang selalu ada pada proses las fusi [1]. Aplikasi proses pengelasan padat diharapkan dapat mengatasi kesulitan pada pengelasan logam dengan sifat mampu las yang rendah (dalam sudut pandang aplikasi las fusi) dan menyambung logam-logam tak sejenis (*dissimilar metals*) dengan beda temperatur luluh yang cukup signifikan. Panas pada proses las mekanik diperoleh dari gesekan antar muka, karenanya proses pengelasan ini sering juga disebut sebagai las gesek. Panas yang timbul memungkinkan logam pada daerah yang dekat dengan area gesekan melunak tanpa mencair dan dengan ditambah

dengan adanya gaya dibentuklah ikatan mekanik pada antar muka. Berdasar kondisi operasionalnya, las gesek dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis proses pengelasan: las gesek linier (*linear friction welding*), las gesek dengan pahat putar (*friction stir welding*) dan las gesek rotary (*rotary friction welding*) yang didiskusikan pada tulisan ini.

Las gesek rotary mungkin merupakan metode pengelasan gesek yang banyak diaplikasikan dan beberapa penelitian dengan topik las gesek rotary telah pula dilakukan. Verma *et al.* [2] meneliti pengelasan gesek rotary yang diaplikasikan pada logam dissimilar (*mild steel* dan *stainless steel*) dengan menvariasikan kecepatan putar. Hasil penelitian menunjukkan kecepatan putar yang semakin tinggi menghasilkan kekuatan tarik yang meningkat. Penelitian Handa dan Chawla [3] juga menunjukkan hal yang sama bahwa putaran yang tinggi meningkatkan kekuatan sambungan dari baja AISI 1021 dan baja AISI 304. Juga diketahui

tekanan aksial meningkatkan kekuatan tarik. Boonseng *et al.* [4] mengaplikasikan las gesek rotary untuk menyambung silinder aluminium SSM365 dimana aluminium memiliki sifat mampu las yang rendah. Parameter yang dievaluasi adalah kecepatan putar dan panjang penekanan (*burn of length*). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa panjang penekanan secara signifikan meningkatkan kekuatan tarik sambungan dan kecepatan putar meningkatkan kekuatan sambungan hingga 1540 RPM. Penambahan kecepatan putar selanjutnya tidak meningkatkan kekuatan tarik. Kekuatan sambungan maksimal diperoleh dari kondisi kecepatan putar 1540 RPM dan panjang penekanan 3.2mm. Govindan *et al.* [5] mengamati aplikasi las gesek rotary pada komposit aluminium yang diperkuat dengan partikel ZrO₂. Parameter-parameter proses pengelasan gesek rotary dijaga pada harga konstan. Secara umum keberadaan partikel ZrO₂ memperbaiki sifat mekanik dari sambungan yakni kekuatan tarik, kekuatan tekuk dan kekerasan. Barlas dan Colak [6] mengevaluasi pengaruh besar dan lama penekanan setelah proses gesekan (*upset pressure and time*) terhadap kualitas hasil pengelasan. Logam paduan aluminium dan tembaga dengan variasi kandungan tembaga yang berbeda pada tiap sisi disambung dengan proses las gesek rotary tersebut, yakni logam dengan kandungan tembaga 8% (persen berat) diletakkan pada sisi yang berputar sedangkan logam dengan kandungan tembaga 2% pada sisi yang diam. Dari hasil pengujian diketahui besar dan waktu proses penekanan setelah proses gesek cenderung meningkatkan kualitas sambungan dan besar tekanan memiliki pengaruh yang lebih signifikan dibanding lama penekanan. Aisyah *et al.* [7] meneliti pengaruh panjang chamfer terhadap kekuatan sambungan baja JIS S45CR dengan menggunakan metode las gesek rotary. Sudut chamfer dibuat tetap dan panjang chamfer divariasiakan pada 3, 5, 7, 9 dan 11 mm. Parameter proses pengelasan lainnya dijaga konstan. Hasil terbaik diperoleh dari chamfer dengan panjang 7mm dengan kekuatan tarik sambungan 799,7 kN/mm². Shanjeevi *et al.* [8] meneliti pengaruh parameter-parameter dari proses las gesek untuk menyambung tembaga dengan stainless steel AISI 430. Hasil pengujian menunjukkan kenaikan tekanan gesek menghasilkan temperatur yang lebih tinggi pada antar muka. Disebabkan peningkatan temperatur dan keberadaan lapisan IMCs akan menurunkan kekuatan impak dari sambungan.

Irawan *et al.* [9] meneliti pengaruh kekerasan permukaan antar muka dan sudut chamfer dari sambungan aluminium A6061 menggunakan metode las gesek rotary. Pemberian sudut chamfer

memperbaiki kekuatan tarik sambungan. Chamfer divariasiakan pada 0°C (tanpa chamfer), 15°, 30° dan 45° sedangkan kekerasan permukaan adalah 0,697mm, 0.9mm dan 1.067mm. Hasil terbaik yakni sambungan dengan efisiensi 60,4% diperoleh dari sudut chamfer 15° dan kekerasan permukaan 0,697mm.

Pada artikel ini, logam dissimilar: tembaga dan baja ST41 disambungkan dengan menggunakan metode las gesek rotary. Perbedaan titik lebur antar kedua logam yang cukup signifikan (Tembaga: 1085°C dan Baja 1415°C) merupakan tantangan tersendiri yang harus diatasi oleh proses las gesek ini. Waktu gesekan divariasiakan selama 15, 20, 25 dan 30 detik sementara parameter lain dijaga konstan. Kwalitas sambungan diwakili dengan kekuatan tarik dari sambungan dengan berbagai variasi waktu gesekan. Dari data kekuatan tarik diketahui pengaruh waktu gesekan terhadap kekuatan tarik sambungan yang dihasilkan.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada artikel ini adalah metode penelitian eksperimen nyata. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan dan Laboratorium Proses Produksi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya. Logam induk berupa tembaga dan baja dengan komposisi kimia seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

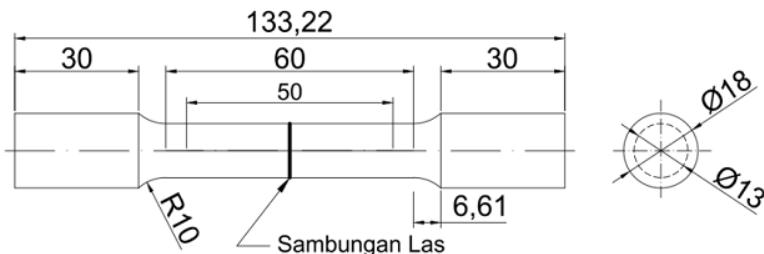
Tabel 1. Komposisi kimia logam yang disambung

Tembaga		Baja ST41	
P	0,1%	C	0,1342%
Ca	0,22%	Si	0,1503%
Sc	0,062%	Mn	0,6261%
Ti	0,03%	P	0,02%
Fe	0,18%	S	0,04%
Ni	0,1%	Fe	bal
Y	2,7%		
Ba	0,09%		
Cr	0,037%		
Cu	bal		

Variabel bebas yang digunakan, seperti telah disebut pada bagian pendahuluan adalah waktu gesek yakni divariasiakan pada 15, 20, 25 dan 30 detik. Variabel terikat, yaitu faktor yang diobservasi akibat pengaruh variabel bebas adalah kekuatan tarik sambungan. Variabel terkontrol, yakni parameter proses pengelasan yang dijaga konstan agar tidak mempengaruhi nilai variabel bebas akibat variabel terikat adalah putaran spindel, panjang penekanan setelah gesekan (*burn of length*) dan lama penahanan penekanan saat *burn of length* diakhiri (*holding time*). Putaran spindel dijaga

konstan pada 1600 RPM, panjang penekanan sama

dengan 15mm dan waktu *holding* selama 1 menit.



Gambar 1. Spesimen uji tarik

Proses las gesek rotary dilakukan pada mesin bubut C6232A buatan China. Setelah proses pengelasan selesai, sambungan dipotong dan dibentuk menjadi spesimen uji tarik menggunakan gergaji mesin (*Power Hacksaw*) dan mesin bubut. Spesimen uji tarik mengikuti standar AWS (*American Welding Society*) B4.0.2007 seperti terlihat pada Gambar 1.

Spesimen kemudian diuji menggunakan mesin uji tarik untuk mendapatkan grafik tegangan regangan. Dari grafik tegangan regangan dapat diketahui kekuatan tarik dari sambungan dengan berbagai variasi waktu gesekan.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari hasil sambungan las gesek baja ST 41 dengan tembaga yang dengan variasi waktu gesekan (*friction time*). Pengujian tarik ini dilakukan dengan cara menarik dua material beda jenis yang di las gesek hingga putus, pengujian tarik ini dilakukan tiga kali pengulangan pada tiap variasi *friction time*, dan diperoleh rata-rata dari pengujian tiap variasi *friction time* yang dipakai sebagai dasar analisa setelah diyakini bahwa sampel dapat dianggap mewakili populasi. Variasi *friction time* adalah 15, 20, 25, dan 30 detik. Hasil dari pengujian tarik secara lengkap disajikan pada Tabel 2.

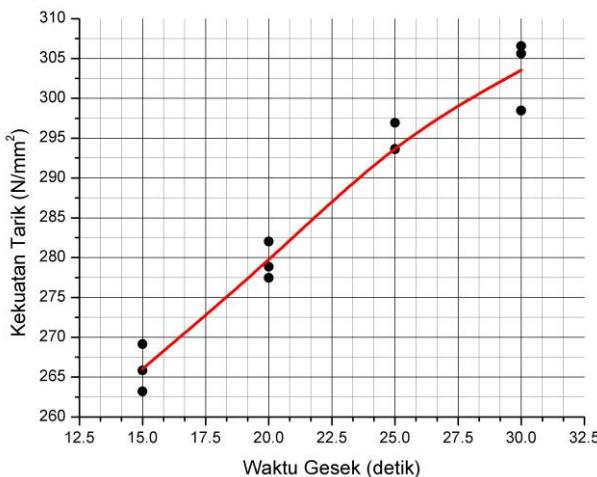
Untuk dapat mengetahui secara komprehensif pengaruh waktu gesek terhadap kekuatan tarik, data-data angka pada Tabel 2 disajikan dalam bentuk grafik garis seperti terlihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya waktu gesek dihasilkan kekuatan tarik yang semakin tinggi. Menelaah slope kurva yang semakin landai, diyakini terdapat kondisi optimum dari waktu gesek meskipun terdapat diluar rentang waktu gesek yang dipakai sebagai variabel bebas pada tulisan ini.

Alasan meningkatnya kekuatan tarik yang semakin meningkat dengan bertambahnya waktu gesek adalah semakin banyak panas tersedia akibat

gesekan yang semakin lama sehingga melunakkan logam pada daerah antar muka yang dengan penambahan gaya sentrifugal serta gaya aksial saat diaplikasikan *burn of length* membentuk ikatan mekanik.

Tabel 2. Nilai kekuatan tarik

No	Friction Time (s)	Spec	Kekuatan Tarik (N/mm ²)	Kekuatan Tarik Rata-rata (N/mm ²)
1	15 detik	1	269,159	266,066
		2	263,204	
		3	265,834	
2	20 detik	1	282,018	279,445
		2	277,458	
		3	278,860	
3	25 detik	1	293,641	294,714
		2	296,913	
		3	293,589	
4	30 detik	1	298,435	303,538
		2	305,619	
		3	306,561	



Gambar 2. Kekuatan tarik dengan variasi waktu gesek

Dengan meningkatnya waktu gesek, panas yang ditimbulkan semakin tinggi sehingga menyediakan jumlah daerah lunak dalam jumlah yang cukup. Hal ini dibuktikan dengan adanya ikatan mekanik yang tidak sempurna untuk waktu gesek hanya 15 detik (Gambar 3) yang tidak dijumpai pada spesimen dengan waktu gesek 30 detik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Foto potongan dan patahan dari spesimen dengan waktu gesek 15 detik



Gambar 4. Foto potongan dan patahan dari spesimen dengan waktu gesek 30 detik

Kesimpulan

Berdasar evaluasi hasil penelitian diketahui waktu gesek akan meningkatkan panas yang dihasilkan dari proses gesekan sehingga menyediakan daerah lunak yang cukup untuk membentuk ikatan mekanik dan pada akhirnya akan meningkatkan kekuatan tarik hasil proses las gesek rotary.

Referensi

- [1] Darmadi, D.B., "Evaluation of the effects of melting phenomenon on the residual stress formation in ferritic pipeline multi pass girth-weld joints", *International Journal of Engineering Systems Modelling and Simulation*, v.8, n.3, pp. 205-217, 2016.
- [2] Gaurav Verma, Sandeep Kumar, Bharat Raj Bundel, "A research paper on the comparison of weld strength of friction welding of different materials at two different RPM", *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, v.7, n.6, pp.123 – 127, 2016.
- [3] Amit Handa and Vikas Chawla, "Evaluation of tensile strength and fracture behavior of friction welded dissimilar steels under different rotational speeds and axial pressures", *Sadhana*, v.40, n.5, pp. 1639 – 1655, August 2015.
- [4] K. Boonseng, S. Chainarong, C. Meengam, "Microstructure and mechanical properties of friction welding in SSM356 aluminium alloys", *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, v.2, n.4., pp. 20 – 24, April 2014.
- [5] Karthikeyan Govindan, Jinu Gowthami Thankachi Raghavar, Vijayalakshmi Pandian, "Weldability study of LM25/ZrO₂ composites by using friction welding", *Revista Materia*, v.22, n.3, 2017.
- [6] Zafer Barlas and Murat Colak, "Evaluation of the influence of upset stage on joint properties of friction welded dissimilar aluminum-copper cast alloys", *Journal of Mechanical Engineering*, v.60, n.12, pp. 832-837, 2014.
- [7] Iis Siti Aisyah, Muhammad Nuruddin Iqbal and Achmad Fauzan, "The effect of chamfer to the tensile strength of steel JIS S45CR friction welding joints", *The 1st International Conference on Engineering and Applied Science, Procedding*, 2016.
- [8] C. Shanjeevi, J. Jeswin Arputhabalan, Rohan Dutta and Pradeep, "Investigation on the effect of friction welding parameters on impact strength in dissimilar joint", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **197** 012069, doi:10.1088/1757-899X/197
- [9] Yudy Surya Irawan, Bustanul Imawan, Rudy Soenoko and Hery Purnomo, "Effect of surface roughness and chamfer angle on tensile strength of round aluminum A6061 produced

by continuous drive friction welding”, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, v.11, n.6, pp.1178-1185, 2016.