

Pengaruh Variasi Waktu Pengelasan dan Kecepatan Putar pada Pengelasan Gesek (*Friction Welding*) terhadap Kekuatan Tarik Aluminium 6061

Iis Siti Aisyah^{1,*}, Yusuf Amin Nurdin², Dimas Faidurrahman², Trihono Sewoyo¹, dan Mochammad Syamsul Maarif³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

²Prodi Sarjana, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

*Corresponding author: siti@umm.ac.id

Abstract. Aluminum is one of light metal which difficult to weld by fusion process mainly because of cracking problem on welded region. Friction welding is known for its ability to join this metal without producing crack. This research was conducted to know the effect of variation of spindle speed and friction time to the tensile strength of welding joints (*Friction Welding*) Aluminum 6061. This research was done by experimental method using lathe, which consisted of two condition. The first one was varied in friction time, in which were 60 seconds, 75 seconds, and 90 seconds while kept constant the spindle speed in 1160 rpm and loading of 10 kg. The second one was varied in spindle speed, which were 745 rpm, 1160 rpm, and 1800 rpm, and kept constant the welding time for 90 seconds and loading of 10 kg. The first experiment gave the highest tensile strength was obtained at 90 seconds with a tensile strength of 0.089 kN / mm², and the lowest tensile strength was 75 seconds with a tensile strength of 0.081 kN / mm². The second one gave the highest tensile strength was obtained at 745 rpm with a tensile strength of 0,118 kN/mm² while the lowest tensile strength was at 1160 rpm for 0,102 kN/mm².

Abstrak. Aluminium adalah logam yang sulit dilas dengan las fusi karena kecenderungannya untuk retak di daerah lasan. Las gesek terbukti mampu untuk menghasilkan sambungan las yang baik tanpa membuat logam las menjadi retak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan putar dan waktu gesek terhadap kekuatan tarik dari welding joints (*Friction Welding*) Aluminium 6061. Dengan menggunakan metode eksperimental dengan memakai mesin bubut sebagai mesin pengelas, maka ada dua kelompok pengujian yaitu variasi waktu pengelasan dalam 60 detik, 75 detik, dan 90 detik dengan putaran 1160 rpm serta pembebanan 10 kg yang dijaga tetap. Sedangkan untuk kelompok kedua divariasikan kecepatan *spindle*-nya untuk 745 rpm, 1160 rpm, dan 1800 rpm. Untuk kelompok pertama maka kekuatan tarik tertinggi didapatkan dengan waktu 90 detik dengan nilai kekuatan tarik sebesar 0.089 kN / mm² dan kekuatan tarik terendah untuk waktu gesek 75 detik dengan nilai kekuatan tarik sebesar 0,081 kN / mm². Kelompok kedua memberikan kekuatan tarik tertinggi didapatkan oleh kecepatan *spindle* 745 rpm dengan kekuatan tarik sebesar 0,118 kN/mm² sedangkan yang terendah adalah pada 1160 rpm dengan kekuatan tarik sebesar 0,102 kN/mm².

Keywords: Waktu pengelasan, kecepatan putar, *friction welding*, Aluminium 6061, kekuatan tarik.

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Pengelasan adalah proses penyambungan pada permukaan material menggunakan proses pengelasan yang sesuai dengan aplikasi material komponen tersebut. Proses pengelasan ada yang menggunakan logam pengisi, serta pengelasan yang dilaksanakan dengan hanya menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom atau molekul-molekul dari logam yang disambungkan [Groover: 2010].

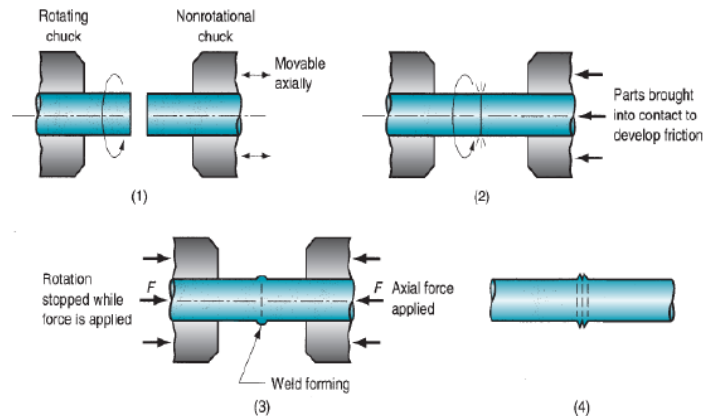
Pengelasan gesek (Gambar 1) dikembangkan di Uni Soviet, dan pada tahun 1960 mulai diperkenalkan ke United States. Pengelasan gesek adalah pengelasan yang panasnya dihasilkan dari gesekan serta tekanan dari dua benda yang akan disambung.

Metode las gesek ini telah banyak digunakan dalam industri, terutama dalam bidang otomotif dan perkapalan, beberapa produk hasil pengelasan gesek diperlihatkan pada Gambar 2.

Pengelasan gesek umumnya menggunakan metode rotasi. Untuk memperbesar panas yang

terjadi, benda kerja tidak hanya diputar, tetapi juga ditekan satu terhadap yang lain. Tekanan juga berfungsi mempercepat fusi.

Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi,



Gambar 1 Friction Welding: (1) Bagian yang Berputar, Tidak Bersentuhan; (2) Bagian yang Didekatkan Hingga Bersentuhan Untuk Menghasilkan Panas dari Gesekan Serta Diberikan Tekanan; (3) Putaran Dihentikan dan Diberikan Tekanan Lanjutan; dan (4) Terbentuk Hasil Pengelasan.
(Mikell P. Groover, 2010: 734)

g paling banyak digunakan dari aluminium paduan seri 6000 (ACC: 2017). Mempunyai unsur paduan utama Mg dan Si, serta salah satu paduan aluminium yang heat treatable. Aluminium 6061 merupakan paduan aluminium yang tahan terhadap korosi serta mampu las yang baik (Sapa: 2017).



Gambar 2 Produk las gesek

merupakan konduktor listrik yang cukup baik dan tahan terhadap korosi. Kemajuan akhir-akhir ini dalam teknik pengelasan menyebabkan pengelasan aluminium dan paduannya menjadi sederhana, hal itu menyebabkan aluminium dan paduannya didalam banyak bidang telah berkembang. Aluminium 6061 dengan komposisi seperti ditunjukkan di Tabel 1 tergolong aluminium seri 6xxx dengan elemen pemuat utama yaitu magnesium dan silicon, paduan ini termasuk dalam jenis paduan yang mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup baik. Namun sifat yang kurang baik dari paduan aluminium ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah lasan sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul. (Wiryosumarto, 1994)

Tabel 1 Komposisi aluminium 6061 (Setyawan: 2014)

Unsur	Nilai (%)	Unsur	Nilai (%)
Silicon (Si)	0,6020	Lead (Pb)	0,0014
Iron (Fe)	0,1820	Phosphorus (P)	0,00058
Copper (Cu)	0,2500	Tin (Sn)	0,00066
Manganese (Mn)	0,0086	Antimoni (Sb)	< 0,0004
Magnesium (Mg)	0,8830	Strontium (Sr)	0,00018
Chromium (Cr)	0,1110	Beryllium (Be)	0,00005
Zinc (Zn)	0,0109	Zirconium (Zr)	0,0015
Titanium (Ti)	0,0192	Bismuth (Bi)	< 0,0003
Sodium (Na)	0,0021	Cadmium (Cd)	0,0010
Calcium (Ca)	0,0005	Aluminum (Al)	97,900
Nickel (Ni)	0,0044		

Tabel 2 Rancangan percobaan

		Variasi waktu pengelasan (detik) (variabel terkontrol: rpm = 1160, beban = 10 kg)			
		60	75	90	
Variasi kecepatan <i>spindle</i> (rpm) (variabel terkontrol: waktu = 90 detik, beban 10 kg)	745	-	-	$\sigma(745, 1.1)$ $\sigma(745, 1.2)$ $\sigma(745, 1.3)$	
	1160	$\sigma(60, 4.1)$ $\sigma(60, 4.2)$ $\sigma(60, 4.3)$	$\sigma(75, 5.1)$ $\sigma(75, 5.2)$ $\sigma(75, 5.3)$	$\sigma(1160, 2.1)$ $\sigma(1160, 2.2)$ $\sigma(1160, 2.3)$	$\sigma(90, 6.1)$ $\sigma(90, 6.2)$ $\sigma(90, 6.3)$
	1800	-	-	$\sigma(1180, 3.1)$ $\sigma(1180, 3.2)$ $\sigma(1180, 3.3)$	

Hendry Wicaksana Sugianto pada tahun 2016 melakukan pengujian tentang pengaruh waktu gesek yang dikombinasikan dengan sudut *chamfer* terhadap sifat mekanik hasil lasan Al 6061 pada proses friction welding yang mana dari hasil pengujian kekuatan tarik menunjukkan kekuatan tarik terbesar adalah 15,86 kgf/mm² dengan variasi chamfer 30°/120 detik waktu gesekan dengan kecepatan putar 800 rpm, kekuatan tekan saat gesekan yaitu 15 kg/cm² kemudian diberikan tekanan tambahan saat mesin berhenti berputar menjadi 75 kg/cm² lalu ditahan selama 30 detik, dan kekuatan tarik terkecil diperoleh dari variasi 60°/60 detik sebesar 5,16 kgf/mm².

Setyawan F. W, pada tahun 2014 melakukan pengujian tentang analisis sifat mekanik dan struktur mikro aluminium paduan Al-Mg-Si hasil pengelasan friction welding dengan variasi kecepatan putar yang menunjukkan bahwa semakin bertambahnya putaran maka kekuatan tariknya semakin bertambah namun pada putaran tertentu kekuatan tariknya akan menurun. Begitupun kemampuan meregangnya.

Dari dua penelitian tersebut maka penelitian ini yaitu dimaksudkan untuk menginvestigasi daerah yang belum diungkap di dua penelitian tersebut terutama untuk mengetahui pengaruh variasi waktu gesekan dan kecepatan *spindle* pada pengelasan gesek (*friction welding*) terhadap kekuatan tarik aluminium 6061.

Metode Penelitian

Rancangan percobaan untuk penelitian ini diberikan di Tabel 2 dengan kelompok pertama mempunyai variabel bebas adalah variasi waktu pengelasan (detik), variabel terikat adalah kekuatan

tarik dan bentuk patahan, serta variabel terkontrol adalah kecepatan *spindle* (rpm) dan beban (kg). Sedangkan untuk kelompok kedua mempunyai variabel bebas adalah variasi kecepatan *spindle* (rpm), variabel terikat adalah kekuatan tarik dan bentuk patahan, serta variabel terkontrol adalah waktu pengelasan (detik) dan beban (kg)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium 6061 yang unsur paduannya diberikan di Tabel 1.

Untuk alat alat uji tarik yang digunakan diberikan di Gambar 3 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merek	: Shimadzu Corporation
Model	: UH-300 kNX C1 380 V
Nomor mesin	: 1240353H0074
Kapasitas	: 200 kN
Tahun pembuatan	: 2015
Buatan	: Jepang



Gambar 3 Mesin uji tarik

Sebelum diuji tarik, specimen uji disiapkan dengan memotong benda lasan untuk mengikuti standar ASTM E8.

Proses pengelasan gesek dilakukan dengan menggunakan mesin bubut seperti Gambar 4 dan mekanisme pemberian beban dilakukan melalui sistem *pulley* seperti yang diberikan pada Gambar 5.



Gambar 4 Mesin bubut untuk proses pengelasan



Gambar 5 Sistem pulley untuk beban

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengelasan gesek

Tabel 4 menunjukkan bahwa untuk variasi waktu pengelasan, semakin semakin waktu akan membuat panjang pengelasan menjadi semakin kecil. Waktu pengelasan yang semakin panjang akan memberikan panas yang semakin tinggi sebagai akibat dari kerja mekanik (gesekan) pada *interface* antara logam yang disambung. Sebagai akibatnya logam yang mengalami keadaan *molten* menjadi semakin banyak dan akibat lanjutnya adalah *flash* (sirip) yang semakin besar. Hal ini diperkuat oleh data bahwa panjang total specimen setelah pengelasan menjadi semakin kecil ketika waktu pengelasan semakin lama. Untuk waktu pengelasan 60 detik maka panjang total specimen adalah 166,40 mm, untuk waktu pengelasan 75 detik maka panjang total specimen adalah 159,57 sedangkan untuk waktu pengelasan 90 detik didapatkan panjang total sebesar 152,18 mm. Juga dapat terlihat *flash* yang timbul berbeda kekasarannya dengan waktu pengelasan 60 detik dan 75 detik terlihat lebih kasar dibanding dengan waktu pengelasan 90 detik.

Untuk variasi putaran spindle maka semakin tinggi putaran akan menghasilkan panjang pengelasan yang semakin besar. Kecepatan putaran *spindle* akan mempengaruhi kondisi gesekan antar permukaan yang merupakan kondisi campuran antara *sticking* dan *sliding*.

Tabel 4 Hasil pengelasan gesek pada aluminium 6061

Variabel terikat rpm = 1160, beban = 10 kg		Hasil Pengelasan		Variabel terikat waktu = 90 s beban = 10 kg		Hasil Pengelasan	
Variabel bebas (Waktu)	60 detik			Variabel bebas (rpm)	745 rpm		
	75 detik				1.160 rpm		
	90 detik				1.800 rpm		

Tabel 5 Lokasi patahan pada spesimen uji tarik

Variasi waktu (detik)	Spesimen	Ket.	Variasi spindle (rpm)	Spesimen	Ket.
60		Getas	745		Getas
75		Getas	1160		Getas
90		Getas	1800		Getas

Pada kondisi *sticking* maka koefisien gesek akan menjadi besar sehingga panas yang dihasilkan juga besar meskipun gaya yang dibutuhkan untuk melakukan pengelasan cenderung lebih tinggi. Akibatnya, pada kondisi ini *flash* yang terbentuk cenderung lebih lebar tetapi akibat sampingannya adalah panjang benda lasan menjadi pendek. Ini dikuatkan dengan hasil pada Tabel 4 yang menunjukkan bahwa untuk kecepatan *spindle* sebesar 745 rpm *flash* cenderung lebar dengan panjang benda lasan 138,94 mm. Untuk kecepatan yang lebih tinggi yaitu 1160 rpm dan 1800 rpm kecenderungan *flash* untuk lebih sempit dapat dilihat dengan panjang lasan masing-masing 160,55 mm dan 170,99 mm.

Hasil pengujian tarik

Dari hasil pengujian tarik dapat diketahui bahwa semua produk mengalami patah getas yang ditandai dengan permukaan patahan yang halus seperti yang diperlihatkan di Tabel 5. Dari Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7 diatas dapat diketahui bahwa sambungan yang dihasilkan tidak sempurna yang ditandai dengan patahan getas yang terletak di daerah lasan untuk semua variasi pengelasan.

Untuk variasi waktu pengelasan maka dapat dikatakan bahwa kekuatan tarik cenderung mengikuti kurva dimana untuk waktu 60 detik mempunyai tegangan ultimate (σ_U) sebesar 0,081

kN/mm² yang jika dinaikkan waktunya akan tidak mengubah kekuatannya dengan bukti bahwa pada waktu pengelasan 75 detik tegangan ultimate (σ_U) menjadi tetap 0,081 kN/mm². Jika waktu pengelasan dinaikkan lagi maka tegangan ultimate (σ_U) menjadi naik ke 0,089 kN/mm². Jika ditambahkan keterangan tentang regangan yang berturut-turut 2,48%, 2,57%, dan 2,79% serta modulus elastisitas sebesar berturut-turut 0,033 kN/mm², 0,032 kN/mm², serta 0,034 kN/mm² masing-masing untuk waktu 60, 75, dan 90 detik maka secara sederhana dapat disimpulkan bahwa untuk waktu pengelasan 60 detik menghasilkan sambungan yang lebih kaku daripada kedua waktu pengelasan yang lain.

Juga dilihat dari menurunnya kekuatan lasan yang cukup signifikan dari logam induk yang semula mempunyai kekuatan tarik sebesar 0,152 kN/mm² menjadi hanya antara 0,081 kN/mm² sampai 0,089 kN/mm² yang artinya hanya sekitar 54% sampai dengan 59%. Bisa diduga bahwa struktur mikro lasan mengalami perubahan yang sangat signifikan kalau tidak karena kurang sempurnanya sambungan lasan.

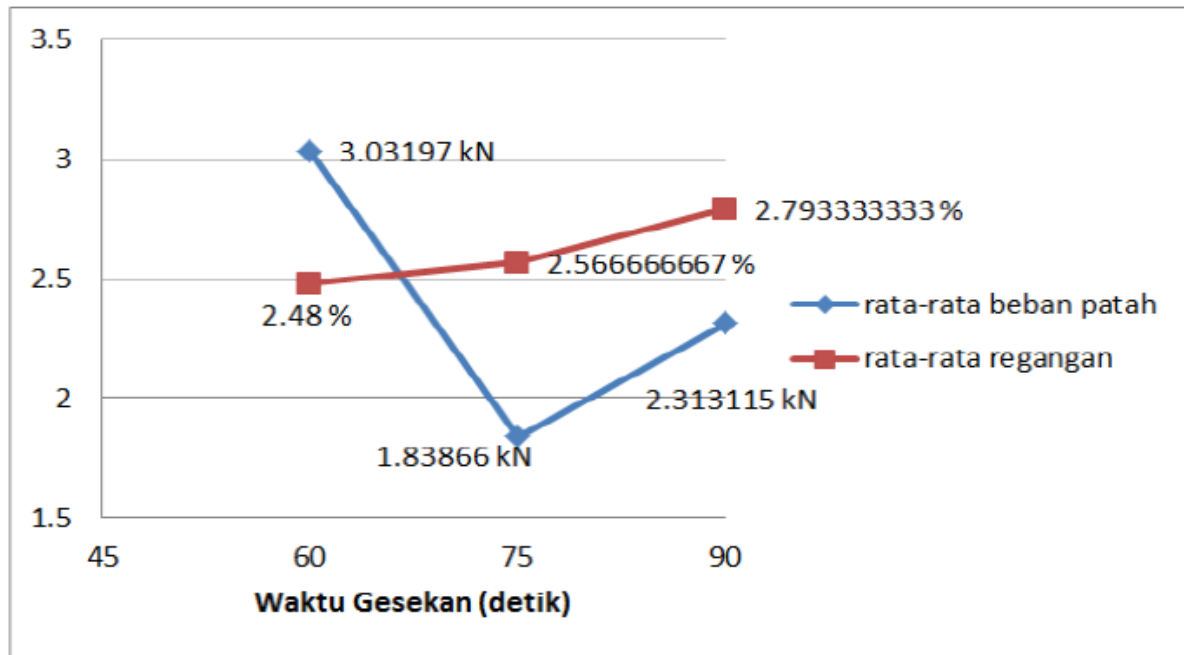
Untuk variasi kecepatan spindle maka kekuatan tarik juga mengikuti kurva yang lebih jelas kecekungannya dimana untuk kecepatan spindle sebesar 745 rpm mempunyai tegangan *ultimate* (σ_U) sebesar 0,118 kN/mm² dan jika kecepatan *spindle*

Tabel 6 Data rata-rata kekuatan tarik untuk variasi waktu pengelasan

No.	Variabel (detik)	Tegangan ultimate (σ_U)	Beban patah (σ_F)	Tegangan patah (σ)	Regangan (ϵ)	Modulus (E)
1.	60	0,081 kN/mm ²	3,302 kN	0,026 kN/mm ²	2,48%	0,033 kN/mm ²
2.	75	0,081 kN/mm ²	1,839 kN	0,149 kN/mm ²	2,57%	0,032 kN/mm ²
3.	90	0,089 kN/mm ²	2,313 kN	0,018 kN/mm ²	2,79%	0,032 kN/mm ²

Tabel 7 Data rata-rata kekuatan tarik untuk variasi kecepatan *spindle*

No.	Variabel (rpm)	Tegangan ultimate (σ_U)	Beban patah (σ_F)	Tegangan patah (σ)	Regangan (ϵ)	Modulus (E)
1.	745	0,118 kN/mm ²	13,589 kN	0,109 kN/mm ²	5,00%	0,024 kN/mm ²
2.	1160	0,107 kN/mm ²	8,151 kN	0,066 kN/mm ²	5,13%	0,020 kN/mm ²
3.	1800	0,112 kN/mm ²	7.501 kN	0.061 kN/mm ²	5,07%	0,022 kN/mm ²

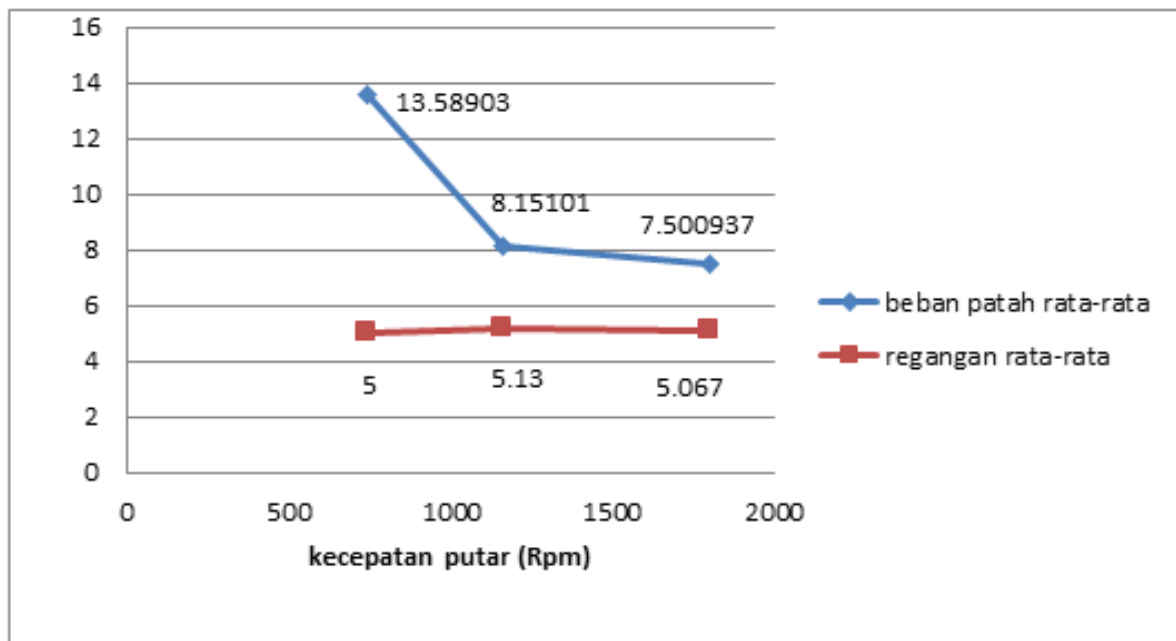


Gambar 6 Grafik rata-rata beban patah dan regangan

dinaikkan akan menyebabkan turunnya tegangan tarik *ultimate* sampai 0,107 kN/mm². Jika dinaikkan lebih tinggi lagi ke 1160 rpm maka tegangan *ultimate* (σ_u) akan naik lagi ke angka 0,112 kN.mm². Digabungkan dengan data tentang regangan dan modulus elastisitas yang untuk kecepatan *spindle* berturut-turut 745 rpm, 1160 rpm dan 1800 rpm, yang masing-masing 5,00%, 5,13%, dan 5,07% untuk regangan dan 0,024 kN/mm², 0,020 kN/mm², dan 0,022 kN/mm² maka dapat disimpulkan bahwa logam lasan yang paling kaku

adalah untuk kecepatan 745 rpm.

Dibandingkan dengan logam induknya kekuatan logam lasan berturut-turut adalah 78%, 70%, dan 74% maka cenderung lebih baik dibandingkan dengan kekuatan lasan dengan variasi waktu pengelasan. Bisa juga dikatakan bahwa kualitas lasan, dari segi struktur mikro dan kesempurnaan lasan lebih baik dibanding dengan memvariasikan waktu pengelasan.



Gambar 7 Grafik rata-rata beban patah dan regangan

Gambar 6 dan 7 menunjukkan rata-rata beban patah dan regangan. Untuk variasi waktu pengelasan maka beban patah mengikuti kurva cekung dengan waktu gesekan 60 detik mempunyai rata-rata beban patah tertinggi yaitu 3,302 kN/mm². Jika waktu pengelasan dinaikkan ke 75 detik maka rata-rata beban patah akan turun sampai angka 1,839 kN/mm² yang merupakan nilai terendah untuk variasi ini. Sedangkan jika waktu pengelasan dinaikkan lagi maka nilai rata-rata beban patah akan naik lagi sampai angka 2,313 kN/mm². Jika dilihat rata-rata regangannya maka semakin lama waktu pengelasan semakin naik pula regangan logam lasan berturut turut 2,48%, 2,57%, dan 2,78% untuk waktu pengelasan berturut-turut 69, 75, dan 90 detik.

Untuk variasi kecepatan *spindle* maka kurva didapat tidaklah seperti pada variasi waktu pengelasan dimana untuk kecepatan *spindle* sebesar 745 rpm memberikan rata-rata beban patah tertinggi sebesar 13,589 kN/mm², Jika dinaikkan kecepatan *spindle*-nya sampai 1160 rpm maka rata-rata beban patah akan turun ke angka 8,151 kN/mm² dan jika dinaikkan lagi sampai 1800 rpm maka beban rata-rata patah akan turun sedikit sampai 7,501 kN/mm². Jika dilihat kecenderungan regangannya maka regangan pada kecepatan *spindle* 745 rpm adalah 5,00%, sedangkan untuk kecepatan *spindle* 1160 rpm akan naik sampai 5,13%. Jika kecepatan dinaikkan lagi maka regangan kembali turun sampai angka 5,07%.

Dari hasil diatas maka dapat diduga bahwa untuk variasi kecepatan proses lebih sensitif terhadap perubahan regangan dibanding dengan variasi untuk kecepatan *spindle*. Demikian pula untuk rata-rata tegangan patah menunjukkan kecenderungan yang sama. Juga dapat disimpulkan bahwa produk lasan dengan variasi kecepatan *spindle* lebih kaku (rigid) dibanding dengan hasil lasan dengan variasi waktu pemanasan.

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara umum, hasil lasan dengan variasi kecepatan *spindle* lebih memberikan produk yang kuat dibanding dengan hasil lasan dengan variasi waktu pengelasan.
2. Variasi waktu pengelasan lebih sulit untuk diprediksi kekuatannya karena ada kecenderungan polanya mengikuti kurva cekung sedangkan variasi kecepatan *spindle* hanya mengikuti kecenderungan logaritmik.
3. Modulus elastisitas variasi waktu pengelasan memberikan hasil yang lebih konsisten

dibanding dengan hasil lasan dengan variasi kecepatan *spindle*.

Disamping itu, karena pada penelitian ini tidak diambil data berupa foto SEM maka menjadi sulit untuk menentukan apakah sebenarnya yang menjadi penyebab fenomena seperti dijelaskan diatas sehingga sangat disarankan untuk melengkapi dengan jenis data tersebut untuk penelitian mendatang.

Referensi

- [1] Aluminum Company of Canada. 2017. Kanada.
- [2] Groover., M.P., 2010. Fundamental of Modern Manufacturing, 4th Ed., John Wiley&Sons, New Jersey.
- [3] Sapa Extrusion North America. 2017. Amerika Serikat.
- [4] Setyawan, P.A., 2014. Kekuatan Tarik dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek Aluminium 6061 dengan Berbagai Suhu Aging. Malang: Universitas Brawijaya.
- [5] Sugianto dan Wicaksono, H., Pengaruh Waktu Gesek dan Sudut Chamfer terhadap Sifat Mekanik Lasan Aluminium 6061 pada Proses Friction Welding, Jember: Universitas Jember.
- [6] Wiryosumarto, H., dan Okumura, T., 1994, Teknologi Pengelasan Logam, Pradnya Paramita, Jakarta.