

# PENGARUH KERUCUT SATU SISI DAN *BURN-OFF LENGTH* TERHADAP KEKUATAN PUNTIR SAMBUNGAN LAS GESEK Al-Mg-Si DAN ST 41

**Shandika Dwiputra, Yudy Surya Irawan, Rudy Soenoko**  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: ndoyss@gmail.com

## Abstrak

Dengan seiring berkembangnya zaman, semakin berkembang pula ilmu pengetahuan dan teknologi dalam dunia industri. Material yang sering digunakan dan keberadaannya melimpah adalah aluminium dan baja, dimana kedua material ini memiliki sifat dan karakteristik yang jauh berbeda. Dari sifat dan karakteristik kedua material tersebut, sangat tepat digunakan dalam proses pengelasan, dikarenakan akan menghasilkan sifat yang baik. Proses pengelasan pada penelitian ini menggunakan *friction welding* (las gesek) yang termasuk dalam bagian *solid-state welding*. Penelitian menggunakan proses *friction welding* (las gesek) ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan puntir pada sambungan las gesek menggunakan variasi tinggi kerucut satu sisi dan *burn-off length*, dengan cara material A6061 dirotasi dengan kecepatan 1600 Rpm dan material St 41 memberi tekanan dengan gaya awal sebesar 7000 N sesuai dengan variasi *burn-off length* 3 mm, 5 mm, dan 7 mm. Gaya penekanan akhir diberikan saat kondisi mesin telah mati, dengan besar gaya 17500 N. Pada material St 41 diberikan tinggi kerucut dengan variasi 0 mm, 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Dari hasil penelitian menunjukkan nilai kekuatan puntir tertinggi terjadi pada tinggi kerucut 3 mm dan *burn-off length* 3 mm sebesar 189.8822 MPa, dan kekuatan puntir terendah sebesar 162.9763 MPa terjadi pada tinggi kerucut 0 mm dan *burn-off length* 7 mm.

**Kata kunci** : *friction welding*, kekuatan puntir, tinggi kerucut, dan *burn-off length*.

## Abstract

With the concomitant development of the age, growing well in science and technology in the industrial world. Materials which are often used and are abundant presence of aluminum and steel, where two materials has the characteristics are much different. The behaviour and characteristics of both materials, is very appropriate to be used in the welding process, because there will produce good qualities. The welding process in this study using *friction welding* are included in the *solid-state welding* section. Research using the *friction welding* aims to determine the torsion strength at the weld joint friction using a variation of height of the single cone and the *burn-off length*, the material A6061 rotated at a speed of 1600 rpm and material St 41 is giving a pressure with the force is 7000 N in accordance with the variation of the *burn-off length* 3 mm, 5 mm and 7 mm. Force is give when the final condition of the engine was turn off, with the force is 17500 N. At the material St 41 is given high of cone with a variation of 0 mm, 1 mm, 2 mm and 3 mm. From the research results show the highest value of torsion strength is 189.8822 MPa occurs at the height of cone 3 mm and the *burn-off length* 3 mm, and the lowest value of torsion strength is 162.9763 MPa occurs at the height of cone 0 mm and the *burn-off length* 7 mm.

**Keyword** : *friction welding*, torsion strength, the height of cone, and *burn-off length*.

## PENDAHULUAN

Dengan seiring berkembangnya perindustrian dalam bidang otomotif, diperlukan inovasi dalam meningkatkan kualitas produk. Salah satu contoh produk pada bidang otomotif adalah poros pada kendaraan bermotor. Material yang sering dijumpai pada hasil produk poros pada kendaraan bermotor menggunakan baja, yang dimana baja memiliki sifat dan karakteristik yang getas, kekuatan dan kekerasan yang tinggi, tidak tahan korosi dan tahan terhadap panas / titik leleh tinggi.

Dari sifat dan karakteristik pada baja tersebut, tidak dipungkiri bahwa baja sangat baik dijadikan material pada poros dikarenakan mempunyai kekuatan yang tinggi dalam menerima beban. Akan tetapi permasalahan yang kerap ditemui pada poros menggunakan material baja adalah terjadi korosi, hal ini merupakan salah satu kelemahan dalam penggunaan baja. Maka dari itu perlu ditindaklanjuti agar sifat korosi tersebut dapat diminimalisir dengan salah satu cara penggabungan dua material berbeda jenis (Sahin, 2010).

Penggabungan material baja dan aluminium paduan merupakan salah satu alternatif dalam menghasilkan produk yang memiliki kekuatan yang tinggi, berat jenis menurun, dan tahan korosi (Taban, 2010). Yang dimana material aluminium paduan keberadaannya melimpah dan memiliki sifat mampu diberi perlakuan panas, mempunyai sifat tahan korosi, berat jenis kecil, memiliki kekuatan mendekati baja karbon rendah, mampu potong dan mampu las (Kissel, 2002). Permasalahan dalam penggabungan material baja dan

Kekuatan puntir perlu diketahui dikarenakan salah satu bentuk aplikasi yang berupa produk dengan menggunakan *friction welding* adalah poros pada kendaraan bermotor, dimana pada umumnya poros berfungsi mentransmisikan gaya melalui sabuk, roda gigi, dan rantai. Jadi poros akan mengalami beban puntir, sehingga pada

aluminium paduan terdapat pada titik leleh yang berbeda jauh antara material baja dan aluminium paduan. Dari permasalahan ini salah satu cara yang tepat dalam penggabungan kedua material tersebut menggunakan metode *friction welding* (Sahin, 2010).

*Friction welding* atau las gesek, bekerja dengan menggabungkan dua buah material dalam fasa padat yang dipengaruhi oleh kecepatan putar dari *spindle* dan tekanan secara aksial yang menghasilkan panas dari gesekan antara kedua material tersebut (AWS, 2010). Keunggulan dalam penggunaan *friction welding* antara lain; biaya yang lebih murah, membutuhkan energi yang kecil, dapat diaplikasikan pada dua material yang berbeda jenis, dan lain sebagainya.

Dari penelitian sebelumnya, dapat dilihat gesekan yang terjadi antara sisi dari kedua material mengakibatkan timbulnya panas. Luas sisi kontak yang kecil juga akan menghasilkan tekanan yang lebih besar saat material tersebut diberi gaya (Spindler, 1994). Pembentukan geometri akan berpengaruh terhadap hasil sambungan dari *friction welding* itu sendiri, geometri kerucut pada salah satu sisi material merupakan salah satu cara untuk mendapatkan luas sisi kontak yang kecil. Dan juga penambah dari *burn-off length* yang mengakibatkan suhu pada daerah lasan menjadi tinggi, dan menyebabkan banyak material yang terdorong ke sisi luar dari material tersebut (Uday 2010). Dimana semakin tinggi panas yang dihasilkan akan menurunkan kekuatan dari hasil lasan.

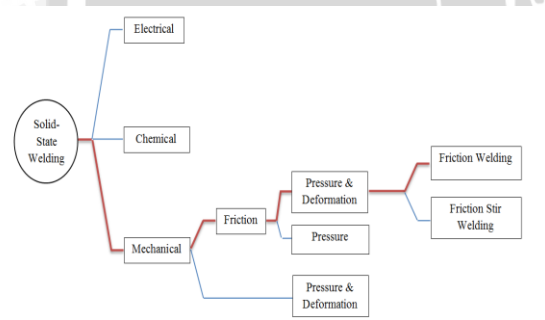
permukaan poros akan terjadi tegangan geser.

Maka dalam penelitian ini perlu diteliti bagaimana pengaruh kerucut satu sisi dan *Burn-off Length* (BOL) terhadap kekuatan puntir pada sambungan las gesek A6061 dengan baja St 41.

**TINJAUAN PUSTAKA**

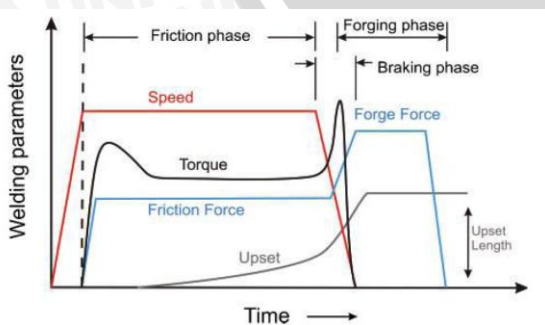
*Friction welding* adalah salah satu metode dalam pengelasan tekan. Prinsip dasar dari pengelasan sendiri adalah dengan cara memanaskan logam yang akan di las supaya logam dapat meleleh dan bisa saling menempel. Dalam metode *friction welding*, bekerja dengan menggabungkan dua buah material dalam fasa padat yang dipengaruhi oleh kecepatan putar dari *spindle* dan tekanan secara aksial yang menghasilkan panas dari gesekan antara kedua material tersebut (AWS, 2010).

Metode *friction welding* dengan menggunakan dua material yang berbeda dapat meningkatkan sifat mekanik dari salah satu material dan menurunkan berat jenis, ketahanan korosi yang baik pada kedua material yang sudah tersambung (Taban, 2010).



Gambar 1 Skema klasifikasi pengelasan fase padat

Dalam metode *friction welding*, terdapat parameter pengelasan yang harus diperhatikan. Berbagai macam parameter tersebut tertera dalam gambar di bawah ini.



Gambar 2 Parameter pada *friction welding*.

**Pengujian Puntir**

Pengujian Puntir merupakan salah satu jenis pengujian material dengan sifat merusak (*destructive test*). Pengujian ini dilakukan dengan cara memutar batang melingkar dan poros, ditindaklanjuti oleh momen puntir yang menghasilkan rotasi yang sejajar dengan sumbu batang.

Rumus momen torsi (T) yang digunakan untuk batang melingkar :

$$T = F \times L \text{ (N.mm)} \tag{1}$$

dengan :

F = gaya yang diberikan (N)

L = jarak benda ke pusat rotasi (mm)

Adapun untuk momen inersia polar (J) adalah :

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \text{ (mm}^4\text{)} \tag{2}$$

dengan :

d = diameter benda uji (mm)

Sehingga untuk mencari tegangan geser maksimum ( $\tau_{max}$ ) dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{\tau_{max}}{r} = \frac{T}{J} \tag{3}$$

dengan :

$\tau_{max}$  = tegangan geser maksimum (MPa)

r = radius benda uji (mm)

J = momen inersia polar (mm<sup>4</sup>)

L = jarak benda ke pusat rotasi (mm)

Dari hasil tegangan geser maksimum ( $\tau_{max}$ ) dapat dikatakan bahwa hasil tersebut merupakan kekuatan puntir/tegangan puntir. (Popov, 1976)

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode *true experimental* nyata dan langsung pada objek yang diteliti. Metode ini digunakan



agar dapat mengetahui secara langsung pengaruh kerucut satu sisi dan *burn-off length* terhadap kekuatan puntir dari material Al-Mg-Si dan Baja St 41.

Variabel dalam penelitian ini yaitu :  
Variabel bebas

1. Tinggi kerucut : 0 mm, 1 mm, 2 mm, 3 mm
2. *Burn-off Length* ( BOL ) : 3 mm, 5 mm, 7 mm

Variabel terikat

1. Kekuatan puntir

Variabel terkontrol

1. Putaran *spindle* 1600 rpm.
2. Spesimen yang digunakan Baja ST 41 dan A6061.
3. *Upset time* 10 s.
4. Gaya penekanan pada proses pengelasan 7000 N.
5. Gaya penekanan akhir 17500 N

Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium Al-Mg-Si (A6061) dan baja St 41 dengan komposisi dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

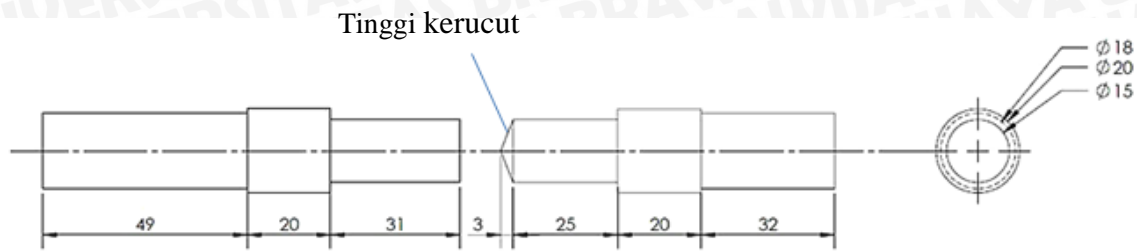
Tabel 1 Komposisi Kimia Paduan A6061

Unsur	(%)	Unsur	(%)
Si	0.58	Ti	0.019
Fe	0.3224	Bi	<0.001
Cu	0.1652	Ca	0.0019
Mn	0.0288	Na	0.0041
Zn	0.775	P	<0.001
Ni	0.0055	Sb	<0.001
Cr	0.077	Sr	<0.0002
Pb	0.0038	Zr	0.0116
Sn	<0.001	Al	97.95

Tabel 2 Komposisi Kimia Paduan Baja ST 41

Unsur	(%)	Unsur	(%)
Fe	98.68	B	0
Si	0.185	Co	0
Cu	0.071	Nb	0.043
Mn	0.448	P	0.008
C	0.162	Sn	0.006
Ni	0	W	0.086
Cr	0.055	V	0.019
Pb	0.0036	Al	0.016
Sn	0.006	Mo	0.025
Ti	0	S	0.011

Pada gambar 3, menjelaskan dimensi benda yang akan dilakukan proses pengelasan gesek.



Gambar 3 Dimensi Benda Kerja Pengelasan Gesek

Proses pengelasan gesek dilakukan menggunakan mesin bubut dengan langkah-langkah seperti berikut :

- a. Mesin bubut dinyalakan.
- b. Pemasangan benda kerja pada masing-masing *chuck*.
- c. Pengaturan kecepatan putaran *spindle* yang digunakan yaitu 1600 rpm.
- d. Penghalusan permukaan kedua benda dengan menggunakan amplas sesuai dengan variabel yang digunakan.
- e. Proses pengelasan dimulai sampai waktu, *burn-off length*, dan gaya tekan awal 7000 N.

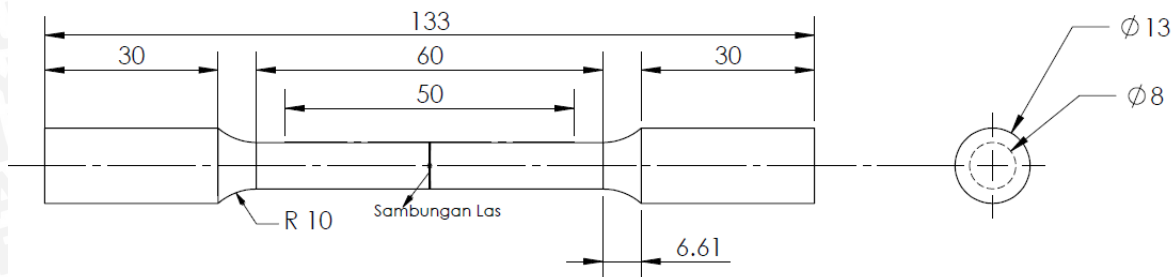
f. Mesin di matikan.

g.  *Holding*  atau penahanan selama 10 detik dengan gaya tekan akhir sebesar 17500 N.

h. Pelepasan benda kerja pada masing-masing *chuck*.

i. Pengecekan hasil las gesek

Dalam pengujian puntir, benda kerja hasil las gesek dibentuk menjadi spesimen uji yang sesuai dengan standar ASTM E-143.



Gambar 4 Dimensi spesimen uji puntir

Pada pengujian puntir, spesimen diletakkan pada kedua sisi *chuck*. Panah penunjuk sudut geser pada alat diposisikan pada titik nol dan kedua *chuck* dirapatkan dengan kunci *chuck*. Setelah spesimen

terpasang, maka panah timbangan penunjuk beban diposisikan pada titik nol dan dapat dilakukan pengujian puntir sampai benda mencapai beban maksimal dan putus.



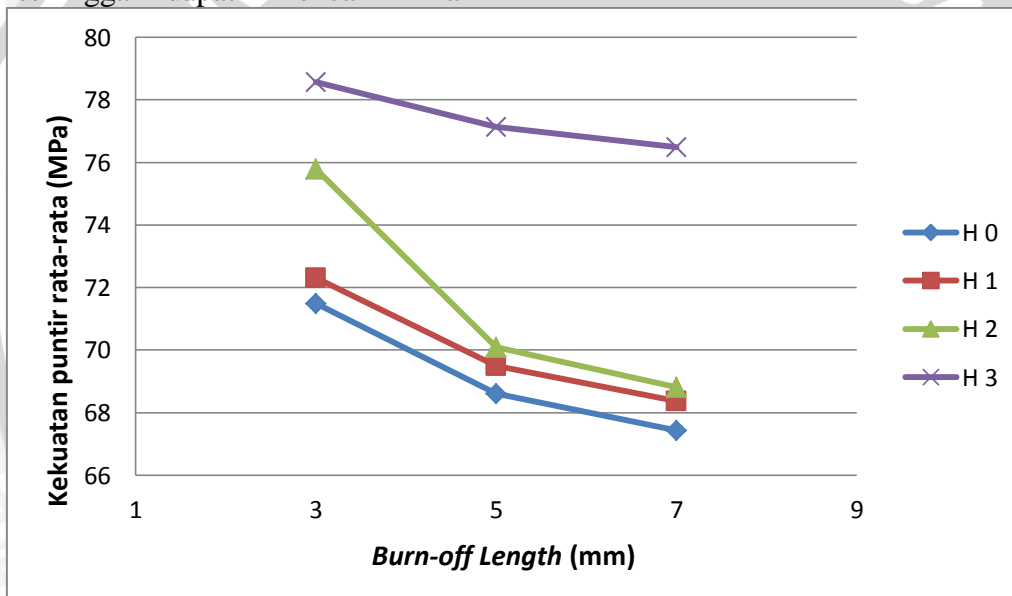
Gambar 5 Mesin uji puntir

Nilai beban maksimal yang diperoleh dari pengujian puntir ini akan diolah ke dalam rumus (1) untuk mendapatkan nilai momen torsi, sehingga dapat mencari nilai

kekuatan puntir dengan menggunakan rumus (3).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

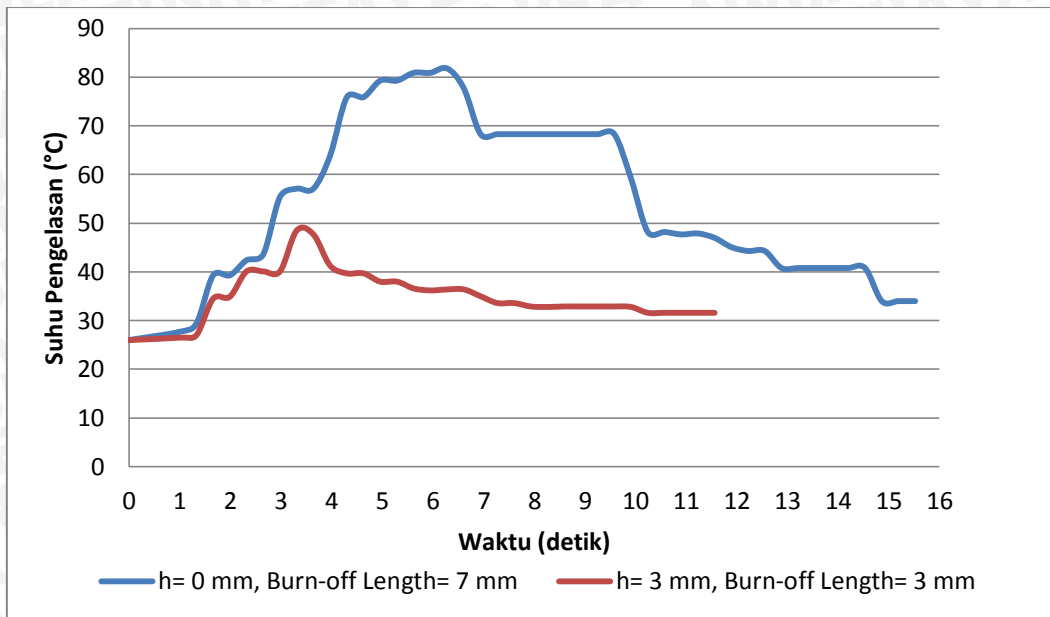
Berdasarkan hasil pengujian puntir menggunakan mesin uji puntir, pada gambar 6 menunjukkan nilai kekuatan puntir rata-rata tertinggi terdapat pada variasi tinggi kerucut 3 mm pada *burn-off length* 3 mm dengan nilai rata-rata sebesar 189.8822 MPa dan kekuatan puntir rata-rata terendah terdapat pada variasi tinggi kerucut 0 mm pada *burn-off length* 7 mm dengan nilai rata-rata sebesar 162.9763 MPa.



Gambar 6 Grafik hubungan antara *burn-off length* terhadap kekuatan puntir sambungan las

Dari gambar 6 menunjukkan, variasi tinggi kerucut dan *burn-off length* akan mempengaruhi besarnya nilai kekuatan puntir rata-rata. Semakin besar tinggi kerucut menyebabkan nilai kekuatan puntir meningkat. Hal ini disebabkan luas bidang kontak pada kedua sisi permukaan spesimen saat proses pengelasan gesek semakin kecil, sehingga *heat input* yang

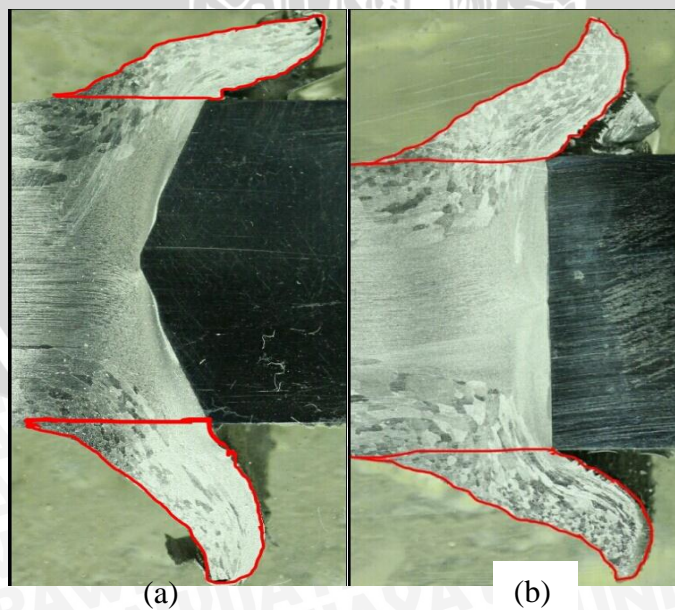
ditimbulkan kecil. Pada *burn-off length*, semakin besar *burn-off length* menyebabkan nilai kekuatan puntir menurun, hal ini disebabkan *heat input* yang semakin besar pula. *Heat input* yang ditimbulkan dari variasi tinggi kerucut dan *burn-off length* dapat dilihat pada gambar 7 berikut :



Gambar 7 Grafik perubahan suhu permukaan saat pengelasan

Gambar 7 menjelaskan perubahan suhu pengelasan saat proses pengelasan sebesar 48.5 °C dengan variasi tinggi kerucut 3 mm dan *burn-off length* 3 mm yang merupakan spesimen dengan nilai kekuatan puntir tertinggi dan suhu pengelasan sebesar 81.8 °C spesimen dengan variasi tinggi kerucut 0 mm dan *burn-off length* 7 mm yang merupakan

spesimen dengan nilai kekuatan puntir terendah. Suhu pengelasan pada saat proses pengelasan gesek juga dapat menimbulkan *flash*. Semakin besar suhu pengelasan yang dihasilkan, akan mengakibatkan luas daerah *flash* menjadi besar pula. Berikut ini merupakan daerah *flash* pada spesimen dengan nilai kekuatan puntir tertinggi dan terendah :



Gambar 8 Daerah *flash* sambungan las gesek : (a)  $h = 3$  mm, *burn-off length* = 3 mm, (b)  $h = 0$ , *burn-off length* = 7 mm

Tabel 1 Luas daerah *flash* sambungan las pada kekuatan puntir tertinggi dan terendah

Variasi		Luas daerah <i>Flash</i> (mm <sup>2</sup> )
<i>Burn-off Length</i> (mm)	Tinggi kerucut (mm)	
3	3	49.776
7	0	64.672

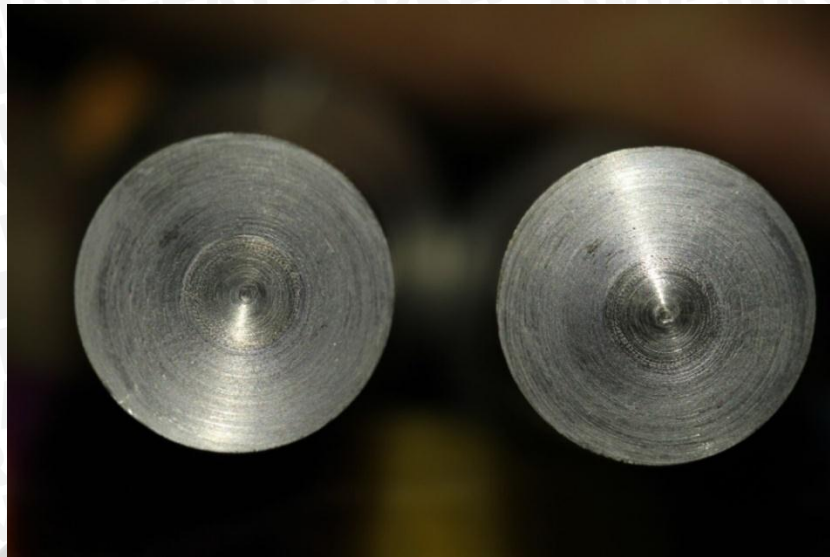
Gambar 8 (a) menunjukkan daerah *flash* pada spesimen dengan nilai kekuatan puntir tertinggi dan gambar 8 (b) menunjukkan daerah *flash* pada spesimen dengan nilai kekuatan puntir terendah, dengan masing – masing luas daerah *flash* 49.776 mm<sup>2</sup> dan 64.672 mm<sup>2</sup> sesuai dengan tabel 1 diatas. Semakin besar luas daerah *flash* dapat menandakan nilai kekuatan puntir yang kecil. Pada Gambar 8 (a) memiliki luas daerah *flash* paling kecil, dikarenakan penggunaan tinggi kerucut 3 mm dan *burn-off length* 3 mm. Hal ini disebabkan luas bidang kontak pada permukaan menjadi kecil dan *heat*

*input* menjadi kecil pula, sehingga material Aluminium 6061 lebih sedikit menyelimuti dari material Baja St 41. Pada Gambar 8 (b) memiliki luas daerah *flash* paling kecil, dikarenakan penggunaan tinggi kerucut 0 mm dan *burn-off length* 7 mm. Hal ini disebabkan luas bidang kontak pada permukaan menjadi besar dan *heat input* menjadi besar pula, sehingga material Aluminium 6061 lebih banyak menyelimuti dari material Baja St 41. Gambar 9 dan gambar 10 di bawah ini menunjukkan bentuk patahan makro pada spesimen dengan nilai kekuatan puntir tertinggi dan terendah :



Gambar 9 Bentuk Patahan dengan Nilai Kekuatan Puntir Tertinggi





Gambar 10 Bentuk Patahan dengan Nilai Kekuatan Puntir Terendah

Dari hasil pengujian puntir, spesimen mengalami patahan. Dapat dilihat pada gambar 9 dan gambar 10 diatas, bahwa nilai kekuatan puntir tertinggi dengan variasi tinggi kerucut 3 mm dan *burn-off length* 3 mm dan nilai kekuatan puntir terendah dengan variasi tinggi kerucut 0 mm dan *burn-off length* 7 mm memiliki bentuk patahan yang cenderung rata. Kekuatan puntir pada sambungan las lebih besar daripada kekuatan puntir material material A6061, hal ini dikarenakan daerah yang mengalami patah akibat dilakukan pengujian puntir tidak berada tepat pada daerah sambungan las dan berada pada bagian material A6061.

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, di dapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekuatan puntir sambungan las gesek pada Aluminium Al-Mg-Si (A6061) dan Baja St 41 akan meningkat seiring dengan semakin besarnya variasi tinggi kerucut dan semakin kecilnya variasi *burn-off length*.
2. Semakin besarnya tinggi kerucut dan semakin kecilnya *burn-off length* menyebabkan luas bidang kontak saat pengelasan kecil serta material A6061 yang terdeformasi tidak banyak terbuang keluar, sehingga *heat input*

yang ditimbulkan kecil, luas daerah *flash* kecil.

3. Nilai kekuatan puntir tertinggi terdapat pada tinggi kerucut 3 mm dan *burn-off length* 3 mm, sebesar 189.8822 MPa.
4. Nilai kekuatan puntir terendah terdapat pada tinggi kerucut 0 mm dan *burn-off length* 7 mm, sebesar 162.9763 MPa.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Groover, Mikell. P. 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing Fourth Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] American Welding Society A3.0. 2010. *Standard Welding Terms and Definitions*. LeJeune Road, Miami.
- [3] Spindler, D. E. 1994. *What Industry Needs to Know About Friction Welding*. Indiana: Welding Journal.
- [4] Irawan, Yudy Surya, Muhammad Amirullah, Galih Bramantya Dian Gumilang, Tjuk Oerbandono, Wahyono Suprpto. 2016. *Torsion Strength Of Continuous Drive Friction Weld Joint Of Round Bar Aluminium A6061 Affected By Single Cone Geometry Of Friction Area*. AIP Conference Proceedings.
- [5] Uday, M. B., M. N. Ahmad Fauzi, H. Zuhailawati, A. B. Ismail 2010. *Advance in Friction Welding Proses : a Review*. Institute Of Materials, Minerals And Mining.

- [6] Taban, Emel, Jerry E. Gould , John C. Lippold. 2010. *Dissimilar friction welding of 6061-T6 aluminum and AISI 1018 steel: Properties and microstructural characterization. Materials and Design*. Vol. 31. pp. 2305-2311.
- [7] Popov, E. P. 1976. *Mechanics of Materials*. New Jersey: Prentice - Hall.
- [8] Seli, Hazman, Ahmad Izani Md. Ismail, Endri Rachman, Zainal Arifin Ahmad. 2010. *Mechanical Evaluation and Thermal Modelling of Friction Welding of Mild Steel and Aluminium*. *Journal of Materials Processing Technology*. Pp. 1209–1216.

