

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Kerucut Satu Sisi Dan Burn-Off Length Terhadap Kekuatan Puntir Sambungan Las Gesek Al-Mg-Si Dan St 41”**. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini bisa terselesaikan berkat bantuan, petunjuk, bimbingan dan doa dari berbagai pihak dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

1. Bapak Dr. Eng Nurkholis Hamidi ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Ibu Dr. Eng Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Mesin.
4. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, Msc.Cse selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Produksi yang telah memberikan masukan, bimbingan, pengetahuan dan motivasi untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu, masukan dan banyak motivasi kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu, masukan dan banyak motivasi kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Jurusan Teknik Mesin.
8. Kedua Orangtua tercinta, Bapak Wijaya Indra Surya dan Ibu Anita Herawati yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada saya, semoga kedua Orangtua saya diberikan kesehatan selalu dan dalam lindungan-Nya.
9. Kakak saya, Diandra Annisa yang telah memberikan semangat dan doanya.
10. Keluarga Besar Laboratorium Proses Produksi I, Bapak Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT. selaku Kepala Laboratorium dan rekan-rekan asisten terima kasih atas fasilitas dan dukungan yang diberikan.
11. Keluarga Besar Laboratorium Pengujian Bahan, Bapak Ir. Erwin Sulisty, MT. selaku Kepala Laboratorium, Bapak Suhastomo selaku Laboran, dan Andi, Radissa, Edo,

- Safira, Iko, Andre, Bonang, Ijar, Padang, dan Ira selaku teman-teman asisten yang telah memberikan semangat dan doanya.
12. Sahabat Teknik Mesin angkatan 2012 yang telah berjuang bersama selama perkuliahan hingga menyelesaikan kuliah, semoga selalu diberikan kemudahan dalam segala urusan.
 13. Iqbal, Muchlis, Hemas, Dheni, Dimas, Riris, David, dan Zahid atas segala dukungan dan bantuannya semoga selalu diberikan kelancaran dalam segala hal dan tetap semangat.
 14. Riezka Prilly yang selalu meluangkan waktu dan memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
 15. Teman PPG, yang menjadi motivasi tambahan dalam penyelesaian skripsi ini.
 16. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
 17. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis demi kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyusunan yang lebih baik lagi.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi para pembaca umumnya sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut. Aamiin

Malang, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Aluminium	6
2.2.1 Aluminium Paduan	7
2.2.2 Aluminium paduan A6061	9
2.3 Baja	10
2.3.1 Baja St 41	10
2.4 Pengelasan	11
2.5 Friction Welding	12
2.5.1 Kelebihan Friction Welding	14
2.5.2 <i>Continuous Drive Friction Welding</i>	15
2.5.3 <i>Dissimilar Continuous Drive Friction Welding</i>	15
2.6 <i>Burn-off Length</i> dan Geometri Kerucut Satu Sisi	15
2.7 Pengujian Sambungan Las	16
2.7.1 Pengujian Puntir	17
2.8 Daerah Heat-Affected Zone (HAZ)	19

2.9	Aplikasi <i>Friction Welding</i>	19
2.10	Hipotesis	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2	Variabel Penelitian	21
3.2.1	Variabel Bebas.....	21
3.2.2	Varibel Terikat.....	21
3.2.3	Variabel Terkontrol	22
3.3	Spesifikasi Alat dan Bahan.....	22
3.3.1	Spesifikasi Alat.....	22
3.3.2	Bahan	25
3.3.3	Dimensi Spesimen	26
3.4	Instalasi Penelitian	27
3.5	Prosedur Penelitian.....	27
3.5.1	Pengelasan Gesek	27
3.5.2	Pengujian Puntir	28
3.5.3	Menghitung Luas Daerah Flash.....	29
3.6	Diagram Alir Penelitian	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Data Hasil Pengujian Kekuatan Puntir.....	31
4.2	Pembahasan Pengujian	32
4.2.1	Kekuatan Puntir.....	32
4.3	Hubungan <i>Heat Input</i> terhadap Kekuatan Puntir.....	33
BAB V PENUTUP		39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		xi
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

NO	JUDUL	HALAMAN
Tabel 2.1	Sifat Fisik Aluminium Murni	6
Tabel 2.2	Sifat Mekanik Aluminium Murni.....	7
Tabel 2.3	Sistem Penujukan Dan Karakteristik Aluminium Paduan Tempa	8
Tabel 2.4	Komposisi Kimia Berdasarkan Berat A6061	9
Tabel 2.5	Sifat Mekanik Aluminium Paduan A6061	10
Tabel 3.1	Komposisi Kimia Paduan A6061	25
Tabel 3.2	Komposisi Kimia Paduan Baja ST 41	25
Tabel 3.3	Jumlah Spesimen Las Gesek	26
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Kekuatan Puntir	31
Tabel 4.2	Luas Daerah Flash Sambungan Las pada Kekuatan Puntir Tertinggi dan Terendah.....	35



DAFTAR GAMBAR

NO	JUDUL	HALAMAN
Gambar 2.1	Skema Klasifikasi Pengelasan Fase Padat.....	12
Gambar 2.2	Skema <i>friction welding</i> : (1) benda berputar, tidak bersentuhan; (2) benda saling bersentuhan untuk menghasilkan gesekan(3) putaran berhenti dan tekanan aksial diberikan; dan (4) terbentuk lasan.	13
Gambar 2.3	Parameter Pada <i>Friction Welding</i>	13
Gambar 2.4	<i>Continuous Drive Friction Welding</i>	15
Gambar 2.5	<i>Burn-off Length</i> dengan Panjang 5 mm.....	16
Gambar 2.6	Geometri Kerucut Satu Sisi dengan Tinggi 3 mm.....	16
Gambar 2.7	Distribusi Tegangan akibat Beban Puntir.....	17
Gambar 2.8	Penentuan Arah Tegangan Geser pada Potongan Melintang	18
Gambar 2.9	Daerah <i>zpl</i> , <i>zpd</i> dan <i>zud</i>	19
Gambar 2.10	Gambar aplikasi <i>friction welding dissimilar</i> : (a) <i>Electrical connector</i> ; (b) Mata bor	20
Gambar 3.1	Parameter Pengelasan.....	22
Gambar 3.2	<i>Stopwatch</i>	22
Gambar 3.3	Jangka Sorong.....	23
Gambar 3.4	Mesin Pengelasan	23
Gambar 3.5	<i>Power Hacksaw</i>	23
Gambar 3.6	Kamera Digital	24
Gambar 3.7	Mesin Uji Puntir	24
Gambar 3.8	<i>Thermogun</i>	24
Gambar 3.9	Bentuk Dimensi Benda Kerja dengan Tinggi Kerucut 3 mm.....	26
Gambar 3.10	Skema Alat Pengelasan Gesek.....	27
Gambar 3.11	Dimensi Benda Kerja Uji Puntir.....	28
Gambar 3.12	Alur Penelitian.....	29
Gambar 4.1	Grafik Hubungan antara <i>Burn-off Length</i> dan Tinggi Kerucut Satu Sisi terhadap Kekuatan Puntir Sambungan Las	33
Gambar 4.2	Grafik Perubahan Suhu pada <i>Flash</i> saat Pengelasan	34
Gambar 4.3	Daerah <i>flash</i> sambungan las gesek : (a) $h = 3 \text{ mm}$, <i>burn-off length</i> = 3 mm, (b) $h = 0$, <i>burn-off length</i> = 7 mm.....	35
Gambar 4.4	Bentuk Patahan dengan Nilai Kekuatan Puntir Tertinggi.....	36



Gambar 4.5 Bentuk Patahan dengan Nilai Kekuatan Puntir Terendah..... 36

Gambar 4.6 Hasil foto mikro pada sambungan las dengan kekuatan puntir tertinggi..... 37

Gambar 4.7 Hasil foto mikro pada sambungan las dengan kekuatan puntir terendah 37



DAFTAR LAMPIRAN

NO	JUDUL	HALAMAN
Lampiran 1	Surat Keterangan Pengujian Puntir di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang	40
Lampiran 2	Hasil Pengujian Puntir Sambungan Las Gesek Pada Variasi Tinggi Kerucut Satu Sisi dan <i>Burn-off Length</i>	41
Lampiran 3	Spesimen Hasil Pengelasan Gesek.....	42
Lampiran 4	Spesimen Pengujian Puntir	43
Lampiran 5	Grafik Kekuatan – Sudut Puntir.....	44
Lampiran 6	Tabel Hasil Pengujian Komposisi.....	45



RINGKASAN

Shandika Dwiputra, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2016, *Pengaruh Kerucut Satu Sisi dan Burn-off Length terhadap Kekuatan Puntir Sambungan Las Gesek Al-Mg-Si dan St 41*, Dosen Pembimbing: Yudy Surya Irawan dan Rudy Soenoko.

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* dengan material yang digunakan Aluminium Al-Mg-Si dan Baja St 41. 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 secara aksial 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.

Setelah proses pengelasan gesek selesai dilakukan, dengan diameter spesimen 15 mm, dilakukan pembentukan spesimen pengujian puntir. Dari hasil pengujian 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. Dapat dilihat kekuatan puntir akan meningkat seiring dengan semakin besarnya variasi tinggi kerucut dan semakin kecilnya variasi *burn-off length*. Hal ini disebabkan 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, dan porositas pada sambungan las gesek kecil.

Kata Kunci : Tinggi Kerucut, *Burn-off Length*, *Friction Welding*, Kekuatan Puntir, Aluminium Baja, A6061, Baja St 41

SUMMARY

Shandika Dwiputra, *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, December 2016, Effect of Single Cone and Burn-off Length Toward Torsion Strength Weld Joint of Al-Mg-Si and St 41, Academic Supervisor : Yudy Surya Irawan and Rudy Soenoko.*

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.

After the friction welding process is completed, diameter of specimen 15 mm, made the establishment specimen of torsion test. From the test results show the value of the highest torsion strength occurs at the height of single cone 3 mm and a burn-off length 3 mm of 162.9763 MPa, and the lowest torsion strength of 162.9763 MPa occurs on the height of single cone 0 mm and a burn-off length 7 mm. the torsion strength will be increases with the magnitude of the variation height of the single cone and smaller variation of the burn-off length. This is due the greater height of the single cone and smaller burn-off length causing extensive contact area when welding small and materials A6061 deformed not much flushed out, so that the heat input caused by small, area small flash, and porosity in the weld joint friction small.

Keywords : The Height of Single Cone, Burn-off Length, Friction Welding, Torsion Strength, Aluminum Steel, A6061, St 41