

TEKNIK

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERPADU PERCEPATAN PROFESOR
KATEGORI C



KARAKTERISTIK SAMBUNGAN LAS GESEK ALUMINIUM AA 6061
PASCA PERLAKUAN *ARTIFICIAL AGING*

TIM PENGUSUL

Dr. SUGIARTO, ST. MT. 0017046904
Dr. Eng. DENNY WIDHIYANURIYAWAN, ST. MT. 0013017504

Dibiayai oleh:
Dana Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) Universitas Brawijaya
Sesuai dengan Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA)
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Nomor DIPA: 129 / UN 10.F07/PN/ 2019

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
NOVEMBER 2019

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Karakteristik Sambungan Las Gesek Aluminium AA 6061 Pasca Perlakuan *Artificial Aging*

Kategori Penelitian : Hibah Percepatan Profesor

Ketua Tim Pengusul

- a. Nama Lengkap : Dr. Sugiarto, ST. MT.
- b. NIDN : 0017046904
- c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- d. Program Studi : Teknik Mesin
- e. No.HP : 08155506240
- f. Alamat surel (email) : sugik_mlg@ub.ac.id

Anggota Peneliti (1)

- a. Nama lengkap : Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST. MT.
- b. NIDN : 0013017504
- c Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya

Anggota Peneliti (2)

- a. Nama lengkap :-
- b. NIDN :-
- c Perguruan TInggi :

Anggota Peneliti (ke-n)

Lama Penelitian Keseluruhan : 6 (enam) bulan

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 20.000.000,-.

Biaya Tahun Berjalan : Rp. 20.000.000,-

Malang, 25 November 2019

Ketua Peneliti,

Mengetahui,
Ketua BPPM Fakultas
Teknik Universitas
Brawijaya



Dr. Runi Asmaranto, ST., MT.
NIP. 19710830 200012 1 001



Dr. Sugiarto, ST. MT.
NIP. 19690417 199512 1 001

Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya



Prof. Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT
NIP. 19700721 200012 1 001

IDENTITAS KEGIATAN

1. Judul Usul : Karakteristik Sambungan Las Gesek Aluminium AA 6061 Pasca Perlakuan Artificial Aging
2. Kategori Penelitian : Hibah Percepatan Profesor
3. Ketua Tim Pengusul
- a. Nama Lengkap : Dr. SUGIARTO, ST. MT.
 - b. Bidang Keahlian : Material Manufaktur
 - c. Jabatan Struktural : -
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - e. Fakultas/Jurusan/PS : Teknik/ Mesin
 - f. Alamat Surat : Jl. KH. Yusuf RT.05 RW.06 Kelurahan Tasikmadu Kec. Lowokwaru Kota Malang
 - g. Telp/Faks : 08155506240
 - h. E-mail : sugik_mlg@ub.ac.id

4. Anggota tim pengusul

a. Dosen:

No.	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Unit Kerja	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1.	Dr. Denny W. ST. MT.	Konversi Energi	Fak. Teknik	6 Jam/ minggu
2.				

b. Mahasiswa :

- 1). Mahasiswa 1 : Muhammad Ikram Kido (NIM. 186060200111008)
 - 2). Mahasiswa 2 : Femelio As'ad A. (NIM, 165060200111001)
5. Obyek penelitian : Teknologi Pengelasan (Material Manufaktur)
6. Masa pelaksanaan penelitian :
- a. Mulai : Juni 2019
 - b. Berakhir : November 2019
7. Anggaran yang diusulkan : Rp. 20.000.000,- (Terbilang: dua puluh juta rupiah)
8. Lokasi penelitian : Laboratorium Proses Produksi I (Teknik Mesin UB)
9. Hasil yang ditargetkan : Artikel jurnal internasional
10. Keterangan lain yang dianggap perlu : -

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
IDENTITAS KEGIATAN	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
RINGKASAN	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Rumusan Masalah	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Las Gesek	5
2.2. Fase Pada Pengelasan Gesek	9
2.3. Pembagian Daerah Sambungan Las Gesek	10
2.4. Aluminium Paduan	12
2.5. Aluminium Paduan AA 6061	12
2.6. Precipitation Hardening (Pengerasan Presipitasi) pada Aluminium Paduan	13
2.6. Hipotesis	20
BAB III. METODE PENELITIAN	22
3.1. Tempat, Bahan dan Peralatan Penelitian	22
3.2. Prosedur Penelitian	24
3.3. Diagram Alir Penelitian	25
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Hasil Uji Komposisi Kimia Benda Uji	26
4.2. Hasil Pengujian Foto Makro Daerah Lasan	26
4.3. Hasil Pengujian Kekerasan Daerah Sambungan Las Gesek AA 6061 Yag Diberi Perlakuan <i>Artificial Aging</i>	27
4.4. Hasil Pengujian Tarik Spesimen Las Gesek AA 6061 Yang Telah Di <i>Heat Treatment</i>	29
BAB V. PENUTUP	31
6.1. Kesimpulan	31
6.2. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel.2.1. Klasifikasi Paduan Alumunium	12
Tabel 2.2. Sifat fisik aluminium paduan AA 6061	13
Tabel.3.1. Rancangan percobaan klasifikasi dua arah	23
Tabel 4.1. Komposisi kimia material benda uji aluminium paduan AA 6061	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Rotary friction welding</i>	6
Gambar 2.2.	Model skematis aksisimetris pada proses <i>friction welding</i>	8
Gambar 2.3.	Kurva waktu – beban selama proses pengelasan gesek	10
Gambar 2.4.	Pembagian daerah las pada <i>friction stir welding</i>	11
Gambar 2.5.	Pembagian zona sambungan las gesek antara AISI 4340 dengan AISI 304L	11
Gambar 2.6.	Diagram fase pemanasan <i>solution treatment</i> aluminium paduan	14
Gambar 2.7.	Diagram perubahan fasa pada proses <i>artificial aging</i>	16
Gambar 2.8.	Hybyngan antara lamanya waktu (<i>aging</i>) dengan kekuatan dan kekerasan aluminium paduan	18
Gambar 2.9.	<i>Supersaturated solute solution</i>	18
Gambar 2.10.	<i>Road map</i> penelitian	20
Gambar 3.1	Skema Pengelasan dengan <i>Rotary Friction Welding</i>	21
Gambar 4.3.	Diagram alir penelitian	25
Gambar 4.1.	Foto makro daerah sambungan las gesek AA 6061	27
Gambar 4.2.	Distribusi kekerasan hasil las gesek AA 6061 berdasarkan variasi tekanan dan suhu <i>artificial aging</i>	28
Gambar 4.3	Mikrostruktur Zpd dan Zpl untuk spesimen dengan perlakuan <i>artificial aging</i> pada suhu 200 °C (pembesaran 1000x)	29
Gambar 4.3.	Kekuatan tarik sambungan las gesek AA 6061 setelah diberi perlakuan <i>artificial aging</i>	30

RINGKASAN

Las gesek merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan *fusion welding* (pengelasan cair). Metode pengelasan ini cukup efektif dilakukan untuk penyambungan logam yang memiliki *weldability* rendah seperti aluminium paduan AA 6061. Kualitas hasil pengelasan gesek sangat bergantung pada parameter proses seperti tekanan gesekan, waktu gesekan, tekanan tempa, waktu tempa dan kecepatan putar. Dan kualitas hasil las gesek dapat ditingkatkan dengan mengoptimalkan parameter pengelasan, penggunaan interlayer, mengubah bentuk geometris dan memberikan perlakuan panas sebelum atau sesudah proses pengelasan. Tingkat deformasi pada pengelasan gesek bergantung pada suhu akibat gesekan dan besarnya tekanan yang terjadi pada daerah *interface*. Seringkali terjadi pelunakan yang berlebihan, pengasaran butiran logam dan pembentukan fase intermetalik pada batas las (*interface*) akibat suhu gesekan yang terlalu tinggi dan tekanan tempa yang terlalu besar pada logam paduan.

Dari hasil beberapa penelitian terhadap perubahan sifat AA 6061 diketahui bahwa perlakuan panas *artificial aging* mampu memberikan perubahan positif terhadap kekuatan tarik dan mikrostruktur AA 6061. Kekuatan tarik dan kekerasan AA 6061 meningkat seiring dengan bertambahnya waktu penuaan. Suhu aging yang lebih tinggi menyebabkan waktu yang lebih singkat untuk mencapai penuaan. Sedangkan waktu pengerasan presipitasi yang terlalu lama menghasilkan ukuran presipitat yang lebih besar yang menyebabkan kekuatannya turun. Kekuatan AA 6061 dapat ditingkatkan dengan perlakuan *artificial aging* dengan waktu penahanan sampai 2 jam. Perlakuan panas aging pada AA 6061 memiliki efek positif terhadap sifat mekanik. Semakin tinggi suhu aging akan meningkatkan laju nukleasi endapan Mg_2Si dan meningkatkan kekerasan, kekuatan dan ketangguhan. Tujuan umum dari penelitian ini adalah ingin memecahkan permasalahan kualitas sambungan hasil pengelasan gesek aluminium AA 6061. Dan tujuan khusus dari penelitian ini adalah ingin mengetahui karakteristik hasil sambungan pengelasan gesek aluminium AA 6061 setelah diberi perlakuan panas *artificial aging*.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental skala laboratorium menggunakan material uji berupa aluminium AA 6061 berdiameter 20 mm. Parameter yang divariasikan adalah tekanan tempa pada pengelasan gesek sebesar 325 bar, 350 bar, 375 bar dan suhu pemanasan *artificial aging* pasca pengelasan sebesar 100 °C, 150 °C dan 200 °C. Parameter tetap yang diamati adalah profile sambungan, mikrostruktur, distribusi kekerasan dan kekuatan tarik sambungan. Variabel terkendali, meliputi: putaran spindle 1600 rpm, tekanan gesek 65 bar atau 65 kg/cm², waktu gesekan $t_f = 6$ detik, waktu tekanan tempa $t_u = 60$ detik, diameter kontak benda kerja 15 mm dan besar sudut chamfer benda kerja 15°.

Hasilnya adalah pada pesimen dengan tekanan tempa 325 bar, 350 bar dan 375 bar tanpa diberi perlakuan panas masih menunjukkan batas-batas daerah Zpl dan Zpd dengan jelas, sedangkan pada spesimen dengan perlakuan *artificial aging* batas-batas Zpd dan Zpl semakin pudar yang menunjukkan terjadinya homogenitas struktur pada daerah Zpd dan Zpl. Peningkatan kekerasan daerah sambungan semakin tinggi akibat pemberian perlakuan panas *artificial aging*. Dengan perlakuan panas *artificial aging* tersebut akan terbentuk endapan (presipitat) Mg_2Si yang terdispersi pada daerah Zpl, Zpd maupun Zud. Akibatnya kekerasan pada daerah sambungan meningkat. Perlakuan panas *artificial aging* yang diberikan pasca pengelasan juga menghasilkan distribusi kekerasan yang lebih merata pada daerah sambungan, utamanya di daerah yang terdeformasi (Zpl dan Zpd). Distribusi kekerasan daerah sambungan paling tinggi terjadi pada spesimen dengan tekanan tempa 350 bar dan perlakuan *artificial aging* pada suhu 200 °C, disusul spesimen dengan tekanan tempa 375 bar dan perlakuan *artificial aging* pada suhu 200 °C serta spesimen dengan tekanan tempa 325

bar dan perlakuan *artificial aging* pada suhu 200 °C. Perlakuan *artificial aging* dengan suhu 200 °C pada spesimen mampu membentuk endapan Mg_2Si (hitam) dan partikel Fe_3SiAl_{12} (warna abu-abu) yang terdispersi merata pada matrik Al di daerah Zpd dan Zpl sehingga kekerasannya tinggi. Kekuatan tarik dari spesimen las gesek AA 6061 meningkat setelah diberi perlakuan *artificial aging*. Dengan memberikan perlakuan panas *artificial aging*, kekuatan tarik spesimen meningkat sampai suhu *artificial aging* 150 °C, dan ketika suhu *artificial aging* dinaikkan ke suhu 200 °C, kekuatan tariknya cenderung turun kembali.

Kata kunci : las gesek, *artificial aging*, AA 6061, sifat mekanik.