

**PENGARUH *SOLUTION HEAT TREATMENT*  
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK PROSES  
PENGELASAN FSSW AA6063-T5**

**SKRIPSI**  
**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat**  
**Untuk Memperoleh Gelar**  
**Sarjana Teknik**



Oleh :  
**CIPTADI NATAWIGUNA**  
NIM. I14142010

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET**  
**SURAKARTA**  
**2017**



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK  
**PROGRAM STUDI S1 TRANSFER TEKNIK MESIN**

Jl Ir Sutami No. 36A Kentingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR**  
**PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS**  
Program Studi : **S1 Transfer Teknik Mesin**  
Nomor : **0786/TA/S1/01/2017**

Nama : **CIPTADI NATAWIGUNA**  
NIM : **114142010**  
Bidang : **Ilmu Bahan**  
Pembimbing 1 : **DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT/197003231998021001**  
Pembimbing 2 : **TEGUH TRIYONO, ST MEng/197104301998021001**  
Penguji : **1. Dr. EKO SUROJO., ST,MT/ 196904112000031006**  
**2. HERU SUKANTO, ST,MT/ 197207311997021001**  
**3. PURWADI JOKO WIDODO, ST, M. KOM/**  
**197301261997021001**

Mata Kuliah Pendukung

1. **TEKNOLOGI PENGELASAN(MS05053-15)**
2. **TEKNOLOGI PENGECORAN(MS04013-15)**
3. **TEKNIK PEMBENTUKAN(MS05033-15)**

Judul Tugas Akhir

**"PENGARUH SOLUTION HEAT TREATMENT TERHADAP  
SIFAT FISIS DAN MEKANIK PROSES PENGELASAN FSSW  
AA6063-T5"**



Surakarta, 2017-04-25 13:35:54  
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

**DR. ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT**  
NIP. 197106151998021002

Tembusan :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

## PERNYATAAN INTEGRITAS PENULIS

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepengetahuan saya juga, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Jika terdapat hal-hal yang tidak sesuai dengan ini, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

CIPTADI NATAWIGUNA  
NIM: 114142010

Dosen Pembimbing 1

  
DR. NURUL NUHAYAT, ST, MT  
NP. 197003231998021001

Dosen Pembimbing 2

Surabaya, Agustus 2017  
  
Ciptadi Natawiguna

Dibaca dan disahkan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal 31-07-2017, pukul 14.00, bertempat di M.201, Gd.1 FT-UNS.

DR. EKO SUROJO, ST, MT  
NP. 19904112000031006

DR. HENY SUKANTO, ST, MT  
NP. 19707311997021001

DR. HANADI JOKO WIDODO, ST, M, KOM  
NP. 199061261997021001

Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret  
Surakarta

Koordinator Tugas Akhir

  
DR. SYAMSUL HADI, ST, MT  
NP. 19706151998021002

  
DR. NURUL NUHAYAT, ST, MT  
NP. 197003231998021001

**PENGARUH SOLUTION HEAT TREATMENT TERHADAP SIFAT FISIS DAN  
MEKANIK PROSES PENGELASAN FSSW AA6063-T5**

Disusun Oleh

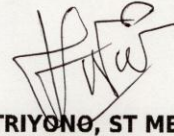
**CIPTADI NATAWIGUNA**  
NIM : **114142010**

Dosen Pembimbing 1



**DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT**  
NIP. **197003231998021001**

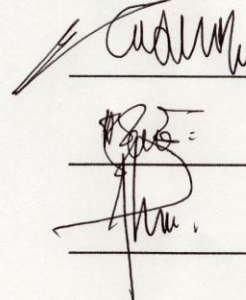
Dosen Pembimbing 2



**TEGUH TRIYONO, ST MEng**  
NIP. **197104301998021001**

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **31-07-2017**, pukul **13:00:00**, bertempat di **M.101, Gd.1 FT-UNS**.

1. Dr. EKO SUROJO., ST,MT  
196904112000031006
2. HERU SUKANTO, ST,MT  
197207311997021001
3. PURWADI JOKO WIDODO, ST, M. KOM  
197301261997021001



Kepala Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret  
Surakarta



**DR. ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT**  
NIP. **197106151998021002**

Koordinator Tugas Akhir



**DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT**  
NIP. **197003231998021001**

# **PENGARUH *SOLUTION HEAT TREATMENT* TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK PROSES PENGELASAN FSSW AA6063-T5**

Ciptadi Natawiguna  
Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Sebelas Maret Surakarta  
E-mail : [ciptadinatawiguna.10@gmail.com](mailto:ciptadinatawiguna.10@gmail.com)

## **Abstrak**

Pengelasan FSSW terhadap material alumunium paduan AA6063-T5 mengalami penurunan kekuatan dan kekerasan. Perbaikan sifat fisis dan mekanik bahan alumunium paduan dilakukan dengan cara *heat treatment*. *Heat treatment* dipengaruhi oleh temperatur dan waktu pemanasan. Proses *heat treatment* yang digunakan untuk penelitian ini adalah *solution heat treatment* dengan variasi temperatur 470, 500, 530 °C serta waktu pemanasan 1 dan 2 jam.

Pengujian yang dilakukan meliputi uji mikrostruktur, uji tarik geser dan uji keras *vickers*. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa partikel Mg<sub>2</sub>Si mengalami presipitasi dari bagian batas butir mengendap ke dalam matrik  $\alpha$  alumunium dengan ukuran yang semakin besar dan jarak yang semakin jarang seiring bertambahnya suhu dan lama waktu pemanasan. Nilai kekuatan tarik geser tertinggi diperoleh dari variasi suhu 470 °C dan lama waktu pemanasan 1 jam sebesar 3735,2 N. Sedangkan nilai kekuatan tarik geser terendah diperoleh dari variasi suhu 530 °C dan lama pemanasan 2 jam sebesar 3172,6 N. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh dari variasi 470 °C dan lama waktu pemanasan 1 jam sebesar 43,7 HVN serta nilai kekerasan terendah pada variasi 530 °C dan lama waktu pemanasan 2 jam yaitu sebesar 30,1 HVN.

Kata kunci: FSSW, AA6063-T5, *solution heat treatment* dan presipitasi.

**THE EFFECT OF SOLUTION HEAT TREATMENT ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FSSW AA6063-T5**

Ciptadi Natawiguna  
Mechanical Engineering  
Sebelas Maret University  
E-mail : [ciptadinatawiguna.10@gmail.com](mailto:ciptadinatawiguna.10@gmail.com)

***Abstract***

*Friction stir spot welding (FSSW) of aluminum alloy AA6063-T5 will decrease the strength and hardness. Physical and mechanical properties of aluminum alloy can be improved by heat treatment. Heat treatment is affected by temperature and holding time. The heat treatment process used for this research was solution heat treatment with temperature variation 470, 500, 530 °C and holding time 1 and 2 hours.*

*The tests included microstructure test, tensile shear test and vickers hardness test. Result of the research, it was found that Mg<sub>2</sub>Si particles were precipitated from the grain boundaries part into the aluminum matrix with the coarser size and the distance was increasing as the temperature and the holding time increases. The highest shear tensile strength of 3735,2 N was obtained from the temperature variation of 470 °C and the holding time of 1 hour. The lowest tensile shear strength of 3172,6 N was obtained from temperature variation of 530 °C and 2 hours of holding time. The highest hardness value was obtained of 470 °C variation and 1 hour was 43,7 HVN and the lowest hardness value at 530 °C variation and 2 hours of holding time was 30,1 HVN.*

*Keywords: FSSW, AA6063-T5, solution heat treatment, precipitation.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan kenikmatan kepada kita semua sehingga laporan tugas akhir ini dapat penulis selesaikan. Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi sebagian persyaratan guna mencapai gelar sarjana teknik di Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Tugas akhir ini memaparkan pengaruh *solution heat treatment* terhadap sifat fisis dan mekanik pada pengelasan FSSW material alumunium paduan AA6063-T5.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penulisan laporan tugas akhir ini, khususnya kepada :

1. Ayah, Ibu dan keluarga tercinta atas segala dukungan, doa dan bimbingan sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Nurul Muhayat, ST., MT dan Bapak Teguh Triyono, ST., MEng, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Syamsul Hadi, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS.
4. Bapak Dr. Eko Surojo, ST., MT, Bapak Heru Sukanto, ST., MT dan Bapak Purwadi Joko Widodo, ST., M.Kom, selaku dosen penguji.
5. Bapak Sukmaji Indro Cahyono, ST., MEng selaku dosen pembimbing akademik.
6. Semua dosen Teknik Mesin FT UNS yang telah membuka wacana keilmuan penulis.
7. Teman-teman S1 Teknik Mesin UNS yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas bantuan dan dorongan semangat serta doanya. Terima kasih, semoga Allah SWT membalas budi baik anda semuanya.

Penulis menyadari, bahwa dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, bila ada saran, koreksi dan kritik demi kesempurnaan skripsi ini, akan penulis terima dengan ikhlas dan dengan ucapan terima kasih.

Dengan segala keterbatasan yang ada, penulis berharap skripsi ini dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, Juli 2017

Penulis



## Daftar Isi

<b>Halaman Judul</b>	<b>i</b>
<b>Surat Tugas</b>	<b>ii</b>
<b>Pernyataan Integritas Penulis</b>	<b>iii</b>
<b>Lembar Pengesahan</b>	<b>iv</b>
<b>Abstrak</b>	<b>v</b>
<b>Abstract</b>	<b>vi</b>
<b>Kata Pengantar</b>	<b>vii</b>
<b>Daftar Isi</b>	<b>ix</b>
<b>Daftar Gambar</b>	<b>xi</b>
<b>Daftar Tabel</b>	<b>xii</b>
<b>Daftar Lampiran</b>	<b>xiii</b>
<b>Daftar Rumus</b>	<b>xv</b>
<b>Daftar Notasi</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
<b>BAB II</b>	<b>5</b>
<b>LANDASAN TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar teori	7
2.2.1. Alumunium	7
2.2.2. Klasifikasi Alumunium	8
2.2.3. <i>Friction Stir Spot Welding</i>	12
2.2.4. Perlakuan Panas	13
2.2.5. Metode Pengujian	18

<b>BAB III</b>	<b>22</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>22</b>
3.1. Tempat Penelitian	22
3.2. Alat dan Bahan	22
3.2.1. Alat	22
3.2.2. Bahan	22
3.3. Prosedur Penelitian	23
3.3.1. Persiapan dan Pemotongan spesimen	23
3.3.2. Variabel Penelitian	24
3.3.3. Proses Pengelasan	24
3.3.4. Proses <i>Solution Heat Treatment</i>	24
3.3.5. Tahapan Pengujian Spesimen	25
3.3.6. Tahap Analisa	27
3.4. Diagram Alir	28
<b>BAB IV</b>	<b>29</b>
<b>DATA DAN ANALISIS</b>	<b>29</b>
4.1. Data Hasil Foto Makro	30
4.2. Data Hasil Foto Mikro	30
4.3. Data Hasil Uji Tarik Geser	35
4.4. Data Hasil Uji Keras	38
<b>BAB V</b>	<b>42</b>
<b>PENUTUP</b>	<b>42</b>
5.1. Kesimpulan	42
5.2. Saran	42
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>46</b>

## Daftar Gambar

Gambar 2.1 Grafik <i>stress-strain</i> pada beberapa kondisi perlakuan aluminium 6061	6
Gambar 2.2 Tahapan Proses FSSW. <i>Plunging, stirring, drawing out</i>	12
Gambar 2.3 Zona Pengelasan FSSW	13
Gambar 2.4 Diagram fase pemanasan logam paduan	14
Gambar 2.5 Hubungan Antara Lamanya Waktu ( <i>aging</i> ) Dengan Kekuatan dan Kekerasan Paduan Aluminium	17
Gambar 2.6 Pengujian <i>vickers</i>	19
Gambar 2.7 Contoh kurva uji tarik	21
Gambar 3.1 <i>Tool</i> HSS dengan diameter <i>shoulder</i> 12 mm dan diameter <i>pin</i> 7 mm	23
Gambar 3.2 Spesimen untuk pengelasan FSSW	23
Gambar 3.3 Kurva hubungan antara waktu dan temperatur pada proses <i>solution heat treatment</i>	25
Gambar 3.4 Mesin Uji Kekerasan HVN	26
Gambar 3.5 Mikroskop optik	26
Gambar 3.6 Mesin UTM	27
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 4.1 Foto makrostruktur pengelasan FSSW	29
Gambar 4.2 Foto pemetaan daerah pengelasan FSSW	30
Gambar 4.3 Mikroskopik daerah <i>base metal</i>	31
Gambar 4.4 Foto Mikroskopik Daerah HAZ	32
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian tarik geser	35
Gambar 4.6 (a) <i>Hook</i> pada spesimen BSHT, (b) <i>Hook</i> spesimen C2 (suhu 530°C; waktu 2 jam) yang merambat akibat retakan panas	36
Gambar 4.7 Titik pengambilan data uji keras <i>Micro Vickers</i>	38
Gambar 4.8 Grafik hasil uji <i>Micro Vickers</i> dengan suhu <i>solution heat treatment</i> selama 1 jam	38
Gambar 4.9 Grafik hasil uji <i>Micro Vickers</i> dengan suhu <i>solution heat treatment</i> selama 2 jam	39

## Daftar Tabel

Tabel 2.1. Efek mekanisme penguatan paduan aluminium	7
Tabel 2.2. Komposisi aluminium seri 6xxx	10
Tabel 3.1. Komposisi kimia aluminium <i>alloy</i> 6063	22
Tabel 3.2. Variasi proses <i>solution heat treatment</i> pada pengelasan FSSW	24
Tabel 4.1 Observasi Mikroskopik Daerah HAZ	32
Tabel 4.2 Observasi Mikroskopik Daerah TMAZ	33
Tabel 4.3 Observasi Mikroskopik Daerah SZ	34
Tabel 4.4 Mode patahan tampak samping hasil uji tarik geser	37

## Daftar Lampiran

Lampiran 1. Mesin <i>milling</i> untuk mengelas FSSW	47
Lampiran 2. <i>Jig (Clamp)</i>	47
Lampiran 3. <i>Tool</i> las FSSW berbahan HSS	48
Lampiran 4. Spesimen hasil las FSSW	48
Lampiran 5. Mesin <i>furnace</i>	49
Lampiran 6. Memanaskan spesimen las FSSW dengan <i>furnace</i>	49
Lampiran 7. Alat uji struktur mikro	50
Lampiran 8. Alat uji keras micro vickers	50
Lampiran 9. Alat uji tarik UTM	51
Lampiran 10. Data uji tarik geser	52
Lampiran 11. Data hasil uji keras micro Vickers	53
Lampiran 12. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen BSHT-1 ( <i>Before Solution Heat Treatment</i> )	54
Lampiran 13. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen BSHT-2 ( <i>Before Solution Heat Treatment</i> )	55
Lampiran 14. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen BSHT-3 ( <i>Before Solution Heat Treatment</i> )	56
Lampiran 15. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen A1-1 (Temperatur 470°C ; Waktu 1 jam)	57
Lampiran 16. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen A1-2 (Temperatur 470°C ; Waktu 1 jam)	58
Lampiran 17. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen A1-3 (Temperatur 470°C ; Waktu 1 jam)	59
Lampiran 18. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen A2-1 (Temperatur 470°C ; Waktu 2 jam)	60
Lampiran 19. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen A2-2 (Temperatur 470°C ; Waktu 2 jam)	61
Lampiran 20. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen A2-3 (Temperatur 470°C ; Waktu 2 jam)	62
Lampiran 21. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen B1-1 (Temperatur 500°C ; Waktu 1 jam)	63

Lampiran 21. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen B1-2 (Temperatur 500°C ; Waktu 1 jam)	64
Lampiran 23. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen B1-3 (Temperatur 500°C ; Waktu 1 jam)	65
Lampiran 24. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen B2-1 (Temperatur 500°C ; Waktu 2 jam)	66
Lampiran 25. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen B2-2 (Temperatur 500°C ; Waktu 2 jam)	67
Lampiran 26. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen B2-3 (Temperatur 500°C ; Waktu 2 jam)	68
Lampiran 27. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen C1-1 (Temperatur 530°C ; Waktu 1 jam)	69
Lampiran 28. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen C1-2 (Temperatur 530°C ; Waktu 1 jam)	70
Lampiran 29. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen C1-3 (Temperatur 530°C ; Waktu 1 jam)	71
Lampiran 30. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen C2-1 (Temperatur 530°C ; Waktu 2 jam)	72
Lampiran 31. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen C2-2 (Temperatur 530°C ; Waktu 2 jam)	73
Lampiran 32. Grafik Hasil Uji Tarik Geser Spesimen C2-3 (Temperatur 530°C ; Waktu 2 jam)	74

## Daftar Rumus

Persamaan 2.1 Vickers Hardness Number	19
Persamaan 2.2 Tegangan	20
Persamaan 2.3 Regangan	20
Persamaan 2.4 Elastisitas	20

## Daftar Notasi

P	= Beban yang digunakan (kg)
$d_2$	= Panjang diagonal rata- rata (mm)
$\theta$	= Sudut antara permukaan intan yang berhadapan = $136^\circ$
$\sigma$	= Besarnya tegangan ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )
P	= Beban yang diberikan (kg)
$A_0$	= Luas penampang awal benda uji ( $\text{mm}^2$ )
e	= Besar regangan
L	= Panjang benda uji setelah pengujian (mm)
$L_0$	= Panjang awal benda uji (mm)
E	= Besar modulus elastisitas ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )