

**PENGARUH PROFIL PIN DAN TEMPERATUR
PREHEATING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN
STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN MATERIAL AA5052-H32
*FRICITION STIR WELDING***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Oleh :

RADIANS TRI HANDIKA
NIM. I1410027

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2016**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126 tlp. 0271 632163 email: mesinftuns@uns.ac.id

SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS
Program Studi : **S1 Non Reguler**
Nomor : **0550/TA/S1/08/2014**

Nama : **RADIANS TRI HANDIKA**
NIM : **I1410027**
Bidang : **Ilmu Bahan**
Pembimbing 1 : **Dr. TRIYONO, ST., MT./197406251999031002**
Pembimbing 2 : **NURUL MUHAYAT, ST,MT/197003231998021001**
Penguji : **1. TEGUH TRIYONO, ST/ 197104301998021001**
2. HERU SUKANTO, ST,MT/ 197207311997021001
3. Prof. Dr. Kuncoro Diharjo, S.T., M.T./ 197101031997021001
Mata Kuliah Pendukung
1. TEKNOLOGI PENGELASAN(MS05053-10)
2. PEMILIHAN BAHAN DAN PROSES(MS75012-10)
3. TEKNOLOGI DAN PROSES PEMESINAN(MS05013-10)

Judul Tugas Akhir

**"PENGARUH PROFIL PIN DAN TEMPERATUR
PREHEATING TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN
STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN MATERIAL
AA5052-H32 FRICTION STIR WELDING"**

Surakarta, 2014-08-18 12:48:03
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

DIDIK DJOKO SUSILO, ST,MT
NIP. 197203131997021001



Tembusan :

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

**PENGARUH PROFIL PIN DAN TEMPERATUR PREHEATING TERHADAP
SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN MATERIAL
AA5052-H32 FRICTION STIR WELDING**

Disusun Oleh

RADIANS TRI HANDIKA
NIM : 11410027

Dosen Pembimbing 1



Dr. TRIYONO, ST., MT.
NIP. 197406251999031002

Dosen Pembimbing 2



DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT
NIP. 197003231998021001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **21-04-2016**, pukul **14:00:00**, bertempat di **M.101, Gd.1 FT-UNS.**

1. TEGUH TRIYONO, ST MEng
197104301998021001
2. HERU SUKANTO, ST,MT
197207311997021001
3. Prof. Dr. Kuncoro Diharjo, S.T., M.T.
197101031997021001



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

MOTTO & PERSEMBAHAN

Motto

Berbagi Tak Pernah Rugi

Persembahan

Dengan kerendahan hati kupersembahkan karya sederhana ini kepada :

Bapak dan Ibu tercinta yang mengajarkan prinsip hidup

Keluarga,

Teman-teman,

Almamater

PENGARUH *PROFIL* PIN DAN TEMPERATUR PEMANASAN AWAL TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN MATERIAL AA5052-H32 *FRICTION STIR WELDING*

Radians Tri Handika

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
E-mail: radianzth@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh *profil* pin dan temperatur pemanasan awal terhadap sifat mekanik dan struktur mikro sambungan material AA5052-H32 pada proses *friction stir welding* (FSW). Pengelasan dilakukan pada mesin milling, material *tool* dari jenis baja Bohler K100 dengan kekerasan 59HRC dan metode pemanasan menggunakan *heat gun*. Parameter yang digunakan yaitu: kecepatan putar *tool* 1125 rpm, kecepatan pengelasan 60 mm/menit, kedalaman pembenaman *tool* 3,95 mm, sudut kemiringan *tool* 2°, sudut kemiringan *heater* 45°, jarak *heater* dan *tool* 60 mm, ketinggian *heater* 20 mm, variasi *profil* pin terdiri dari silindris, 2 sisi datar dan 3 sisi datar, variasi pemanasan awal terdiri dari 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik, uji tekuk, uji kekerasan dan pengamatan secara makro dan mikro. Hasil pengujian mekanis menunjukkan bahwa kekuatan tertinggi pada uji tarik dan tekuk terdapat pada hasil pengelasan dengan *profil* pin 3 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 250°C. Hasil foto struktur mikro menunjukkan ukuran butir pada pin silindris 150°C lebih besar daripada pin 3 sisi datar 250°C. Hasil kekerasan rata-rata yang dicapai pada profil pin 3 sisi datar 250°C lebih besar daripada profil pin silindris 150°C.

Kata kunci: FSW, *profil* pin, AA5052, *preheating*, sifat mekanik, struktur mikro.

**THE EFFECT OF PIN PROFILE AND PREHEATING TEMPERATURE ON
MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF 5052-H32
ALUMINIUM ALLOY JOIN ON FRICTION STIR WELDING**

Radians Tri Handika

*Mechanical Engineering Department
Faculty of Engineering, Sebelas Maret University
E-mail: radianzth@gmail.com*

Abstract

The aim of this research is to study the effect of pin profile and preheating temperature on mechanical properties and microstructure of 5052-H32 aluminium alloy join on friction stir welding. FSW process uses milling machine, the tool material is Bohler K100 steel with hardness 59HRc and preheating method using heat gun. Parameter machine are used rotation of welding tool 1125 rpm, welding speed 60mm/minute, depth of plunge 3.95mm, tool tilt angle 2°, heater tilt angle 45°, distance between tool and heater 60mm, height heater 20mm, variation of profile pin is cylindrical, 2 flat sides and 3 flat sides, variation of preheating start from 150°C, 200°C, 250°C and 300°C. This experiment are tensile test, bending test, hardness test and observation of macro and micro. Mechanical test results showed that the highest on the tensile and bending found in welds with 3 flat side pin profile and the preheating temperature of 250°C. The microstructure images showed that the grain size on pin profile cylindrical 150°C is bigger than pin profile 3 flat sides 250°C. The average hardness is achieved on pin profile 3 flat sides 250°C is bigger than pin profile cylindrical 150°C.

Keywords: FSW, pin profile, AA5052, preheating, mechanical properties, microstructural,

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga pengerjaan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Selama pengerjaan hingga terselesaikannya tugas akhir ini penulis mendapatkan bantuan serta masukan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Triyono, ST., M.T. dan Bapak Dr. Nurul Muhyat, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, ilmu dan kesabaran dalam mengarahkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak-bapak dosen yang telah berkenan menyampaikan ilmunya.
4. Keluarga tercinta yang telah memberikan perhatian.
5. Rekan - rekan satu tim FSW atas kerja sama, kekompakan, semangat, dan keceriaan selama penyelesaian tugas akhir ini.
6. Teman - teman lab material yang selama ini memberikan keceriaan.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuannya dalam penulisan skripsi ini.

Surakarta, April 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Surat Tugas.....	ii
Halaman Pengesahan.....	iii
Moto & Persembahan.....	iv
Abstrak.....	v
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	x
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Lampiran.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II. LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Parameter <i>Friction Stir Welding</i>	8
2.2.1 Tool.....	8
2.2.2 Kecepatan Putar <i>Tool</i> dan Kecepatan Gerak Pengelasan...	9
2.2.3 <i>Depth Plunge</i> dan Tekanan <i>Shoulder</i>	10
2.2.4 <i>Preheating</i>	11
2.3 Aluminium Paduan	12
2.3.1 Klasifikasi Aluminium Paduan.....	12
2.3.2 Aluminium Paduan 5052 (AA5052).....	13
2.4 Pengujian Spesimen	14
2.4.1 Pengujian Tarik.....	14
2.4.2 Pengujian Tekuk.....	16
2.4.3 Pengujian Kekerasan.....	16
2.4.4 Pengujian Struktur Mikro dan Foto Makro.....	17
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	19
3.2 Bahan Penelitian.....	20
3.3 Peralatan Penelitian.....	21
3.3.1 Peralatan Untuk Pembuatan Spesimen dan Proses Pengelasan	21
3.3.2 Peralatan Untuk Pengujian Spesimen.....	25
3.4 Pelaksanaan Pengelasan.....	27
3.4.1 Parameter Pengelasan.....	27
3.4.2 Proses Pengelasan.....	28
3.5 Pengujian Spesimen Hasil Pengelasan.....	32

3.5.1 Uji Kekerasan (<i>Hardness Test</i>).....	32
3.5.2 Uji Tekuk.....	33
3.5.3 Uji Tarik.....	34
3.5.4 Pengamatan Struktur Mikro dan Foto Makro.....	35
BAB IV. DATA DAN ANALISA	
4.1 Data Pengelasan.....	36
4.1.1 Data <i>Base Material</i>	36
4.1.2 Data percobaan dengan variasi <i>profil</i> pin tanpa pemanasan awal.....	37
4.1.3 Data percobaan dengan variasi temperatur pemanasan awal pada <i>profil</i> pin silindris.....	40
4.1.4 Data percobaan dengan variasi temperatur pemanasan awal pada <i>profil</i> pin 2 sisi datar.....	44
4.1.5 Data percobaan dengan variasi temperatur pemanasan awal pada <i>profil</i> pin 3 sisi datar.....	48
4.2 Analisa.....	52
4.2.1 Analisa Foto Makro.....	52
4.2.2 Analisa Struktur Mikro.....	55
4.2.2.1 Struktur Mikro <i>Base Metal</i> AA5052-H32.....	55
4.2.2.2 Pengaruh <i>profil</i> pin dan temperatur pemanasan awal pada bagian HAZ.....	56
4.2.2.3 Pengaruh <i>profil</i> pin dan temperatur pemanasan awal pada bagian TMAZ.....	58
4.2.2.4 Pengaruh <i>profil</i> pin dan temperatur pemanasan awal pada bagian <i>weld nugget</i>	60
4.2.3 Analisa Kekuatan Tarik.....	62
4.2.4 Analisa Kekuatan Tekuk.....	64
4.2.4.1 <i>Face Bending</i>	64
4.2.4.2 <i>Root Bending</i>	66
4.2.5 Analisa Kekerasan.....	67
BAB V. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	74

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Tabel data pengujian <i>base metal</i> AA5052-H32.....	36
Tabel 4.2 Tabel data foto makro <i>FSW</i> tanpa pemanasan awal.....	38
Tabel 4.3 Tabel data foto mikro <i>FSW</i> tanpa pemanasan awal.....	39
Tabel 4.4 Tabel data pengujian <i>FSW</i> tanpa pemanasan awal.....	40
Tabel 4.5 Tabel data foto makro <i>FSW profil</i> pin silindris dan temperatur pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C....	42
Tabel 4.6 Tabel data foto mikro <i>FSW profil</i> pin silindris dan temperatur pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C....	43
Tabel 4.7 Tabel data pengujian <i>FSW profil</i> pin silindris dan temperatur pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C....	44
Tabel 4.8 Tabel data foto makro <i>FSW profil</i> pin 2 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C....	46
Tabel 4.9 Tabel data foto mikro <i>FSW profil</i> pin 2 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C....	47
Tabel 4.10 Tabel data pengujian <i>FSW profil</i> pin 2 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C....	48
Tabel 4.11 Tabel data foto makro <i>FSW profil</i> pin 3 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C....	50
Tabel 4.12 Tabel data foto mikro <i>FSW profil</i> pin 3 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C....	51
Tabel 4.13 Tabel data pengujian <i>FSW profil</i> pin 3 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C....	52
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan <i>Planimetric</i> pada daerah HAZ.....	58
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan <i>Planimetric</i> pada daerah <i>weld nugget</i>	60
Tabel 4.16 Temperatur Pengelasan.....	62

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Penampang hasil pengelasan FSW.....	6
Gambar 2.2	Prinsip kerja FSW.....	7
Gambar 2.3	Contoh pencekaman benda kerja.....	8
Gambar 2.4	Variasi sambungan las FSW.....	8
Gambar 2.5	Contoh kontur permukaan <i>shoulder</i>	9
Gambar 2.6	Beberapa bentuk <i>profil</i> pin.....	9
Gambar 2.7	Gerakan <i>tool</i>	10
Gambar 2.8	Posisi <i>tool</i> terhadap benda kerja.....	10
Gambar 2.9	Pengelasan metode FSW dengan <i>induction preheat</i>	11
Gambar 2.10	Diagram Fasa Al-Mg.....	14
Gambar 2.11	Pengujian Tarik.....	15
Gambar 2.12	Mekanisme pengujian <i>three point bending</i>	16
Gambar 2.13	Pengujian <i>Vickers</i> secara skematis.....	17
Gambar 2.14	Pengamatan struktur mikro.....	18
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	19
Gambar 3.2	<i>Base metal</i>	20
Gambar 3.3	Geometri <i>tool</i>	20
Gambar 3.4	Ukuran <i>backing plate</i> dan posisi lubang termokopel.....	21
Gambar 3.5	Mesin Milling.....	22
Gambar 3.6	<i>Tool setter</i>	23
Gambar 3.7	<i>Heat Gun</i>	24
Gambar 3.8	<i>Infrared Pyrometer</i>	25
Gambar 3.9	<i>Universal Testing Machine</i> (UTM).....	26
Gambar 3.10	<i>Mikro Vickers Machine</i>	26
Gambar 3.11	Alat uji foto struktur mikro.....	27
Gambar 3.12	Pemasangan termokopel dan alat pengukur temperatur.....	28
Gambar 3.13	Pemasangan <i>backing plate</i>	28
Gambar 3.14	Pemasangan <i>base metal</i> dan proses <i>dial</i>	29
Gambar 3.15	Posisi pencekaman secara keseluruhan.....	29
Gambar 3.16	Setting <i>attachment heat gun</i>	29
Gambar 3.17	Parameter proses pengelasan.....	30
Gambar 3.18	Proses masuknya <i>tool</i> dan <i>heat gun</i> ke dalam aluminium.....	30
Gambar 3.19	Proses <i>Friction Stir Welding</i>	31
Gambar 3.20	<i>Exit Hole</i>	31
Gambar 3.21	Layout pemotongan spesimen uji.....	32
Gambar 3.22	Posisi titik pengujian kekerasan.....	33
Gambar 3.23	Spesimen uji tekuk.....	33
Gambar 3.24	Spesimen uji tarik.....	34
Gambar 3.25	Spesimen uji struktur mikro dan makro.....	35
Gambar 4.1	Struktur mikro <i>base metal</i>	36
Gambar 4.2	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin silindris dan tanpa pemanasan awal.....	37
Gambar 4.3	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin 2 sisi datar dan tanpa pemanasan awal.....	37
Gambar 4.4	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin 3 sisi datar dan tanpa	

	pemanasan awal.....	37
Gambar 4.5	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin silindris dan temperatur pemanasan awal 150°C	41
Gambar 4.6	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin silindris dan temperatur pemanasan awal 200°C	41
Gambar 4.7	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin silindris dan temperatur pemanasan awal 250°C	41
Gambar 4.8	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin silindris dan temperatur pemanasan awal 300°C	41
Gambar 4.9	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin 2 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 150°C	45
Gambar 4.10	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin 2 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 200°C	45
Gambar 4.11	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin 2 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 250°C	45
Gambar 4.12	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin 2 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 300°C	45
Gambar 4.13	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin 3 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 150°C	49
Gambar 4.14	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin 3 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 200°C	49
Gambar 4.15	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin 3 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 250°C	49
Gambar 4.16	Hasil pengelasan dengan <i>profil</i> pin 3 sisi datar dan temperatur pemanasan awal 300°C	49
Gambar 4.17	Perbandingan foto makro antar spesimen.....	53
Gambar 4.18	Daerah yang diamati struktur mikro FSW.....	55
Gambar 4.19	Struktur mikro <i>base metal</i> AA5052-H32.....	56
Gambar 4.20	Struktur mikro FSW pada bagian HAZ RS antar spesimen..	57
Gambar 4.21	Struktur mikro FSW pada bagian HAZ AS antar spesimen..	57
Gambar 4.22	Struktur mikro FSW pada bagian TMAZ RS antar Spesimen.....	59
Gambar 4.23	Struktur mikro FSW pada bagian TMAZ AS antar Spesimen.....	59
Gambar 4.24	Struktur mikro FSW pada bagian <i>weld nugget</i> antar Spesimen.....	60
Gambar 4.25	Spesimen Uji Tarik.....	62
Gambar 4.26	Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik antar spesimen.....	63
Gambar 4.27	Spesimen Uji Tekuk.....	65
Gambar 4.28	Grafik Perbandingan Kekuatan Tekuk uji <i>face bending</i> antar spesimen.....	65
Gambar 4.29	Grafik Perbandingan Kekuatan Tekuk uji <i>root bending</i> antar spesimen.....	66
Gambar 4.30	Hasil jejak indentor <i>micro vicker</i>	67
Gambar 4.31	Grafik perbandingan kekerasan <i>tool</i> silindris dengan temperatur pemanasan awal.....	68
Gambar 4.32	Grafik perbandingan kekerasan <i>tool</i> 2 sisi datar dengan temperatur pemanasan awal.....	68

Gambar 4.33 Grafik perbandingan kekerasan *tool* 3 sisi datar dengan
temperatur pemanasan awal..... 69

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Hasil uji perhitungan besar butir dengan metode <i>planimetric</i> 75
Lampiran 2	Tabel ASTM E112..... 84
Lampiran 3	Contoh hasil uji tarik pada <i>profil</i> pin silindris pemanasan awal 150°C spesimen 1..... 85
Lampiran 4	Tabel data hasil pengujian tarik..... 86
Lampiran 5	Contoh hasil uji <i>face bending</i> pada <i>profil</i> pin silindris pemanasan awal 150°C spesimen 1..... 87
Lampiran 6	Tabel data hasil pengujian tekuk <i>face bending</i> 88
Lampiran 7	Contoh hasil uji <i>root bending</i> pada <i>profil</i> pin silindris pemanasan awal 150°C spesimen 1..... 89
Lampiran 8	Tabel data hasil pengujian tekuk <i>root bending</i> 90
Lampiran 9	Tabel data hasil pengujian kekerasan pada <i>profil</i> pin silindris pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C & 300°C.. 91
Lampiran 10	Tabel data hasil pengujian kekerasan pada <i>profil</i> pin 2 sisi datar pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C & 300°C..... 92
Lampiran 11	Tabel data hasil pengujian kekerasan pada <i>profil</i> pin 3 sisi datar pemanasan awal 150°C, 200°C, 250°C & 300°C..... 93