

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *FRICTION STIR WELDING* (FSW) MATERIAL *DISSIMILAR* A16061 DAN A15052 TERHADAP SIFAT FISIK-MEKANIK GUNA PENGAPLIKASIAN PADA *BODY* KENDARAAN**



**SKRIPSI**

**FADLI SULAEMAN  
2103050017**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO  
2026**

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *FRICTION STIR WELDING* (FSW) MATERIAL *DISSIMILAR* A16061 DAN A15052 TERHADAP SIFAT FISIK-MEKANIK GUNA PENGAPLIKASIAN PADA *BODY* KENDARAAN**



**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Mesin

**FADLI SULAEMAN**  
**2103050017**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO**  
**2026**

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang diajukan oleh :

Nama : Fadli Sulaeman

Nim : 2103050017

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik dan Sains

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

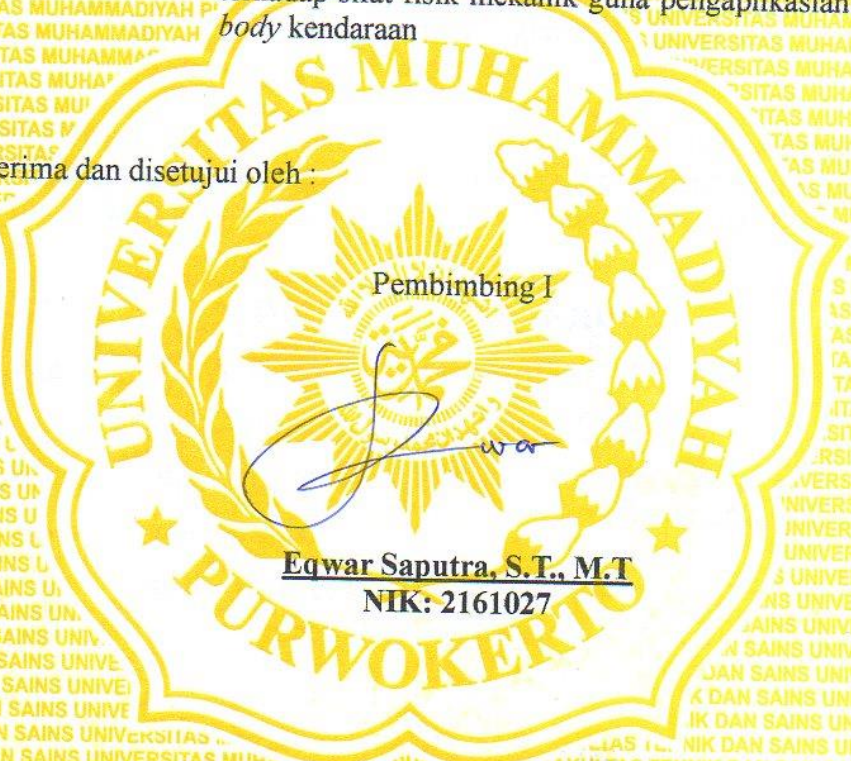
Judul : Pengaruh variasi kecepatan putaran *Friction Stir Welding* (FSW) material *dissimilar* A16061 dan A15052 terhadap sifat fisik mekanik guna pengaplikasian pada *body* kendaraan

Telah diterima dan disetujui oleh :

Pembimbing I

Eqwar Saputra, S.T., M.T.

NIK: 2161027



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang diajukan oleh :

Nama : Fadli Sulaeman

Nim : 2103050017

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik dan Sains

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Judul : Pengaruh variasi kecepatan putaran *Friction Stir Welding* (FSW) material *dissimilar* Al6061 dan Al5052 terhadap sifat fisik mekanik guna pengaplikasian pada *body* kendaraan

Telah berhasil dipertahankan didapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik (S.T.) Pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua sidang : Eqwar Saputra S.T., M.T.

Penguji 1 : M. Muryanto, S.T., M.T.

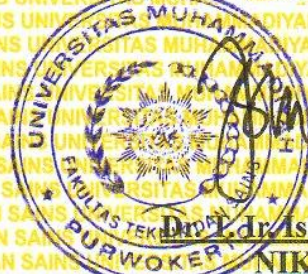
Penguji 2 : Siti Zulaehah, S.Si., M.Eng.

Ditetapkan di : Purwokerto

Tanggal : 31 Desember 2025

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik dan Sains



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fadli Sulaeman  
Nim : 2103050017  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik dan Sains  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
Jenis Karya : Skripsi

Dengan ini menyatakan sebenar – benarnya dan menjamin bahwa skripsi berjudul “Pengaruh variasi kecepatan putaran *Friction Stir Welding* (FSW) material *dissimilar* Al6061 dan Al5052 terhadap sifat fisik mekanik guna pengaplikasian pada *body* kendaraan” merupakan hasil karya saya sendiri dan seluruh sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya dengan benar dan tidak melanggar ketentuan plagiarisme dan otoplagiarisme.

Demikian pernyataan ini saya buat dan apabila dikemudian hari terbukti terdapat unsur plagiarisme maupun otoplagiarisme, saya bersedia menerima segala konsekuensi dan mempertanggungjawabkan sesuai ketentuan yang berlaku

Purwokerto, 13 Januari 2026

Yang membuat pernyataan



Fadli Sulaeman

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Purwokerto dan demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadli Sulaeman  
Nim : 2103050017  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik dan Sains  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
Jenis Karya : Skripsi

Menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) kepada Universitas Muhammadiyah Purwokerto atas Tugas Akhir saya yang berjudul:

PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN *FRICTION STIR WELDING* (FSW) MATERIAL *DISSIMILAR AL6061* DAN *AL5052* TERHADAP SIFAT FISIK MEKANIK GUNA PENGAPLIKASIAN PADA *BODY KENDARAAN*

Universitas Muhammadiyah Purwokerto berhak menyimpan, menyebarluaskan, mengelola, dan mempublikasikan tugas akhir saya tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta sekaligus pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di : Purwokerto  
Pada Tanggal : 14 Januari 2026  
Yang menyatakan



Fadli Sulaeman

## MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS: Al-Baqarah: 286)

“Jika kamu berbuat baik kepada orang lain (berarti) kamu berbuat baik pada diri kamu sendiri”

(QS: Al-Isra: 7)

“Mahkota seseorang adalah akalunya. Derajat seseorang adalah agamanya. Sedangkan kehormatan seseorang adalah budi pekertinya”

(Umar bin Khattab)

“Ubahlah luka menjadi sebuah kebijaksanaan”

(Oprah Winfrey)

“Jika anda tidak bisa melakukannya dengan baik, lakukanlah dengan cinta”

(Mother Teresa)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanawata'lla dengan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir atau Skripsi dengan judul “Pengaruh variasi kecepatan putaran *Friction Stir Welding* (FSW) material *dissimilar* Al6061 dan Al5052 terhadap sifat fisik mekanik guna pengaplikasian pada *body* kendaraan” sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallahu'allahi wassalam yang telah membawa dan mendidik kita dari zaman kegelapan menuju zaman penuh kedamaian ini.

Dalam skripsi ini menjelaskan tentang pengelasan *Friction Stir Welding dissimilar*. Tujuan penulis meneliti *FSW dissimilar* karena masih sedikit orang yang melakukan penelitian tersebut. Pengujian yang dilakukan meliputi: uji tarik, uji kekerasan, dan struktur mikro. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik, nilai kekerasan, daerah *HAZ*, *stir zone*, dan butiran struktur hasil pengelasan FSW aluminium seri 6xxx dan seri 5xxx dengan variasi kecepatan putaran. Saya menyadari bahwa dalam proses pembuatan hingga selesainya skripsi ini banyak pihak yang telah membantu dan menyemangati saya dalam pembuatan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Jebul Suroso, S.Kp., Ns., M.Kep. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
2. Bapak Dr. T. Ir. Iskahar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
3. Bapak Eqwar Saputra, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin sekaligus dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu serta memberikan arahan selama pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak M. Muryanto, S.T., M.T. dan Ibu Siti Zulaehah, S.Si., M.Eng. selaku dosen penguji 1 dan dosen penguji 2.

5. Bapak Trio Nur Wibowo, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing lapangan yang telah membantu mengarahkan dan memberikan ilmunya selama proses penelitian tugas akhir.
6. Mas Aan Dian Maarif, S.T. selaku staff dan laboran Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto atas masukan dan izin pemakaian fasilitas laboratorium
7. Kedua orang tua saya bapak andri mulyadi dan ibu sri rahayu, dua orang yang sangat berjasa dalam hidup saya, dua orang yang selalu mengusahakan anak pertamanya ini menempuh pendidikan setinggi-tingginya meskipun mereka berdua belum pernah merasakannya. Kepada bapak saya, terima kasih atas setiap cucuran keringat dan kerja keras yang engkau tukarkan menjadi sebuah nafkah demi anakmu demi bisa sampai tahap ini, demi anakmu dapat mengenyam sampai tingkat ini dan terima kasih telah menjadi contoh untuk menjadi laki-laki yang bertanggungjawab penuh dan selalu mengusahakan apapun untuk keluarganya. Untuk ibu saya, terimakasih atas segala pesan, harapan dan do'a yang engkau lantunkan yang selalu mendampingi setiap langkah dan ikhtiar anakmu untuk menjadi seseorang yang berpendidikan, terimakasih atas kasih sayang tanpa batas yang tak lekang oleh waktu, atas kesabaran dan pengorbanan yang selalu mengiringi langkah perjalanan hidup saya, terimakasih telah menjadi sumber kekuatan dan inspirasi, serta pelita yang tak pernah padam dalam setiap langkah yang saya tempuh. Terakhir terimakasih atas segala hal yang kalian berikan yang tak terhitung jumlahnya.
8. Semua teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2021, yang telah berjuang Bersama selama 4 tahun.
9. HMTM UMP atas pembelajaran dan pengalaman yang penulis dapatkan ketika masih aktif berorganisasi.
10. Kepada nona pemilik NIM 2211050102 yang telah kebersamai penulis pada hari-hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan tugas akhir. Terima kasih telah menjadi rumah yang tidak hanya tanah dan bangunan, memberikan rasa sayang, dukungan, semangat, tenaga dan senantiasa sabar menghadapi saya.

Harapan saya semoga kita bisa sama-sama sukses sesuai dengan apa yang kita impikan.

11. Last but not least, kepada klub kebanggaan saya Persib Bandung, Persib bukan hanya tentang sepakbola lebih dari itu melibatkan perasaan senang, sedih, dan gairah hidup, Persib yang selalu mengajarkan loyalitas, perjuangan, dan cinta yang tak akan pernah mengkhianati, Semangat juang di setiap laga menjadi inspirasi dalam menuntaskan setiap tantangan, termasuk skripsi ini. Hidup Persib!



## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	<b>vi</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
11.1..... Latar Belakang .....	1
11.2..... Rumusan Masalah .....	3
11.3..... Tujuan Penelitian .....	3
11.4..... Manfaat Penelitian .....	4
11.5..... Batasan Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Landasan teori.....	5
2.2 Penelitian terdahulu .....	6
2.3 Aluminium .....	8
2.4 <i>Friction Stir Welding (FSW)</i> .....	10

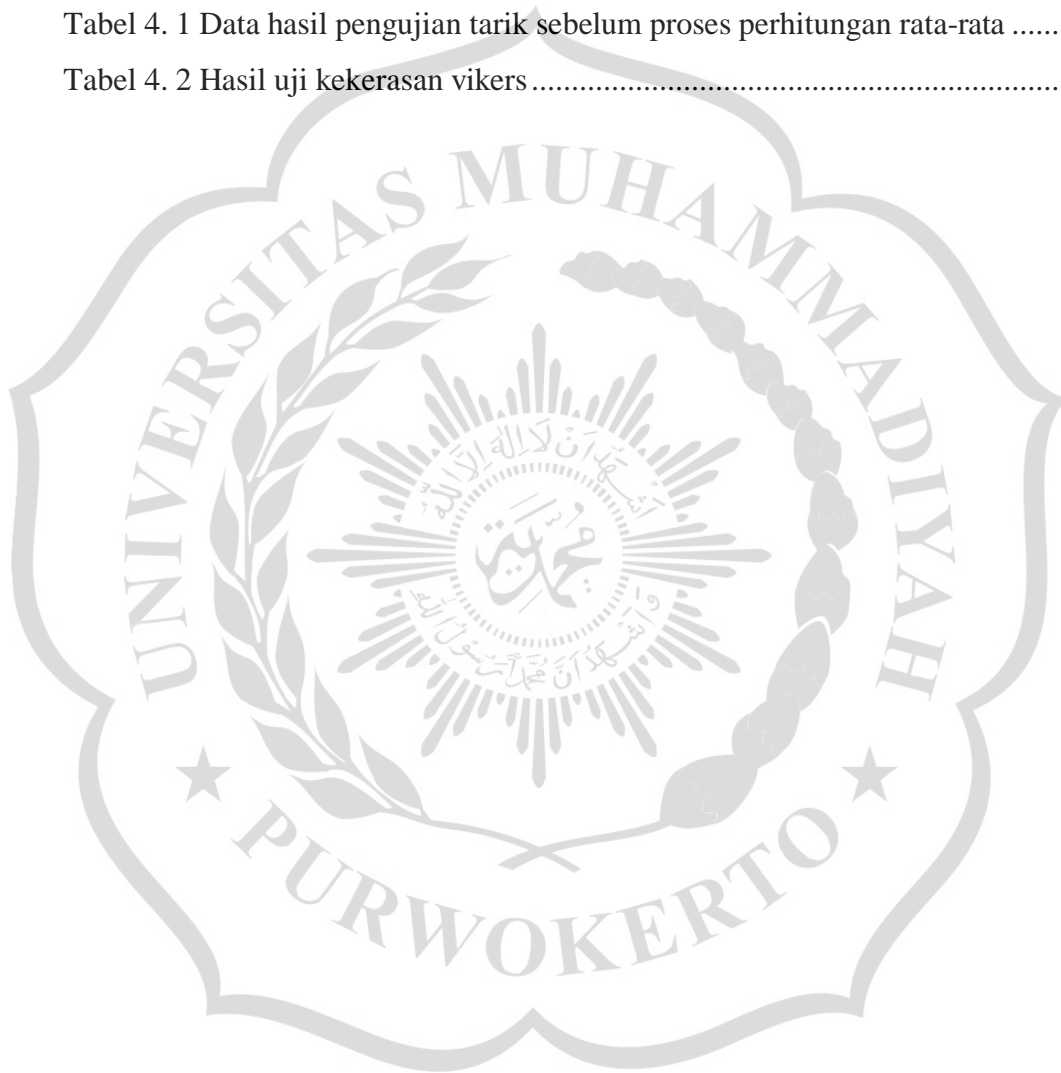
2.5 Prinsip kerja FSW.....	11
2.6 <i>Dissimilar</i> .....	13
2.7 Cacat dalam <i>Friction Stir Welding</i> (FSW).....	13
2.8 Sifat Fisik Mekanik.....	14
2.9 Pengaplikasian Pada <i>Body</i> Kendaraan.....	15
2.10 Uji komposisi.....	16
2.11 Uji kekerasan .....	16
2.12 Pengujian tarik.....	17
2.13 Mikro struktur.....	19
2.14 Parameter pengelasan.....	20
2.15 Kerangka Penelitian.....	21
2.16 Hipotesis/Pertanyaan Penulisan.....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 Rancangan Penelitian.....	23
3.2 Diagram alir penelitian.....	24
3.3 Waktu dan tempat Penelitian.....	25
3.4 Alat dan Bahan.....	25
3.5 Variabel Penelitian.....	26
3.6 Prosedur Kerja Penelitian.....	27
3.7 Proses Pengujian Mekanik.....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
4.1 Uji Tarik.....	30
4.2 Uji Kekerasan.....	33
4.3 Hasil struktur mikro.....	36
4.4 Keterbatasan penelitian.....	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>45</b>
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja FSW (Syafi'i Abdulloh, 2019) .....	11
Gambar 2.2 zona pengelasan.....	12
Gambar 2.3 cacat voids (Prabowo, 2013) .....	14
Gambar 2.4 produk FSW (Arbegast, 2006).....	16
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 4. 1 Tegangan (MPa).....	31
Gambar 4. 2 Tegangan yield (MPa).....	32
Gambar 4. 3 Regangan .....	33
Gambar 4. 4 hasil uji kekerasan vickers.....	35
Gambar 4. 5 Hasil struktur mikro base metal kecepatan 1100 rpm.....	36
Gambar 4. 6 Hasil struktur mikro base metal kecepatan 1460 rpm .....	37
Gambar 4. 7 Hasil struktur mikro base metal kecepatan 1860 rpm .....	37
Gambar 4. 8 Hasil struktur mikro base metal kecepatan 2920 rpm .....	38
Gambar 4. 9 Hasil struktur mikro HAZ kecepatan 1100 rpm .....	38
Gambar 4. 10 Hasil struktur mikro HAZ kecepatan 1460 rpm .....	39
Gambar 4. 11 Hasil struktur mikro HAZ kecepatan 1860 rpm .....	40
Gambar 4. 12 Hasil struktur mikro HAZ kecepatan 2920 rpm .....	41
Gambar 4. 13 struktur mikro Stir Zone.....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil uji komposisi AL6061.....	9
Tabel 2. 2 Hasil uji komposisi AL5052 .....	10
Tabel 2. 3 Parameter Pengelasan.....	20
Tabel 3. 1 Alat dan bahan.....	25
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian tarik sebelum proses perhitungan rata-rata .....	30
Tabel 4. 2 Hasil uji kekerasan vikers .....	34



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pengelasan .....	49
Lampiran 2 Proses pemotongan.....	50
Lampiran 3 Pengujian kekerasan .....	51
Lampiran 4 Pengujian mikro .....	52
Lampiran 5 Pengujian Tarik .....	53
Lampiran 6 Spesimen uji Tarik.....	54
Lampiran 7 Hasil struktur mikro .....	55
Lampiran 8 Hasil Uji Tarik.....	60
Lampiran 9 Hasil uji kekerasan .....	61
Lampiran 10 Sertifikat Pengujian .....	62
Lampiran 11 Sertifikat material .....	63
Lampiran 12 Rata-rata tegangan maksimum.....	66
Lampiran 13 Rata-rata tegangan yield .....	66
Lampiran 14 Rata-rata Regangan .....	64
Lampiran 15 Menghitung Tegangan yield dan Tegangan maksimum .....	64
Lampiran 16 Menghitung Regangan.....	66
Lampiran 17 Menghitung Nilai Kekerasan.....	66
Lampiran 18 Hasil Cek Turnitin .....	68

## DAFTAR SINGKATAN



FSW	:	<i>Friction Stir Welding</i>
HAZ	:	<i>Heat Affected Zone</i>
BM	:	<i>Base Metal</i> (Material Induk)
SZ / WZ	:	<i>Stir Zone / Weld Zone</i>
WNZ	:	<i>Weld Nugget Zone</i>
RPM	:	<i>Revolutions Per Minute</i> (Kecepatan Putaran)
UTS	:	<i>Ultimate Tensile Strength</i> (Tegangan Tarik Maksimum)
HV / VHN	:	<i>Hardness Vickers / Vickers Hardness Number</i>
ASTM	:	<i>American Society for Testing and Materials</i>
Mg	:	Magnesium
Si	:	Silikon
Al	:	Aluminium
Cr	:	Chromium
Cu	:	Tembaga
Fe	:	Besi
Mn	:	Mangan
Zn	:	Seng
Ti	:	Titanium

## ABSTRAK

Kebutuhan sambungan aluminium yang ringan dan kuat pada industri otomotif mendorong penggunaan *Friction Stir Welding* (FSW) sebagai proses *solid-state* dengan cacat minimal. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi kecepatan putaran terhadap sifat fisik–mekanik sambungan dissimilar Al6061–Al5052 pada empat putaran: 1100, 1460, 1860, dan 2920 rpm. Metode penelitian diawali dengan uji komposisi untuk memastikan kesesuaian material. Setelah material memenuhi spesifikasi, dilakukan pemotongan spesimen sesuai variasi putaran, dilanjutkan proses pengelasan FSW. Usai pengelasan, spesimen dipersiapkan mengikuti standar masing-masing pengujian, meliputi uji tarik, uji kekerasan Vickers, dan analisis mikrostruktur pada BM, HAZ, dan SZ. Hasil uji tarik menunjukkan tegangan maksimum meningkat dari 54,27 MPa (1100 rpm) menjadi 66,36 MPa (1460 rpm), mencapai nilai tertinggi 69,88 MPa pada 1860 rpm, lalu menurun menjadi 57,50 MPa pada 2920 rpm. Tegangan yield naik bertahap dari 37,96 MPa menjadi 50,07 MPa dan sedikit meningkat pada 2920 rpm (51,40 MPa). Regangan tertinggi terjadi pada 1460 rpm (10,16%), sedangkan RPM rendah dan sangat tinggi menunjukkan deformasi lebih rendah. Kekerasan zona las menurun pada RPM tinggi akibat pelunakan berlebih, sementara struktur mikro pada 1460 dan 1860 rpm menunjukkan penghalusan butir yang lebih merata. Secara keseluruhan, kecepatan putaran berpengaruh signifikan terhadap performa sambungan, dan 1860 rpm ditetapkan sebagai parameter optimum karena menghasilkan kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro paling stabil untuk aplikasi body kendaraan.

Kata kunci: *Friction Stir Welding*, Al6061–Al5052, kecepatan putaran, kekuatan tarik, mikrostruktur.

## ABSTRACT

*The demand for lightweight and high-strength aluminum joints in the automotive industry supports the use of Friction Stir Welding (FSW), a solid-state process capable of producing joints with minimal defects. This study aims to analyze the effect of rotational speed variation on the physical–mechanical properties of dissimilar Al6061–Al5052 joints at four speeds: 1100, 1460, 1860, and 2920 rpm. The methodology began with composition testing to verify material conformity, followed by specimen cutting according to each speed variation and subsequent FSW processing. After welding, all specimens were prepared according to testing standards, including tensile testing, Vickers hardness measurements, and microstructural analysis of the BM, HAZ, and SZ regions. Tensile results show that maximum stress increases from 54.27 MPa (1100 rpm) to 66.36 MPa (1460 rpm), reaching the highest value of 69.88 MPa at 1860 rpm before dropping to 57.50 MPa at 2920 rpm. Yield stress rises progressively from 37.96 MPa to 50.07 MPa, with a slight increase at 2920 rpm (51.40 MPa). The highest elongation is observed at 1460 rpm (10.16%), while very low and very high speeds show reduced deformability. Weld-zone hardness decreases at high rpm due to excessive softening, whereas 1460 and 1860 rpm produce more uniform grain refinement. Overall, rotational speed significantly influences joint performance, and 1860 rpm is identified as the optimal parameter, providing the most stable tensile strength, hardness, and microstructural refinement for vehicle body applications.*

**Keywords:** *Friction Stir Welding, Al6061–Al5052, rotational speed, tensile strength, microstructur*