

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR *TOOL* TERHADAP STRUKTUR MIKRO,  
KEKERASAN DAN KEKUATAN *BENDING* PADA SAMBUNGAN LAS  
ALUMINIUM 5052 DENGAN METODE *FRICTION STIR WELDING***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana S-1**

**Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh:**

**Nur Waachid Asyrofuddin**

**20110130068**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR *TOOL* TERHADAP STRUKTUR  
MIKRO, KEKERASAN DAN KEKUATAN *BENDING* PADA  
SAMBUNGAN LAS ALUMINIUM 5052 DENGAN METODE *FRICTION*  
*STIR WELDING***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana S-1**

**Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



Disusun Oleh:

**Nur Waachid Asyrofuddin**

**20110130068**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2017**

## MOTTO

*Belajarliah, karena sesungguhnya ilmu adalah perhiasan dan keutamaan bagi pemiliknya serta tanda bagi setiap perbuatan terpuji.*

*Barang siapa menginginkan dunia maka haruslah dengan ilmu, dan barangsiapa menginginkan akhirat maka haruslah dengan ilmu, dan barangsiapa menghendaki keduanya maka haruslah juga dengan ilmu.*

(Imam Syafi'i)

*Barangsiapa menempuh jalan karena untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.*

(HR. Muslim)

*Dan perumpamaan-perumpamaan ini kami buat untuk manusia, dan tiada yang memahaminya kecuali orang-orang yang berilmu.*

(QS. Al-Ankabut)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji sesungguhnya hanya milik Allah *Subhaanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul **“Pengaruh Kecepatan Putar Tool Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, dan Kekuatan Bending pada Sambungan Las Friction Stir Welding Aluminium 5052.”** Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad yang selalu menjadi suri tauladan setiap langkah hidup kita sebagai umatnya.

Penyusunan tugas akhir skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar pendidikan strata satu (S-1) pada program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penyusunan tugas akhir skripsi ini tidak dapat terlaksana tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah membimbing dan memberikan pengarahan selama proses penelitian hingga penulisan Tugas Akhir.
3. Bapak Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II, yang selalu memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis.
4. Bapak Totok Suwanda, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang berguna untuk kesempurnaan penyusunan tugas akhir skripsi ini.
5. Ayah dan Ibu beserta segenap keluarga yang selalu memberikan dukungan moral dan biaya demi terselesaikannya studi.



6. Dosen-dosen program studi teknik mesin fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan banyak pengajaran terhadap penulis sepanjang masa studi.
7. Karyawan dan Laboran program studi Teknik Mesin khususnya, serta segenap staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
8. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2011 atas motivasi dan bantuannya selama masa studi.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam penelitian dan penyusunan naskah tugas akhir skripsi ini, sehingga masih sangat jauh dari kata sempurna. Mengingat keterbatasan waktu, referensi dan pemikiran yang tersedia dalam penyusunan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya, semoga tugas akhir skripsi ini dapat bermanfaat menambah wawasan dan sumbangsih pemikiran bagi para pembaca khususnya mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....            | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR_PERNYATAAN</b> .....            | <b>iii</b>  |
| <b>MOTTO</b> .....                        | <b>iv</b>   |
| <b>INTISARI</b> .....                     | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....               | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                   | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                 | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....             | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR NOTASI</b> .....                | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....              | <b>xv</b>   |
| <b>BAB I</b> .....                        | <b>1</b>    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                 | 3           |
| 1.3 Batasan Masalah.....                  | 3           |
| 1.4 Tujuan.....                           | 3           |
| 1.5 Manfaat .....                         | 3           |
| <b>BAB II</b> .....                       | <b>4</b>    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....                | 4           |
| 2.2 Proses Pengelasan .....               | 5           |
| 2.2.1 Definisi dan Ruang Lingkup .....    | 5           |
| 2.2.2 Klasifikasi Metode Pengelasan ..... | 6           |
| 2.2.3 Friction Stir Welding .....         | 8           |
| 2.2.4 Daerah Pengelasan .....             | 10          |
| 2.2.5 Keuntungan .....                    | 11          |
| 2.2.6 Aplikasi .....                      | 12          |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.3 Aluminium .....   | 14        |
| 2.3.1 Sejarah Aluminium .....                               | 14        |
| 2.3.2 Klasifikasi Kode Aluminium.....                       | 15        |
| 2.3.3 Karakteristik Aluminium 5052.....                     | 16        |
| <b>BAB III.....</b>   | <b>19</b> |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian.....                            | 19        |
| 3.2 Tempat Penelitian.....                                  | 22        |
| 3.3 Bahan dan Alat.....                                     | 22        |
| 3.3.1 Pelat Aluminium 5052 .....                            | 22        |
| 3.3.2 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian.....        | 23        |
| 3.4 Jenis Pengujian.....                                    | 27        |
| 3.4.1 Uji Bending.....                                      | 27        |
| 3.4.2 Uji Kekerasan.....                                    | 30        |
| 3.4.3 Uji Struktur Mikro.....                               | 33        |
| <b>BAB IV .....</b>   | <b>36</b> |
| 4.1 Hasil Pengelasan Aluminium 5052 .....                   | 36        |
| 4.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro .....                    | 38        |
| 4.3 Hasil Pengujian Kekerasan (Micro Vickers Hardness)..... | 42        |
| 4.4 Hasil Pengujian Bending.....                            | 44        |
| <b>BAB V.....</b>   | <b>49</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 49        |
| 5.2 Saran.....  | 50        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                  | <b>51</b> |
| <b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>                               | <b>53</b> |

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Klasifikasi Metode Pengelasan
- Gambar 2.2 Prinsip Kerja Metode FSW
- Gambar 2.3. Daerah Pengelasan, FSW
- Gambar 2.4 Aplikasi Pengelasan Metode FSW pada Perakitan *Catamaran Ship*
- Gambar 2.5 Aplikasi Pengelasan Metode FSW pada Perakitan Pesawat Luar Angkasa.
- Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Sambungan Las Aluminium 5052
- Gambar 3.2 Pelat Aluminium 5052
- Gambar 3.3 Vertical *Milling Machine*
- Gambar 3.4 Desain *Tool*
- Gambar 3.5 Meja Pengelasan
- Gambar 3.6 Gerinda
- Gambar 3.7 *Tachometer*
- Gambar 3.8 *Infrared Thermometer*
- Gambar 3.9 Proses Pengujian
- Gambar 3.10 Dimensi Spesimen Uji *Bending*
- Gambar 3.11 Mesin Uji Kekerasan (*Micro Vickers Machine*)
- Gambar 3.12 *Micro Vickers Indentor*
- Gambar 3.12 Mesin Uji Struktur Mikro
- Gambar 3.13 Mesin Foto Makro
- Gambar 4.1 Spesimen Hasil Pengelasan Dengan Kecepatan Putar *Tool* (a) 3600 rpm, (b) 2500 rpm, (c) 1500 rpm dan (d) 950 rpm
- Gambar 4.2 Proses Pengelasan
- Gambar 4.3 Hasil Pengujian Makro (a) *base metal*, (b) *weld nugget*, (c) *TMAZ*, dan (d) *HAZ*
- Gambar 4.4 Daerah Pengujian Struktur Mikro
- Gambar 4.5 Hasil Pengujian Struktur Mikro (a) *base metal*, (b) *HAZ* dan



Gambar 4.5 Grafik Distribusi Nilai Kekerasan

Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian *Face-Bend*

Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian *Root-Bend*

Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Kecepatan Putar *Tool* Terhadap Kekuatan *Bending* Sambungan Las Aluminium 5052

Gambar 4.11 Grafik Pengaruh Kecepatan Putar *Tool* Terhadap Regangan *Bending* Sambungan Las Aluminium 5052

## DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1. Sifat Fisik Aluminium (ASM Al 5052-H34, 2015)
- Tabel 2.2. Sifat Mekanik Aluminium (ASM Al 5052-H34, 2015)
- Tabel 2.3. Kandungan Unsur Aluminium 5052 (ASM Al 5052-H34, 2015)
- Tabel 3.1 Sifat Mekanik Aluminium 5052-H34 (*ASM Handbook*, 2015:188)
- Tabel 4.1 Nilai Kekerasan Spesimen
- Tabel 4.2 Hasil Uji *Face Bend Specimen*
- Tabel 4.3 Hasil Uji *Root Bend Specimen*

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1 Menghitung Tegangan Bending

Persamaan 3.2 Menghitung Jarak *Bending Point*

Persamaan 3.3 Menghitung Jarak Span

Persamaan 3.4 Menghitung Regangan *Bending*

Persamaan 3.5 Menghitung Nilai Kekerasan

## DAFTAR NOTASI

|               |                                       |                                |   |
|---------------|---------------------------------------|--------------------------------|---|
| Al            | = Aluminium                           | cm                             | = <i>Centimeter</i>                                 |
| Cu            | = Tembaga                             | °C                             | = <i>Celcius</i>                                    |
| Cr            | = Kromium                             | N                              | = <i>Newton</i>                                     |
| Fe            | = Besi                                | KN                             | = <i>Kilonewton</i>                                 |
| Mg            | = Magnesium                           | mm/s                           | = <i>Milimeter Per Second</i>                       |
| Mn            | = Mangan                              | RPM                            | = <i>Rotations Per Minute</i>                       |
| Ti            | = Titanium                            | MPa                            | = <i>Megapascal</i>                                 |
| Si            | = Silikon                             | GPa                            | = <i>Gigapascal</i>                                 |
| Zn            | = Seng                                | Ksi                            | = <i>Kilo Pounds Per Square Inch</i>                |
| VHN           | = <i>Vickerss Hardness Number</i>     | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | = Aluminium Dioksida                                |
| $\sigma$      | = Tegangan <i>Bending</i> (MPa)       | NaOH                           | = Natrium Hidroksida                                |
| $\epsilon$    | = Regangan <i>Bending</i> (MPa)       | SSW                            | = <i>Solid State Welding</i>                        |
| P             | = Beban (N)                           | RWF                            | = <i>Rotary Friction Welding</i>                    |
| F             | = Beban (gf)                          | IFW                            | = <i>Inertia Friction Welding</i>                   |
| L             | = Jarak Span (mm)                     | HAZ                            | = <i>Heat Affected Zone</i>                         |
| b             | = Lebar Spesimen (mm)                 | TMAZ                           | = <i>Thermomechanically Affected Zone</i>           |
| h             | = Ketebalan Spesimen (mm)             | ASM                            | = <i>Aerospace Spesification Metals</i>             |
| d             | = Diagonal Indentor ( $\mu\text{m}$ ) | ASTM                           | = <i>American Society for Testing and Materials</i> |
| gf            | = Gram Force                          |                                |   |
| $\mu\text{m}$ | = Micromili                           |                                |   |
| mm            | = Milimeter                           |                                |   |



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Hasil Pengujian Bending