



**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**Pengaruh Kecepatan Putar Tool Pada Pengelasan Friction Stir Welding  
Dua Sisi Material Aluminium 1xxx Dan 5xxx Dengan Variasi Feed Rate  
60 mm/mnt Dan Sudut Kemiringan 1°**

*The Influence of Tool Speed on Friction Stir Welding Double Sided of  
Materials Aluminium 1xxx And 5xxx With A Feed Rate of 60 mm/mnt And  
Welding Angle 1°*

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Febi Bhisma Waskita Jati**  
20150130067

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal, 24 Februari 2020

**Pembimbing Utama**

**Muhammad Budi Nur Rahman, ST.M.Eng.**  
NIP. 197905232005011001

**Pembimbing Pendamping**

**Reli Adi Himarosa, S.T., M.Eng.**  
NIK. 19880729201712123104

**Renguji**

**Ir. Aris Widyo Nugroho, MT, Ph.D.**  
NIK 19700307199509123022

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk memperoleh gelar Sarjana**

Tanggal, 30 Maret 2020

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY**



**Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.**  
NIK. 19740302 200104 123049

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Febi Bhisma Waskita Jati  
NIM : 20150130067  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Penelitian : Pengaruh Kecepatan Putar Tool Pada Pengelasan Friction Stir Welding Dua Sisi Material Aluminium 1xxx Dan 5xxx Dengan Variasi Feed Rate 60 mm/mnt Dan Sudut Kemiringan 1°

Dengan ini saya menyatakan bahwa sesungguhnya Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan di perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis atau di publikasikan orang lain, kecuali secara tertulis disebutkan sumber dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 27 Maret 2020



20150130067

**MOTTO**

**“BISMILLAH SEMOGA LANCAR”**

## INTISARI

Friction stir welding (FSW) adalah proses pengelasan yang memanfaatkan putaran dari tool sehingga menghasilkan panas yang digunakan untuk menyambungkan material yang akan disambung. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kecepatan putar tool pada pengelasan dua sisi (*double sided*) material aluminium seri 1xxx dan material aluminium seri 5xxx.

Pengelasan dilakukan dengan variasi kecepatan putar tool 910 rpm, 1500 rpm, dan 2280 rpm dengan variasi feed rate 60 mm/mnt dan sudut kemiringan  $1^\circ$  dan kedalaman oembenaman pintool 4mm dan 2mm. Penelitian ini melakukan empat macam pengujian yaitu, pengujian struktur makro dan mikro, pengujian kekerasan, dan pengujian tarik terhadap hasil pengelasan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada daerah retreating sebesar 66.8 VHN lebih tinggi dari pada daerah advancing sebesar 38.7 VHN karena menggunakan bahan aluminium yang berbeda dan pada tiap kecepatan putar terlihat nilainya naik turun didaerah Stir Zone dan HAZ hal ini disebabkan karena pada proses pengujian salah satu titik spesimen yang terlihat dari gambar struktur mikro terdapat rongga/ pori- pori sehingga mengakibatkan naik turunnya nilai kekerasan. Nilai kekuatan tarik pada kecepatan putar 910 rpm mendapatkan nilai UTS sebesar 111.94 MPa. Sedangkan nilai tegangan terendah pada kecepatan putar 1500 rpm yaitu sebesar 92.44 MPa karena disebabkan terdapat rongga yang membentuk butiran kasar pada spesimen sehingga mengalami pahatan yang getas. Pengujian struktur mikro dengan variasi 910 rpm daerah *stir welding* menghasilkan butiran yang lebih banyak disebabkan oleh proses presipitasi aluminium sehingga meningkatkan sifat tarik dan kekerasannya lebih baik dari pada kecepatan putar yang lain semakin banyak butiran pada daerah *stir welding* maka kekuatan tarik dan kekerasannya semakin tinggi.

**Kata Kunci:** *friction stir welding*, aluminium, dua sisi, feed rate, sudut kemiringan

## **ABSTRACT**

*Friction stir welding (FSW) is a welding process that utilizes the rotation of the tool to produce heat that is used to connect the material to be joined. This study aims to determine the effect of tool rotational speed on welding double-sided (double sided) 1xxx series aluminum material and 5xxx series aluminum material.*

*Welding is carried out with 910 rpm, 1500 rpm, and 2280 rpm rotational speed with a feed rate variation of 60 mm / min and a slope angle of 1° and a depth of 4mm and 2mm pintool burping. This study conducts four types of testing, namely, testing the macro and micro structures, hardness testing, and tensile testing of welding results.*

*The test results show the correction value in the reverse region of 66.8 VHN is higher than in the developed area of 38.7 VHN because it uses a different aluminum material and at each rotating speed seen its value rises in the Stir Zone and HAZ regions this is caused by the specimen point process seen from the microstructure image there is a cavity / pore so its value rises. The tensile strength value at a rotating speed of 910 rpm get a UTS value of 111.94 MPa. While the lowest stress value at 1500 rpm rotational speed is 92.44 MPa because it is considered to be a cavity that forms coarse grains in the specimen thereby increasing brittle sculpture. Microstructure construction with a variation of 910 rpm welding area produces more granules from the aluminum precipitation process increasing tensile and hardness properties better than other rotational speeds more granules in the welding area stir then higher tensile and hardness.*

**Keywords:** *friction stir welding, aluminum, double-sided, feed rate, slope angle.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas Rahmat dan kasih sayangnya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini tanpa suatu halangan apapun dengan judul “**Pengaruh Kecepatan Putar Tool Pada Pengelasan Friction Stir Welding Dua Sisi Material Aluminium 1xxx Dan 5xxx Dengan Variasi Feed Rate 60 mm/mnt Dan Sudut Kemiringan 1°**”. Skripsi ini disusun berdasarkan penelitian yang penulis lakukan untuk melengkapi data dalam proses tugas akhir di universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Skripsi ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan akademis di program studi teknik mesin universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam proses skripsi ini menjelaskan tentang pengelasan *Friction Stir Welding aluminium double side*. Tujuan penulis meneliti *FSW aluminium double side* karena masih sedikit orang yang melakukan penelitian tersebut. Pengujian yang dilakukan meliputi: uji tarik, uji kekerasan, dan struktur makro dan mikro. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik, nilai kekerasan, daerah HAZ, TMAZ, *stir zone*, dan butiran struktur hasil pengelasan FSW aluminium seri 1xxx dan seri 5xxx dengan variasi kecepatan putar pin tool.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna sehingga penelitian ini berharap bisa dikembangkan lagi, dikarenakan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan Penulis. Sehingga Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun mudah-mudahan dikemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

Yogyakarta, Februari 2020

Febi Bhisma Waskita Jati

## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                      | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....                      | <b>ii</b>   |
| <b>MOTTO</b> .....                                   | <b>iii</b>  |
| <b>INTISARI</b> .....                                | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                          | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                              | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                           | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                            | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                         | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR NOTASI</b> .....                           | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                       | <b>1</b>    |
| Latar Belakang .....                                 | 1           |
| Rumusan Masalah .....                                | 4           |
| Batasan Masalah.....                                 | 4           |
| Tujuan Penelitian .....                              | 5           |
| Manfaat Penelitian .....                             | 5           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> ..... | <b>6</b>    |
| Tinjauan Pustaka .....                               | 6           |
| Dasar Teori.....                                     | 9           |
| Pengertian Pengelasan.....                           | 9           |
| Friction Stir Welding (FSW).....                     | 9           |

|  |           |
|--|-----------|
| Aluminium Seri 1xxx dan Seri5xxx.....    | 11        |
| Proses Pengujian .....                   | 12        |
| Pengujian Tarik .....                    | 12        |
| Pengujian Kekerasan .....                | 14        |
| Pengujian Struktur Makro dan Mikro ..... | 15        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>   | <b>16</b> |
| Diagram Alir Penelitian .....            | 16        |
| Tempat Penelitian.....                   | 17        |
| Alat dan Bahan .....                     | 17        |
| Alat Yang Digunakan.....                 | 17        |
| Bahan Yang Digunakan .....               | 22        |
| Proses Penelitian .....                  | 24        |
| Proses Pembuatan Pin Tool.....           | 24        |
| Proses Pengelasan .....                  | 25        |
| Pelaksanaan Pengujian .....              | 26        |
| PengujianTarik .....                     | 26        |
| Pengujian Kekerasan .....                | 28        |
| Pengujian Metalografi .....              | 29        |
| Analisa Data .....                       | 30        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b> | <b>32</b> |
| Hasil Pengelasan FSW .....               | 32        |
| Hasil Struktur Makro dan Mikro.....      | 33        |
| Hasil Struktur Makro .....               | 33        |
| Hasil Struktur Mikro .....               | 34        |
| Hasil Pengujian Kekerasan .....          | 38        |
| Hasil Pengujian Tarik.....               | 41        |
| Fraktografi.....                         | 45        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>  | <b>47</b> |
| Kesimpulan .....                         | 47        |
|  | Saran 49  |
| <b>UCAPAN TERIMAKASIH .....</b>          | <b>50</b> |



**DAFTAR PUSTAKA.....51**

**LAMPIRAN.....54**

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Prinsip dasar proses FSW.....                       | 10 |
| Gambar 2.2 Single sided dan double sided .....                 | 10 |
| Gambar 2.3 Perlakuan pengelasan .....                          | 11 |
| Gambar 2.3 Kurva pengujian tarik.....                          | 13 |
| Gambar 2.4 Pengujian kekerasan vickers .....                   | 14 |
| Gambar 3.1 Diagram alir.....                                   | 16 |
| Gambar 3.2 Mesin milling .....                                 | 18 |
| Gambar 3.3 Mesin uji tarik .....                               | 18 |
| Gambar 3.4 Mesin uji kekerasan.....                            | 19 |
| Gambar 3.5 Mesin uji struktur mikro.....                       | 19 |
| Gambar 3.6 Amplas .....  | 20 |
| Gambar 3.7 Tachometer .....                                    | 20 |
| Gambar 3.8 Termometer .....                                    | 21 |
| Gambar 3.9 Stopwatch .....                                     | 21 |
| Gambar 3.10 Jangka Sorong .....                                | 22 |
| Gambar 3.11 Aluminium 1xxx .....                               | 23 |
| Gambar 3.12 Aluminium 5xxx .....                               | 23 |
| Gambar 3.13 Pin tool baja As st90.....                         | 24 |
| Gambar 3.14 Desain pin tool .....                              | 25 |
| Gambar 3.15 Khurfa Tegangan-Regangan.....                      | 27 |
| Gamabr 3.16 Skema spesimen uji tarik menurut ASTM E8.....      | 28 |
| Gambar 3.17 Teknik pengujian kekerasan.....                    | 29 |
| Gambar 4.1 Hasil Pengelasan FSW dua sisi .....                 | 32 |
| Gambar 4.2 Hasil Struktur mikro.....                           | 34 |
| Gambar 4.3 Struktur mikro daerah base metal.....               | 35 |
| Gambar 4.4 Struktur mikro daerah stir zone .....               | 36 |
| Gambar 4.5 Struktur mikro daerah HAZ aluminium seri 1xxx ..... | 37 |
| Gambar 4.6 Struktur mikro daerah HAZ aluminium seri 5xxx ..... | 38 |
| Gambar 4.7 Grafik uji kekerasan .....                          | 40 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.8 Grafik kekuatan tarik.....               | 42 |
| Gambar 4.9 Grafik regangan.....                     | 43 |
| Gambar 4.10 Grafik modulus elastisitas .....        | 44 |
| Gambar 4.11 Permukaan patahan uji fraktografi ..... |    |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Kandungan unsur aluminium 1100 (ASM AI 1100-H14) .....  | 12 |
| Tabel 2.2 Kandungan unsur aluminium 5052 (ASM AI 5052-H112) ..... | 12 |
| Tabel 4.1 Hasil pengujian kekerasan.....                          | 39 |
| Tabel 4.2 Hasil kekuatan tarik .....                              | 41 |
| Tabel 4.3 Hasil reganga tarik .....                               | 42 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| Lampiran 1 Sudut Kemiringan Pengelasan..... | 54 |
| Lampiran 2. Hasil Uji Kekerasan.....        | 55 |
| Lampiran 3. Hasil Uji Tarik.....            | 57 |

## DAFTAR NOTASI

|               |   |                                   |
|---------------|---|-----------------------------------|
| $\sigma$      | = | Tegangan (MPa)                    |
| F             | = | Beban Tarik (N)                   |
| Ao            | = | Luas Penampang (mm <sup>2</sup> ) |
| $\Delta L$    | = | Pertambahan Panjang (mm)          |
| $\varepsilon$ | = | Rengangan                         |
| Lo            | = | Panjang Awal                      |
| Stdev         | = | Standar Deviasi                   |
| S1            | = | Spesimen 1                        |
| S2            | = | Spesimen 2                        |
| n             | = | Putaran Mesin (rpm)               |
| T             | = | Tebal (mm)                        |
| W             | = | Lebar (mm)                        |