

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya kepada kita, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Gaya Tekan Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Hasil *Friction Stir Welding* Pada Aluminium 6061”**. Tujuan dari penyusunan skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D., Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan masukan berupa materi, nasihat dan motivasi yang sangat bermanfaat bagi penulis.
2. Bapak Rudianto Raharjo, ST., MT selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan saran yang sangat membantu dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D., selaku ketua jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D., selaku sekretaris jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Bapak Dr.Eng, Mega Nur Sasongko, ST., MT., selaku ketua program studi S1 jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc., selaku ketua kelompok konsentrasi dasar Teknik produksi jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Bapak Ir. Ari Wahjudi., MT., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan motivasi selama saya menimba ilmu di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Bapak Drs. Tarto Sanusi dan Ibu Dra. Nanik Hariyani selaku kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan bimbingan, nasihat dan motivasi untuk dapat menyelesaikan studi saya di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
9. Teman - teman seperjuangan Teknik Mesin 2013 (M13) yang tiada henti memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.
10. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin (KBMM) FT-UB yang tiada henti memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

11. Asisten Labortorium Proses Manufaktur 1 FT-UB yang telah membatu dan memberikan masukan ketika melakukan proses FSW.
12. Laboran Laboratorium Struktur Teknik Sipil FT-UM yang telah membatu dan memberikan masukan ketika melakukan proses pengujian tarik.
13. Semua pihak yang telah membatu dalam menyelesaikan skirpsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Malang, 11 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR GAMBAR | v |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| RINGKASAN | ix |
| SUMMARY | x |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Penelitian Sebelumnya..... | 5 |
| 2.2 Pengelasan..... | 6 |
| 2.2.1 Las Gesek..... | 8 |
| 2.2.2 <i>Friction Stir Welding</i> | 9 |
| 2.2.3 Gaya Pada <i>Friction Stir Welding</i> | 10 |
| 2.2.4 Kelebihan <i>Friction Stir Welding</i> | 11 |
| 2.2.5 Aplikasi <i>Friction Stir Welding</i> | 11 |
| 2.2.6 Daerah Pengelasan <i>Friction Stir Welding</i> | 12 |
| 2.2.7 Jenis-Jenis Sambungan <i>Friction Stir Welding</i> | 13 |
| 2.2.8 <i>Tools</i> Pada <i>Friction Stir Welding</i> | 13 |
| 2.2.9 <i>Heat Input</i> | 15 |
| 2.2.10 <i>Friction Force</i> | 15 |
| 2.2.11 <i>Downward Force Friction Stir Welding</i> | 16 |
| 2.2.12 Siklus Proses <i>Friction Stir Welding</i> | 18 |
| 2.3 Aluminium..... | 18 |
| 2.3.1 Klasifikasi Aluminium..... | 19 |
| 2.3.2 Sifat Mekanik Aluminium..... | 21 |
| 2.3.3 Aluminium Paduan..... | 22 |

DAFTAR GAMBAR

| No | Judul | Halaman |
|-------------|--|---------|
| Gambar 2.1 | <i>Fishbone diagram</i> | 6 |
| Gambar 2.2 | Klasifikasi proses pengelasan | 7 |
| Gambar 2.3 | Mekanisme kerja <i>continous drive friction welding</i> | 9 |
| Gambar 2.4 | Mekanisme <i>friction stir welding</i> | 10 |
| Gambar 2.5 | Gaya pada <i>friction stir welding</i> | 11 |
| Gambar 2.6 | Aplikasi <i>friction stir welding</i> pada industri otomotif | 12 |
| Gambar 2.7 | Daerah hasil pengelasan <i>friction stir welding</i> | 13 |
| Gambar 2.8 | Jenis sambungan <i>friction stir welding</i> | 13 |
| Gambar 2.9 | Konfigurasi <i>tool friction stir welding</i> | 15 |
| Gambar 2.10 | Prinsip gaya gesek | 16 |
| Gambar 2.11 | <i>Downward force</i> | 17 |
| Gambar 2.12 | Aluminium | 19 |
| Gambar 2.13 | Diagram fasa Al – Mg – Si | 23 |
| Gambar 2.14 | Mekanisme uji tarik dilengkapi spesimen ukuran standar | 25 |
| Gambar 2.15 | Standar ASTM E8 pada spesimen untuk uji tarik | 26 |
| Gambar 2.16 | Contoh kurva uji tarik | 26 |
| Gambar 3.1 | <i>Universal milling machine X6328B</i> | 32 |
| Gambar 3.2 | Alat uji tarik | 33 |
| Gambar 3.3 | <i>Friction tool</i> | 34 |
| Gambar 3.4 | Dimensi <i>friction tool</i> | 34 |
| Gambar 3.5 | Kunci pas | 35 |
| Gambar 3.6 | <i>Spring</i> | 35 |
| Gambar 3.7 | <i>Thermometer laser</i> | 36 |
| Gambar 3.8 | <i>Vernier caliper</i> | 36 |
| Gambar 3.9 | Plat aluminium 6061 | 37 |
| Gambar 3.10 | Dimensi plat aluminium 6061 | 37 |
| Gambar 3.11 | Dimensi standar ASTM E8 uji tarik | 38 |
| Gambar 3.12 | Desain instalasi penelitian | 39 |
| Gambar 3.13 | Instalasi penelitian | 39 |
| Gambar 3.14 | Diagram alir penelitian | 40 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.1 | Grafik hubungan pengaruh gaya tekan terhadap <i>heat input</i> hasil <i>friction stir welding</i> pada aluminium 6061 | 42 |
| Gambar 4.2 | Grafik hubungan pengaruh gaya tekan terhadap kekuatan tarik hasil <i>friction stir welding</i> pada aluminium 6061..... | 43 |
| Gambar 4.3 | Foto makro spesimen setelah uji tarik dengan gaya tekan 13000 N | 44 |
| Gambar 4.4 | Foto makro spesimen setelah uji tarik dengan gaya tekan 14000 N | 44 |
| Gambar 4.5 | Foto makro spesimen setelah uji tarik dengan gaya tekan 15000 N | 45 |
| Gambar 4.6 | <i>Weld Morphology</i> dengan variasi gaya tekan 13000, 14000, 15000 N | 46 |
| Gambar 4.7 | Foto mikrostruktur <i>base metal</i> aluminium 6061 | 47 |
| Gambar 4.8 | Foto mikrostruktur dengan variasi gaya tekan 13000 N | 47 |
| Gambar 4.9 | Foto mikrostruktur dengan variasi gaya tekan 14000 N | 47 |
| Gambar 4.10 | Foto mikrostruktur dengan variasi gaya tekan 15000 N | 48 |

DAFTAR TABEL

| No | Judul | Halaman |
|-----------|---|---------|
| Tabel 2.1 | Sifat Fisik Dan Mekanik Aluminium | 19 |
| Tabel 2.2 | Komposisi Kimia Aluminium 6061 | 23 |
| Tabel 2.3 | Karakteristik Aluminium 6061 | 23 |
| Tabel 2.4 | Sifat Mekanik Aluminium 6061 | 23 |
| Tabel 3.1 | Gaya Tarik Saat Pengujian Kekuatan Tarik | 41 |
| Tabel 3.2 | Data <i>Ultimate Tansile Strenght</i> (UTS) | 41 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No | Judul |
|------------|---|
| Lampiran 1 | Surat Keterangan Pengujian Tarik di Laboratorium Struktur |
| Lampiran 2 | Hasil Pengujian Kekuatan Tarik |
| Lampiran 3 | Komposisi Kimia Aluminium 6061 |
| Lampiran 4 | Komposisi Kimia Baja HQ 760 |
| Lampiran 5 | Standar ASTM E8 |
| Lampiran 6 | Sertifikat Kalibrasi Alat Uji Tarik |
| Lampiran 7 | Koefisien Gesek Aluminium Dan Baja |
| Lampiran 8 | Perhitungan Gaya Tekan, <i>Heat Input</i> , dan UTS |

RINGKASAN

Faizal Novantani Abdillah, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018. Pengaruh Gaya Tekan Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Hasil *Friction Stir Welding* Pada Aluminium 6061. Dosen Pembimbing : Djarot B. Darmadi dan Rudianto Raharjo

Friction stir welding merupakan sebuah metode pengelasan yang termasuk pengelasan gesek, yang pada prosesnya tidak memerlukan bahan penambah atau pengisi, panas dan deformasi plastis dihasilkan dari gesekan antara *friction tool* dengan benda kerja (*workpiece*). Pada awalnya pengelasan *Friction Stir Welding* diciptakan di *The Welding Institut* pada tahun 1991 di Inggris. Pada penelitian ini menggunakan parameter gaya tekan, yaitu gaya yang diberikan mesin kepada *tool* yang diteruskan ke benda kerja dan berfungsi untuk menjaga kontak antara *friction tool* dengan benda kerja.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental (*experimental reserch*), Dengan variabel bebas yaitu gaya tekan 13000, 14000, 15000 N. Parameter yang konstan yaitu kecepatan putaran *spindle*: 1095 rpm dan kecepatan pengelasan: 200 mm/menit lalu dilakukan pengujian kekuatan tarik. Pada saat proses *friction stir welding* menggunakan alat *Universal milling machine X6328B* Spesimen benda kerja menggunakan aluminium 6061 memiliki sifat mampu potong, mampu las (*weldability*) yang baik, mampu bentuk yang bagus pada proses ekstruksi, mempunyai daya tahan korosi yang baik serta memiliki kekuatan tarik yang tinggi (*strength to weight ratio*). dengan dimensi 140 x 70 x 3 mm. *Friction tool* menggunakan *shoulder* dan pin berbentuk *threaded cylindrical* dengan material Baja HQ 760 yang telah dilakukan perlakuan panas normalizing. Setelah dilakukan *friction stir welding* spesimen dipotong sesuai standar ASTM E8 untuk dilakukan pengujian tarik menggunakan *universal testing machine*.

Dari penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode *friction stir welding* dengan variasi gaya tekan 13000, 14000, 15000 N menghasilkan kekuatan tarik terbesar pada variasi gaya tekan 15000 dengan kekuatan tarik 159 MPa dan kuatan tarik terendah terdapat pada variasi gaya tekan 13000 N dengan 80 Mpa. Pada analisa letak lokasi patahan terdapat pada daerah *heat affected zone* dan *weld nugget* serta bentuk patahan setelah pengujian kekuatan tarik yaitu patahan getas dan patahan ulet. Pada *weld morphology* terdapat cacat yang ditemukan seperti *surface irregularitis*, *surface tearing*, *weld flash*. Sedangkan pada pengujian mikrostruktur terjadi perubahan struktur butir yang terdapat pada *weld nugget* akibat adanya panas yang dihasilkan saat pengelasan serta pengadukan yang dilakukan oleh *friction tool*.

Kata Kunci: *Friction Stir Welding*, Gaya Tekan, Kekuatan Tarik.\

SUMMARY

Faizal Novantani Abdillah, *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, July 2018, Effect of Downward Force on Tensile Strength of Friction Stir Welded joint Aluminium 6061, Academic Supervisor: Djarot B. Darmadi and Rudianto Raharjo.*

Friction stir welding is a welding method of friction welding, which is included in the process does not require a filler or enhancer, heat and plastic deformation resulting from friction between the friction tool by workpiece (workpiece) . Friction Stir Welding was originally created in Welding The Welding Institute in 1991 in the United Kingdom. This research uses the parameter downward force, i.e., force applied to the machine tool that is passed on to the workpiece and serves to maintain contact between the friction tool by workpiece.

The research method used was experimental methods (experimental research), with the free variables i.e. downward force 13000, 14000, 15000 N. constant parameters, namely the speed of rotation of the spindle: 1095 rpm and welding speed: 200 mm/min done testing the tensile strength. At the time of the friction stir welding process using the Universal tool milling machine X6328B specimens of the workpiece using aluminum 6061 has able to cut, able to weld (weldability) a good, capable of good form in the process of ekstrusion, has good corrosion resistance and has a high tensile strength (strength to weight ratio). with dimensions 140 x 70 x 3 mm. Friction tool using the shoulder and tapered cylindrical-shaped pin with Steel materials HQ 760 performed heat treatment normalizing. After friction stir welding specimens are cut according to the standard ASTM E8 to pull testing took place using the universal testing machine.

From the research that has been carried out using the method of friction stir welding with variations downward force 13000, 14000, 15000 N yields the greatest tensile strength variation of the downward force 15000 N with tensile strength 159 Mpa and the lowest is present on the 13000 N downward force variations with 80 Mpa. Analysis on the fracture location is present on the layout area of the heat affected zone and weld nugget as well as a form of fault after testing the tensile strength that is brittle fracturing and faulting tenacious. On weld morphology found as surface irregularities surface, tearing, weld flash. While in the testing changes the structure of the microstructures of grain in weld nugget due to the heat produced while welding as well as stirring was done by friction tool.

Keywords: *Downward Force, Friction stir welding Tensile Strength*