

## PENGARUH LAJU PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING* MATERIAL ALUMINIUM

Waluyo B Marhadi<sup>1)\*</sup>, Waas D Victor<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin Universitas Borneo Tarakan, 77111

Email: [marhadibw@borneo.ac.id](mailto:marhadibw@borneo.ac.id),

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Mesin Universitas Pattimura Ambon, 97233, Maluku

Email: [victorwaas90@gmail.com](mailto:victorwaas90@gmail.com),

**Abstrak** Friction Stir Welding merupakan penyambungan logam yang memanfaatkan panas yang timbul akibat putaran tool yang bergesekan dengan permukaan logam induk di bawah tekanan aksial pada daerah pengelasan. Panas yang dihasilkan dari gesekan dipengaruhi oleh kecepatan putaran RPM tool, kecepatan pengelasan, lebar bahu tool, dan sudut kemiringan tool. Pada penelitian ini dilakukan eksperimen pada laju pengelasan Friction Stir Welding (FSW). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh laju pengelasan Friction Stir Welding (FSW) terhadap kekuatan tarik sambungan las aluminium. Proses FSW menggunakan mesin milling vertical Dahlih model SM7VH. Material yang digunakan aluminium dengan tebal 3 mm. Proses pengelasan menggunakan putaran tool 2000 RPM, diameter tool 12 mm, diameter probe 3 mm, panjang probe 2 mm. pengelasan dilakukan tanpa merubah sudut (*tilt*) pada tool. Variasi laju pengelasan pada penelitian ini adalah 50, 100, dan 200 mm/min. Proses FSW dilakukan pada sambungan tumpul (*butt joint*). Peningkatan kecepatan pengelasan mempengaruhi kekuatan tarik aluminium. Kekuatan tarik maksimal pada kecepatan 50mm/min 67,66 Mpa dan kekuatan tarik minimum pada kecepatan 200mm/min 42,36 Mpa.

Kata kunci : Aluminium, *Friction Stir Welding*, kekuatan Tarik, Laju pengelasan

*Abstract Friction Stir Welding is a metal joining that utilizes the heat generated by the rotation of the tool rubbing against the surface of the parent metal under axial pressure in the welding area. The heat generated is influenced by the rotational speed of the tool RPM, welding speed, tool width, and tool slope. In this study, experiments were carried out on the welding rate of Friction Stir Welding (FSW). This study aims to study the effect of Friction Stir Welding (FSW) welding rate on the tensile strength of aluminum welded joints. The FSW process uses a Dahlih vertical milling machine model SM7VH. The material used is aluminum with a thickness of 3 mm. The welding process uses a 2000 RPM rotary tool, 12 mm chisel diameter, 3 mm probe diameter, 2 mm probe length. Welding is done without changing the angle (tilt) on the tool. Variations in the welding rate in this study were 50, 100, and 200 mm/minute. The FSW process is carried out on a butt joint. The increase in speed affects the strength of the aluminum. maximum tensile strength at a speed of 50mm/min 67.66 Mpa and minimum tensile strength at a speed of 200mm/min 42.36 Mpa*

**Keywords:** Aluminium, *Friction Stir Welding*, Feed Rate

## 1. PENDAHULUAN

*Friction Stir Welding* (FSW) merupakan proses penyambungan logam yang dilakukan dalam keadaan solid juga dikenal dengan istilah Solid State Welding. FSW memanfaatkan panas yang dihasilkan akibat putaran tool yang bergesekan dengan logam induk. Prinsip FSW menggunakan tools yang berotasi dan bergerak melintas daerah lasan sehingga material terjadi penempaan pada pusat lasan dan akhirnya melebur. Panas yang dihasilkan berpengaruh pada sifat mekanik sambungan las. Proses pengelasan dengan FSW terjadi pada *temperature solvus*, sehingga tidak terjadi penurunan kekuatan akibat *over aging* dan larutnya endapan koheren. Karena temperature pengelasan tidak terlalu tinggi, maka tegangan sisa yang terbentuk dan distorsi akibat panas juga rendah

Parameter proses FSW yang mempengaruhi panas yang terjadi pada daerah lasan adalah gesekan dipengaruhi oleh kecepatan putaran RPM tool, kecepatan pengelasan, lebar bahu tool, penetrasi bahu, sudut kemiringan tool dan lainnya. Penelitian FSW telah banyak dilakukan pada aluminium. Karena aluminium mampu tempaknya rendah FSW menawarkan keuntungan karena proses penyambungan tidak mencapai temperatur leleh aluminium.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan kajian tentang "Pengaruh Putaran Dan Kecepatan Tool Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Tumpul Las FSW Tak Sejenis Antara AL 2024-T3 Dengan AL 1100". Pada penelitian tersebut menggunakan kecepatan rpm tools: 1450 rpm, 1850 rpm dan 2250 rpm dengan kecepatan maju 6 mm/min dan 12 mm/min. Sudut kemiringan tool 2°. Hasil pengujian tarik diperoleh bahwa ultimate strength untuk pengelasan dengan kecepatan tools 1850 rpm dan kecepatan maju 6 mm/min adalah 120,31 Mpa. Untuk pengeasan dengan kecepatan tools 2250 rpm dan kecepatan maju 6 mm/min adalah 105,1. dapat disimpulkan bahwa hasil dari pengelasan dengan kecepatan tools 1850 rpm dan kecepatan maju 6 mm/min memiliki kekuatan tarik yang tinggi. [1]

Penelitian sebelumnya juga melakukan pengamatan hasil pengujian dan mikrostruktur tentang "Pengaruh RPM dan Diameter Pin Tool Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Hasil Pengelasan Friction Stir Welding (FSW) Single Side Pada Aluminium 5083". penelitian tersebut menggunakan perbandingan diameter pin tools 8 mm, 9 mm dan 10 mm. Pada variasi 8 mm

diperoleh Hasil pengujian tarik sebesar 127,73 Mpa. Hasil uji impak sebesar 0,085 J/mm<sup>2</sup>. Pada variasi 9 diperoleh hasil uji tarik sebesar 137,52 MPa dan hasil uji impak 0,073 J/mm<sup>2</sup>. sedangkan variasi 10 mm nilai uji tariknya 145,96 Mpa dan impak 0,076 J/mm<sup>2</sup>. Dari hasil pengamatan struktur mikro diperoleh kesimpulan bahwa penyebaran dan perubahan struktur yang serupa pada tiap-tiap bagian. Pada variasi 8 mm memiliki kekerasan yang lebih baik diantara semua variasi. Pada variasi 10 mm memiliki keuletan yang lebih baik dari semua variasi. Dan pada variasi 9 mm lebih terlihat stuktur yang hampir berimbang baik di wilayah Base Metal, HAZ maupun daerah stir zone. [2]

Penelitian sebelumnya telah dilakukan kajian tentang "Analisa Pengaruh Putaran Spindel 800 Rpm Dan 1250 Rpm Pada Sambungan Fe-Al Dengan Menggunakan Metode Fsw (Friction Stir Welding) Double Track". Penelitian tersebut melakukan pengelasan *dissimilar* antara Fe dan Al dengan ketebalan material 2 mm menggunakan metode friction stir welding. Sudut kemiringan tool 1°. Hasil pengujian tarik menunjukkan pengelasan dengan putaran spindel 800 rpm memiliki hasil yang lebih baik dari pada pengelasan dengan putaran spindel 1250 rpm. [3] untuk meningkatkan kualitas sambungan las dilakukan studi eksperimen pada sudut kemiringan tool (tilt). Sudut kemiringan divariasikan untuk diamati temperatur yang terjadi saat proses pengelasan. Hasil penelitian menunjukkan temperatur sisi depan tool memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan sisi bagian belakang tool.[7]

Kecepatan pengelasan menjadi parameter yang sering diteliti. Pada penelitian ini akan di kaji pengaruh laju pengelasan dalam pengelasan friction stir welding tanpa merubah sudut kemiringan tool. Perubahan kecepatan pengelasan.

## 2. BAHAN DAN METODE

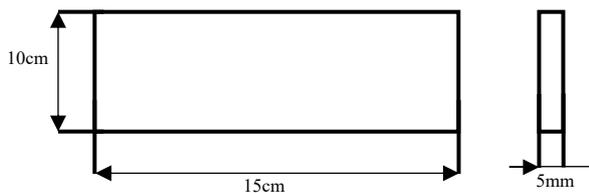
### 2.1. Peralatan dan Bahan

Proses FSW menggunakan mesin milling vertical Dahlih model SM7VH. Mesin ini dilengkapi dengan motor penggerak dengan arah 5 axis. RPM spindle yang mencapai 3000 memungkinkan untuk digunakan dalam proses FSW. System otomatis yang memudahkan dalam menggerakkan meja sehingga data yang diperoleh bisa akurat. Alat bantu kikir, mesin potong, kikir, ragum di gunakan dalam proses persiapan base metal.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin

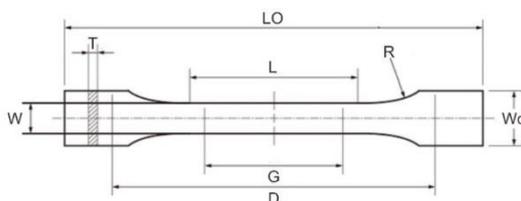
Spesifikasi mesin milling	
Tahun	1999
Nomer seri	96009
Buatan	Taiwan
Daya motor	5 hp (3.7 kw)
V	220/380
f	50/60 Hz
N (max)	1720
I	14.3 A

Aluminium dipilih sebagai bahan penelitian. Penyambungan Aluminium memungkinkan dilakukan dengan FSW. Aluminium dalam bentuk plat dipotong dengan dimensi panjang 15 cm dan lebar 10 cm dengan tebal 5 mm gambar 1. Plat aluminium dipotong sesuai dengan ukuran spesimen uji Tarik. Tool yang digunakan pada penelitian ini adalah tool milling jenis hss. Tool yang bagian ujung dibubut untuk dibuat pin.[4]



Gambar 1. Dimensi base metal

dimensi specimen uji tarik sambungan las berdasarkan pada standard pengujian ASTM E 8M – 00b yang ditunjukkan pada gambar 2. Pengumpulan data diperoleh dari buku jurnal, modul maupun artikel melalui internet. dari informasi tersebut kita dapat mempelajari karakter dari hasil pengelasan. Mulai dari proses pengelasan FSW hingga menganalisa hasil pengelasan. Setelah pengelasan dilakukan spesimen akan di uji Tarik.



Gambar 2 Spesimen Uji Tarik

Tabel 2. Spesifikasi Spesimen

Keterangan	
W–Width of narrow section	: 13 mm
L–Length of narro section	: 57 mm
WO–Width overall	: 19 mm
LO–Length overall	: 165 mm
G–Gage length	: 50 mm
D–Distance between grips	: 115 mm
R–Radius of fillet	: 76 mm
T–Thickness	: 10 mm

Friction Stir Welding (FSW) merupakan proses penyambungan dua material logam maupun non logam tanpa melewati titik lebur benda kerja. penggunaan untuk aplikasi dimana kebutuhan akan perubahan karakteristik dasar dari benda kerja bisa diminimalisir sekecil mungkin. Dalam FSW, tool berputar dan bergerak dengan kecepatan konstan sepanjang jalur sambungan antara dua material yang dilas.

Gesekan panas (Frictional Heat) pada FSW dihasilkan dari gesekan antara pin/probe dan shoulder welding tool dengan material benda kerja. Panas ini bersamaan dengan panas yang dihasilkan dari proses pengadukan mekanik (mechanical mixing). Proses mixing ini akan menyebabkan daerah material yang berhubungan dengan pin dan shoulder akan melunak tanpa melewati titik leburnya (Melting Point). hal inilah yang memungkinkan tool pengelasan bisa bergerak sepanjang jalur pengelasan. Gambar 3 menunjukan mekanisme FSW dimana Tool FSW yg telah menyentuh benda kerja.



Gambar 3 mekanisme pengelasan

**2.2. Persamaan Dasar**

Pengujian tarik merupakan suatu pembebanan pada benda dengan memberikan gaya yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah. Pengujian ini untuk mengetahui sifat-sifat mekanik logam dan paduannya. Proses terjadinya deformasi pada bahan hingga putus dapat dievaluasi melalui tahapan pembebanan tarik. Hasil pengukuran dari pengujian tarik adalah kurva yang memberikan hubungan gaya yang dipergunakan yang dialami spesimen.

Uji Tarik menunjukan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum material patah. Untuk mendapatkan nilai tegangan digunakan persamaan berikut :

$$s=R/A_0 \tag{1}$$

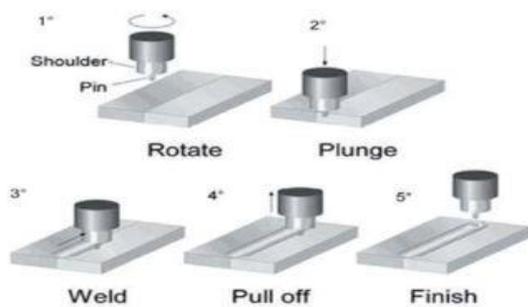
untuk mendapatkan nilai regangan menggunakan persamaan berikut:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \tag{2}$$

Proses pengelasan menggunakan mesin frais milling universal. Proses pengelasan diawali dengan merubah bentuk tool dengan mesin bubut.

- Diameter tool 12mm
- Diameter pin 1mm
- Panjang tool 70mm
- Panjang pin 2mm

Rpm mesin di atur pada 2000 rpm, sedangkan laju pengelasan 50 mm/menit, 100 mm/menit dan 200 mm/menit. Ilustrasi proses pengelasan ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 ilustrasi FSW

Mesin berputar dengan kecepatan 2000 RPM. Tools yang dalam keadaan berputar di

tekan hingga bagian tools hingga pin seluruhnya masuk dalam spesimen dan bahu tool bergesekan dengan spesimen.

Setelah tools melakukan penetrasi pada spesimen, meja kerja bergerak secara berulang dengan kecepatan tiga variasi kecepatan pengelasan 50 mm/menit, 100 mm/menit, dan 200 mm/menit.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1. Pembuatan Spesimen**

Setelah mendapatkan plat yang sudah tersambung dalam bentuk lembaran, kemudian pelat dipotong menjadi beberapa bagian sesuai dengan jumlah variasi. Pelat dipotong menjadi 6 bagian dengan rincian 3 lembar untuk 1 variasi kecepatan pengelasan. Dimensi spesimen menyesuaikan spesimen uji Tarik.

**3.2. Hasil Pengujian Tarik**

Plat yang telah dibentuk menjadi spesimen uji selanjutnya di uji. Hasil pengujian Tarik tersaji pada tabel 3.1.

**Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik**

Laju Pengelasan	Tensile Strength MPa
Base Metal	61.38
50 mm/min	67.66
100 mm/min	47.26
200 mm/min	42.36



Gambar 4 Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian Tarik menunjukan hasil yang menurun. nilai kekuatan Tarik tertinggi pada hasil pengelasan FSW ditunjukkan pada laju pengelasan 70 mm/min yaitu sebesar 67,66 MPa. Sedangkan nilai kekuatan Tarik terendah ditunjukkan pada laju pengelasan 200 mm/min

yaitu sebesar 42,36. Masalah yang sering terjadi pada Friction Stir Welding adalah suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah pada stir zone. Karena bila panas yang berlebihan akan merugikan sifat akhir lasan karena adanya perubahan karakteristik logam dasar material.[5] Namun jika material tidak cukup panas maka arus pelunakan tidak akan optimal sehingga dimungkinkan akan terjadi cacat rongga atau cacat lain pada stir zone.[6] Laju pengelasan yang rendah dan RPM tool yang tinggi secara umum menghasilkan kekuatan Tarik yang tinggi disamping factor lainnya. laju pengelasan merupakan salah satu variable pengelasan yang perlu diperhatikan.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian Tarik yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan semakin cepat laju pengelasan semakin turun kekuatan Tarik sambungan las. Hal ini disebabkan kurangnya heat input yang masuk ke material. Kurangnya heat input menyebabkan solidifikasi antara material yang disambung kurang maksimal. Solidifikasi yang kurang maksimal meningkatkan porositas sehingga kekuatan mekanik sambungan menjadi turun.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada universitas Borneo Tarakan selaku penyandang dana penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hariyanto, Pengaruh Putaran dan Kecepatan Tool Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Tumpul Las FSW Tak Sejenis Antara AL 2024-T3 dengan AL 1100. Jurnal : Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, 2010.
- [2] Riyadi M.R. Dkk., Pengaruh RPM dan Diameter Pin Tool Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Hasil Pengelasan Friction Stir Welding (FSW) Single Side Pada Aluminium 5083. Jurnal : Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. 2019
- [3] Setiawan A., Analisa Pengaruh Kecepatan Putar Spindel 800 RPM dan 1250 RPM

- Pada Sambungan Fe-Al dengan Metode FSW (Friction Stir Welding) Double Track. Skripsi : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2018
- [4] Nurhafid A. Dkk., Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Aluminium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding. Jurnal : Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. 2017
  - [5] Wijayanto, Jarot dkk, Friction Stir Welding/FSW pada Paduan Aluminium Seri 6061 dan 2024, Yogyakarta: IST AKPRIND
  - [6] Anelis A., 2010, "Pengaruh Feed Rate Terhadap Sifat Mekanik Pengelasan Friction Stir Welding Alumunium 6110", Skripsi Teknik Mesin, Yogyakarta: IST AKPRIND
  - [7] S. Verma, Meenu, J.P. Misra., 2017, "Study on temperature distribution during Friction Stir Welding of 6082 aluminum alloy", Proceeding, Dept. of Mechanical Engineering, National Institut of Technology kurukshetra, India
  - [8] Kush P. Metha, Vishvesh J. Badheka., 2015," Effects of Tilt Angle on the Properties of Dissimilar Friction Stir Welding Copper to Aluminum", Materials and Manufacturing Processes