

# Analisa pengaruh putaran spindel pada *friction welding* terhadap *tensile strength* Alumunium A6061

Teuku Haikal Derniawan, Nurdin, Fakhriza  
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Lhokseumawe, 24301, Indonesia  
Email : teukuhaikalderniawan@gmail.com

## Abstrak

Proses pengelasan dengan metode las gesek menggunakan energi gesek yang berubah menjadi panas untuk menyambung dua buah logam. Proses pengelasan yang terjadi pada permukaan sentuh kedua logam menghasilkan luasan pengelasan yang lebih besar dibandingkan dengan metode pengelasan lain yang luasan pengelasannya hanya berada pada tepian kontak logam yang disambung. Dengan adanya luasan pengelasan yang berada pada seluruh permukaan bidang yang disambung, maka memungkinkan jenis sambungan las gesek untuk menerima beban puntir yang lebih besar, sehingga pada penerapannya las gesek sangat sesuai untuk digunakan pada proses penyambungan poros maupun bahan logam yang memiliki profil berbentuk lingkaran. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh putaran spindel pada *friction welding* terhadap sifat mekanik sambungan pengelasan Alumunium A6061. Sifat mekaniknya meliputi uji kekuatan tarik dengan variasi putaran spindle pada mesin bubut menggunakan material alumunium 6061. Berdasarkan hasil pengujian tarik pada 1500 rpm dimana tegangan maksimum pada sampel A1 sebesar 8,88 Kgf/mm<sup>2</sup>, sampel A2 8,83 Kgf/mm<sup>2</sup> dan sampel A3 10,83 Kgf/mm<sup>2</sup>. Dan pada putaran 2500 rpm dimana kekuatan tarik pada sampel B1 sebesar 10,73 Kgf/mm<sup>2</sup>, sampel B2 11,26 Kgf/mm<sup>2</sup> dan sampel B3 8,20 Kgf/mm<sup>2</sup>. Dari hasil pengujian tarik diperoleh kekuatan sambungan alumunium 6061 yang di sambungkan dengan metode *friction welding* yaitu dengan kekuatan luluh tertinggi 5,8 kg/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik maximal 11,26 kg/mm<sup>2</sup>, dan kekuatan tarik raw material nya 12,6 kgf/mm<sup>2</sup>, kekuatan tarik raw material dan material setelah *friction welding* hanya berbeda tipis.

**Kata Kunci:** *Friction Welding*, Alumunium 6061, variasi putaran, kekuatan tarik.

## Abstract

The welding process using the friction welding method uses friction energy which turns into heat to join two metals. The welding process that occurs on the touch surface of the two metals results in a larger welding area compared to other welding methods where the welding area is only at the contact edge of the metal being joined. With the welding area that is on the entire surface of the joined plane, it allows this type of friction welding joint to accept a greater torsional load, so that in its application friction welding is very suitable for use in the process of joining shafts and metal materials that have circular profiles. The purpose of this study was to determine the effect of spindle rotation on friction welding on the mechanical properties of welding joints on Aluminum 6061 material. Its mechanical properties include a tensile strength test, with variations in spindle rotation on a lathe using 6061 aluminum material. Based on the results of the tensile test at 1500 rpm where the maximum stress on the A1 sampel is 8.88 Kgf/mm<sup>2</sup>, A2 sampel 8.83 Kgf/mm<sup>2</sup> and sampel A3 10.83 Kgf/mm<sup>2</sup>. And at 2500 rpm where the tensile strength of the B1 sample is 10.73 Kgf/mm<sup>2</sup>, the B2 sampel is 11.26 Kgf/mm<sup>2</sup> and the B3 sampel is 8.20 Kgf/mm<sup>2</sup>. From the results of the tensile test, it was obtained that the strength of the 6061 Aluminium joint by the friction welding method was the highest yield strength of 5.8 kg/mm<sup>2</sup> and a maximum tensile strength of 11.26 kg/mm<sup>2</sup>, and the raw material tensile strength was 12.6 kgf/mm<sup>2</sup>, the tensile strength of raw material and material after friction welding differs only slightly.

**Keywords:** *Friction Welding*, Aluminum 6061, rotation variation, tensile strength.

## 1 Pendahuluan

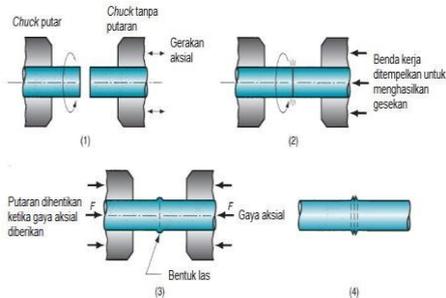
Metode las gesek (*friction welding*) merupakan metode baru dalam proses pengelasan. Seperti halnya pengelasan pada umumnya, proses pengelasan dengan metode las gesek menggunakan energi gesek yang berubah menjadi panas untuk menyambung dua buah logam. Jenis metode tersebut memiliki sumber energi panas yang dihasilkan oleh gesekan bahan yang disambung. Di mana dua bahan

logam baik sejenis maupun tidak sejenis diberikan gaya mekanik berupa gerakan gesekan (yang disertai dengan penekanan)[1].

### 1.1 *Friction Welding*

*Friction welding* adalah proses pengelasan *solid-state* di mana penggabungan diperoleh dari kombinasi panas akibat gesekan dan tekanan. Gesekan biasanya terjadi pada dua

permukaan benda kerja yang berputar relatif satu dengan yang lain untuk meningkatkan suhu kedua permukaan benda kerja tersebut. Suhu yang dicapai biasanya berkisar antara suhu pengerjaan panas. Kedua benda kerja selanjutnya didekatkan dengan gaya yang pas untuk membentuk ikatan secara metalurgi[1], [2].



**Gambar 1.** Proses *friction welding*

## 1.2 Dasar-dasar Pemilihan Bahan

Setiap perencanaan rancang bangun memerlukan pertimbangan bahan, agar bahan yang digunakan sesuai dengan yang direncanakan. Hal-hal penting dan mendasar harus diperhatikan dalam pemilihan bahan [3]

### 1. Sifat Mekanis Bahan

Dalam merencanakan suatu alat, haruslah terlebih dahulu mengetahui sifat mekanis bahan sehingga dapat mengetahui beban, tegangan dan gaya yang terjadi.

### 2. Sifat fisis bahan

Untuk menentukan bahan apa yang digunakan kita juga harus mengetahui sifat fisisnya. Sifat fisis bahan adalah kekerasan, ketahanan terhadap korosi, titik leleh, dan lain-lain.

### 3. Sifat teknis bahan

Kita harus mengetahui juga sifat teknis bahan, agar dapat diketahui bahan material yang kita gunakan dapat di kerjakan dengan permesinan atau tidak.

### 4. Mudah di dapatkan di pasar

Kita harus menentukan bahan yang akan kita gunakan terlebih dahulu apakah mudah didapat atau sulit.

### 5. Murah harganya

Harganya juga sangat menentukan bahan apa yang kita gunakan sesuai dengan kebutuhan.

## 1.3 Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik[4]. Kebanyakan aluminium digunakan untuk peralatan rumah tangga, tetapi aluminium juga digunakan sebagai material untuk pembuatan pesawat terbang, mobil, kapal laut dan konstruksi. Penambahan unsur Cu, Mg, Si, Mn, Zn, atau SI dalam

paduan aluminium ditujukan untuk menambah sifat mekanik atau fisik sehingga didapat sifat-sifat yang lain, seperti koefisien pemuaian rendah, ketahanan aus dan lain sebagainya

## 1.4 Pengujian Hasil Pengelasan

Pengujian tarik adalah suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta pertambahan panjang yang di alami oleh bahan tersebut. Pada uji tarik kedua ujung benda uji di jepit, salah satu di hubungkan dengan perangkat penegang[5].

Regangan diterapkan melalui kepala silang yang digerakkan motor dan alongnasi benda uji, dengan pergerakan relative dari benda uji. Beban diperlukan untuk menghasilkan regangan tersebut, ditentukan dari defleksi suatu balok atau proving ring, yang di ukur dengan menggunakan metode hidrolik, optic atau elektro mekanik.

Sebelumnya sudah dilakukan beberapa penelitian tentang *friction welding* terhadap kekuatan sambungan pengelasan untuk mendapatkan parameter pengelasan yang sesuai guna meningkatkan kekuatan sambungan pengelasan[1], [6]–[9]. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh putaran spindle pada *friction welding* terhadap *tensile strength* Aluminium A6061

## 2. Metodologi

Bahan yang akan digukan pada penelitian ini Aluminium A6061. Langkah awal penelitian sebagai berikut:

### 2.1 Pelaksanaan Penelitian

#### 2.1.1. Persiapan Material

Menyiapkan benda uji atau material yang akan di las yaitu aluminium 6061 dengan diameter 16 mm dan panjang 220 mm.

#### 2.1.2. Persiapan Peralatan

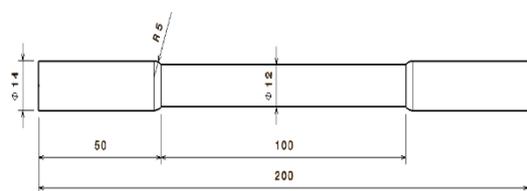
Sebelum proses pengelasan dilakukan, lebih bagus jika kita siapkan dulu alat-alat yang di perlukan seperti, kunci pas, jangka sorong, kunci chuck, kunci chuck bor dan specimen nya.

#### 2.1.3. Langkah-langkah *Friction Welding*

Menyiapkan material aluminium 6061 dengan diameter 16 mm dan panjang 220 mm. Memotong benda kerja menggunakan mesin gergaji. Menyiapkan peralatan kerja mesin bubut seperti, kunci chuck, kunci chuck bor, jangka sorong, dan yang di perlukan lainnya. Memasang material yang akan di las ke dalam sumbu utama / main spindle. Menyetting mesin bubut dan variasi putaran yang di perlukan dengan waktu penekanan selama 120 detik. Melakukan pengelasan *friction welding*.

## 2.2 Proses Pembuatan Spesimen Uji Tarik

Persiapan spesimen uji merupakan langkah awal dari penelitian ini. Pemilihan material spesimen uji dalam penelitian ini adalah Aluminium 6061. Spesimen uji tarik standar ASTM E-8 dapat dilihat pada gambar 2 [10]



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Proses Friction Welding

Pada awal percobaan proses *friction welding* penulis mencoba melakukan proses penyambungan *friction welding* menggunakan mesin bubut dengan putaran mesin 2500 rpm, pada benda uji pertama penulis mengalami kendala pada saat proses penyambungan dengan 2500 rpm dengan waktu tekan 120 detik, kendalanya adalah benda uji yang di pasang di kepala tetap (*chuck bor*) mengalami kelonggaran di saat penekanan benda uji yang di kepala tetap ke *chuck* yang berputar (*main spindle*), sehingga benda uji yang di ikat di kepala tetap hampir terlepas dengan sendirinya pada proses penyambungan tersebut.



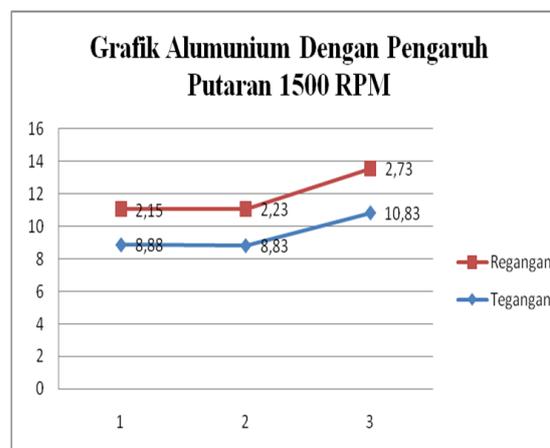
Gambar 3. Benda uji tarik *friction welding* yang tidak center pada penyambungannya

Akibat dari kelonggaran benda uji di kepala tetap tersebut adalah berpengaruh pada penyambungan yang tidak sempurna, seperti yang penulis dapatkan di lapangan yaitu benda uji yang tersambung akibat kelonggaran tersebut adalah tidak center nya sambungan *friction welding* tersebut, apabila benda uji yang di sambung tidak center maka benda uji tersebut tidak akan bisa di bubut untuk dijadikan spesimen pengujian tarik, karena jika benda yang tidak center tersebut di paksa untuk di bubut maka benda uji tersebut akan langsung patah.

### 3.2 Data Hasil Kekuatan Tarik

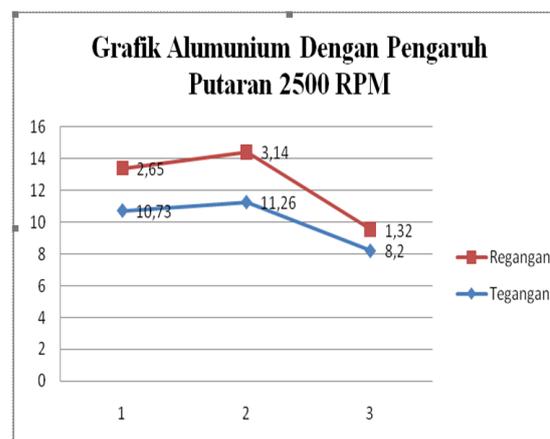
Salah satu cara untuk mengetahui sifat mekanik material adalah dengan cara melakukan pengujian tarik atau *tensile test*. Pengujian tarik akan menampilkan kekuatan material sehingga bisa

merancang suatu konstruksi sesuai dengan karakteristik material. Dari pengujian tarik akan di peroleh benda kerja putus karena proses penarikan, Juga dihasilkan sebuah kurva uji tarik antara tegangan dan regangan.



Gambar 4. Tegangan pada putaran 1500 rpm

Berdasarkan grafik diatas, pada sampel uji A (1500 rpm) dengan waktu penekanan pada sampel selama 2 menit, sampel yang digunakan ada 3 sampel (A1,A2,A3), dimana tegangan maksimum pada sampel A1 sebesar 8,88 Kgf/mm<sup>2</sup>, sampel A2 8.83 Kgf/mm<sup>2</sup> dan sampel A3 10,83 Kgf/mm<sup>2</sup>, berdasarkan hasil ke 3 sampel tersebut, pada sample 1 dan ke 2 nilai kekuatan tarik yang didapati sama tetapi pada sample yang ke 3 didapati hasil kekuatan tarik yang dialami lebih tinggi dari 2 sample sebelumnya, dengan selisih 2 kgf lebih besar dari sample sebelumnya, dengan kata lain sampel A3 memiliki kekuatan tarik yang paling besar di antara ketiga sample tersebut. Pada hasil patahan pada putaran 1500 Rpm material *friction welding* mengalami patah getas ditandai penjalaran retak yang lebih cepat dibanding patah ulet dengan penyerapan energy yang lebih sedikit, serta hampir tidak disertai oleh deformasi plastis. Permukaan patahan pada komponen yang mengalami patah getas terlihat mengkilap, granular dan relative rata.



Gambar 5. Tegangan pada putaran 2500 rpm

Berdasarkan grafik diatas, pada sampel uji B (2500 rpm) dengan waktu penekanan pada sampel selama 2 menit, sampel yang digunakan ada 3 sampel (B1,B2,B3), dimana kekuatan tarik pada sampel B1 sebesar 10,73 Kgf/mm<sup>2</sup>, sampel B2 11,26 Kgf/mm<sup>2</sup> dan sampel B3 8,20 Kgf/mm<sup>2</sup>, berdasarkan hasil ke 3 sampel tersebut, pada sample 1 dan ke 2 nilai kekuatan tarik yang didapati hampir sama tetapi pada sample yang ke 3 didapati hasil kekuatan tarik yang dialami lebih rendah dari 2 sample sebelum nya, dengan selisih 3,06 kgf lebih rendah dari sample sebelum nya, dengan kata lain sampel B3 memiliki kekuatan tarik yang paling rendah di antara ketiga sample tersebut. Pada hasil patahan pada putaran 2500 Rpm material *friction welding* mengalami patah getas ditandai penjaralan retak yang lebih cepat dibanding patah ulet dengan penyerapan energy yang lebih sedikit, serta hampir tidak disertai oleh deformasi plastis. Permukaan patahan pada komponen yang mengalami patah getas terlihat mengkilap, granular dan relative rata.

### 3.3 Hasil Patah Uji Tarik



**Gambar 6.** Patahan spesimen uji pada 2500 Rpm



**Gambar 7.** Patahan spesimen uji pada 1500 Rpm

Hasil patahan hasil uji tarik spesimen las gesek (*Friction Welding*) pada putara mesin 1500 Rpm dan 2500 Rpm memperlihatkan bahwa patahan yang terjadi pada spesimen tersebut adalah patahan getas. Patah getas merupakan fenomena patah pada material yang diawali terjadinya retakan secara cepat di bandingkan patah ulet tanpa deformasi plastis terlebih dahulu dan dalam waktu yang singkat. Dalam kehidupan nyata, peristiwa patah getas di nilai lebih berbahaya dari patah ulet, karena terjadi tanpa disadari begitu saja.

Ciri-ciri patahan getas adalah permukaan nya berbentuk granular, berkilat dan memantulkan cahaya. Terjadi secara tiba-tiba tanpa ada deformasi plastis terlebih dahulu sehingga tidak tampak gejala-gejala material tersebut akan patah. Tempo terjadinya lebih cepat. Bidang patahan relatif tegak lurus terhadap tegangan tarik. Tidak ada reduksi luas penampang patahan, akibat adanya tegangan multiaksial. Pada umum nya terjadi pada temperature rendah. Memerlukan energy perpatahan yang relative kecil.

### 4. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian tentang pengaruh putaran spindel pada *friction welding* terhadap *tensile strength* aluminium 6061, dapat disimpulkan bahwa Proses penyambungan aluminium 6061 berhasil dilakukan dengan proses *friction welding*. Dari hasil pengujian tarik pada material aluminium 6061 terhadap proses *friction welding* adalah terjadinya patah getas, patahan getas ditandai dengan permukaan patah yang berbutir *granular* dan terang serta ditandai dengan peramatan retak yang cepat dan adanya energi pembebanan yang relatif lebih kecil dari pada perpatahan ulet. Dari hasil pengujian tarik di putaran 1500 Rpm didapati nilai kekuatan tarik maksimum 10,83 kgf/mm<sup>2</sup>, Dan di putaran 2500 Rpm didapati nilai kekuatan tarik maksimum 11,26 kgf/mm<sup>2</sup>. Dari hasil pengujian tarik diperoleh kekuatan sambungan aluminium 6061 yang di sambungkan dengan metode *friction welding* yaitu dengan kekuatan luluh tertinggi 5.8 kg/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik maksimal 11.26 kg/mm<sup>2</sup>.

### Referensi

- [1] N. Husodo, B. L. Sanyoto, S. B. Setyawati, and M. Mursid, "Penerapan teknologi las gesek (*friction welding*) dalam rangka penyambungan dua buah logam baja karbon St41 pada produk back spring pin," *J. Energy dan Manufaktur*, vol. 6, no. 1, pp. 1–94, 2013.
- [2] B. L. Sunyoto, "Penerapan Teknologi Las Gesek (*Friction Welding*) Dalam Proses Penyambungan Dua Buah Pipa Logam Baja Karbon Rendah." 2017.
- [3] S. Kiyokatsu, "Sularso, 1997," *Dasar Perencanaan dan Elem. Mesin, PT Pradya Paramita Jakarta, Cetakan*, vol. 9, 1997.
- [4] A. K. Lakshminarayanan, V. Balasubramanian, and K. Elangovan, "Effect of welding processes on tensile properties of AA6061 aluminium alloy joints," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 40, no. 3–4, pp. 286–296, 2009.
- [5] A. Azwinur, S. Syukran, and H. Hamdani, "KAJI SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN LAS BUTT WELD DAN DOUBLE LAP JOINT PADA MATERIAL BAJA KARBON RENDAH," *SINTEK J. J. Ilm.*

- Tek. Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 9–16, Jun. 2018, doi: 10.24853/SINTEK.12.1.9-16.
- [6] L. Zhou *et al.*, “New technique of self-refilling friction stir welding to repair keyhole,” *Sci. Technol. Weld. Join.*, vol. 17, no. 8, pp. 649–655, 2012.
- [7] P. K. Rana, R. G. Narayanan, and S. V Kailas, “Friction stir spot welding of AA5052-H32/HDPE/AA5052-H32 sandwich sheets at varying plunge speeds,” *Thin-Walled Struct.*, vol. 138, pp. 415–429, 2019.
- [8] I. Sukmana, “Pengaruh waktu kontak terhadap kualitas sambungan hasil las gesek (Friction Welding) Magnesium AZ-31,” *J. Energi dan Manufaktur*, vol. 10, no. 1, pp. 4–7, 2017.
- [9] A. Setiawan, Y. S. Irawan, and A. Purnowidodo, “Pengaruh Temperatur Pelat Landasan Selama Proses Friction Stir Welding Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Lembaran HDPE,” *J. Rekayasa Mesin Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 3, p. 130180, 2011.
- [10] ASTM. E8/E8M, *Standart Test Methods for Tension Testing of Metallic Material*. West Conshohocken, United States: American Society for Testing Methods, 2009.