

Studi Pengaruh Gerak *Voeding* Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Impak Sambungan *Friction Stir Welding (Fsw)* Pada Aluminium Paduan

Fans Onana Momow^{*1}, Wartono², Rivan Mufidin³

Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : Wartono@itny.ac.id

ABSTRAK

Friction Stir Welding (FSW) adalah proses pengelasan memanfaatkan panas akibat putaran dari tool yang bergesekan dengan logam induk di bawah tekanan aksial yang besar pada daerah pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi gerak *voeding* (*feed rate*) terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada sambungan logam sejenis yaitu Aluminium paduan dengan ketebalan 3 mm. Proses FSW menggunakan mesin *milling* dengan jenis sambungan *las butt joint*. Kecepatan putaran konstan *tools* sebesar 910 rpm. Sudut kemiringan *tools* adalah 2°. Variasi parameter gerak *voeding* (*feed rate*) adalah 120 mm/menit dan 180 mm/menit. Metode penelitian dilakukan pada pelat berbahan aluminium 6xxx dengan ukuran 300 x 100 x 3 mm. Mesin yang digunakan yaitu mesin *milling CNC* merek Aciera. Desain *tools* tersebut adalah Panjang 115 mm, diameter 20 mm, dan tinggi pin 2,6 mm. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi, struktur mikro dan makro, pengujian Tarik, dan pengujian impak. Hasil pengujian komposisi menunjukkan bahwa Al mempunyai komposisi aluminium (Al) sebesar 98,27%. Selain aluminium terdapat unsur magnesium (Mg) yang mendominasi sebesar 0,412%. Dan unsur silikon (Si) sebesar 0,609%. Dan hasil dari pengujian tarik pada spesimen *raw material* diperoleh nilai tegangan tarik sebesar 338,9 MPa. Setelah *friction stir welding* dikedua variabel gerak *voeding* memperoleh nilai tegangan tarik tertinggi pada variabel gerak *voeding* V2 = 180 mm/menit yaitu 200,8 MPa. Dan nilai tegangan Tarik terendah pada gerak *voiding* V1=120 mm/menit yaitu 191,8. Kemudian hasil pengujian impak pada spesimen *raw material* diperoleh harga impak yang rendah yaitu sebesar 0,32 J/mm². Setelah *friction stir welding* dari kedua variabel gerak *voeding* menunjukkan harga impak tertinggi pada variabel gerak *voeding* V2 = 180 mm/menit sebesar 0,39 J/mm², kemudian harga impak menurun pada gerak *voeding* V1=120 mm/menit sebesar 0,35 J/mm².

Kata kunci: *Friction Stir Welding, feed rate, kekuatan tarik, impak.*

Abstract

Friction Stir Welding (FSW) is a welding process utilizing heat due to rotation of the tool rubbing against the base metal under high axial pressure in the welding area. This study aims to determine the effect of variations in *voeding* motion (*feed rate*) on the mechanical properties and microstructure of similar metal joints, namely aluminum alloy with a thickness of 3 mm. The FSW process uses a milling machine with a butt joint type of welding connection. The constant rotation speed of the tool is 910 rpm. The tilt angle of the tools is 2°. The *voeding* motion parameter variation (*feed rate*) is 120 mm/min and 180 mm/min. The research method was carried out on a 6xxx aluminum plate with a size of 300 x 100 x 3 mm. The machine used is Aciera brand CNC milling machine. The design tools are 115 mm long, 20 mm in diameter, and 2.6 mm high pin. The tests carried out are composition testing, micro and macro structure, tensile testing, and impact testing. The results of the composition test show that Al has an aluminum (Al) composition of 98.27%. In addition to aluminum, there is an element of magnesium (Mg) which dominates at 0.412%. And the element silicon (Si) is 0.609%. And the results of the tensile test on the raw material specimen obtained a tensile stress value of 338.9 MPa. After *friction stir welding*, the two *voeding* motion variables obtained the highest tensile stress value for the *voeding* motion variable V2 = 180 mm/minute, which is 200.8 MPa. And the lowest tensile stress value in the *voiding* motion V1 = 120 mm/minute is 191.8. Then the results of impact testing on raw material specimens obtained a low impact price of 0.32 J/mm². After *friction stir welding* of the two *voeding* motion variables, the highest impact value on the *voeding* motion variable V2 = 180 mm/minute is 0.39 J/mm² then the impact value decreases on the *voeding* motion V1 = 120 mm/minute of 0.35 J/mm².

Keywords: *Friction Stir Welding, feed rate, tensile strength, impact.*

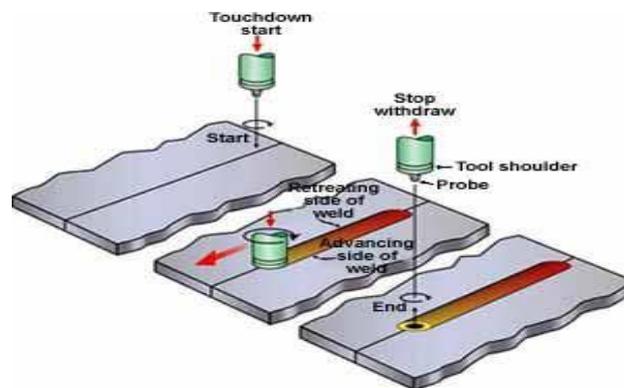
1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur di era sekarang dihadapkan pada tuntutan yang cukup berat. Peningkatan akan kualitas dan kuantitas serta persaingan industri yang ketat menuntut kebutuhan akan teknik baru yang bisa mengakomodir semua tuntutan. Teknik pengelasan banyak diaplikasikan dalam proses penyambungan karena karakteristiknya yang lebih ringan dan prosesnya yang relatif sederhana, sehingga biaya yang diperlukan relatif lebih murah.

Aluminium adalah penghantar panas yang baik serta mempunyai titik lebur (*melting point*) yang rendah, oleh karena itu sifat mampu las aluminium dinilai kurang baik dibandingkan dengan baja. Salah satu mengatasi permasalahan ini adalah pengelasan *FSW*. Pompi pratrisna dkk, (2016)

Metode *FSW* menghasilkan daerah *Thermomechanic affected zone (TMAZ)* yang lebih kecil dibandingkan dengan pengelasan busur nyala (*fusion welding*). Metode pengelasan ini pun bisa menekan biaya pengelasan menjadi lebih murah karena hanya memerlukan input energi yang rendah, relatif rata, halus, kuat dan tidak berpori dibandingkan hasil pengelasan tradisional. Samping itu potensi kegagalan bisa dikurangi. (Samsi suardi, 2011)

Arif Wibowo, (2018) melakukan proses pengelasan dengan menggunakan variasi temperatur mulai banyak digunakan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari produksi serta untuk meningkatkan kualitas produk. Hal ini mulai menjadi trend di dunia industri seperti pembuatan *taylor welded blanks*, pembuatan chasis, panel pesawat dan lain lain, dan dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Friction Stir Welding (Wijayanto, J., 2012)

Tujuan yang ingin didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

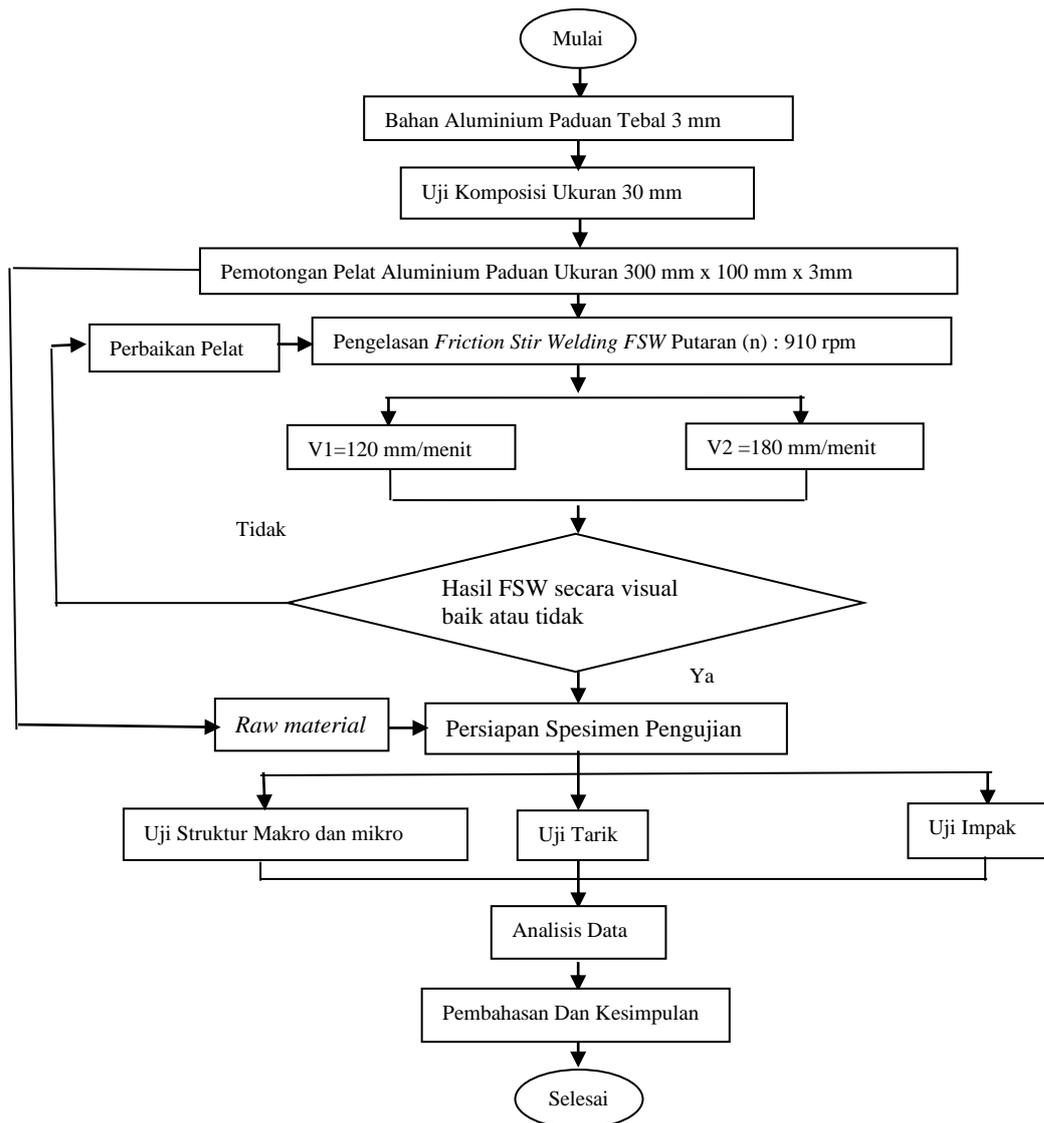
1. Mengetahui perubahan struktur mikro dari hasil pengelasan *FSW* dengan pengaruh gerak *voeding* terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impact
2. Mengetahui kekuatan tarik dan regangannya dari hasil pengelasan *FSW* pada aluminium paduan
3. Mengetahui ketangguhan impact pada pengelasan *FSW* pada aluminium paduan.

2. BATASAN MASALAH

1. Metode pengelasan dengan menggunakan metode *FSW*.
2. Material yang digunakan adalah aluminium paduan dengan tebal 3,0 mm untuk benda uji yaitu: seri 6xxx.
3. Metode pengelasan menggunakan mesin *milling CNC*.
4. Sambungan las menggunakan sambungan *butt joint*.
5. Pencengkaman benda kerja menggunakan ragum meja rata.
6. Pengujian yang dilakukan hanya mencakup tentang analisis kekuatan tarik, dan ketangguhan impact, struktur mikro, dan uji komposisi.
7. Variasi gerak *voeding* 120 mm/menit dan gerak *voeding* 180 mm/menit

2.1 Diagram Alir

Alur penelitian seperti yang ditunjukkan pada diagram alir dibawah (gambar 1)



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Bahan berupa plat strip aluminium paduan dengan ukuran 2500 mm x 1000 mm x 3 mm. Setelah itu bahan tersebut dipotong dengan ukuran 300 mm x 100 mm x 3 mm dengan jumlah potongan sebanyak 8 plat, kemudian pinggir plat yang sudah dipotong diratakan dengan menggunakan mesin frais untuk membentuk kampuh pengelasan yaitu kampuh I.

Tabel 1 Jumlah spesimen

No	Sampel	Jumlah	Keterangan
1	Uji komposisi (30 mm x 30 mm)	1	Spesimen <i>raw material</i>
2	Uji Tarik (100 mm x 10 mm)	9	<i>Raw material</i> = 3 buah Spesimen 120 mm/menit = 3 buah Spesimen 180mm/menit = 3 buah
3	Uji Impak (55 mm x 10 mm)	9	Spesimen <i>raw material</i> = 3 buah Spesimen 120mm/menit = 3 buah spwsimen 180 mm/menit = 3 buah
4	Uji struktur mikro dan makro (10 mm x 18 mm)	3	Spesimen <i>raw material</i> = 1 Spesimen 120 mm/menit = 1 spesimen180mm/menit = 1

2.2 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan maksimal dan regangan dari suatu bahan. Besarnya tegangan maksimal dan regangan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \text{ Kg/mm}^2 \text{ atau (N/mm}^2\text{)}$$

Dimana:

P : Gaya maksimal (Kg) atau (N)

A_0 : Luas penampang semula (mm^2)

σ : Tegangan yang dihitung (Kg/mm^2) atau (N/mm^2)

Regangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \text{ atau } \frac{\Delta L}{L_0} \times 100$$

Dimana:

ε : Regangan

L : Panjang akhir (mm)

L_0 : Panjang awal (mm)

ΔL : Penambahan Panjang (mm)

2.3 Pengujian Impak

Adapun tujuan dari pengujian *impact test* ini adalah sebagai berikut :

- 1). Mengetahui pengaruh beban Impak terhadap sifat mekanik material.
- 2). Mengetahui standar prosedur pengujian impak.
- 3). Mengetahui faktor yang memengaruhi kegagalan material dengan beban impak.
- 4). Mengetahui kemampuan material terhadap beban impak dari berbagai temperatur yang diukur dan besarnya harga impact dapat diketahui Dengan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{W}{A_0}$$

Dimana: K = harga impak (J/mm^2)

W = Usaha untuk mematahkan benda uji (J)

A_0 = Luas penampang dibawah takikan (J/mm^2)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

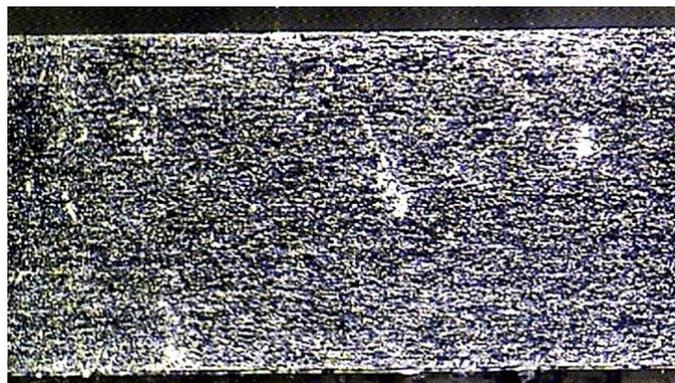
3.1 Uji komposisi kimia

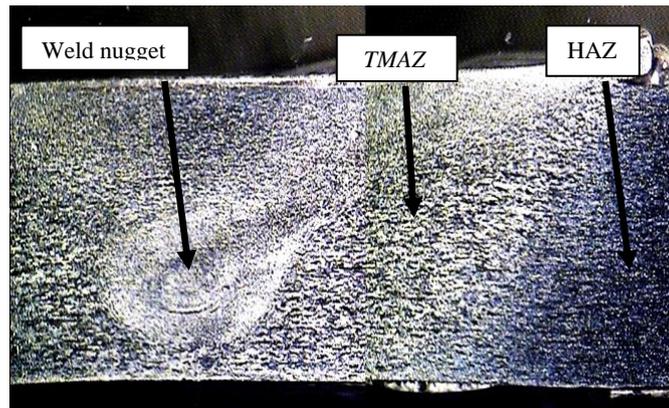
Pengujian komposisi dilakukan kandungan dan besarnya yang terdapat pada suatu logam. Pengujian komposisi dalam penelitian ini untuk mengetahui unsur yang terkandung dalam aluminium seri 6061. Hasil pengujian komposisi kimia pada bahan aluminium yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 2 Komposisi kimia

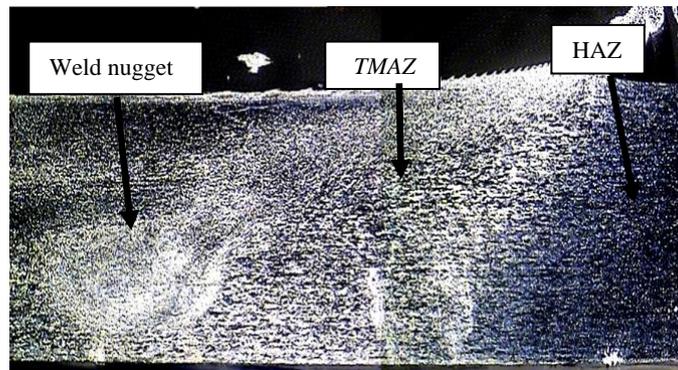
Unsur	%	Standar deviasi
Al	98,27	0,015
Si	0,609	0,0071
Mg	0,412	0,0028
Fe	0,384	0,010
Cr	0,200	0,0062
Cu	0,070	0,0028
Li	<0,300	0,0076
Bi	<0,0010	0,0017
Ni	<0,0050	0,0009
Pb	<0,0050	0,0006
Sn	<0,0050	0,0008
Cd	<0,0050	0,0008
Sr	<0,0040	0,00006
Zn	0,0030	0,00007
Co	<0,0030	0,0011
Zr	<0,0020	0,0003
Ti	0,019	0,0007
Mn	0,012	0,0006
V	0,011	0,0009
B	0,0010	0,00000
Ag	<0,300	0,00010
Ca	0,0010	0,0002

3.2 Hasil Foto Makro dan Mikro

**Gambar 2** Foto makro pembesaran lensa 10 x *Raw material*

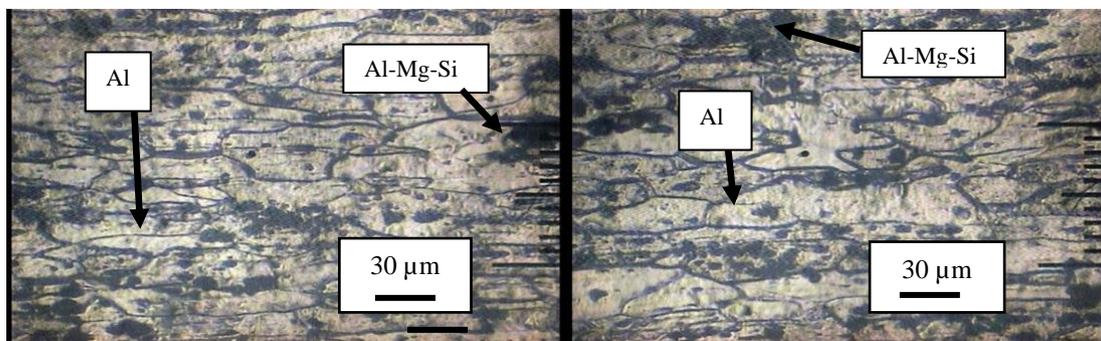


Gambar 3 Foto makro pembesaran lensa 10x ($V1 = 120$ mm/menit)

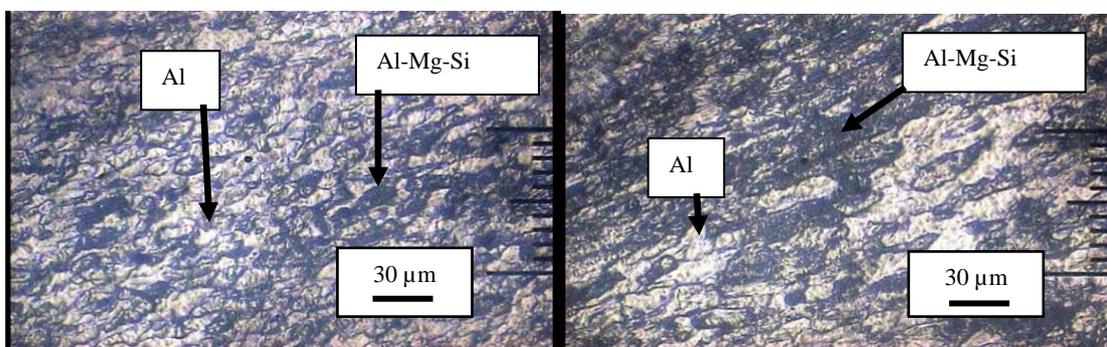


Gambar 4 Foto makro pembesaran lensa 10x ($V2 = 180$ mm/menit)

3.3 Hasil Foto Mikro

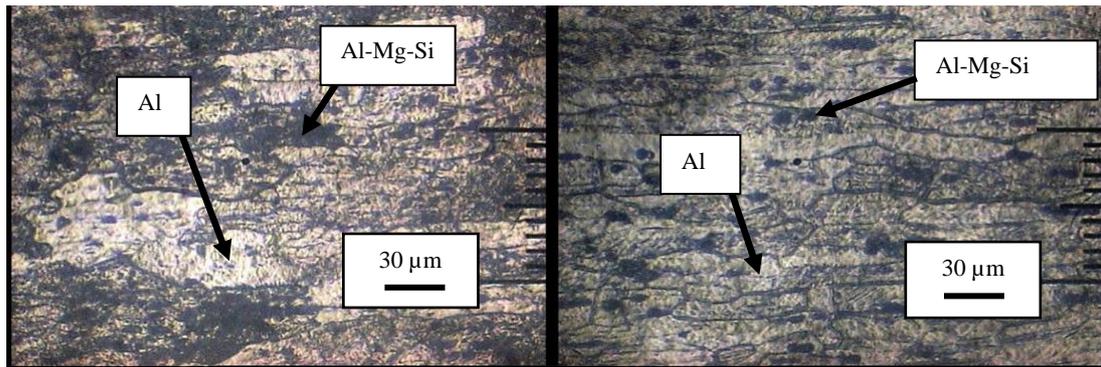


Gambar 5 Struktur mikro *raw material* lokasi A dan G. (Pembesaran 100 x).

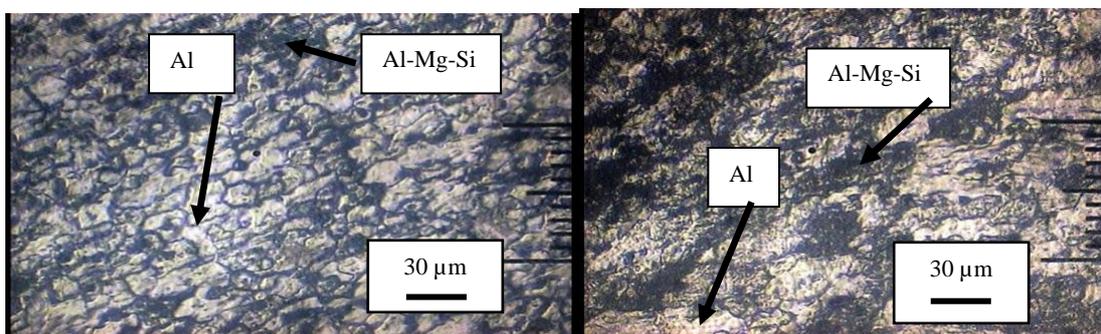


Gambar 6 Struktur mikro $V1 = 120$ mm/menit daerah las dan transisi las HAZ. (Pembesaran 100 x).

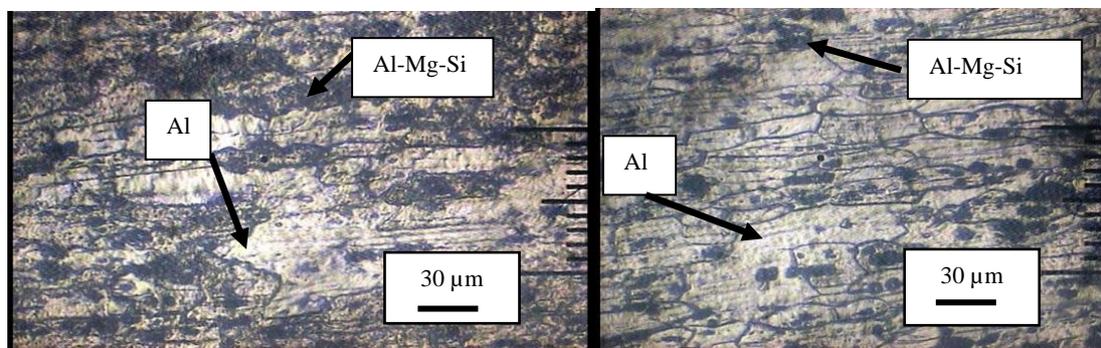
Studi pengaruh gerak voeding terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak sambungan friction stir welding (FSW) pada aluminium paduan (Fans Onana Momow)



Gambar 7 Struktur mikro V1= 120 mm/menit daerah HAZ dan daerah logam induk. (Pembesaran 100 x).



Gambar 8 Struktur mikro V2 = 180 mm/menit daerah HAZ dan daerah transisi las – HAZ. (Pembesaran 100 x).



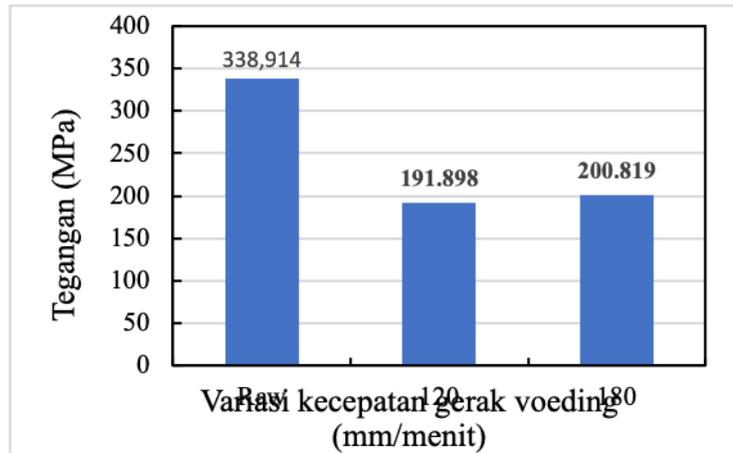
Gambar 9 struktur mikro V2= 180 mm/menit daerah HAZ dan daerah logam induk. (Pembesaran 100 x).

Pada gambar 7. dan 8. Menunjukkan daerah logam las (*weld metal*), daerah logam las terjadi penghalusan butir akibat rekristalisasi. Fasa yang terbentuk α -Al + Al-Si-Mg. Daerah yang berwarna terang merupakan fasa α (aluminium), sedangkan yang berwarna gelap merupakan fasa Al + Mg-Si dengan senyawa aluminium-silikon-magnesium (Al- Si-Mg) yang berbentuk butiran sangat halus pada daerah logam induk. Dengan ukuran butir rata-rata 10 μm . Kristal berbentuk *equiaxed*. (Wartono dan hasta kuntara, 2015)

Material dari *base metal* adalah aluminium seri 6061 yang terdiri dari paduan aluminium magnesium ditambah silicon (Al-Mg-Si), sehingga pada hasil uji foto mikro juga menunjukkan adanya batas-batas *grain boundaries* senyawa magnesium silisida Mg₂Si pada daerah gelap dan Al pada daerah yang terang. (Eko Kristianto. 2017)

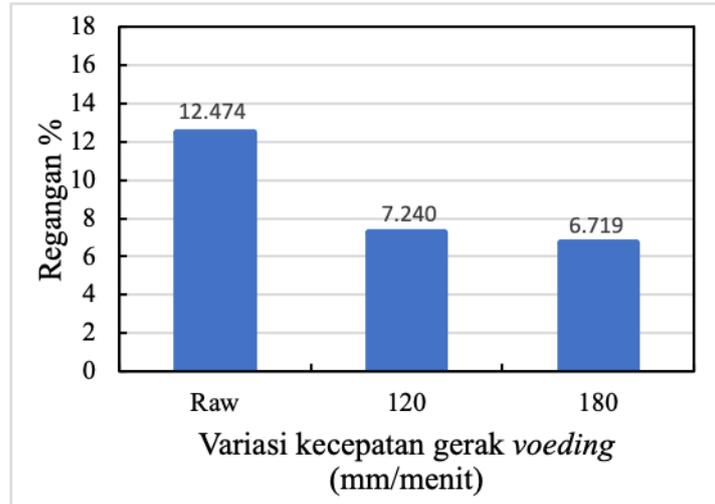
3.3 Hasil uji Tarik

Pengujian Tarik dilakukan untuk mengetahui tegangan maksimal dan regangan suatu bahan.



Gambar 10 Grafik tegangan tarik

Kekuatan tarik dan tegangan luluh terendah pada putaran gerak *voeding* ($V1$) = 120 mm/menit. Hal ini disebabkan terdapat cacat *incomplete penetration* (*IP*) dikarenakan panas yang terlalu rendah pada variasi tersebut menyebabkan material menjadi mudah retak sehingga kekuatannya menurun. Sedangkan hasil kekuatan tarik dengan tegangan tertinggi diperoleh pada *raw material*. Hal ini dikarenakan *raw material* tanpa ada perlakuan las, sehingga mempunyai nilai kekuatan tarik yang tinggi.



Gambar 11 Grafik Regangan Tarik

Dalam pengujian tarik terdapat sifat tarik yaitu sifat yang berhubungan dengan pengujian tarik. Dibandingkan hasil pengelasan, secara umum regangan *raw material* mengalami penurunan karena pengaruh panas pada saat bahan aluminium setelah *friction stir welding*. Dalam sambungan las sifat tarik dipengaruhi oleh sifat-sifat logam induk. Sifat logam induk adalah sifat-sifat logamnya meliputi sifat mekanik, sifat fisik, maupun sifat kimia. bahwa pada *raw material* dengan logam yang sudah dilas memiliki perbedaan regangan tarik yang signifikan.

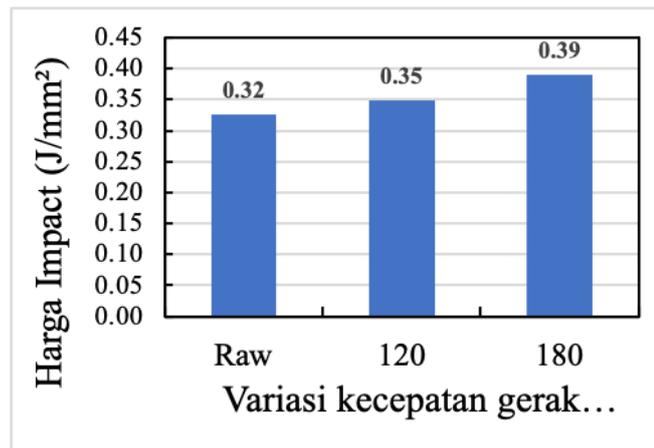
3.5 Hasil uji Impak

Uji impak untuk mengetahui ketangguhan bahan tersebut.

Contoh perhitungan pada spesimen *raw material*

Studi pengaruh gerak voeding terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak sambungan friction stir welding (FSW) pada aluminium paduan (Fans Onana Momow)

- $W = P \cdot g \cdot D (\cos \alpha - \cos \theta)$
 $W = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,331 (\cos 151 - \cos 145)$
 $W = 51,46 \text{ J}$
- $K = \frac{E}{A_0}$
 $K = \frac{8,9}{26,8}$
 $K = 0,331 \text{ (J/mm}^2\text{)}$



Gambar 12 Hasil Uji Impak

Dari hasil pengujian impak menunjukkan bahwa proses pengelasan *FSW* menyebabkan kenaikan nilai impak pada variasi gerak *voeding* 180 mm/menit dibandingkan *base material*. Pada sambungan *FSW* dengan variasi putaranspindel 910 rpm, menunjukkan ada peningkatan kekuatan impak yang signifikan. Peningkatan kekuatan impak masing-masing pada variasi 120 mm/menit sebesar 0,35 J/mm² dan variasi 180 mm/menit sebesar 0,39 J/mm². Selanjutnya pada *raw material* terjadi penurunan kekuatan impak yaitu sebesar 0,32 J/mm².

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukan aluminium memiliki kadar unsur utama yaitu aluminium (Al) 98,27%, unsur paduan magnesium (Mg) 0,412%, dan Silikon (Si) 0,609%, dimana tiga unsur kimia ini yang paling dominan. Sehingga material dinyatakan aluminium paduan seri 6061
2. Hasil pengujian struktur makro menunjukan pada foto makro yaitu pada variasi 120 mm/menit mengalami cacat dikarenakan variasi gerak *voeding* yang terlalu rendah. Dan pada foto mikro menunjukan pengelasan dari variasi 180 mm/menit mengalami bentuk ukuran butiran kecil pada permukaan pengelasan dikarenakan gerak *voeding* yang tinggi.
3. Hasil dari pengujian tarik pada spesimen *raw material* diperoleh nilai tegangan tarik sebesar 338,9 MPa. Setelah *friction stir welding* dan kedua variabel gerak *voeding* memperoleh nilai tegangan tarik tertinggi pada variabel gerak *voeding* V2 = 180 mm/menit yaitu 200,8 MPa.
4. Hasil pengujian impak pada spesimen *raw material* diperoleh harga impak sebesar 0,32 J/ mm². Setelah *friction stir welding* dari kedua variabel gerak *voeding* menunjukan harga impak tertinggi pada variabel gerak *voeding* V2 = 180 mm/menit sebesar 0, 39J/ mm².

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih untuk semua yang terlibat dalam peneltian karena telah menambah pengetahuan dalam melaksanakan mengembangkan penelitian *friction stir welding* (*FSW*).

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arif Wibowo, 2018, Pengaruh temperatur proses pengelasan *friction stir welding (fsw)* pada aluminium seri 6061 T-6 terhadap uji Tarik.
- [2]. Kristianto, Eko dan , Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D (2017) Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Sambungan Las Aluminium dengan Variasi *Filler* Menggunakan Metode *Friction Stir Welding (FSW)*. Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [3]. Pompy Pratisna, Iyan Anggertyo, dan Putra Adhiptya N.A 2016 Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las *Friction Stir Welding (FSW)* AA 5083 dengan Variasi Bentuk dan Kecepatan Putar Probe pada Konstruksi Kapal.
- [4]. Samsi suardi, 2011 pengembangan system friction stir welding (FSW) pada material AC4CH.
- [5]. Wartono dan Hasta Kuntara., 2015 Pengaruh Putaran Tools terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Sambungan *Friction Stir Welding* pada Aluminium Paduan 6061.
- [6]. Wijayanto, J., 2012, Pengaruh *feed rate* terhadap sifat mekanik pada *friction stir welding* aluminium., Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III.