

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR TOOL MILLING  
PADA FRICTION STIR WELDING (FSW)  
TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK MATERIAL ALUMINIUM**

**Irwan Hardiansyah Kosasi\*, Helmy Purwanto dan Muhammad Dzulfikar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

\*Email: Irwanhardiansyah78@gmail.com

**Abstrak**

*Pengelasan merupakan teknik penyambungan logam permanen dengan cara melelehkan logam sehingga sifat fisik dan mekanik logam mengalami perubahan. Salah satu metode pengelasan yang dapat mengurangi pembentukan cacat las, deformasi, dan mengurangi terbentuknya asap pengelasan adalah pengelasan friction stir welding (FSW). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran pada proses pengelasan friction stir welding (FSW) terhadap struktur mikro, kekerasan, kekuatan tarik. Material 99,06 Al 0,2 Si 0,1Cu 0,06 Ni 0,18 Zn. divariasi kecepatan tool 600 rpm, 900 rpm, 1500 rpm dan menggunakan feed rate 15mm/menit. Hasil dari pengamatan mikro terlihat perbedaan antara daerah logam induk, HAZ dan daerah pengelasan (Nugget). Pada daerah logam induk partikel ukurannya lebar sedangkan pada HAZ ukurannya kecil dan terlihat agak kasar karena dipengaruhi efek panas dari gesekan tool saat pengelasan dan partikel daerah pengelasan (Nugget) terlihat halus. Hasil nilai kekerasan tertinggi terdapat pada bagian logam induk dengan putaran tool 1500 rpm sebesar 28 HRB sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada bagian pengelasan (Nugget) sebesar 9 HRB dengan putaran tool 900 dan 1500 rpm. Pada proses pengujian tarik nilai tertinggi terdapat pada raw material sebesar 227,02 Mpa sedangkan nilai pengujian tarik terendah terjadi pada putaran 1500 rpm dengan nilai sebesar 128,05 MPa.*

**Kata kunci:** aluminium, feed rate, friction stir welding, putaran tool

## PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan teknik penyambungan logam permanen dengan cara melelehkan logam sehingga sifat fisik dan mekanik logam mengalami perubahan, Salah satu metode pengelasan yang dapat mengurangi pembentukan cacat las, deformasi, dan mengurangi terbentuknya asap pengelasan adalah pengelasan *friction stir welding* (FSW) (Nurdiansyah, 2012). Prinsip kerja FSW adalah memanfaatkan gesekan dari benda kerja yang berputar dengan benda kerja lain yang diam akibat gesekan akan timbul panas. Panas tersebut mampu melelehkan benda dan jika kembali membeku maka benda tersebut akan tersambung menjadi satu. Aplikasi pengelasan jenis ini adalah pembuatan sub rangka mobil dengan bahan aluminium. Proses FSW terdiri dari empat siklus yaitu *dwell time*, *transient heating pseudo steady state*, *post steady state*, (Wijayanto, 2010).

Alumunium adalah salah satu logam yang memiliki sifat resistensi yang baik terhadap korosi hal ini disebabkan karena terjadinya pasivasi, yaitu proses pembentukan senyawa oksida logam di permukaan logam tersebut untuk mencegah proses korosi (Sudrajat, 2012).

Al 99,06 0,2Si 0,1Cu 0,06Ni 0,18Zn merupakan aluminium murni yang unsur paling banyak adalah Aluminium. Aluminium ini memiliki komposisi (%) antara lain: 99,06 Al; 0,2 Si; 0,1Cu; 0,06Ni; dan 0,18Zn. Serta memiliki sifat tidak dapat diperlakukan panas. tahan korosi oleh air laut, tetapi rendah dalam kemampuan las. Pada FSW kecepatan *tool* berpengaruh terhadap sifat-sifat mekanik mikro struktur daerah sambungan (Caveliere, dkk., 2006). Sementara tinggi putaran tool maka kekerasan dan kekuatan tarik semakin tinggi (Erwanto, 2015; Rosyid, 2015). Berbeda dengan yang disampaikan oleh (Nurdiansyah, dkk., 2012); (Reza, 2011) bahwa kekerasan tertinggi dihasilkan pada putaran *tool* yang rendah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh kecepatan putaran pada pengelasan *friction stir welding* terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik pada 99,06Al 0,2Si 0,1Cu 0,06Ni 0,18Zn.

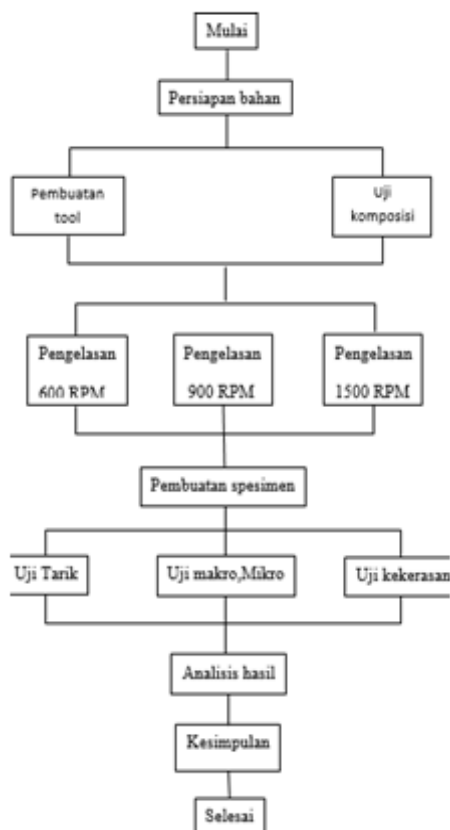
## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 99,06Al 0,2Si 0,1Cu 0,06Ni 0,18Zn dengan dimensi panjang 10 cm lebar 5cm dan tebal 5mm. Plat alumunium dipotong sesuai

ukuran *standart* ASTM E8/E8M-09. Proses urutan dari penelitian terdapat pada diagram alir penelitian pada Gambar 1.

**Tabel.1 komposisi unsur kimia 99,06Al; 0,2 Si; 0,1 Cu; 0,06 Ni; 0,18 Zn.**

Material	unsur kimia %	deviasi
Al	99,06	0,1253
Si	0,288	0,0306
Fe	<0,0050	<0,0000
Cu	0,147	0,0043
Mn	<0,0200	<0,0000
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	<0,0150	<0,0000
Ni	0,0650	0,0779
Zn	0,189	0,0505
Sn	<0,0500	<0,0000
Ti	<0,0100	<0,0000
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0042	0,0001
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	0,0119	0,0026



**Gambar. 1 Diagram alir penelitian**

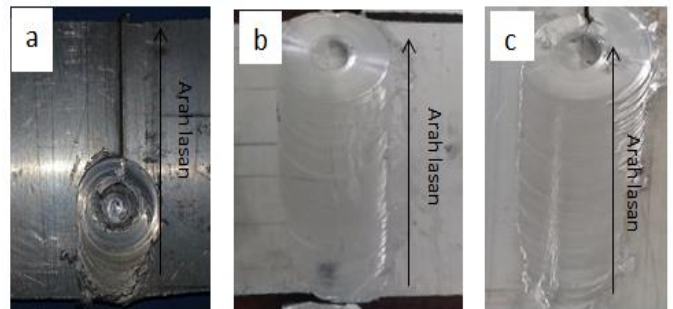
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Komposisi Bahan

Pada tabel.1 hasil uji komposisi diketahui bahwa material mengandung unsur kimia Aluminium 99,06 % ini menunjukkan bahwa material termasuk klasifikasi aluminium murni.

### Hasil foto makro

Hasil pengelasan *friction stir welding* yang terlihat pada Gambar.2 adalah spesimen aluminium murni dengan menggunakan putaran 600 rpm, 900 rpm dan 1500 rpm dengan *feed rate* 15 mm/menit. Pada Gambar.2 terlihat pada putaran 600 rpm dengan *feed rate* 15mm/menit hasil pengelasan kurang sempurna karena kecepatan putaran *tool* yang kurang tinggi sehingga panas yang dihasilkan *tool* tidak dapat melelehkan material, sehingga hasil pengelasan kurang baik serta sambungan las tidak dapat menyambung secara sempurna.



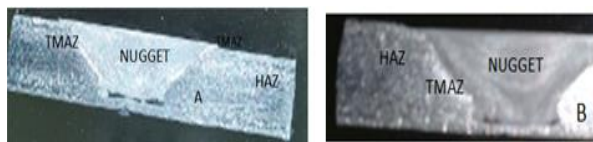
**Gambar.2 hasil Foto makro hasil pengelasan FSW a.600 rpm b.900 rpm c.1500 rpm**

Pada putaran 900 rpm menunjukkan bahwa hasil sambungan las sangat baik hal ini dikarenakan adanya sinkronisasi antara kecepatan putaran dan kecepatan laju pengelasan yaitu sebesar 15 mm/menit. Sehingga hasil pengelasan yang di dapat rapi dan rata, serta luberan hasil adukan las rata dan bagus. Pada putaran 1500 rpm dengan *feed rate* 15 mm/menit seperti pada Gambar 2 memperlihatkan hasil pengelasan tersebut terlihat agak kasar dan kurang rapi hal ini dapat disebabkan karena kecepatan putaran *tool* terlalu tinggi sehingga proses pengadukan material oleh *pin tool* terlalu cepat dan laju pengelasan terlalu rendah sehingga hasil pengelasan terlihat kasar dan kurang rapi.

### Hasil Foto Mikro

Gambar 3a dan 3b menunjukkan terjadinya perbedaan pada bagian *Nugget* yaitu dengan menggunakan putaran 1500 rpm terlihat

guratan garis yang menandakan bahwa panas yang ditimbulkan pada saat pengelasan tidak sempurna yang mengakibatkan hasil pengelasan terlihat kasar, dan adanya celah karena kurang penetrasi dan menimbulkan konsentrasi tegangan pada pengelasan, celah ini juga terjadi pada pengelasan 900 rpm.

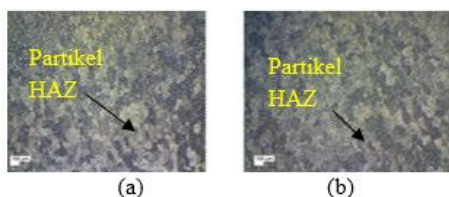


Gambar 3. Foto makro pengelasan FSW setelah di etsa a) 900 rpm dan b) 1500 rpm

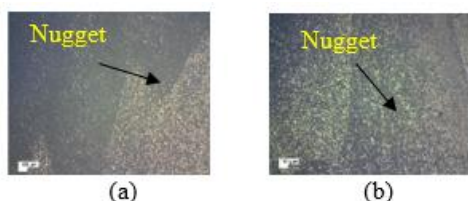


Gambar 4. Struktur mikro base metal

Pada daerah *base metal* bentuk butiran partikel memiliki ukuran yang lebar karena pada daerah *base metal* tidak terpengaruh efek panas yang dapat mengubah struktur mikronya. Gambar 5a dan 5b menunjukkan daerah HAZ di daerah tersebut mengalami perubahan bentuk partikel, pada daerah tersebut ukuran partikel terlihat lebih kecil jika dibandingkan dengan daerah base metal dan partikel masih terlihat kasar. Dari penjelasan tersebut bahwa daerah HAZ partikelnya masih berbentuk kasar dikarenakan daerah haz hanya terpengaruh panas dari gesekan *tool* pada proses pengelasan.

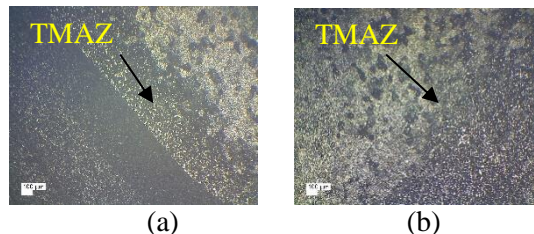


Gambar 5. Struktur mikro daerah HAZ a) 1500 rpm dan b) 900 rpm



Gambar 6. Struktur mikro daerah Nugget a) 900 rpm dan b) 1500 rpm

Stuktur mikro pada daerah *nugget* putaran 900 rpm terlihat bentuk partikel terlihat lembut dibandingkan putaran 1500 rpm hal ini diakibatkan efek panas yang stabil yang dihasilkan pada proses pengelasan dan akibat adanya rekristalisasi yang disebabkan oleh proses adukan pada saat pengelasan.

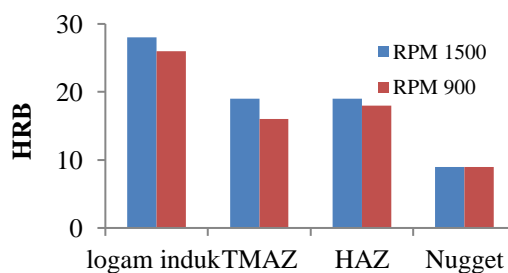


Gambar 7. Struktur micro TMAZ variasi putaran a) 900 rpm dan b) 1500 rpm

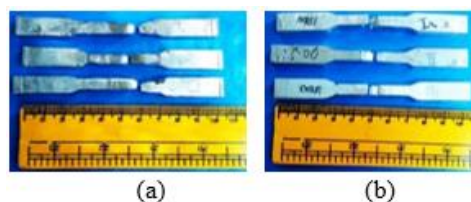
Pada daerah TMAZ putaran 900 rpm terlihat partikel yang masih berbentuk kasar karena hanya terpengaruh panas termomekanik dari gesekan *tool* pada saat pengelasan, demikian juga dengan 1500 rpm sama seperti pada 900 rpm.

**Pengujian Kekerasan Rockwell**

Dari gambar 8 menunjukkan bahwa kekerasan pada logam induk paling tinggi dengan 1500 rpm dengan hasil 29 HRB. Nilai kekerasan terendah terjadi pada Nugget pada 1500 rpm dan 900 rpm dengan nilai 9 HRB. Nilai kekerasan pada daerah HAZ tertinggi terjadi pada 1500 rpm dan terendah terjadi pada 900 rpm.

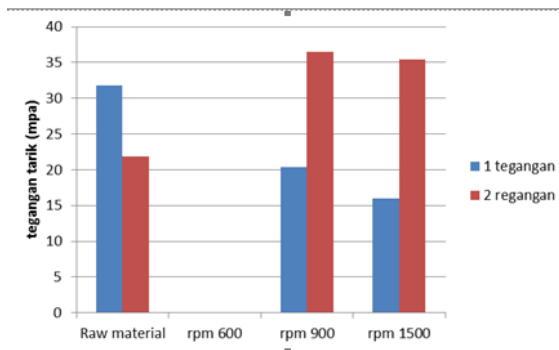


Gambar 8. Grafik hasil pengujian kekerasan Pengujian Tarik



Gambar.9 Hasil pengujian tarik dengan putaran a) 900 rpm dan b) 1500 rpm

Pada pengujian tarik spesimen dengan pengelasan menggunakan putaran 900 rpm terjadi patahan pada bagian *base metal* hal ini dipengaruhi karena kesesuaian panas pada proses pengelasan pada putaran 900 rpm dengan *feed rate* 15 mm/menit. Pada pengelasan menggunakan putaran 1500 rpm terjadi patahan pada bagian pengelasan karena kecepatan putaran *tool* terlalu tinggi sehingga hasil pengelasan menjadi lunak dan terjadi patahan pada bagian las pada saat pengujian tarik.



Gambar.10 Grafik hasil pengujian tarik

Dari Gambar.10 grafik tegangan dan regangan dapat disimpulkan bahwa hasil tegangan tarik tertinggi terjadi pada *raw material* sebesar 227,02 MPA dan kekuatan tarik terendah pada 1500 rpm dengan nilai sebesar 128,05 dikarenakan hasil pengelasan mengalami perubahan struktur mikro akibat dari penempaan pada saat pengelasan, sedangkan regangan tertinggi pun terjadi pada *raw material* sebesar 203,56 MPA dan regangan terendah terjadi pada 1500 rpm sebesar 115,59 MPA. Adapun hal yang mempengaruhi hasil pengujian tersebut adalah semakin tinggi putaran *tool* akan menurunkan kekuatan tarik sehingga pengelasan menjadi kurang optimal dan saat pengujian tarik material putus di daerah pengelasan.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tugas akhir tentang pengaruh putaran pada proses pengelasan *friction stir welding* terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan tarik pada Al 99,06 0,2Si 0,1Cu 0,06Ni 0,18Zn dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil foto makro yang paling bagus dan halus adalah pada proses pengelasan menggunakan putaran 900 rpm, sedangkan pengelasan yang menggunakan putaran 1500 rpm agak kasar karena kecepatan putaran *tool* terlalu tinggi dan laju pengelasan terlalu rendah sehingga membuat hasil pengelasan terlihat agak kasar.

Pada bagian HAZ menunjukkan bahwa di daerah tersebut mengalami perubahan bentuk partikel, pada daerah tersebut ukuran partikel terlihat lebih kecil jika dibandingkan dengan daerah *base metal* dan partikel masih terlihat kasar karena terpengaruh panas dari gesekan *tool*, Sedangkan pada daerah TMAZ putaran 900 rpm terlihat partikel yang masih berbentuk kasar karena hanya terpengaruh panas termomekanik dari gesekan *tool* pada saat pengelasan, demikian juga dengan 1500 rpm sama seperti pada 900 rpm. Pada daerah nugget putaran 900 rpm terlihat bentuk partikel terlihat lembut dibandingkan putaran 1500 rpm hal ini diakibatkan efek panas yang stabil yang dihasilkan pada proses pengelasan dan akibat adanya rekristalisasi yang disebabkan oleh proses adukan pada saat pengelasan.

2. Hasil uji kekerasan pengelasan FSW tertinggi terjadi di logam induk menggunakan putaran 1500 rpm sebesar 28 HRB, sedangkan hasil uji kekerasan terendah pada pengelasan FSW terendah terjadi pada bagian Nugget sebesar 9 HRB pada putaran 1500 rpm dan 900 rpm hal ini menunjukkan bahwa bagian pengelasan lebih lunak dari pada logam induk.
3. Hasil uji tarik tertinggi pada sambungan las FSW adalah pada *raw material* sebesar 227,02 MPA sedangkan kekuatan tarik terendah pada pengelasan menggunakan putaran 1500 rpm dan *feed rate* 15 mm/menit sebesar 128,05 MPA hal ini terjadi karena pengelasan menggunakan putaran 1500 rpm dan *feed rate* 15 mm/menit re kristalisasi kerapatannya kurang baik sehingga hasil pengujian tarik patah pada hasil pengelasan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Nurdiansyah, 2012. Pengaruh rpm terhadap metalurgi dan kualitas sambungan las sepanjang *joint line* pada aluminium seri 5083 dengan proses *friction stir welding* untuk *pre-fabrication* panel bangunan atas kapal aluminium. Institut teknologi sepuluh November, Surabaya.
- Sudrajad, A., 2012 “ Analisis sifat mekanis hasil pengelasan aluminium AA 1100 dengan metode FSW (*friction stir welding*) universitas jember.
- Caveliere, dkk. 2006, *mechanical and microstructural behavior Of 2024-*

*7075 aluminium alloy sheets joined  
friction welding.*

Wijayanto, Jarot & Agdha Anelis (2010)  
Pengaruh *Feed Rate* terhadap Sifat  
Mekanik pada Pengelasan *Friction  
Stir Welding* Aluminium 6110,  
Jurnal Kompetensi Teknik Vol. 2,  
No.1, November 2010.