

# “PENGARUH PENGGUNAAN PIN TOOL TERHADAP SIFAT MEKANIK PENGELASAN FRICTION STIR WELDING ALUMINIUM (Al)”

MUHAMMAD SUMARLIN

20110130075

[marlinsaputra12@gmail.com](mailto:marlinsaputra12@gmail.com)

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Jurusan Teknik Mesin Yogyakarta, 55183 Indonesia

## ABSTRAK

*Friction Stir Welding (FSW) adalah salah satu teknologi pengelasan yang merupakan proses solid-state joining yang dapat digunakan untuk menyambungkan material khususnya aluminium. FSW adalah teknologi pengelasan yang tidak memerlukan bahan tambah namun memanfaatkan gesekan panas yang dihasilkan dari probe dan shoulder dari welding tool dengan material benda kerja. Tujuan penelitian tentang Friction Stir Welding yaitu untuk mengetahui pengaruh bentuk pin tool terhadap sifat mekanik pengujian tarik, kekerasan Brinell dan struktur mikro hasil pengelasan FSW.*

*Bahan pin tool adalah baja bohrer K 100, berbentuk segi tiga dengan sisi 5 mm, segi empat dengan sisi 5 mm dan silinder berdiameter 5 mm. Bahan spesimen uji yang digunakan untuk pengelasan FSW adalah Aluminium tebal 5 mm, panjang 42 mm dan lebar 10 mm berjumlah 3 pasang. Proses pengelasan FSW dan pembentukan spesimen uji hasil pengelasan FSW berdasarkan standar ASTM E8. Pada saat proses pemesinan putaran pin tool 1700 rpm, sedangkan kecepatan feeding 4.5 mm/s. Pengujian yang dilakukan dari hasil pengelasan FSW meliputi pengujian tarik, uji kekerasan Brinell dan pengujian struktur mikro.*

*Dari hasil penelitian yang dilakukan, dilakukan tiga pengujian struktur mikro, pengujian tarik, dan kekerasan Brinell. Dari tiga pin tool tersebut masing-masing pin tool memiliki kekurangan dan kelebihan, pin tool yang memiliki kekerasan tertinggi adalah pin tool bulat nilai kekerasan 27.9 BHN dari spesimen standarnya ( tanpa pengelasan) nilai kekerasan 38.1 BHN. Pin tool yang memiliki kekuatan tarik tertinggi adalah segi empat tegangan luluh 46.35 MPa, tegangan maksimum 79.28 MPa dan regangan 13.5 dari spesimen standarnya ( tanpa pengelasan) tegangan luluh 111.63 MPa, tegangan maksimum 125.30 MPa dan regangan 19.8.*

**Kata kunci :** *Friction Stir Welding (FSW), Pin Tool, Segi Tiga, Segi Empat, Bulat, Pengujian Tarik, Kekerasan Brinell, Struktur mikro, probe, shoulder.*

## 1. 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia perindustrian saat ini mulai mempertimbangkan material aluminium sebagai bahan utama dalam proses produksi. Aluminium adalah salah satu logam yang memiliki sifat resistensi yang baik terhadap korosi, hal ini disebabkan karena terjadinya fenomena pasivasi. Fenomena pasivasi adalah terbentuknya lapisan aluminium oksida ketika aluminium terpapar dengan udara bebas, lapisan oksida ini yang mencegah terjadinya oksidasi lebih lanjut (Amanto & Daryanto, 2006).

Saat ini aluminium sering digunakan dalam proses membuat kendaraan seperti mobil, pesawat terbang, dan kapal laut. Sehingga untuk menyatukan aluminium perlu suatu proses pengelasan. Pada umumnya pengelasan aluminium menggunakan proses *fusion welding* seperti MIG (*Metal Inert Gas*) maupun TIG (*Tungsten Inert Gas*), namun pada kedua metode tersebut terdapat kemungkinan terbentuknya cacat berupa porositas, retak (*crack*) dan rawan terjadi deformasi selama proses pendinginan dan pembentukan 2 logam las. Selain itu terdapat juga kekurangan pada proses TIG dan MIG, yaitu terdapat asap yang berbahaya bagi kesehatan. Sehingga untuk mengatasi kekurangan proses TIG dan MIG pada pengelasan aluminium, digunakan alternatif lain yaitu dengan metode *friction stir welding* (Leonard & Lockyer, 2003).

Salah satu metode pengelasan yang dapat mengurangi pembentukan cacat las, deformasi, dan terbentuknya asap pengelasan adalah pengelasan *friction stir welding* (FSW) yang sedang dikembangkan secara intensif. Adapun prinsip kerja *Friction Stir Welding* (FSW) adalah memanfaatkan gesekan dari benda kerja yang berputar dengan benda kerja lain

yang diam sehingga mampu melelehkan benda kerja yang diameter sebut dan akhirnya tersambung menjadi satu. Beberapa contoh pengelasan jenis ini adalah pembuatan bodi mobil, sayap pataupun bodi pesawat terbang serta peralatan memasak (Thomas, 1991).

Pada dasarnya pengelasan aluminium menggunakan las MIG (*Metal Inert Gas*) maupun TIG (*Tungsten Inert Gas*) namun pada kedua metode pengelasan tersebut terdapat kemungkinan terbentuknya porositas, dan retak (*crack*) dan rawan terjadi deformasi, selain itu las MIG dan TIG terdapat asap yang berbahaya bagi kesehatan untuk mengurangi masalah tersebut maka dilakukan penelitian tentang pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW). Paper ini membahas pengaruh penggunaan pin tool terhadap sifat mekanis pengelasan *friction stir welding* menggunakan benda uji aluminium (Al).

Adapun tujuan pelaksanaan selama tugas akhir dilakukan yaitu mengetahui pengaruh penggunaan pin tool terhadap sifat mekanis pengelasan *friction stir welding* (FSW).

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi kepada dunia industri tentang proses pengelasan alternatif yang lebih murah tetapi memiliki sifat mekanik yang sesuai dengan standar.

## 2. 1. Tinjauan pustaka

Sudrajat (2012) melakukan penelitian tentang analisis sifat mekanik hasil pengelasan aluminium AA 1100 dengan metode *friction stir welding* (FSW) dengan parameter yang digunakan dalam penelitiannya bahan Aluminium 1100 dengan tebal 4 mm, *tool Stainless Steel*, diameter shoulder 18 mm, diameter pin 6 mm, dan panjang

pin 3,2 mm, mesin milling vertical, putaran pahat 780, 980, dan 1120 rpm, *feed rate* 15 mm/s.

Hasil penelitian proses pengelasan dengan metode friction stir welding yang telah dilakukan Sudrajat (2012) pada material Aluminium AA 1100 dengan variasi putaran tool, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian tarik diperoleh bahwa rata - rata ultimate strength untuk pengelasan dengan menggunakan putaran tool 780 rpm adalah 52.222 MPa, untuk putaran tool 980 Rpm adalah 38.472 Mpa dan putaran tool 1120 adalah 56.528 MPa. Dengan hasil ini dapat diketahui bahwa ultimate strength yang tertinggi adalah dengan menggunakan putaran tool 1120 Rpm dan *ultimate strength* pada putaran tool 980 Rpm adalah yang terendah. Cacat wormholes pada pengelasan dengan putaran tool 980 Rpm adalah hal utama yang mengurangi kekuatan tarik pada penelitian ini,
2. Dari pengamatan makro diketahui cacat *wormholes* terbesar terdapat pada hasil pengelasan dengan putaran tool 980 Rpm dan juga adanya celah karena kurangnya penetrasi dan menimbulkan konsentrasi tegangan pada hasil pengelasan, celah ini juga terjadi pada variasi putaran tool 780 Rpm.
3. Dari pengamatan mikro diketahui bahwa bentuk butir pada daerah *stir zone* partikel FeAl<sub>3</sub> tersebar lebih merata pada matriks Al yang disebabkan adanya proses puntiran pada saat proses pengelasan berlangsung.
4. Pengujian kekerasan menunjukkan bahwa logam las lebih lunak daripada logam induk. Sedangkan daerah TMAZ mempunyai kekerasan yang paling rendah.

## 2. 1. Pengertian Friction Stir Welding

Friction Stir Welding (FSW) adalah suatu teknologi pengelasan yang merupakan proses *solid-state joining* yang bias digunakan untuk menyambungkan material yang berbeda. Pada proses FSW, material yang di las tidak benar - benar ,mencair pada saat proses berlangsung (temperature kerjanya tidak melewati titik lebur benda kerja) sehingga FSW termasuk *unkonsumable solid-state joining process* (Analisis proses FSW. Rahayu, FT UI, 2012).

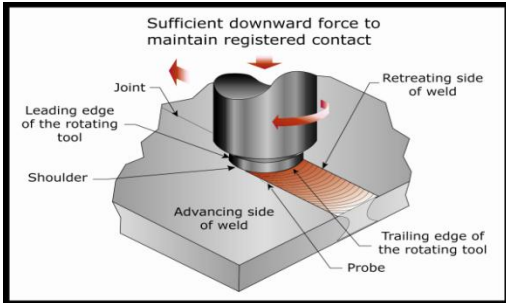
FSW (*friction stir welding*) merupakan salah satu jenis metode pengelasan gesek, yang pada prosesnya tidak memerlukan bahan penambah atau pengisi. Panas yang digunakan untuk mencairkan logam kerja dihasilkan dari gesekan antara benda yang berputar (tool) dengan benda yang diam (benda kerja). Tool berputar dengan kecepatan konstan disentuhkan ke material kerja yang telah dicekam.

### 1. Prinsip Kerja Friction Stir Welding

Dalam FSW, tool pengelasan dengan atau tanpa profil pada probe berputar dan bergerak dengan kecepatan konstan sepanjang jalur sambungan antara dua material yang di las. Benda kerja harus dicekam dengan kuat pada fixture atau ragam untuk mempertahankan posisinya akibat gaya yang terjadi pada waktu pengelasan. Panjang dari *probe* harus lebih pendek dari pada table benda kerja dan *shoulder* dari *tool* harus bersentuhan dengan permukaan benda kerja.

Gesekan panas (*Frictional Heat*) pada FSW dihasilkan oleh gesekan antara *probe* dan *shoulder* dari *welding tool* dengan material benda kerja. Panas ini bersama dengan panas yang dihasilkan dari proses mengadukan mekanik (*mechanical mixing*)akan menyebabkan material yang

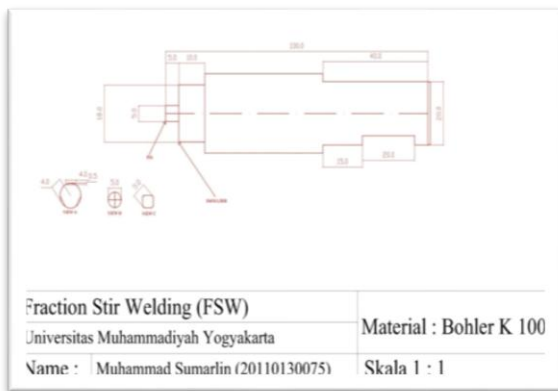
diaduk akan melunak tanpa melewati titik leburnya (*melting point*), hal inilah yang memungkinkan *tool* pengelasan bias bergerak sepanjang jalur pengelasan. Ketika *pin weldingtool* bergerak sepanjang jalur pengelasan, permukaan depan *pin* akan memberikan gaya dorong plastis terhadap material kearah belakang *pin* sambil memberikan gaya tanpa yang kuat untuk mengkonsolidasikan logam las.



**Gambar 1 Prinsip Dasar Proses FSW**

Part atau spesimen uji yang akan dilas docekam dengan baik dan ditempatkan atas backing plat sehingga beban yang diberikan pada *tool* dan diteruskan ke benda kerja tidak menyebabkan bagian bawah plat yang dilas terdeformasi. (Analisis Proses FSW., Deden Rahayui, FT UI, 2012)

### 3. Desain tool friction stir welding



**Gambar 2.Desain Tool FSW**

Pada penelitian ini langkah pertama yang dilakukan adalah mendesain tool yang akan digunakan untuk pengelasan

FSW. Dalam melakukan penelitian ini digunakan tiga tool yaitu berbentuk segitiga, segi empat dan bulat. Bentuk pin tool dapat dilihat pada gambar.



**Gambar 3. Tool FSW**

Bahan tool yang digunakan dalam pengelasan (FSW) adalah baja Bohler K100 berbentuk silinder dengan diameter 20 mm , Bohler K100 memiliki komposisi unsur sebagai berikut: 2% C, 0,2% Si, 0,3% Mn, dan 11,5% Cr. Pemilihan baja Bohler k100 sendiri karena baja bohler banyak digunakan untuk tool didunia industry saat ini, dan cukup kuat dalam menerima tekanan dan gesekan benda kerja khususnya aluminium.



**Gambar 4. Spesimen uji pengelasan FSW.**

Dalam penelitian tugas akhir ini bahan yang digunakan adalah aluminium tebal aluminium 5 mm panjang aluminium adalah 42 cm sedangkan lebar aluminium adalah 10 cm.

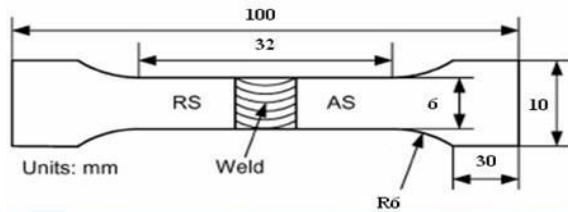
### 3.1. Proses Pengelasan Friction Stir Welding (FSW)



**Gambar 5** Proses pengelasan (FSW)

Pada proses pengelasan fraction stir welding ( FSW) digunakan putaran tool 1700 Rpm dan kecepatan feeding.0.04 mm/s

### 3.2. Proses pembentukan spesimen uji standar ASTM E8



**Gambar 6.** Spesimen Uji Standar ASTM E 08.



**Gambar 7.** Spesimen Uji standar ASTM E08 hasil pengelasan FSW  
Setelah hasil pengelasan FSW dibentuk menjadi specimen uji standar

ASTM E8 maka pengujian tarik, brinell, dan struktur mikro siap untuk dilakukan.

### 3.3. Bagian Atas Pengelasan FSW



### 3.4. Bagian Bawah Pengelasan FSW



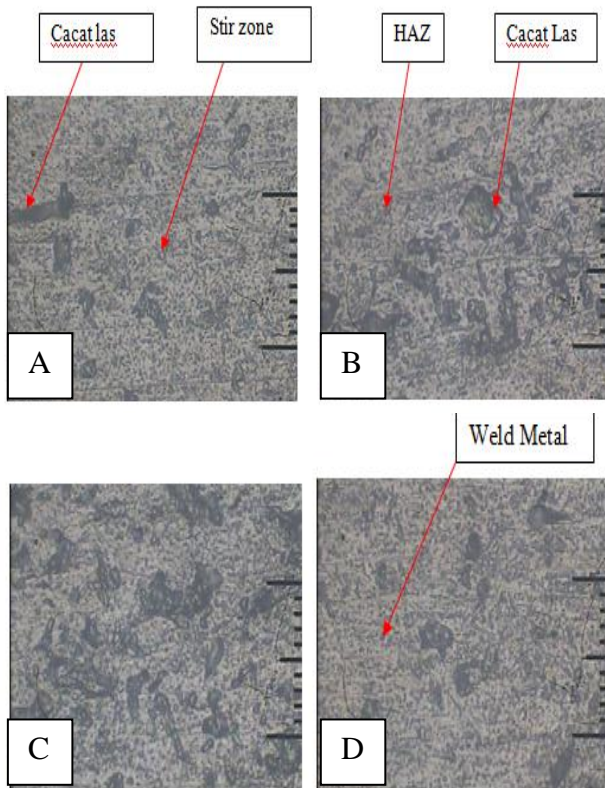


**4. Hasil penelitian dan pembahasan**  
**4.1. Struktur Mikro**



**Gambar 8** spesimen yang digunakan pengujian struktur mikro

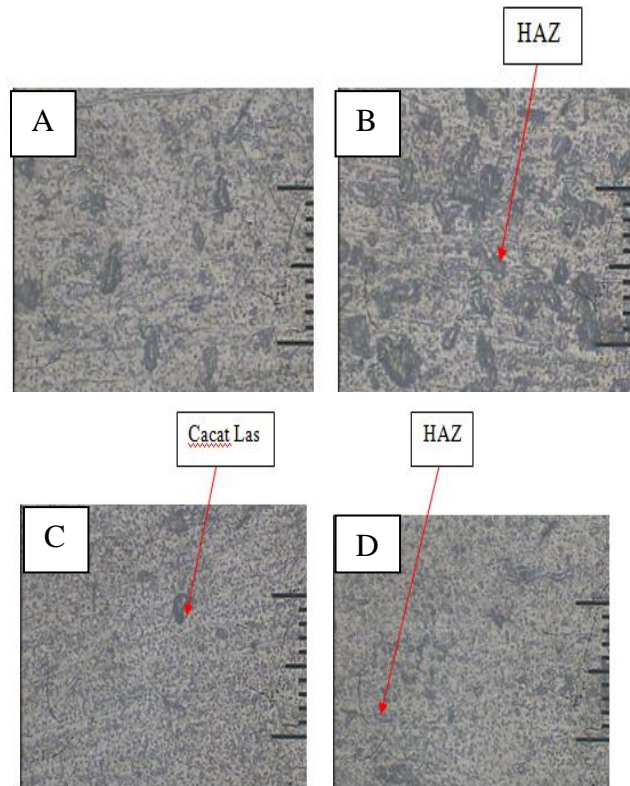
Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur mikro yang terjadi pada daerah pengelasan FSW pada penelitian ini daerah yang dilakukan pengujian struktur mikro adalah daerah las bagian atas las, samping las, dan bawah las hasil pengelasan FSW.



**Gambar 9** bagian atas pengujian mikro

- (a) Bagian atas material standar
- (b) Bagaian atas pin tool segi tiga
- (c) Bagian atas pin tool segi empat
- (d) Bagian atas pin tool bulat

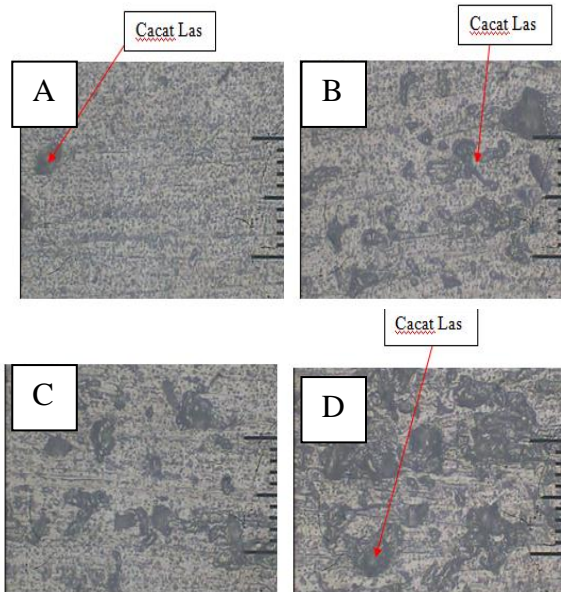
Pada bagian atas pengujian makro hasil pengelasan FSW dari masing-masing pin tool ada perbedaan dan yang menunjukan hasil yang baik adalah pin tool segi tiga ini diakibatkan pada saat proses pengelasan FSW berlangsung kecepatan feeding pengelasan baik dikisaran 0.03- 0,04 mm/s, kecepatan pengelasan FSW akan mempengaruhi hasil foto mikro.



**Gambar 10** bagian samping pengujian makro

- (a) Bagian samping material standar
- (b) Bagian samping pin tool segi tiga
- (c) Bagian samping pin tool segi empat
- (d) Bagian samping pin tool bulat

Pada bagian samping hasil foto mikro, hasil yang baik dengan menggunakan pin tool segi empat ini dikarenakan jumlah sisi pada tool segi empat berpengaruh pada bagian stir zone bagian samping pengelasan FSW . Cacat las yang terjadi pada proses FSW berpengaruh terhadap hasil foto mikro.

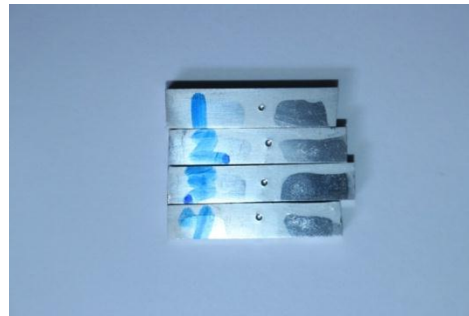


**Gambar 11.** bagian Bawah pengujian makro

- (a) Bagian bawah material standar
- (b) Bagian bawah pin tool segitiga
- (c) Bagian bawah pin tool segi empat
- (d) Bagian bawah pin tool bulat

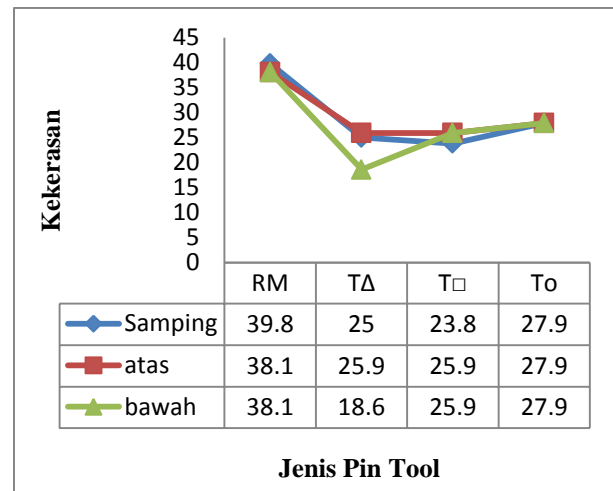
Pada bagian bawah foto mikro hasil pengelasan FSW, hasil yang baik dengan menggunakan pin tool segi empat ini diakibatkan karena jumlah sisi yang ada pada pin tool segi empat dan proses gesekan yang merata karena jumlah sisi segi empat lebih banyak dibandingkan dengan pin tool segi tiga, sehingga pada bagian bawah pengelasan FSW sehingga gesekan yang terjadi pada aluminium dan pin tool lebih merata.

#### 4. 2. Pengujian Kekerasan Brinell



**Gambar 12.** Spesimen pengujian Brinell

Pada pengujian brinell dilakukan empat pengujian untuk mengetahui kekerasan hasil pengelasan FSW. Dari masing- masing pin tool yaitu pin tool segi empat, segi tiga, dan bulat. Pada pengujian dilakukan pada tiga titik hasil pengelasan FSW atas, samping dan bawah. Berikut adalah hasil pengujian brinell.



**Gambar.13.** Grafik uji Brinell

Pada grafik diatas terdapat nilai yang sama pada d rata-rata dan nilai kekerasan (BHN) pada material tanpa pengelasan posisi titik uji atas dan bawah 1.0 mm dan nilai kekerasan 38.1 BHN, pada material dengan pin tool segi empat d rata-rata atas dan bawah 1.20 mm nilai kekerasan 25.9 BHN, sedangkan pada material dengan pin

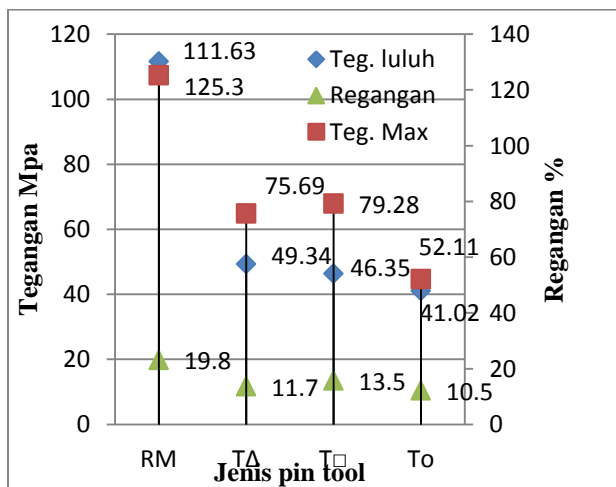
tool bulat d rata-rata atas, samping dan bawah 1.16 mm dan nilai kekerasan 27.9 BHN .

### 4. 3. Kekuatan Tarik

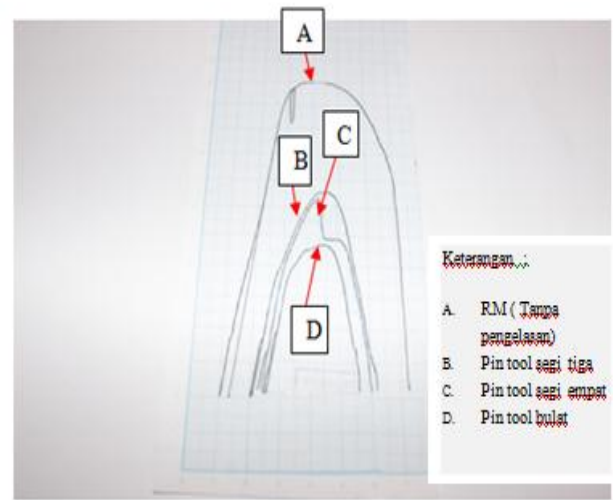
Menurut hokum hooke ( hooke’s Law) bahwa hamper semua logam, pada tahap sangat awal dari pengujian tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau linier zone. Didaerah ini, kurva penambahan panjang vs beban mengikuti aturan hooke yaitu rasio tegangan ( stress) dan regangan ( strain) adalah konstan.



**Gambar 14.** Penampang patah spesimen uji setelah di uji tarik



**Gambar.15.** Grafik uji tarik



**Gambar .16.** Grafik hasil pengelasan FSW.

Pada gambar A adalah specimen uji tanpa dilakukan perlakuan pengelasan FSW didapatkan hasil tegangan luluh uji tarik sebesar 111.63 MPa, tegangan Maximum sebesar 125.30 MPa dan regangan tarik sebesar 19.8 %.

Sedangkan pada gambar B specimen uji dilakukan perlakuan pengelasan FSW dengan menggunakan pin tool segi tiga hasil uji tegangan luluh sebesar 49.34 MPa, tegangan maximum 75.69 MPa dan regangan sebesar 11.7 %.

Gambar C specimen uji dilakukan perlakuan pengelasan FSW dengan menggunakan pin tool segi empat didapat hasil tegangan luluh sebesar 46.35 MPa, Tegangan maximum 79.28 dan regangan 13.5 %.

Gambar D specimen uji dilakukan perlakuan pengelasan FSW dengan menggunakan pin tool bulat hasil uji tegangan luluh 41.02 MPa, tegangan maximum 52.11 MPa dan regangan sebesar 10.5 %.

Dari hasil pengujian diatas pin tool segi empat adalah yang paling kuat diantara pin tool segi tiga dan bulat ini dapat dilihat dari nilai tegangan luluh,tegangan maximum dan regangan yang terjadi pada pin tool segi empat, tegangan luluh sebesar 46.35 MPa,



tegangan maximum 79.28 MPa dan regangan 13.5 %, sedangkan pengujian tanpa dilakukan perlakuan pengelasan tegangan luluh yang terjadi sebesar 111.63 Mpa, tegan maximum 125.30 MPa regangan 19.8%.

#### 4.4. Fraktografi Uji Tarik



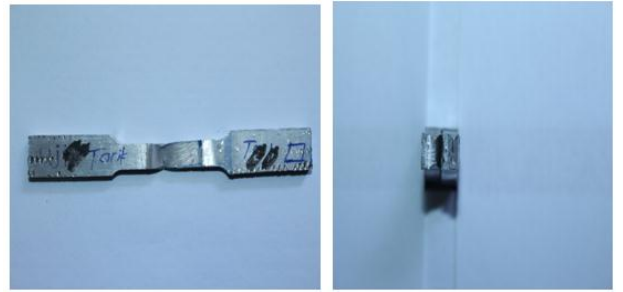
**Gambar.17.** Hasil patahan standar

Spesimen uji tanpa dilakukan pengelasan FSW Pada spesimen uji tanpa perlakuan pengelasan FSW akibat pengujian tarik. Patahan yang terjadi ulet.



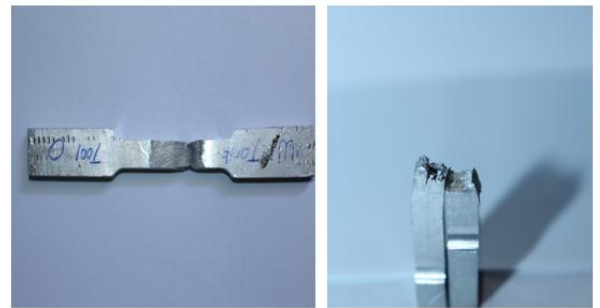
**Gambar.18.** Hasil patahan pin tool segi tiga

Spesimen uji pengelasan FSW pin tool segi tiga, patahan getas dan deformasi yang terjadi pada bagian las FSW.



**Gambar.18.** Hasil patahan pin tool segi empat

Spesimen uji pengelasan FSW pin tool segi, patahan yang terjadi patah ulet deformasi yang terjadi pada bagian pinggir las.



**Gambar.19.** Hasil patahan pin tool bulat

Spesimen uji pengelasan FSW pin tool bulat, patahan getas deformasi patahan yang terjadi didaerah las FSW.

## Kesimpulan

1. Bentuk *pin tool* pada proses pengelasan FSW berpengaruh terhadap hasil pengelasan FSW, penggunaan *pin tool* juga berpengaruh terhadap kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro.
2. Bentuk *Pin tool* segi empat mempunyai kekuatan tarik yang paling tinggi diantara *pin tool* segi tiga dan bulat, Tegangan Luluh sebesar 46,35 MPa, Tegangan Maksimum sebesar 79,28 MPa dan Regangan sebesar 13,5 %
3. *Pin tool* silinder mempunyai kekerasan yang baik diantara *pin tool* segi tiga dan segi empat, nilai kekerasan sebesar 27.9 BHN dari spesimen standar tanpa perlakuan pengelasan FSW sebesar 38.1 BHN.
4. Dari ketiga bentuk *pin tool*, segi tiga, segi empat dan silinder pada pengelasan FSW masing- masing *pin tool* mempunyai kelebihan dan kekurangan.

## A. Saran

1. Penempatan spesimen uji harus diperhatikan karena apabila terjadi vibrasi akan mempengaruhi proses pengelasan FSW dan berpengaruh terhadap hasil pengelasan FSW.
2. Sebelum dilakukan proses pengelasan tentukan bahan *pin tool* yang akan digunakan untuk pengelasan FSW.
3. Untuk Penelitian selanjutnya perlu variable bentuk *pin tool* berulir

## Daftar Pustaka

- ASTM. Volume 9. 2001. *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Material*.
- ASTM E-08. *tensile test specimen*.
- Amanto, H. Dan Daryanto, 2006. *Ilmu Bahan*. Jakarta: Bumi Aksara
- Endartyana. 2013. *Analisis Pengaruh Backing Plate Material Pengelasan Dua Sisi Friction Stir Welding Terhadap Sifat Mekanik Aluminium 5083 Pada Kapal Katamaran*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya Indonesia
- Kesharwani and Panda 2014. *Multi Objective Optimization of Friction Stir Welding Parameters for Joining of Two Dissimilar Thin Aluminum Sheets*. India Institute of Technology Kharagpur.Kharagpur-721302. India.
- Leonard and Lockyer, 2003. *Flaws In Friction Stir Welding*. TWI Ltd, Granta Park, Great Abington, Cambridge, CB1 6AL, UK.
- Rahayu. 2012. *Analisis Proses Friction Stir Welding (FSW) Pada Plat Tipis Aluminium*. Universitas Indonesia. Depok. Indonesia.
- Sudrajat. 2012. *Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100 Dengan Metode Friction Stir Welding (FSW)*. Universitas Jember. Jember. Indonesia.
- Taban. 2007. *Comparison Between Microstructure Characteristics And Joint Performance of 5086-H32 Aluminium Alloy Welded by MIG*,

*TIG and Friction Stir Welding Processes.* Turki: Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Kocaeli University, Veziroglu Campus, 41200 Kocaeli.

Thomas, WM;Nicholas, ED; Needham, JC; Murch, MG;Temple-Smith,p;Dawes, CJ, 1991. *Friction stir butt welding*, Int. Patent No. 9125978.8, International patent application No. PCT/GB92/ 02203