

## Pengaruh *Shot Peening* Terhadap Korosi Dan Sifat Mekanis Sambungan *Friction Stir Welding* Pada Aluminium Seri 5083

Wartono, Djoko Suprijanto

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta  
Email : wartono\_sttnas@yahoo.com

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh shot peening terhadap korosi dan sifat mekanis pada paduan Al 5083 yang telah mengalami proses *friction stir welding* (FSW). Pada umumnya, daerah sambungan las FSW mengalami proses pelunakan dan penurunan sifat mekanis dibanding logam induknya. Perlakuan shot peening diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanis, karena efek tempa (*forging*) pada permukaan pelat.

Proses FSW dilakukan pada aluminium dengan tebal 3 mm, dengan sambungan las jenis *butt joint*. Mesin yang digunakan dalam proses FSW ini adalah mesin *Milling* dengan putaran spindle sebesar 910 rpm dan kecepatan meja sebesar 18,2 mm/menit. Permukaan bahan yang telah di FSW, kemudian di-shot peening dengan menembakkan bola baja. Hasil proses FSW dan shot peening kemudian diuji terhadap korosi, kekerasan, tarik statis dan struktur mikro.

Hasil uji menunjukkan bahwa sambungan FSW setelah di-shot peening dengan lamanya waktu penembakan yang bervariasi dari 6 menit, 10 menit, dan 14 menit. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan kekuatan tarik sebesar 2,06 %, 3,81 %, dan 6,04 %, dan dengan shot peening nilai kekerasannya semakin meningkat masing-masing sebesar 1,09%, 6,51%, dan 7,11%. Sedangkan dengan pengujian korosi, pada RM laju korosinya sebesar 0,548 mpy dan pada FSWNP laju korosinya mengalami peningkatan sebesar 0,715 mpy. Tetapi pada SP6, SP10, dan SP14, laju korosinya mengalami penurunan yaitu sebesar 0,405 mpy, 0,390 mpy, dan 0,409 mpy.

Kata kunci : Aluminium, *friction stir welding*, *shot peening*, korosi, sifat mekanis.

### PENDAHULUAN

Salah satu material yang sangat penting di bidang teknik adalah aluminium dan paduannya, terutama untuk industri struktur atau pemesinan, seperti struktur kapal laut, komponen otomotif, dan struktur pesawat terbang. Saat ini sambungan dengan cara proses pengelasan telah banyak digunakan pada berbagai konstruksi mesin dan struktur, karena dapat menurunkan biaya produksi dan dapat meningkatkan kekuatan strukturnya.

Proses *friction stir welding* (FSW) merupakan salah satu dari beberapa metode penyambungan untuk aluminium paduan. FSW adalah versi terbaru dari pengelasan gesek yang dikenal dengan teknik penyambungan pada kondisi padat atau logam las tidak mencair (*solid-state process*). Pengelasan gesek konvensional dilakukan dengan gerakan berupa gesekan memutar dan gaya aksial untuk menyambung dua logam. Penyambungan pada proses pengelasan FSW dilakukan dengan bantuan *tools* (*pin* dan *shoulder*) yang berputar dengan kecepatan (*speed*) dan pemakanan (*feeding*) tertentu, sehingga logam mengalami pelunakan dan terjadi proses penyambungan. FSW digunakan secara luas dan sangat menguntungkan melebihi teknik penyambungan yang telah ada.

Las FSW mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan las TIG atau MIG antara lain :

tidak membutuhkan bahan tambah (*filler*) pada saat proses pengelasan, tidak terjadi percikan maupun asap, rendahnya distorsi sepanjang pengelasan, penyusutan rendah, peralatan yang digunakan sederhana dan biaya operasional rendah serta tidak memerlukan operator yang bersertifikat. Kelebihan lain proses FSW yaitu dapat mengelas beberapa paduan aluminium yang sulit dilas (sifat mampu las rendah) termasuk menyambung jenis aluminium yang berbeda (*dissimilar joint*).

Namun demikian las FSW mempunyai kelemahan yaitu pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), TMAZ (*Thermomechanically Affected Zone*), dan daerah las (*nugget*) sepanjang garis sambungan benda kerja, mengalami pelunakan akibat rekristalisasi saat proses stirring, sehingga kekerasan dan kekuatan tarik menurun. Untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik daerah lasan tersebut, sambungan las perlu mendapat perlakuan permukaan dengan cara *shot peening* (Proses *Shot peening*).

Proses *Shot peening* merupakan proses penembakan butiran material berupa bola baja atau *steel grit* pada daerah lasan atau garis sambungan benda kerja dengan tekanan tinggi, dengan tujuan untuk meningkatkan sifat mekanik material. Beberapa hal yang menentukan hasil *shot peening* adalah faktor manusia, tekanan udara untuk menembakkan butiran material, ukuran butiran material, lamanya waktu

penembakan, dan jarak penembakan (jarak nozel ke permukaan benda kerja).

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang bagaimana “Pengaruh *Shot Peening* Terhadap Korosi Dan Sifat Mekanis Sambungan *Friction Stir Welding* Pada Aluminium Seri 5083”.

**Percobaan**

Tulisan ini disusun berdasarkan hasil percobaan *friction stir welding* dan *shot peening* serta pengujian terkait yang dilakukan sesuai urutan/prosedur berikut ini.

**1. Bahan**

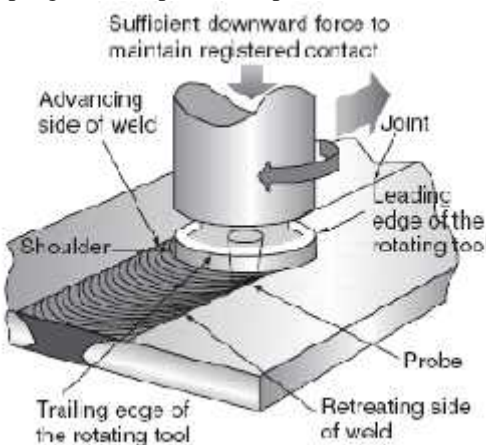
Bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu aluminium paduan seri 5083 yang berbentuk lembaran (*sheet*), dengan ukuran panjang 300 mm, lebar 200 mm, tebal 3 mm. Sedangkan bahan mempunyai komposisi kimia seperti ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1 : Komposisi kimia.

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	Cr	Zn	Al
0,4	0,4	0,1	0,8	4,5	0,15	0,25	0,25	93,15

**2. Proses Pengelasan dan Parameter Las**

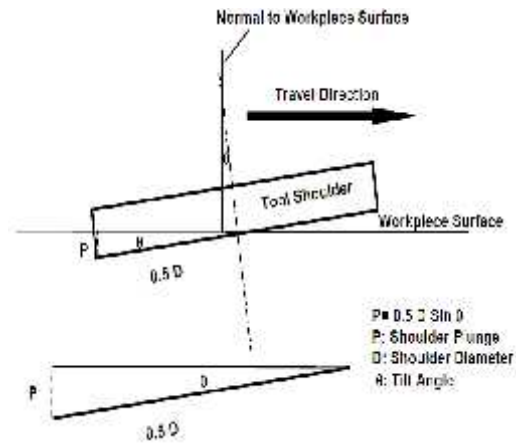
Pengelasan dengan metode *friction stir welding (FSW)*, menggunakan mesin *milling Aciera* dengan putaran spindle 910 rpm dan kecepatan pemakanan 18,2 mm/menit. Prinsip kerja pengelasan *FSW* ditunjukkan seperti gambar 1, sedangkan parameter pengelasan dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 1 : Prinsip Kerja Las FSW.

Tabel 2: Parameter Pengelasan

Putaran Spindel (rpm)	Kecepatan feeding (mm/mnt)	Penurunan Tool (mm)	Ukuran Tool (pin & shoulder) (mm)
910	18,2	0,2	Shoulder Ø15 mm Pin Ø 3 mm, Panjang Pin 2,9 mm



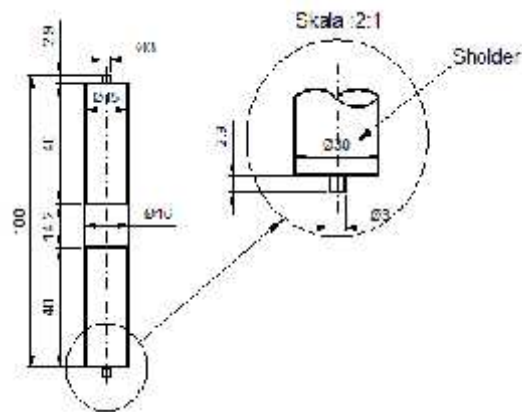
Gambar 2 : Shoulder plunge.

**3. Pengaturan Sudut Tool**

Sudut kemiringan *shoulder* (  $\theta$  ) antara  $2^\circ - 4^\circ$  terhadap sumbu tegak lurus pada permukaan benda kerja. Sudut kemiringan *shoulder* seperti gambar 2 diatas.

**4. Bentuk Tool**

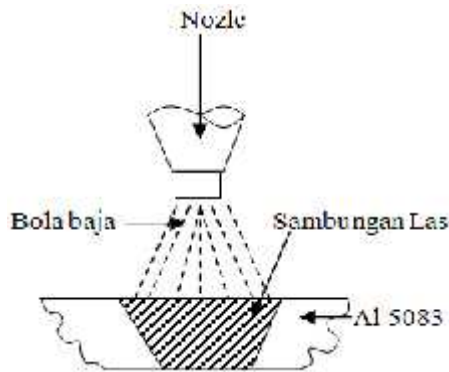
Proses pengelasan menggunakan *tool* dari bahan *HSS*, diameter *shoulder* 15 mm dan diameter pin 3 mm, sudut kemiringan *shoulder*  $2^\circ$ . Tipe sambungan las *Butt Joint*. Bentuk *tool* seperti ditunjukkan pada gambar 3 dibawah.



Gambar 3 : Bentuk tool.

**5. Proses Shot Peening**

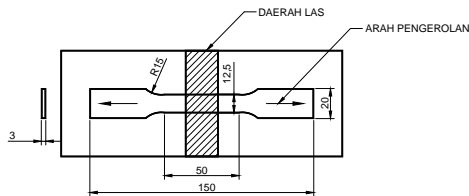
*Shot peening* terhadap sambungan las *FSW*. *Shot peening* dengan menembakkan bola baja yang ukuran diameternya S 230 (  $800 \mu\text{m}$  ) pada permukaan plat secara berulang. *Shot* dilakukan dengan tekanan udara 6 bar dan jarak penembakan antara nozel dengan permukaan plat 100 mm, serta bukaan nozel berdiameter 10 mm. Variasi lamanya waktu penembakan yaitu sebesar 6 menit (SP 6), 10 menit (SP 10), dan 14 menit (SP 14). Prinsip *shot peening* ditunjukkan seperti pada gambar 4 dibawah.



Gambar 4 : Prinsip Shot Peening dengan Bola Baja Pada Sambungan Las FSW.

**6. Pembuatan Spesimen**

Pemotongan spesimen untuk uji tarik sesuai spesifikasi standar yang ditunjukkan pada gambar 5. Kemudian dilakukan pemotongan spesimen untuk uji kekerasan dan struktur mikro.



Gambar 5 : Spesimen Uji Tarik.

**7. Pengujian Mekanis**

Uji tarik, kekerasan, kekasaran permukaan dan pengamatan struktur mikro sambungan las FSW, dilakukan baik pada spesimen FSW tanpa shot peening (FSW NP) maupun FSW dengan shot peening (SP).

**8. Pengujian Korosi**

Pengujian laju korosi dilakukan dengan sel potensial tiga elektroda didasarkan pada metode esktrapolasi Tafel. Hasil uji sel potensial tiga elektroda dihitung, untuk memastikan posisi ketahanan terhadap korosi.

**HASIL PERCOBAAN**

**1. Pengamatan Visual**

Hasil proses las FSW dan proses shot peening pada gambar 6, secara visual nampak perbedaan bentuk manik-manik las (permukaan) dari proses FSW tanpa shot peening dan FSW dengan shot peening. Bentuk manik-manik las secara umum, hasil FSW tanpa shot peening lebih halus dibandingkan hasil FSW dengan shot peening. Hal ini terjadi akibat efek tempa (*forging*) oleh shot peening pada permukaan plat di daerah sambungan las.



a. Visual FSW tanpa shot peening



b. Visual FSW dengan shot peening

Gambar 6: Hasil proses las FSW tanpa shot peening dan las FSW dengan shot peening

**2. Pengujian Tarik**

Aluminium paduan 5083 setelah dilakukan proses penyambungan FSW mempunyai ukuran panjang 300 mm x 200 mm x 3 mm. Selanjutnya dibuat spesimen uji tarik untuk FSW tanpa shot peening (FSW NP) maupun FSW dengan shot peening (SP) masing-masing sebanyak 3 buah.

Hasil uji tarik ditunjukkan pada tabel 3.

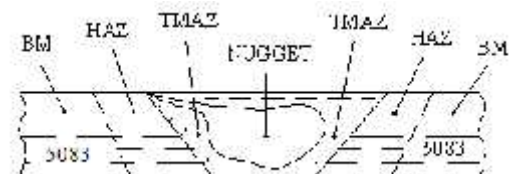
Tabel 3 : Hasil uji tarik.

Aluminium	Jenis Perlakuan	Luas (mm <sup>2</sup> )	%	$\sigma_u$ MPa
5083	RM	59,84	10,3	330
	FSW(NP)	38,42	5,64	216
	SP 6	38,76	5,52	221
	SP 10	37,58	5,38	225
	SP 14	38,55	5,26	230

**3. Pengujian Kekerasan**

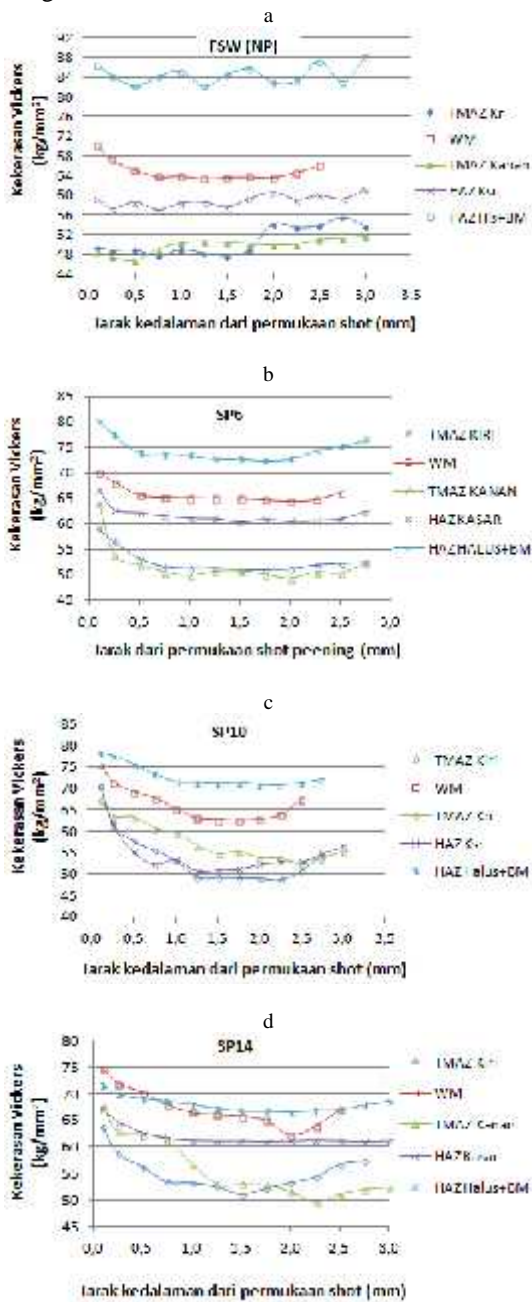
Disamping pengujian tarik, juga dilakukan uji kekerasan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada arah kedalaman dari spesimen uji. Jarak antara titik hasil pengujian yang satu dengan titik yang lain sebesar 0,25 mm. Bentuk pengujian seperti pada gambar 7.

Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan skala vickers micro indenter, dengan beban 100 gram dan waktu pembebanan 5 detik pada setiap spesimen uji.



Gambar 7 : Bentuk Pengujian Kekerasan.

Sedangkan hasil uji kekerasan seperti pada gambar 8.



Gambar 8 : Grafik distribusi kekerasan vs jarak kedalaman (a. FSW NP, b. Shot 6', c. Shot 10', d. Shot 14')

**4. Pengujian Korosi**

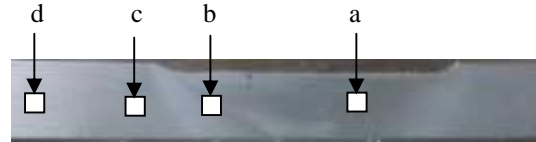
Pengujian korosi dilakukan dengan sel potensial tiga elektroda, dan pengujian menggunakan larutan NaCl sebesar 0,5%. Hasil uji korosi ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 : Hasil uji korosi.

Bahan Al	Jenis Perlakuan	E (mV)	$i_{cor}$ ( $\mu A/cm^2$ )	r (mpy)
5083	RM	-1477,2	258,72	0,549
	FSW(NP)	-1572,2	337,27	0,715
	SP 6	-1323,8	191,38	0,405
	SP 10	-1284,1	184,07	0,390
	SP 14	-1297,5	192,94	0,409

**5. Struktur mikro**

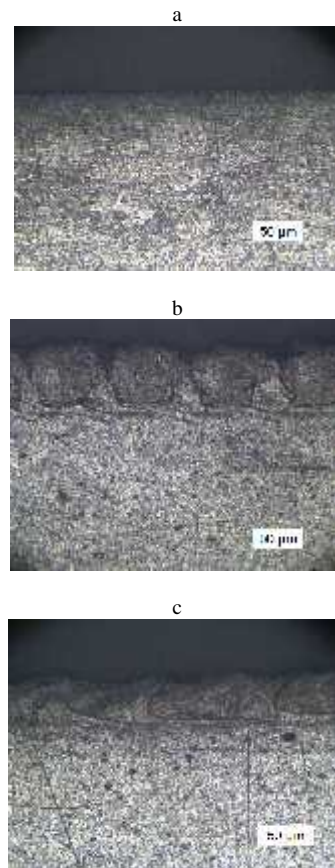
Pada hasil proses pengelasan apabila hasil las dilihat pada arah transversal (penampang daerah hasil las FSW), profil sambungan FSW berbentuk trapesium terbalik yang menunjukkan empat daerah hasil lasan yaitu (d)Base Material, (c)HAZ, (b)TMAZ, dan (a)Nugget (weld metal), seperti ditunjukkan pada pengamatan struktur makro gambar 9.



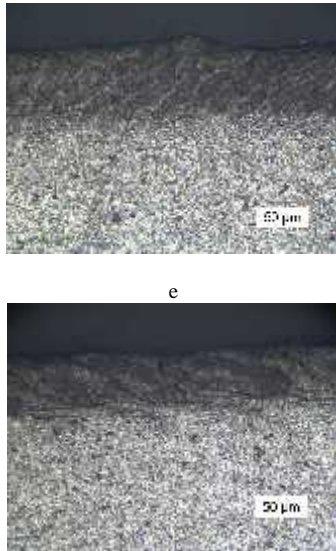
Gambar 9 : Penampang Daerah Hasil Las FSW.

Pengujian Struktur Mikro dilakukan pada material baik RM, FSWNP, SP6, SP10, maupun SP14, pengujian diamati dengan mikroskop optik.

Hasil pengamatan struktur mikro setelah material dilakukan uji korosi ditunjukkan pada gambar 10.



d

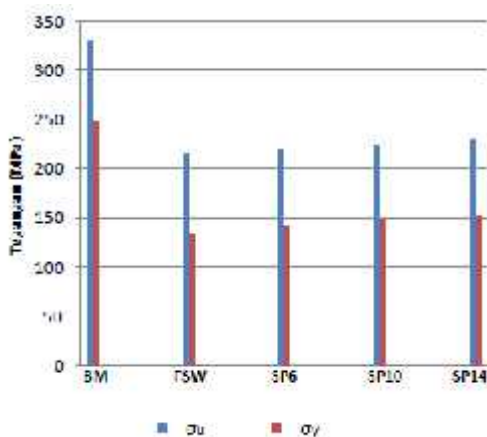


Gambar 10 : Struktur Mikro Perbesaran 50x, *Etsa HF* (a. RM, b.FSWNP, c.SP6, d.SP10, e.SP14)

**PEMBAHASAN HASIL**

Dari pengujian tarik akan didapatkan sifat mekanik bahan, diantaranya adalah tegangan maksimum, tegangan luluh, dan keuletan dari suatu bahan.

Gambar 11 menunjukkan hasil uji tarik, dimana proses pengelasan FSW menyebabkan penurunan tegangan tarik dan tegangan luluh. Hal ini disebabkan karena distribusi tegangan sisa yang terjadi pada permukaan bahan tidak seimbang, sehingga tegangan sisa tekan ini tidak dapat mengimbangi tegangan tarik pada bahan pada saat terjadi pembebanan tarik statis dari luar.



Gambar 11 : Grafik Tegangan vs. Jenis Perlakuan

Proses *shot peening* dengan pemberian lama waktu penembakan yang bervariasi dari 6 menit, 10 menit, dan 14 menit menunjukkan peningkatan kekuatan tarik, dan kekuatan luluh yang signifikan. Peningkatan kekuatan tarik sebesar 2,06 %, 3,81 %, dan 6,04 %, dan peningkatan kekuatan luluh sebesar 6,42 %,

9,55 %, dan 13,67 %. Peningkatan ini disebabkan naiknya kerapatan dislokasi yang terjadi terutama pada batas butirnya. Ketika deformasi berjalan terus seiring peningkatan waktu penembakan yang digunakan, maka akan terjadi slip silang dan proses penggandaan dislokasi, yang akan membentuk daerah kerapatan dislokasi yang tinggi selama proses *shot peening* berlangsung.

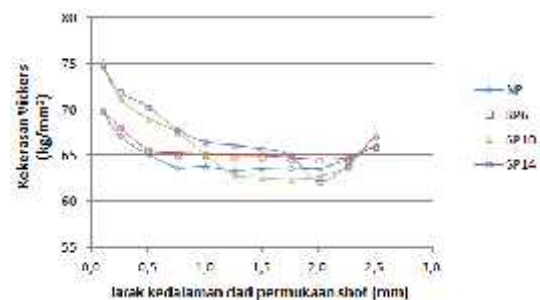
Disamping peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan luluh, proses *shot peening* juga menurunkan keuletan dan meningkatkan kekakuan bahan. Hal ini dapat terlihat dari menurunnya nilai perpanjangan ( ). Pemberian *shot peening* yang berlebihan dapat menyebabkan bahan menjadi getas.

Dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa bahan FSW dengan *shot peening* nilai kekerasannya semakin meningkat, peningkatan kekerasan searah ketebalan sebesar 1,09%, 6,51%, dan 7,11%, dan hasil pengujian seperti ditunjukkan pada tabel 5 dibawah.

Tabel 5 : Hasil uji kekerasan.

No.	Spesimen	Kekerasan Vickers (kg/mm <sup>2</sup> )	% Kenaikan
1.	FSW NP	66,52	-
2.	FSW + SP6	67,25	1,09 %
3.	FSW + SP10	70,85	6,51 %
4.	FSW + SP14	71,25	7,11 %

Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Gambar 12 dibawah. Nilai kekerasan hasil proses pengelasan FSW mengalami penurunan dari *base materialnya* (BM). Hal ini disebabkan, didaerah pengelasan logam mengalami siklus thermal berupa pemanasan sampai temperatur maksimum dengan diikuti proses pendinginan yang menyebabkan terjadinya perubahan metalurgi dan deformasi pada daerah las.



Gambar 12 : Gabungan Grafik Kekerasan Daerah Nugget (Weld Metal) Searah Tebal Spesimen

Kekerasan hasil proses *shot peening* mengalami peningkatan dari FSW tanpa *shot peening*. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya waktu *shot peening* yang diberikan maka deformasi plastis pada permukaan bahan semakin besar. Bagian yang mengalami deformasi plastis akan menyebabkan dislokasi pada sisi kristalnya dan meningkatkan kerapatan dislokasi. Kerapatan deformasi yang besar akan menumpuk pada bidang lurus di penghalang, seperti batas butir. Dislokasi yang tertumpuk pada suatu penghalang akan berinteraksi. Interaksi ini akan menyebabkan kerapatan dislokasi yang tinggi terutama pada batas butir sehingga gerakan dislokasi akan saling menghambat. Dengan kata lain bahan menjadi kuat.

Dari hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa material setelah dikorosikan pada larutan garam (larutan NaCl) 0,5%, pada RM mengalami korosi intergranular, korosi yang terjadi pada batas butir. Pada FSWNP, material mengalami korosi celah (*crevice corrosion*) dibagian permukaan material.



Gambar 13 : Grafik Laju Korosi vs. Jenis Perlakuan

Hasil pengujian korosi dapat dilihat pada Gambar 13 diatas.

Dari hasil pengujian korosi menunjukkan bahwa material FSWNP mengalami kenaikan laju korosi (laju korosinya lebih besar) dari pada RM. Tetapi material setelah mendapat SP mengalami penurunan laju korosi, seiring naiknya waktu SP. Pada SP14 material sudah mengalami kejenuhan pada bagian lapisan tipis permukaan material.

Material dengan laju korosi semakin kecil, menunjukkan material ketahanan korosinya lebih baik (bahan lebih tahan terhadap korosi).

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses FSW menurunkan kekuatan tarik dan kekerasan.

2. Dengan proses *shot peening*, kekuatan tarik dan kekerasan Al 5083 meningkat seiring dengan peningkatan waktunya *shot peening*.
3. Proses *shot peening* meningkatkan kekerasan secara terbatas dan menyebabkan deformasi plastis pada kedalaman tertentu dari permukaan bahan.
4. FSW dengan *shot peening* akan mengalami penurunan laju korosi, hal ini berarti ketahanan korosinya lebih baik.

## Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang memberikan dukungan dana melalui program Penelitian Dosen Pemula tahun 2014.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamowski, J. and Szkodo, M. (2007), *Friction stir welds (FSW) of aluminium alloy AW6082-T6* 2007, *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering*, Vol. 20,.
- Caballero, (2011), *Overall mechanical behavior of friction stir welded joints superficially treated by laser shot peening*, *Journal Anales de Mecanica de la fractura*, vol. 2.
- Cavaliere P., (2006), *Effect of welding parameters on mechanical and microstructural properties of AA6056 joints produced by Friction Stir Welding*, *Journal of Materials Processing Technology* 180, hal. 263-270.
- Engineering Division Handbook, 1999, *Technical Data Aluminium*, Aluminium City (Pty) Limited.
- Kazuhiro Nakata, dkk., (2000), *Weldability of high strength aluminium alloys by friction stir welding*, *ISIJ International*, vol. 40, pp. S15-S19.
- Kumar, K. and Kailas, S.V., (2008), *The role of friction stir welding tool on material flow and weld formation*, *Journal Materials Science & Engineering A* 485 p. 367-374.
- Thomas, W., (1991), *Friction Stir Welding*, The Welding Institute.
- William, R., (1997), *Welding Handbook*, 8th ed, Vol.3, Miami.