

PENGARUH *SHOT PEENING* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN SIFAT MEKANIS SAMBUNGAN *FRICTION STIR WELDING* PADA ALUMINIUM SERI 5083

Wartono, Sutrisna

Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman
email : wartono_sttnas@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh shot peening terhadap 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 kekasaran permukaan, kekerasan, tarik statis dan struktur mikro.

Hasil uji menunjukkan bahwa proses *Shot peening* meningkatkan kekasaran permukaan sambungan *FSW*. Sedangkan proses *FSW* menurunkan kekuatan tarik dan kekerasan. Kemudian shot peening dilakukan pada sambungan *FSW* 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 13,91%, 14,37%, dan 18,89%.

Kata kunci : *shot peening*, kekasaran permukaan, sifat mekanis, struktur mikro, *friction stir welding*.

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 Kekasaran Permukaan dan Sifat Mekanis Sambungan *Friction Stir Welding* Pada Aluminium Alloy 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

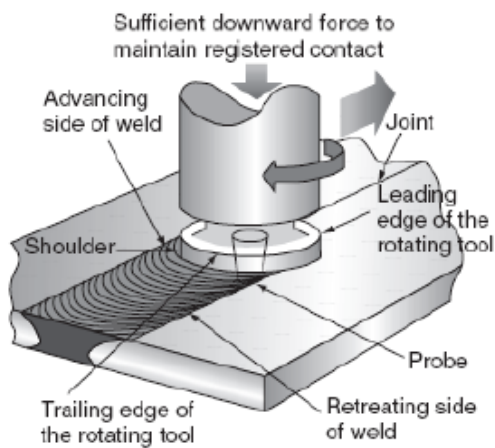
Bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu aluminium paduan seri 5083 yang berbentuk lembaran (*sheet*), dengan ukuran panjang 300 mm, lebar 200 mm, tebal 3 mm. Sedangkan bahan mempunyai komposisi kimia seperti ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1 : Komposisi kimia.

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	Cr	Zn	Al
0,4	0,4	0,1	0,4-1,0	4-4,9	0,15	0,25	0,25	92,55

2. Proses Pengelasan dan Parameter Las

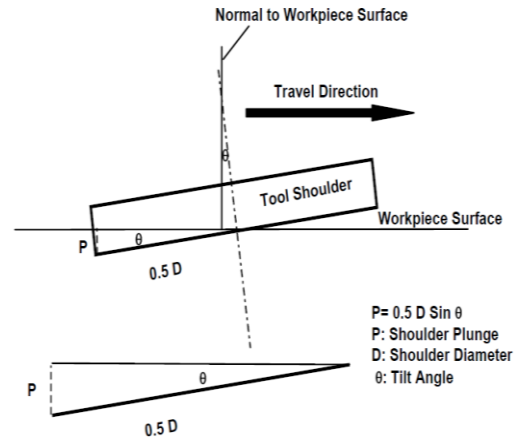
Pengelasan dengan metode *friction stir welding (FSW)*, menggunakan mesin *milling* Aciera dengan putaran spindle 910 rpm dan kecepatan pemakanan 18,2 mm/menit. Prinsip kerja pengelasan *FSW* ditunjukkan seperti gambar 1, sedangkan parameter pengelasan dapat dilihat pada Tabel 2.



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



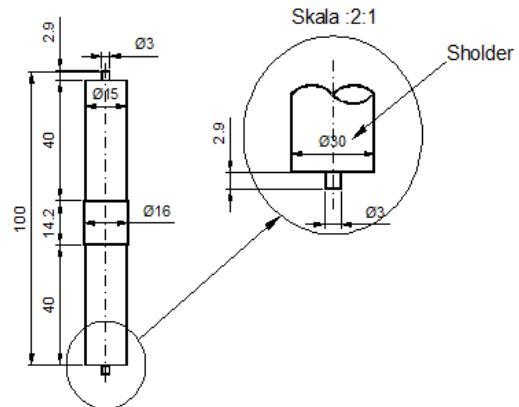
Gambar 2 : Shoulder plunge.

3. Pengaturan Sudut Tool

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

4. Bentuk Tool

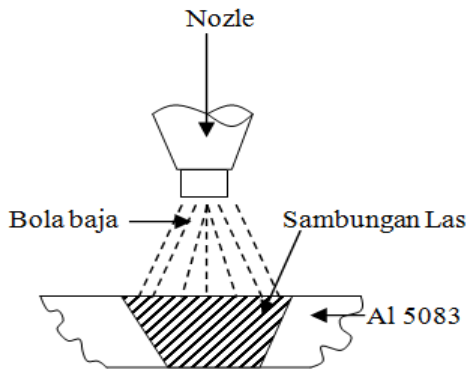
Proses pengelasan menggunakan *tool* dari bahan *HSS*, diameter *shoulder* 15 mm dan diameter pin 3 mm, sudut kemiringan *shoulder* 2° . Tipe sambungan las *Butt Joint*. Bentuk *tool* seperti ditunjukkan pada gambar 3 dibawah.



Gambar 3 : Bentuk tool.

5. Proses Shot Peening

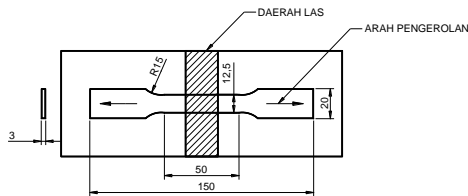
Shot peening terhadap sambungan las *FSW*. *Shot peening* dengan menembakkan bola baja yang ukuran diameternya S 230 ($\phi \leq 800 \mu\text{m}$) pada permukaan plat secara berulang. *Shot* dilakukan dengan tekanan udara 6 bar dan jarak penembakan antara nozel dengan permukaan plat 100 mm, serta bukaan 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.

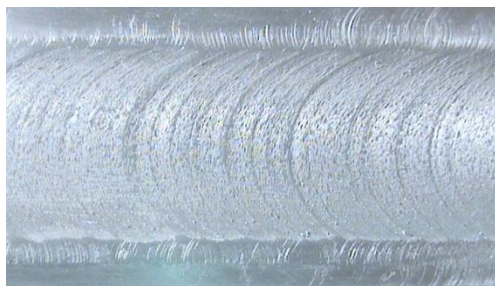
7. Pengujian Mekanis

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).

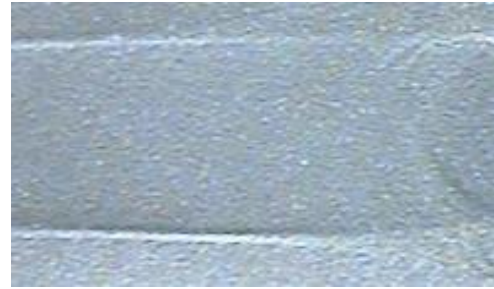
HASIL PERCOBAAN

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 Kekasaran Permukaan

Kekasaran merupakan parameter ukuran tekstur permukaan dari suatu material. Nilai kekasaran diperoleh dari perhitungan ketinggian titik pada profil permukaan. Ra merupakan salah satu parameter kekasaran yang paling sering digunakan. Nilai kekasaran Ra adalah nilai rata-rata absolut dari ketinggian tiap titik pada profil permukaan. Selain Ra, terdapat parameter lain yang umum digunakan, diantaranya adalah Rz, Rmax. Hasil uji kekasaran ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 : Hasil uji kekasaran.

Aluminium	Jenis Perlakuan	Ra (μm)	Rmax (μm)	Rz (μm)
5083	NP	2,75	25,45	15,6
	SP 6	3,42	18,25	14,3
	SP 10	3,26	17,8	13,52
	SP 14	3,12	16,15	12,35

3. 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 4.

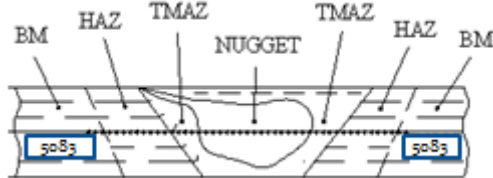
Tabel 4 : Hasil uji tarik.

Aluminium	Jenis Perlakuan	Luas (mm^2)	ϵ %	σ_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

4. Pengujian Kekerasan

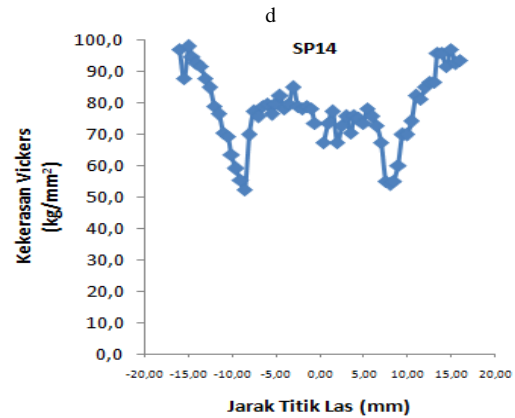
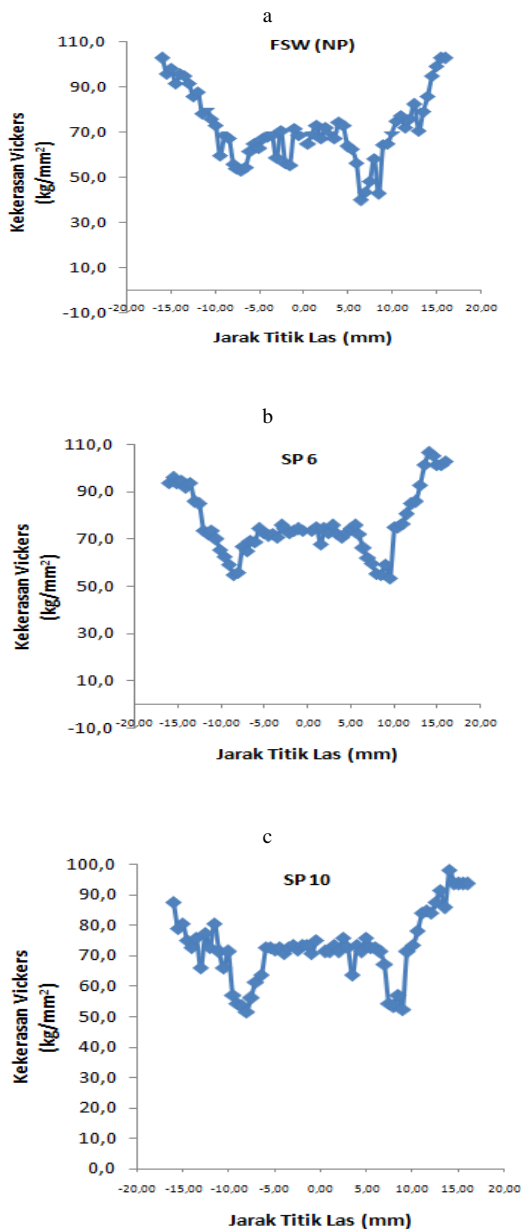
Disamping pengujian tarik, juga dilakukan uji kekerasan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada arah transversal dengan jarak 0,5 mm dari permukaan spesimen uji. Jarak antara titik hasil pengujian yang satu dengan

titik yang lain sebesar 500 μm . 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.

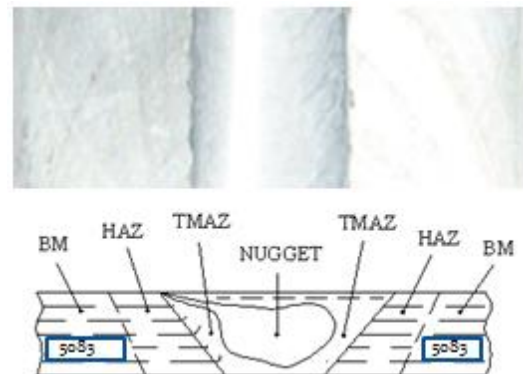
Sedangkan hasil uji kekerasan seperti pada Gambar 8.



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

5. Struktur mikro

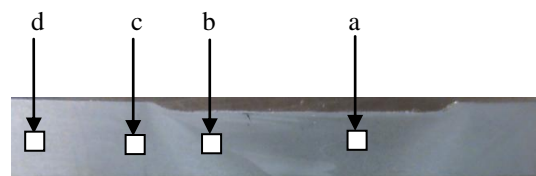
Pada hasil proses pengelasan apabila hasil las dilihat pada arah transversal, profil sambungan FSW berbentuk trapesium terbalik yang menunjukkan empat daerah hasil lasan yaitu Base Material, HAZ, TMAZ, dan Nugget (weld metal), seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

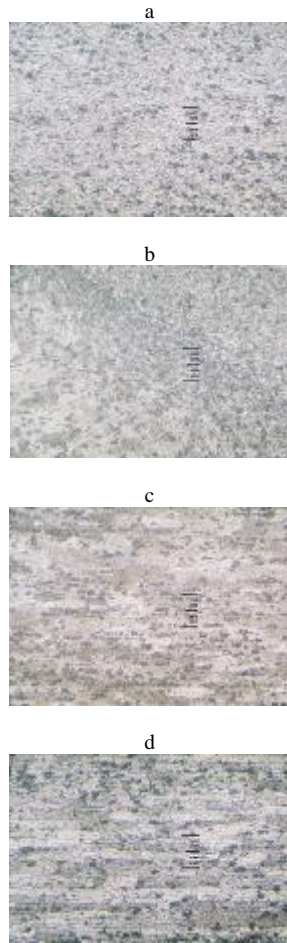


Gambar 9 : Daerah Hasil Las FSW.

Pengujian Struktur Mikro dilakukan pada arah transversal hasil pengelasan. Pekerjaan meliputi : pemotongan, pengamplasan, pemolesan, etsa. Proses etsa dengan diberi cairan HF (hidro fluoride), kemudian diamati dengan mikroskop optic.

Hasil pengamatan struktur makro dan mikro ditunjukkan pada gambar 10.

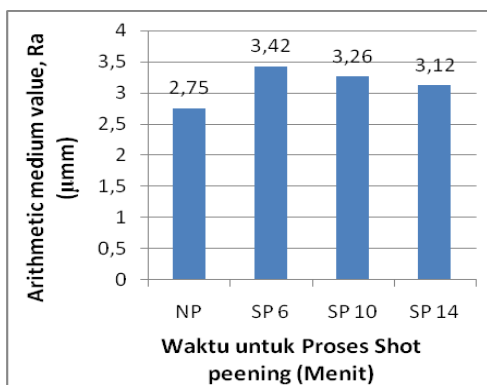




Gambar 10 : Struktur makro Perbesaran 10x dan Struktur mikro Perbesaran 100x, *Etsa HF* (a. WM, b.TMAZ, c.HAZ, d.BM)

PEMBAHASAN HASIL

Kekasaran permukaan hasil *FSW* tanpa *shot peening* dibandingkan hasil *FSW* dengan *shot peening* seperti pada gambar 11, menunjukkan ada peningkatan kekasaran permukaan. Hal ini terjadi akibat efek tempa (*forging*) oleh *shot peening* pada permukaan plat di daerah sambungan las.

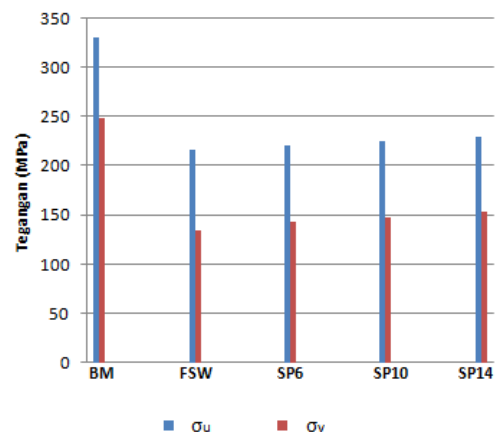


Gambar 11 : Grafik nilai kekasaran Ra vs. Jenis Perlakuan

Sedangkan proses *shot peening* dengan pemberian lama waktu penembakan yang bervariasi dari 6 menit, 10 menit, dan 14 menit, menunjukkan penurunan kekasaran permukaan, hal ini disebabkan kerapatan dislokasi yang terjadi pada batas butir sudah mengalami titik jenuh atau titik saturasi dimana penurunan nilai kekasaran berubah tidak sesuai trend sebelumnya.

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

Gambar 12 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 12 : 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

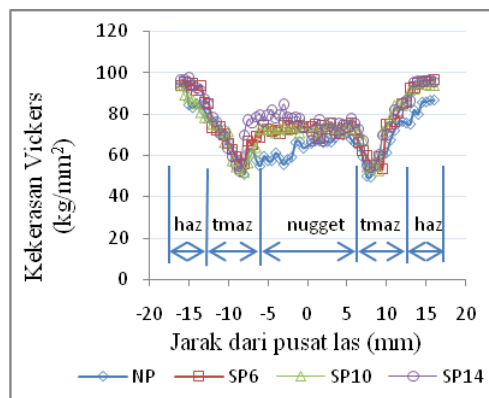
nilai perpanjangan (ϵ). Pemberian *shot peening* yang berlebihan dapat menyebabkan bahan menjadi getas.

Dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa bahan *FSW* dengan *shot peening* nilai kekerasannya semakin meningkat, peningkatan kekerasan arah transversal sebesar 13,91%, 14,37%, dan 18,89%, dan hasil pengujian seperti ditunjukkan pada tabel 5 dibawah.

Tabel 5 : Hasil uji kekerasan.

No.	Spesimen	Kekerasan Vickers (kg/mm ²)	% Kenaikan
1.	<i>FSW NP</i>	64,18	-
2.	<i>FSW + SP6</i>	73,11	13,91 %
3.	<i>FSW + SP10</i>	73,40	14,37 %
4.	<i>FSW + SP14</i>	76,11	18,89 %

Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Gambar 13 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 13 : Grafik Kekerasan vs. Jarak Dari Pusat Las

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.

KESIMPULAN

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

1. *FSW* dengan *shot peening* akan mengalami peningkatan kekasaran permukaan akibat efek tempa (*forging*).
2. Proses *FSW* menurunkan kekuatan tarik dan kekerasan.
3. Dengan proses *shot peening*, kekuatan tarik dan kekerasan Al 5083 meningkat seiring dengan peningkatan waktunya *shot peening*.
4. Proses *shot peening* meningkatkan kekerasan secara terbatas dan menyebabkan deformasi plastis pada kedalaman tertentu dari permukaan bahan.

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*, *Jurnal 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*, *Jurnal 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.