

Studi Komparasi Sambungan Las Dissimilar AA5083-AA6061-T6 Antara TIG dan FSW

Riswanda^(a), Mochammad Noer Ilman^(b)

^(a)Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung.
E-mail: risriswanda@gmail.com

^(b)Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada

Abstrak

Aluminium paduan banyak digunakan pada struktur seperti kereta api, kapal laut, jembatan, mobil dan perpipaan serta struktur bangunan mesin lainnya. Alasan banyaknya penggunaan aluminium paduan antara lain kekuatan yang relatif tinggi, sifat mampu bentuk dan mampu las yang baik, tahan terhadap korosi serta masuk kelompok logam yang ringan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi sifat fisis dan mekanik (struktur mikro, kekuatan tarik dan kekerasan) akibat pengaruh masukan panas yang dinyatakan dengan kuat arus untuk proses las TIG, dan putaran untuk proses FSW, pada sambungan las tak sejenis aluminium paduan seri 5083 dan seri 6061-T6. Proses pengelasan TIG dan FSW dilakukan pada sambungan tumpul (butt joint) pelat ukuran 300x100x3 mm sepanjang 300 mm. Parameter untuk proses las TIG meliputi sumber arus AC dengan variasi arus 100, 120 dan 140 A pada tegangan 20 V, sedangkan proses las FSW menggunakan variasi putaran tools sebesar 1200, 1400 dan 1600 rpm dengan kecepatan pengelasan 4 mm/menit. Pengujian yang dilakukan meliputi pengamatan visual, foto mikro, kekerasan dan uji tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum proses las TIG masih lebih baik dibandingkan dengan proses FSW. Nilai kekerasan mikro rata-rata pada logam las proses FSW 46,42 (kg/mm²). Hasil ini masih jauh dibawah las TIG dengan nilai kekerasan rata-rata 73,83 (kg/mm²). Kekuatan tarik tertinggi hasil pengujian las FSW terdapat pada parameter putaran 1600 rpm yaitu 151 MPa, ini masih lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tertinggi hasil las TIG yaitu pada arus 120 A dengan kekuatan tarik 201 MPa.

Keywords: Aluminium 5083 dan 6061-T6, heat input. Las TIG, las FSW, sifat mekanik

1. PENDAHULUAN

Aluminium dan paduannya merupakan logam yang banyak digunakan di bidang teknik karena mempunyai berbagai keunggulan antara lain ringan, mempunyai sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik, kekuatan tarik relatif tinggi, tahan korosi dan sifat mekaniknya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin atau perlakuan panas, serta mempunyai sifat mampu las (*weldability*) yang bervariasi tergantung pada jenis paduannya (Mandal, 2005). Berbagai kelebihan di atas menyebabkan aluminium dan paduannya banyak digunakan di bidang struktur dan pemesinan, seperti pesawat terbang, kapal, kendaraan serta industri otomotif.

Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan yang banyak dipakai pada konstruksi mesin dan struktur. Jenis pengelasan yang umum digunakan untuk aluminium dan paduannya adalah las TIG (*tungsten arc welding*) dan las MIG (*metal inert gas*). Pemakaian las TIG dan MIG pada pengelasan aluminium didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut : penetrasi atau penembusan ke dalam alur/celah las dapat diatur, sehingga kualitas dan mutu las dapat meningkat baik untuk pelat tipis maupun pelat tebal. Disisi lain proses las TIG dan MIG masih terdapat beberapa masalah yang terjadi seperti adanya porositas, terbentuknya lapisan oksida pada daerah cair, mudah terjadinya retak panas atau dingin dan bentuk manik las yang kurang sempurna (*undercut*).

Dewasa ini telah dikembangkan teknik FSW (*friction stir welding*) untuk mengatasi keterbatasan proses las TIG dan MIG tersebut diatas. Proses FSW ini telah dipatenkan oleh TWI (*The Welding Institute*) di Inggris tahun 1991 (Freeman, 2003). Proses FSW adalah teknik las padat dengan menggunakan bantuan *tools* (*shoulder and pin*) yang berputar dengan gerak maju (*feeding*) tertentu sehingga logam mengalami pelunakan (lumer) di kedua sisi benda yang dilas dan terjadi penyambungan. Disamping dapat mengatasi atau mengurangi kelemahan-kelemahan pada proses las TIG/MIG, proses FSW juga mempunyai keuntungan lain diantaranya : tidak menimbulkan asap, peralatan yang sederhana 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 pada proses FSW juga terdapat kelemahan yaitu sering dijumpai terjadinya keropos atau lubang-lubang kecil di sepanjang garis las, akibat penentuan putaran dan gerak maju *tools* yang kurang tepat.

Studi komparasi antara hasil proses las TIG dan FSW akan dilakukan dengan harapan mendapatkan hasil yang terbaik. Bahan yang diproses dalam penelitian ini adalah aluminium paduan tak sejenis (*dissimilar*) seri 5083 dan seri 6061-T6. Pada aplikasi teknik sambungan tak sejenis aluminium paduan 5083 dan 6061 dapat dijumpai pada struktur-struktur lasan seperti pada I-beam dan batangan-batangan berongga (*hollow channels*) (Huskins, dkk, 2010; Dutta, 1990; dan Hatch, 1984).

Pengelasan logam tak sejenis relatif lebih sulit dilakukan karena perbedaan metalurgi logam las. Paduan aluminium seri 5083 tidak dapat dilakukan perlakuan panas, sedangkan seri 6061 dapat diproses perlakuan panas, sehingga perbedaan ini akan berpengaruh pada daerah HAZ (*heat affected zone*) dan WM (*weld metal*). Disamping itu sifat mampu las aluminium paduan seri 5083 lebih baik dibanding seri 6061 karena pada aluminium paduan seri 6061 cenderung terjadi retak panas.

Penelitian ini akan melakukan kajian sifat fisis dan mekanik (struktur mikro, kekuatan tarik, dan kekerasan) pada sambungan las tak sejenis (*dissimilar joint*) paduan aluminium seri 5083 dan seri 6061-T6 dengan proses TIG dan FSW. Kajian dan pengamatan dari hasil las TIG dan FSW dengan bahan yang berbeda (*dissimilar*) tersebut,

diharapkan menghasilkan solusi alternatif yang bisa diaplikasikan dikalangan masyarakat.

2. METODOLOGI

2.1. Material

Material yang digunakan yaitu pelat aluminium paduan seri 5083 dan 6061-T6 dengan bahan pengisi untuk proses RIG ER5356 (ASTM, 2004). Uji komposisi material dilakukan dengan tujuan mengetahui unsur kimia material.

2.2. Proses Pengelasan

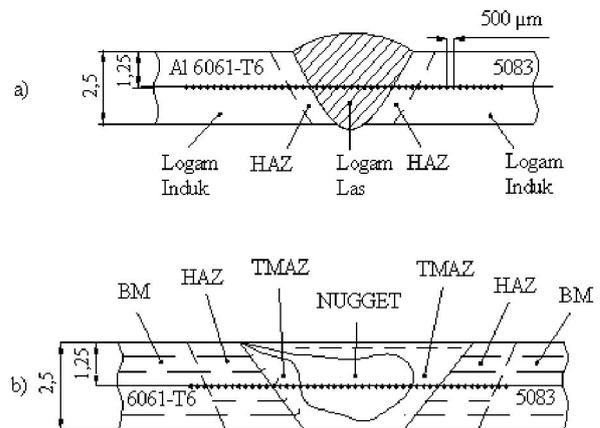
Proses las pada penelitian ini adalah TIG dengan variasi arus (100, 120 dan 140 A) serta FSW dengan variasi putaran (1200, 1400 dan 1600 rpm).

2.3. Karakterisasi Mikrostruktur

Struktur makro dan mikro hasil pengelasan dapat dianalisa dengan pengamatan arah transversal. Spesimen disiapkan melalui tahapan antara lain: pemotongan, penggerindaan, pemolesan dan dietsa menggunakan cairan HF.

2.4. Pengujian Kekerasan

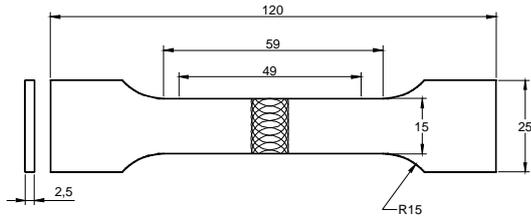
Pengujian kekerasan untuk mengetahui distribusi kekerasan di daerah *base metal* (*unaffected zone*), *heat affected zone* (HAZ), dan *weld metal* dari masing-masing hasil proses pengelasan TIG dan FSW, dilakukan dengan metoda pengujian *Vickers* menggunakan beban 100 gr dengan jarak antara titik pengujian 500 μm , seperti Gambar 2-1.



Gambar 2-0 Lokasi dan jarak pengujian kekerasan

2.5. Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik dilakukan pada arah transversal. Pengujian dilakukan untuk melihat perbandingan antara kekuatan tarik dari material awal (dasar) dan material setelah proses las, spesimen uji tarik menggunakan standar ZIS (Z2201 No.6), seperti Gambar 2-2



Gambar 2-2. Spesimen uji tarik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

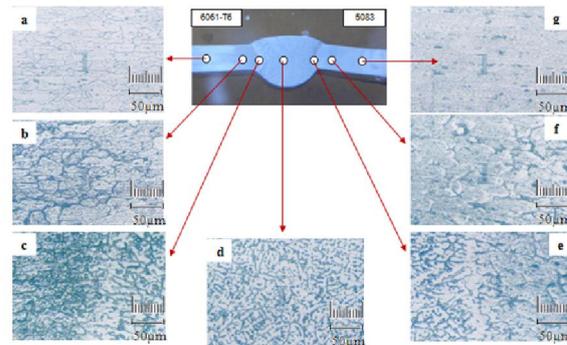
3.1. Komposisi Kimia

Tabel 1. Hasil uji komposisi kimia logam induk dan logam las

Material	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr
6061-T6	0,769	0,366	0,073	0,088	1,110	0,013	0,024	0,277
5083	0,390	0,333	0,094	0,465	4,800	0,061	0,020	0,121
Logam las TIG	0,450	0,304	0,050	0,285	3,550	0,021	0,025	0,131
Logam las FSW	0,798	0,393	0,074	0,3675	1,240	0,024	0,020	0,162

3.2. Analisa Struktur mikro

Gambar 3-1(a) memperlihatkan struktur mikro pada logam induk 6061-T6 yang berupa butir memanjang sesuai arah rol. Pada Gambar 3-1(b) daerah HAZ pada Al 6061-T6 terlihat batas butir dan bentuk tidak lagi memanjang tetapi cenderung bulat (*equiaxed*). Struktur mikro logam las berupa struktur kolumnar yang berawal dari butir-butir sepanjang batas HAZ-logam las yang dinamakan *fusion line*, sedangkan bagian pusat las struktur mikro berupa dendrit seperti terlihat pada Gambar 3-1(c). Bentuk dendrit Gambar 3-1(d) adalah struktur mikro di daerah las dengan warna gelap menunjukkan fasa silikon–magnesium (Si-Mg) sedangkan warna terang merupakan fasa (aluminium). Batas logam las- HAZ (*fusion line*) daerah Al 5083 terlihat pada Gambar 3-1(e). Gambar 3-1(f) adalah daerah HAZ Al 5083 menunjukkan perubahan struktur, terlihat bentuk butiran cenderung membesar. Logam induk pada Gambar 3-1(g) terlihat butir yang diindikasikan tidak mengalami perubahan atau dinamakan daerah tidak terpengaruh panas (*unaffected base metal*).

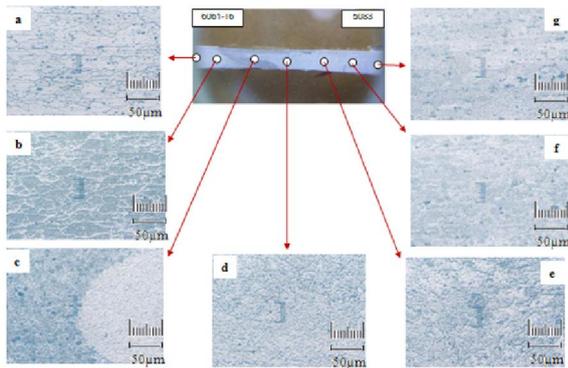


Gambar 3-1. Foto mikro proses las TIG

Gambar 3-2 memperlihatkan profil sambungan las FSW dengan struktur mikro pada masing-masing zona. Gambar 3-2(a) menunjukkan bahwa logam induk tidak terpengaruh panas struktur mikro berupa butiran memanjang sesuai arah rol. Daerah HAZ 6061-T6 ditunjukkan pada Gambar 3-2(b) bentuk butiran mengalami perubahan cenderung menjadi besar. Gambar 3-2(c) menunjukkan daerah TMAZ 6061-T6 (*thermomechanically affected zone*) dan terlihat batas antara logam induk Al 6061-T6 dan 5083. Gambar 3-2(d) adalah daerah las atau (*nugget*) mengindikasikan campuran antara dua logam induk oleh pin yang berfungsi sebagai pengaduk (*mixer*).

Daerah TMAZ 5083 ditunjukkan pada Gambar 3-2(e) terlihat warna yang berbeda kearah nugget cenderung terang sedangkan kearah Al 5083

terlihat gelap. Gambar 3-2(f) adalah daerah HAZ 5083 terlihat bentuk butiran membesar akibat panas pada waktu proses. Logam induk 5083 ditunjukkan pada Gambar 3-2(g) daerah ini indikasi struktur mikro tidak mengalami perubahan.

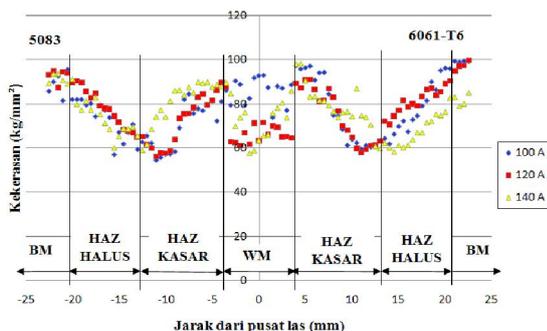


Gambar 3-2. Foto mikro proses las FSW

3.3. Kekerasan

Gambar 3-3 memperlihatkan grafik hasil uji kekerasan las TIG dari pusat las, HAZ dan logam induk. Secara umum terlihat perbedaan distribusi kekerasan pada kedua sisi lasan akibat sifat metalurgi bahan yang berbeda. Distribusi kekerasan dibagian tengah logam las (*weld metal*) terlihat acak dan cenderung rendah untuk parameter 120 A dan 140 A. Hal tersebut indikasi terdapat tegangan dalam berupa tarik akibat penyusutan. Khusus untuk parameter 100 A nilai kekerasan tinggi di daerah las. Hal tersebut akibat fusi tidak sempurna indikasi terbentuknya Mg_2Al_3 (Raghavan 2007). Kekerasan daerah batas logam las dan HAZ Al 6061-T6 maupun batas WM dan HAZ Al 5083 atau disebut juga daerah *fusion line* cenderung tinggi.

Pelunakan pada semua parameter terlihat ini menunjukkan konsistensi terhadap bentuk struktur mikro yang kasar pada daerah HAZ. Hal tersebut akibat efek panas pada saat proses las berlangsung.



Gambar 3-3. Pengujian kekerasan proses TIG

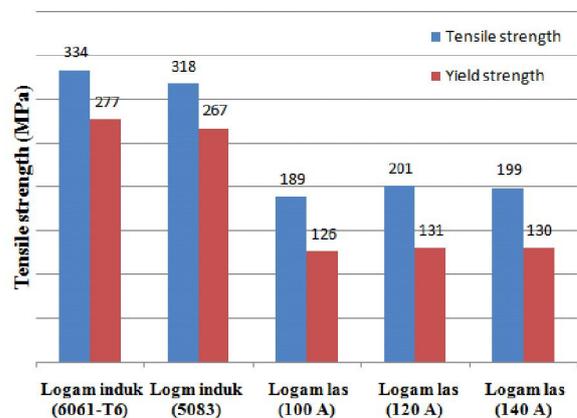
Gambar 3-4 memperlihatkan grafik distribusi hasil uji kekerasan proses FSW dari pusat las, HAZ dan logam induk. Distribusi kekerasan dibagian tengah

(*nugget*) lebih rendah dibanding daerah HAZ dan logam induknya. Hal ini menunjukkan konsistensi terhadap posisi patahan yaitu semua hasil las patah pada daerah lasan. Perubahan kekerasan cenderung teratur dan landai. Hal ini akibat panas yang terjadi pada saat proses maupun setelah proses berlangsung lambat.

Gambar 3-4 memperlihatkan grafik distribusi hasil uji kekerasan proses FSW

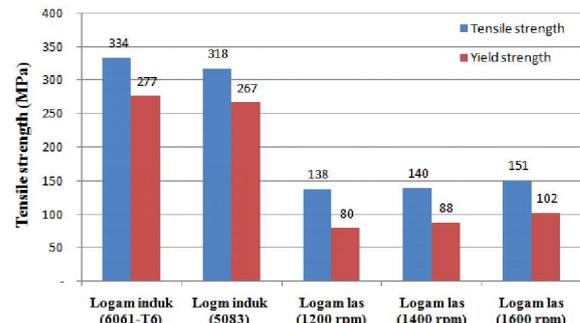
3.4. Kekuatan Tarik

Gambar 3-5 memperlihatkan hasil pengujian kekuatan tarik tertinggi las TIG terjadi pada arus 120 A, dengan nilai 201 MPa sedangkan kekuatan tarik terendah yaitu 189 MPa pada parameter arus 100 A.



Gambar 3-5. Grafik hasil uji tarik TIG

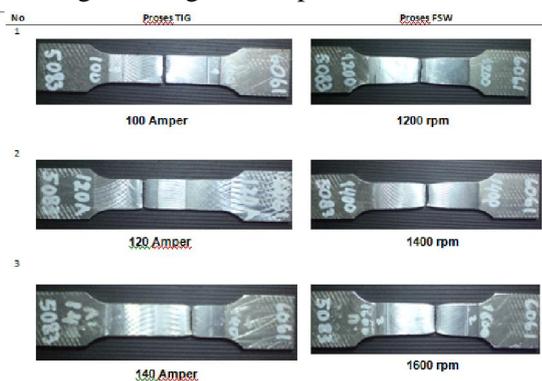
Kekuatan tarik tertinggi pada logam FSW terjadi pada putaran 1600 rpm, dengan nilai 151 MPa diperlihatkan pada Gambar 3-6. Semakin tinggi putaran *tools* pada proses FSW semakin tinggi pula kekuatan tarik (Cavaliere, 2006) serta dengan naiknya nilai perbandingan antara putaran dan kecepatan las (Rt/V) meningkat pula kekuatan tarik pada sambungan las (Nakata, 2000).



Gambar 3-6. Grafik hasil uji tarik FSW

Gambar 3-7 memperlihatkan posisi patahan hasil uji tarik untuk proses TIG dan FSW. Spesimen TIG dengan parameter arus 100 A terjadi patah pada logam las (*weld metal*) bentuk patahan getas dan terdapat porositas. Hal ini terjadi karena kurangnya fusi serta penetrasi logam pengisi kedalam alur las tidak sempurna. Spesimen uji pada parameter arus 120 A patahan terjadi di daerah HAZ Al 5083, sedangkan untuk spesimen uji dengan arus 140 A patah pada daerah HAZ Al 6061-T6. Hasil pengujian tarik ini menunjukkan konsistensi terhadap uji kekerasan yaitu patah terjadi pada daerah yang lunak.

Posisi patahan untuk spesimen FSW terjadi pada daerah las (*nugget*) untuk semua parameter. Kekuatan tariknya juga masih jauh lebih rendah dibandingkan dengan hasil proses las TIG.



Gambar 3-7. Posisi patahan dari masing-masing proses dan parameter

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Kekuatan tarik proses TIG lebih tinggi dibandingkan dengan proses FSW. Kekuatan tarik tertinggi untuk proses TIG (201 MPa) terdapat pada arus 120 A, dan untuk proses FSW kekuatan tarik tertinggi (151 MPa) terdapat pada putaran 1600 rpm.
- Kekerasan rata-rata daerah las untuk proses las TIG masih jauh lebih tinggi dibandingkan nilai kekerasan proses FSW. Hasil uji kekerasan ini menunjukkan konsistensi terhadap hasil uji tarik. Nilai kekerasan rata-rata tertinggi pada proses FSW terdapat pada putaran 1400 rpm yaitu ($47,98 \text{ kg/mm}^2$), sedangkan untuk proses las TIG kekerasan tertinggi pada arus 100 A ($86,11 \text{ kg/mm}^2$).
- Struktur mikro secara umum pada kedua proses las mempunyai kesamaan antara lain mengalami perubahan yang hampir

sama di daerah HAZ. Pembesaran ukuran butir terjadi di daerah HAZ kedua proses baik pada Al seri 6061-T6 maupun pada seri 5083. Bentuk struktur mikro di daerah *weld metal* proses TIG terlihat jelas membentuk dendrit (warna gelap), sedangkan pada proses FSW terlihat lebih terang, indikasi tidak mengalami fasa silikon-magnesium (Si-Mg), sehingga lebih lunak.

5. DAFTAR PUSTAKA

ASTM, 2004, "Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate" Vol. 02.02, Designation : B 209-00.

Cavaliere, P., Campanile, G., Panella, F., and Squillace, A., 2006, "Effect of welding parameter on mechanical and microstructural properties of AA6056 joint produced by Friction Stir Welding" *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 180, pp. 263-270.

Dutta, I. & Allen, S.M., 1990, "A calorimetric study of precipitation in commercial alloy 6061" *Journal of Materials Science Letters*, vol. 10, no. 1991, pp. 323-326.

Freeman, R., 2003, "Friction Stir Welding (FSW)", *TWI Bulletin*, September - October 2003, The Welding Institute (TWI) Inggris.

Hatch, J.E., 1995. "Properties and Physical Metallurgy", *American Society for Metal, American*.

Huskins, EL, Cao, B & Ramesh, K.T., 2010, "Strengthening mechanisms in an Al-Mg alloy". *Materials Science and Engineering Journal*, vol. 527, no. 6, pp. 1292-1298.

JIS, 1973," *Non Ferrous Metal* ", *Japanese International Standar*.

Mandal., 2005, "Aluminium welding", 2 ed., *Kharagpur, India*.

Nakata, K., Kim, Y.G., Ushio, M., Hashimoto, T., and Jyogan, S., 2000 "Weldability of High Strength Aluminium Alloys by Friction Stir Welding" *ISIJ International*, Vol. 40, pp. S15-S19.

Raghavan, V 2007. "Aluminium-Magnesium-Silicon" *Internatonal Journal of Equilibria and Diffusion*, Vol.28, pp. 189-191.