

Influence of Angle Torch Position to Physical and Mechanical Properties on TIG Weld Joint of Material AA 5083 H116 and Electrode ER 5356

Mudjijana¹⁾, Oktavian, S.P¹⁾., Iswanto, P.T.¹⁾

¹⁾Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty of Engineering
Gadjah Mada University
Jl. Grafika 2 Yogyakarta 55281
Email: mudjijana_tmugm@yahoo.com

Abstract

Welding is a manufacturing process that is used to joint the metal, because the weld joint has high strength, the process is simple and fast. One type of welding that has been used is TIG welding. This research aims to study the physical and mechanical properties of TIG welded joints on AA 5083 H116.

The materials used in this research that is of 5083 H116 aluminum alloy with 3 mm of thickness. Welding torch process was done by varying the angle of 60°, 75°, 90°. Tests were conducted to observe the effect of TIG welding includes the testing of microstructure, Vickers hardness, tensile, and bending.

The results of this research indicate that the angle variation of 90° welding torch, the resulting microstructure a larger grain size. The value of tensile strength, hardness, and bending strength was decreased values after the welding. The highest hardness produced by welding at 90° of torch angle with 78.4 VHN_{0.1} values. While the material that has the highest of tensile strength and bending strength generated by welding with torch 60° angle value with tensile strength of 304,76 MPa and bending strength value of 431,66 MPa.

Keywords: TIG welding, AA 5083 H116, microstructure, mechanical properties.

Pendahuluan

Pada zaman industri sekarang ini teknologi pengelasan telah banyak digunakan dalam bidang konstruksi dan permesinan. Hal ini merupakan pengaruh dari berkembangnya proses manufaktur. Secara umum pengelasan dapat diartikan sebagai suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan pada saat logam dalam keadaan cair. Sekarang ini pengelasan merupakan pelaksanaan pekerjaan yang amat penting dalam teknologi produksi. Hal ini disebabkan teknologi las memiliki beberapa keunggulan diantaranya konstruksinya lebih ringan dibanding dengan teknik penyambungan lainnya serta proses pengelasan lebih sederhana dan cepat sehingga dapat menghemat biaya produksi.

Oleh karena itu, pengembangan teknologi las terus diteliti dan dikembangkan untuk mencapai suatu kondisi sambungan yang diinginkan.

Aplikasi pengelasan diantaranya digunakan pada industri transportasi darat, laut, dan udara, penyambungan dua pelat atau poros dan lain-lain. Maka dari itu konstruksi las harus memperhatikan kesesuaian antara jenis material yang akan dilas dan metode yang digunakan dalam proses pengelasan, sehingga hasil dari pengelasan memiliki kekuatan sambungan yang bagus dan sesuai dengan yang diinginkan.

Salah satu material yang masih mengalami kesulitan dalam proses pengelasan dengan menggunakan metode las konvensional yaitu aluminium paduan. Hal ini salah satunya disebabkan oleh konduktifitas *thermal* aluminium yang

mendekati 2/3 konduktifitas *thermal* tembaga sehingga sulit mengkonsentrasikan pemanasan hanya pada daerah lasan saat dilakukan dengan menggunakan las TIG dan MIG.

Dunia perindustrian saat ini mulai mempertimbangkan penggunaan logam paduan aluminium sebagai bahan utama dalam proses produksi. Industri perkapalan juga sudah mulai untuk menggunakan paduan aluminium untuk pembuatan kapal. Paduan aluminium yang banyak digunakan dalam proses pembuatan kapal adalah aluminium seri AA 5083 xxxx. Paduan aluminium 5083 merupakan paduan logam ringan karena mempunyai berat jenis kurang dari 4,5 [1]. Material tersebut dipilih karena mempunyai kekuatan tarik yang tinggi dan juga tahan terhadap korosi.

Permasalahan yang ditimbulkan pada pengelasan konvensional aluminium paduan seperti yang diterangkan diatas, mendorong para ilmuwan untuk melakukan penelitian-penelitian guna menemukan metode baru yang dapat memecahkan masalah tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah las TIG (*Tungsten Inert Gas*). TIG adalah metode pengelasan dimana busur listrik terjadi diantara elektroda yang tidak meleleh dengan benda kerja. Sekeliling elektrodanya dihembuskan gas *inert* yang berfungsi sebagai pelindung terhadap kontaminasi udara dimana gas tersebut tidak bereaksi dengan zat apapun, sehingga tiap pencemaran terhadap pengelasan dapat dihindarkan.

Proses pengelasan akan mengakibatkan penurunan kekerasan serta kekuatan tarik akibat proses rekristalisasi pada daerah lasan (*nugget zone*) saat pengelasan berlangsung. Hal ini perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui besar penurunan yang terjadi dan penyebabnya melalui beberapa pengujian. Pada penelitian ini dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis dari Aluminium 5083 xxxx setelah pengelasan. Diharapkan setelah diketahui perbandingan sifat-sifat

tersebut, kelemahan yang dihasilkan pada las TIG dapat diminimalisir.

Aljufri, dkk [2], melakukan penelitian pada sambungan las TIG paduan AA 5083 dengan parameter variasi sudut kampuh pengelasan : 70°, 80° dan 90° dan arus 100 A, 125 A, dan 150 A. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sambungan yang optimal dengan menggunakan sudut V-tunggal dan kuat arus yang divariasikan pada sambungan material AA 5083 hasil pengelasan TIG terhadap kekuatan tariknya. Pada penelitian ini didapatkan bahwa pengelasan dengan sudut kampuh 90° dengan kuat arus 100 A, mempunyai kekuatan tarik rata-rata lebih baik dibandingkan sudut kampuh 70° dan 80°, kekuatan yang dihasilkan untuk sudut kampuh 70°, 80°, dan 90° adalah 78,85 MPa, 96,82 MPa, dan 135,04 MPa. Faktor kuat arus sangat mempengaruhi kekuatan tarik lasan, kuat arus 100 A menghasilkan kekuatan las yang lebih baik dibandingkan 125 A dan 150 A.

Hussain, et al [3], telah melakukan penelitian las TIG pada bahan AA 6351 dengan variasi kecepatan pengelasan menggunakan sambungan las V-tunggal yang memiliki sudut bevel dan tinggi bevel yang berbeda. Logam pengisi las (*filler*) yang digunakan adalah ER 6063. Penelitian menggunakan kecepatan pengelasan 0,3 cm/detik, 0,6 cm/detik, 0,9 cm/detik, dan 1,2 cm/detik. Sudut bevel 30°, 40°, 50°, dan 60° dengan tinggi bevel 1mm, 1,5mm, 2mm dan 2,5mm. Hasil penelitian menunjukkan tidak ada perubahan signifikan dalam kekuatan tarik pada kecepatan las 0,3 cm/detik. Namun terjadi penurunan tiba-tiba dalam kekuatan tarik pada kecepatan pengelasan 1,2 cm/detik karena tidak cukup penetrasi. Ada korelasi linier antara ketinggian bevel 1mm, 1,5mm, 2mm, dan 2,5mm. Kekuatan tarik maksimum 230 MPa pada kecepatan las 0,6 cm/detik untuk bevel 40° dan tinggi bevel 1,5. Hal ini menunjukkan kekuatan las lebih lemah dari logam dasar. Kekuatan tarik lebih tinggi dengan kecepatan las yang lebih rendah.

Sudut bevel sambungan las memiliki efek mendalam pada kekuatan tarik las, bevel sudut antara 30°- 45° cocok untuk kekuatan maksimum.

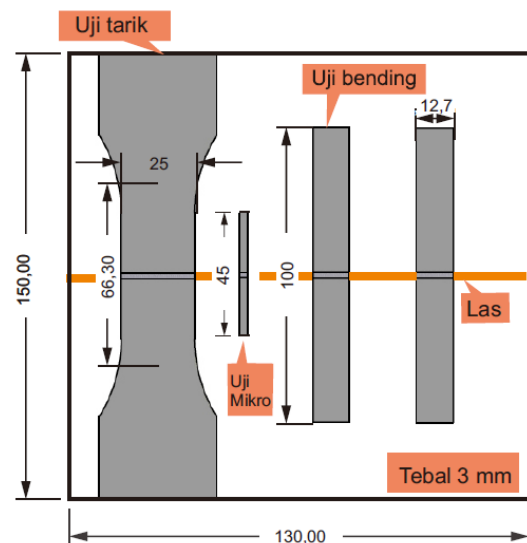
Liu, et al [4] meneliti tentang perbandingan hasil sambungan las TIG dan MIG pada AA 5083. Hasil struktur mikro pada lasan TIG tidak terlihat jelas adanya cacat pada pengelasan, sedangkan pada lasan MIG terlihat adanya porositas. Ukuran butir las TIG lebih besar dibanding dengan hasil pengelasan MIG dengan rata-rata sebesar 38 μ m dan 11 μ m. Hasil uji tarik sambungan las TIG mempunyai kekuatan tarik maksimum (UTS) sekitar 296 MPa, sedangkan menggunakan las MIG mempunyai UTS sekitar 269 MPa. Hasil uji kekerasan adalah sebesar 79,83 VHN untuk pengelasan TIG dan 79,38 VHN pada pengelasan MIG. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pengelasan pengelasan TIG lebih baik dibanding dengan pengelasan MIG ditinjau dari kekuatan tarik dan kekerasan hasil sambungan las tersebut.

Hakem, et al [5] telah meneliti sambungan las AA 5083 pada pipa dengan menggunakan logam pengisi ER 5356. Parameter yang digunakan saat pengelasan adalah arus sebesar 80-160A. Setelah selesai proses pengelasan kekuatan tarik maksimum (UTS) 257,73 MPa dan kekuatan luluh (YS) 246,59 MPa. Pada uji tarik patah terjadi pada sambungan las. Pada pengujian struktur mikro ukuran butir bervariasi antara 20 μ m dan 40 μ m. Hasil uji kekerasan antara 80 sampai 100 VHN, dan daerah paling lunak adalah daerah HAZ. Hasil penelitian ini sangat bermanfaat untuk digunakan sebagai acuan, khususnya pada pengelasan pipa yang menggunakan aluminium paduan 5083.

Tujuan pada penelitian ini adalah mengetahui pengaruh sudut pengelasan TIG terhadap sifat fisis dan mekanis aluminium AA 5083 H116 dan ER 5356.

Metodologi

Penelitian ini menggunakan bahan AA 5083 H116 dengan ukuran 130 mm x 75 mm x 3 mm dimana arah pengelasan tegak lurus terhadap arah pengerolan dan komposisi kimianya disajikan pada Tabel 1. Pengelasan dilakukan dengan arus 60A, tegangan 20V, dan kecepatan las 65mm/menit. Hasil lasan dipotong sesuai dengan jenis pengujian yang akan dilakukan yaitu uji mikro dan kekerasan Vickers, tarik, dan *bending* (Gambar 1).



Gambar 1. Spesimen uji mikro, tarik, dan *bending*.

a) Pengujian Struktur Mikro

Struktur mikro dipakai untuk menganalisa perubahan bentuk dan fasa bahan yang dipengaruhi oleh masukan panas pengelasan serta dapat menganalisa sifat material sambungan. Etsa yang digunakan 1 ml HF, 1,5 ml HCl, 2,5 ml HNO₃, 9,5 ml aquades. Pengamatan gambar dilakukan dengan perbesaran 100X, kemudian difoto di daerah logam las (*weld metal*), daerah terpengaruh panas HAZ (*heat affected zone*), dan logam induk (*base metal*) pada setiap spesimennya.

Tabel 1 Komposisi kimia berdasarkan sertifikat (*as received*)

Unsur	Berat (%)
Al	94.31
Si	0.16

Fe	0.29
Cu	0.022
Mn	0.57
Mg	4.50
Cr	0.088
Ni	0.0081
Zn	0.021
Ti	0.027

b) Pengujian Kekerasan

Pada penelitian ini pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers dan dilakukan sesudah pengelasan. Pengujian ini menggunakan indenter berupa piramida intan dengan sudut 136° sesuai dengan standar ASTM E-92 [6]. Beban yang digunakan sebesar 100 gram (0,1 kg). Kekerasan Vickers ditentukan dengan persamaan (1) :

$$\text{VHN} = \frac{2P \sin(\frac{\theta}{2})}{l^2} = 1,854 \frac{P}{l^2} \quad (1)$$

)
Dengan,

P = Beban yang digunakan, (0,1 kg)

l = Panjang diagonal rata-rata dari bekas penekanan, (mm)

θ = Sudut antara permukaan indenter intan yang berlawanan, (136°)

c) Pengujian Tarik

Uji tarik dilakukan sesuai standar ASTM E8 [7] dengan spesifikasi ukuran sebagai berikut:

Tebal specimen, a	= 3 mm
Lebar, b	= 25 mm
Luas penampang, A= a x b	= 75 mm ²
Radius fillet, R	= 25 mm
Panjang ukur, Lo	= $5.65 \sqrt{A}$ = 66,3 mm

d) Pengujian Bending

Dalam penelitian ini uji *bending* menggunakan metode *three point bending*. Pengujian *bending* dilakukan sesuai standar

ASTM D790 [8] dengan spesifikasi ukuran sebagai berikut :

Tebal	= 3 mm
Panjang	= 100 mm
Lebar	= 12.7 mm
Jarak tumpuan	= 50 mm

Nilai kekuatan *bending* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2):

$$\sigma_b = \frac{3 PL}{2 b d^2} \quad (2)$$

dengan : σ_b = Tegangan *bending*, MPa

P = Beban, N

L = Jarak tumpuan, mm

b = Lebar, mm

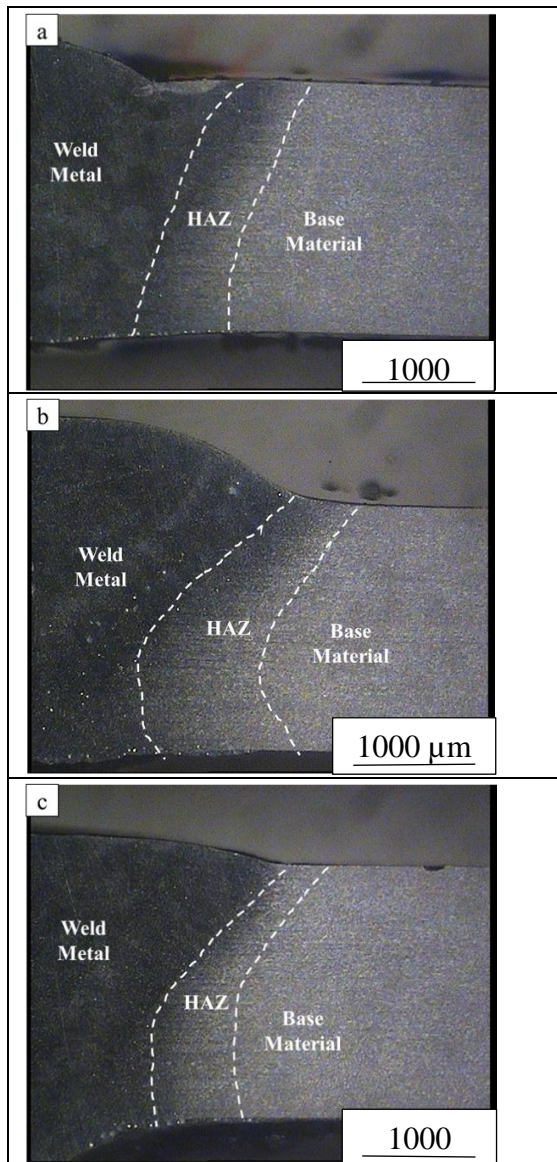
d = Tebal specimen, mm

Hasil Penelitian dan Pembahasan

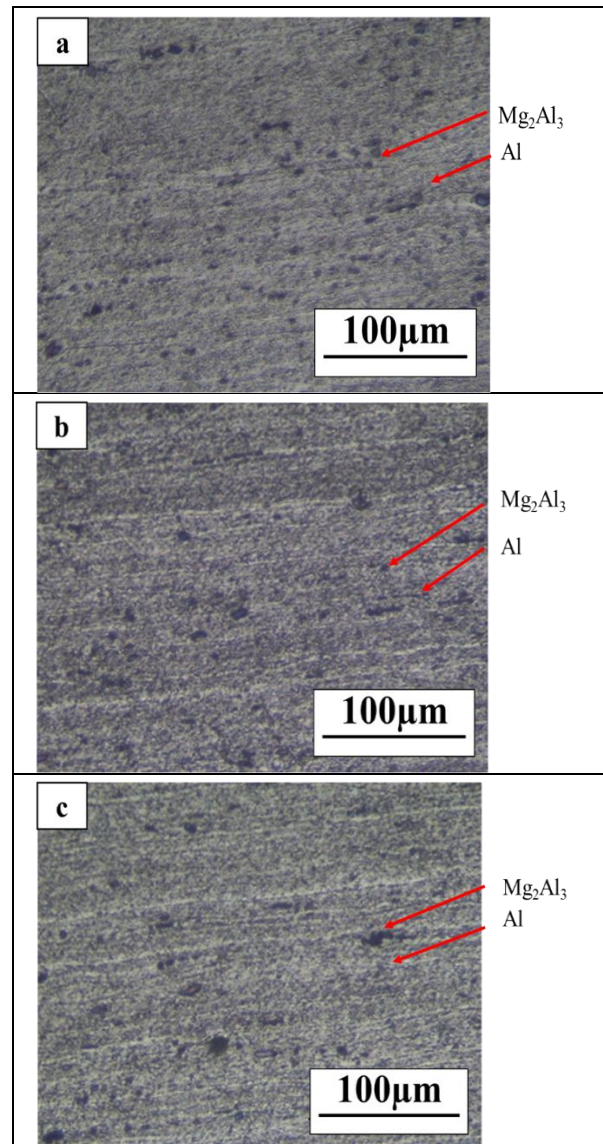
a) Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100X dan untuk struktur makro dengan perbesaran 15X. Pengambilan foto makro mencakup 3 daerah yang berbeda yaitu logam las (WM), daerah terpengaruh panas (HAZ), dan material induk (BM) ditunjukkan pada Gambar 2, yang dibatasi dengan garis strip-strip.

Gambar 3 ditunjukkan struktur mikro daerah *base material* (BM) bentuk butir cenderung pipih dan batas butir yang halus. Hal ini terjadi akibat proses *roll* (H116) saat proses pembuatan material. Struktur mikro daerah HAZ, butir mengalami perubahan bentuk dan ukuran jika dibandingkan pada daerah *base material* seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Pada daerah HAZ presipitat Mg_2Al_3 menjadi butiran-butiran kasar karena pengaruh panas dari proses pengelasan. Ini menyebabkan pengaruh proses pengerolan menghilang karena pertumbuhan butir pada daerah HAZ. Harga kekuatan pada daerah HAZ menurun akibat butir yang mengalami pembesaran.

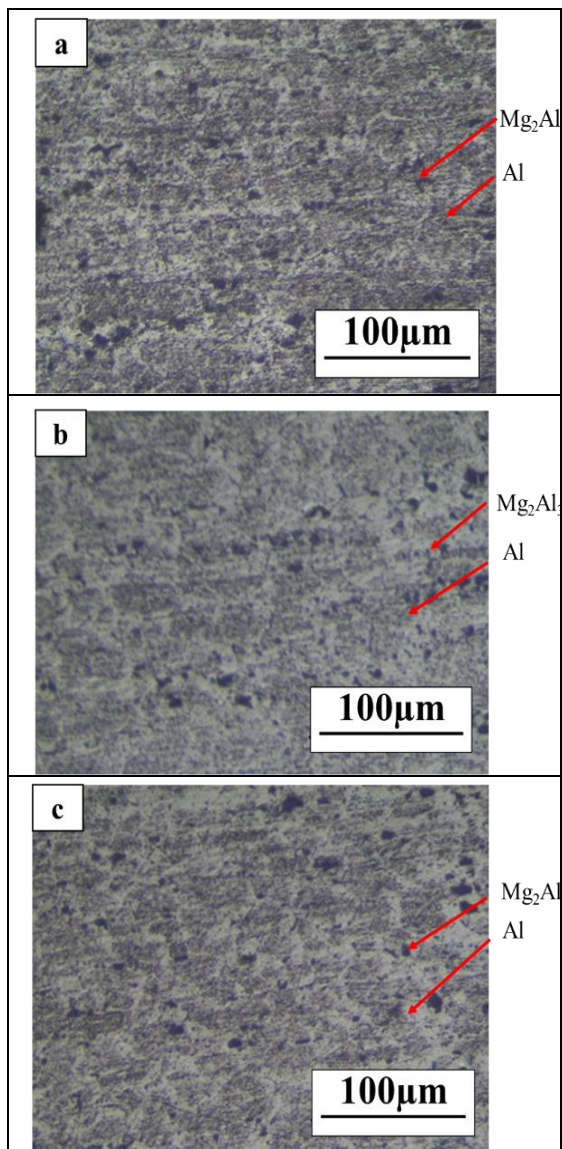


Gambar 2. Foto makro daerah WM, HAZ, dan BM untuk sambungan las TIG AA 5083 H116 dan ER 5356 dengan sudut *torch*: (a) 60°, (b) 75°, (c) 90°.



Gambar 3. Foto strukturmikro pada daerah *base material* (BM) sambungan las TIG AA 5083 H116 dan ER 5356 dengan sudut *torch*: (a) 60°, (b) 75°, (c) 90°.

Daerah logam las (*weld metal*) pada Gambar 5 mengalami pembekuan dan menghasilkan struktur mikro berupa butiran-butiran yang kecil, hal ini terjadi karena adanya rekristalisasi pada suhu tinggi dan butir-butir tersebut kehilangan orientasi kristal. Ukuran butir yang dihasilkan pada daerah *weld metal* sudut 60° lebih halus dan kecil dibandingkan dengan sudut 75° dan 90°, hal ini dimungkinkan masukan panas yang lebih kecil.

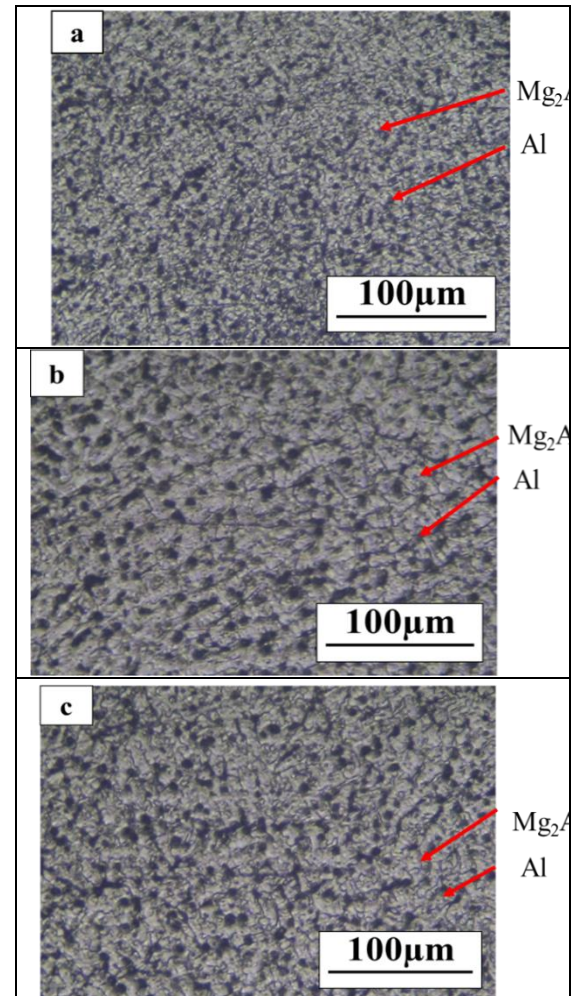


Gambar 4. Foto strukturmikro pada daerah HAZ sambungan TIG AA 5083 H116 dan ER 5356 dengan sudut *torch*: (a) 60°, (b) 75°, (c) 90°.

b) Hasil Pengujian Kekerasan

Gambar 6 ditunjukkan bahwa nilai kekerasan spesimen dengan variasi sudut 60° pada bagian daerah HAZ cenderung turun. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh proses mekanis dan panas di daerah HAZ pada saat pengelasan. Sedangkan pada variasi sudut 75° pada bagian BM terjadi kenaikan nilai kekerasan dimungkinkan munculnya presipitat Mg₂Si yang diduga pengaruh dari unsur *silicon*. Pada Gambar 6 dapat dilihat juga nilai

kekerasan yang paling tinggi untuk daerah las ditunjukkan oleh spesimen dengan variasi 90°, nilai kekerasannya adalah sebesar 78,4 VHN, sedangkan untuk nilai kekerasan daerah las

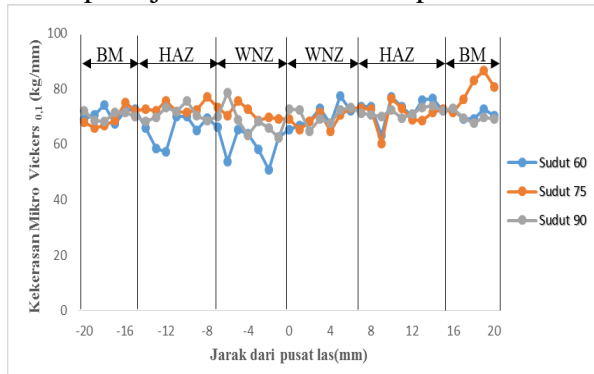


Gambar 5. Foto struktur mikro pada daerah *weld metal* sambungan las TIG AA 5083 H116 dan ER 5356 dengan sudut *torch* : (a) 60°, (b) 75°, (c) 90°.

dengan sudut 60° adalah 77,5 VHN dan sudut 75° sebesar 72,6 VHN. Pada Gambar 6 juga terdapat kenaikan kekerasan di daerah HAZ. Daerah las mempunyai kekerasan lebih tinggi lalu semakin menuju ke bagian HAZ, nilai kekerasannya semakin menurun. Nilai kekerasan terendah terjadi pada pengelasan dengan sudut 60° sebesar 50,9 VHN pada jarak

2mm dari titik pusat las, sedangkan pada sudut

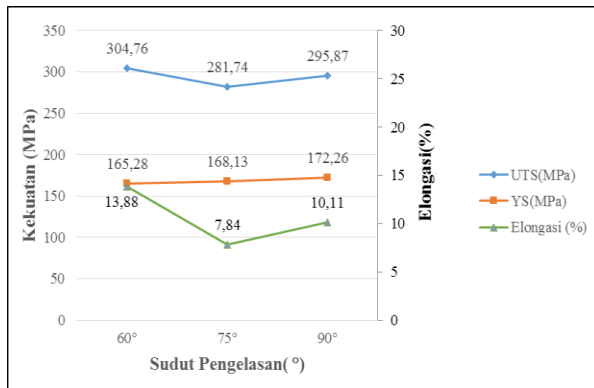
75° nilai kekerasan terendahnya 60,4 VHN pada daerah HAZ dan sudut 90° nilai kekerasan terendahnya adalah sebesar 63,3 VHN pada jarak 4mm dari titik pusat las.



Gambar 6. Perbandingan distribusi nilai kekerasan las TIG dengan sudut *torch* : 60°, 75°, 90°, pada AA 5083 H116 dan ER 5356

c) Hasil Pengujian Tarik

Nilai kekuatan tarik pada *as received* adalah sebesar 346.2 MPa [9]. Nilai kekuatan luluh (*yield strength*) spesimen yang tertinggi adalah pada sudut 90° sebesar



Gambar 7. Hasil pengujian tarik sambungan las TIG AA 5083 H116

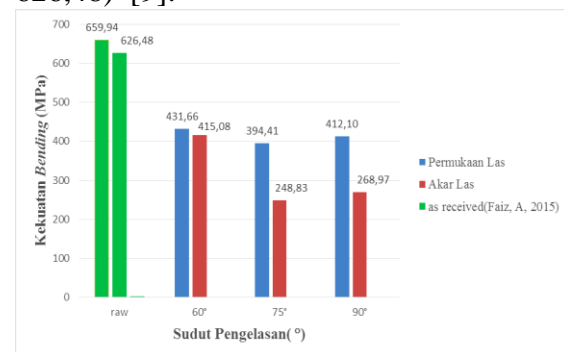
172,26 MPa dengan ukuran butir struktur mikro yang cenderung besar dan yang kekuatan luluh terendah adalah spesimen dengan sudut 60° sebesar 165,28 MPa, dimana ukuran butir struktur mikro yang cenderung kecil. Namun spesimen dengan sudut 60° mempunyai kekuatan tarik maksimum (UTS) yang paling besar

dengan 304,76 MPa dan spesimen dengan sudut 75° mempunyai kekuatan tarik paling rendah sebesar 282 MPa.

Pengelasan TIG sudut 60°, 75°, dan 90° menghasilkan sambungan las yang bersifat ulet yang ditandai dengan adanya *necking* pada bekas patahan ujinya. Patahan yang dihasilkan pada las TIG dengan sudut 60° terletak pada daerah HAZ, hal ini berbanding lurus dengan hasil uji kekerasan dimana harga kekerasan pada daerah HAZ menurun.

d) Hasil Pengujian Bending

Hasil pengujian *bending* menunjukkan nilai kekuatan *bending* maksimal yang dapat diterima dari spesimen yang diuji. Hasil dari pengujian *bending* ditunjukkan pada Gambar 8. Nilai kekuatan *bending* pada *as received* adalah sebesar 643.21 MPa (rata-rata dari 659,94 + 626,48) [9].



Gambar 8. Hubungan sudut pengelasan terhadap nilai kekuatan *bending*

Pada Gambar 8 ditunjukkan bahwa pengujian yang dilakukan dengan metode *face bend* (*bending* permukaan las) pada permukaan material yang sudah dilas, kekuatan *bending* tertinggi didapatkan pada sudut *torch* 60° sebesar 431,66 MPa. Sedangkan nilai kekuatan *bending* yang paling rendah terjadi pada sudut *torch* 75° sebesar 394,41 MPa. Hasil dari pengujian dengan metode *root bend* (*bending* akar las) terlihat kekuatan *bending* tertinggi dihasilkan pada sudut *torch* 60° sebesar 415,08 MPa. Sedangkan nilai paling rendah

terjadi pada sudut *torch* 75° sebesar 248.83 MPa. Selanjutnya, kekuatan *bending* dengan metode *root bend* mengalami penurunan pada spesimen dengan sudut 75°, dan 90°. Hal ini terjadi karena hasil lasan kurang bagus yaitu adanya cacat akar las yang mengakibatkan sobek merata pada akar las. Sehingga pada uji dengan metode *root bend* memiliki nilai kekuatan yang rendah.

Kesimpulan dan Saran

- Berdasarkan pengamatan struktur mikro untuk spesimen dengan sudut pengelasan yang berbeda memperlihatkan munculnya presipitat. Semakin besar sudut pengelasan maka presipitat dan ukuran butir semakin besar.
- Pengujian mekanis dari sambungan las dengan variasi sudut pengelasan yang berbeda memperlihatkan nilai kekerasan menurun, kekuatan tarik dan kekuatan *bending* tertinggi dihasilkan sudut *torch* 60° sedangkan untuk yang paling rendah terjadi pada sudut *torch* 75°.
- Perlu diteliti lebih lanjut menggunakan SEM dan EDS khususnya untuk menyakinkan presipitat yang terjadi Mg_2Al_3 dan atau $MgSi_2$.

Referensi

- [1] M.F. Ashby, D.R.H. Jones, Engineering Material 2, An Introduction to Microstructure, Processing and Design, third ed., Butterwood-Helnemann, Jordan Hill, 2006, pp. 108-111.
- [2] Aljufri, A. Ginting, A. Hamsi, H. Sibarani, Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Aluminium Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan TIG, Jurnal Saintek Vol.5 No.2 (2007)12-19.
- [3] A.K. Hussain, A. Lateef, M. Javed, Pramesh T., Influence of Welding Speed on

Tensile Strength of Welded Joint in TIG Welding Process, Journal of applied Engineering Research, Dindigul Volume 1, No 3 (2010) 518-527.

- [4] Y. Liu, W. Wang, J. Xie, S. Sun, L. Wang, Y. Qian., Y. Meng., Y. Wei, Microstructure and mechanical properties of aluminum 5083

weldments by gas tungsten arc and gas metal

arc welding, Materials Science and Engineering A549 (2012) 7-13.

- [5] M.Hakem, S. Lebaili, J. Miroud, A. Bentaleb, S. Toukali, Welding and Characterization of 5083 Aluminum Alloy, METAL, 23, -25. 5 (2012).

- [6] ASTM. E 92-82, 2003, Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials, ASTM International.

- [7] ASTM. E8-04, 2004, Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Material. ASTM International.

- [8] ASTM. D 790-02, 2002, Standard test methods for flexural properties of unreinforced

and reinforced plastics and electrical insulating

material. Philadelphia, P.A: American Society for Testing and Materials.

- [9] Faiz, A.F., Pengaruh Temperatur *Annealing* terhadap Struktur Mikro dan Sifat

Mekanis pada Aluminium 5083 H116, Skripsi

S1, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, (2015), pp. 54-55.