

Physical and Mechanical Properties of Semi-Automatic MIG Welding of AA5083H116 Materials

Mudjijana^a

^aDepartemen Teknik Mesin dan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika 2, Yogyakarta, Indonesia
Telp. 0274 521673
e-mail: mudjijana@ugm.ac.id

Abstract

Metal inert gas (MIG) welding speed can be carried out manually for complicated components and can also be controlled using computer numerical control (CNC). The purpose of the research is to investigate the effect of CNC welding speed on physical and mechanical properties of AA5083H116. AA5083H116 base metal, ER5356 electrodes, welding speeds of 8, 10, 12 mm/s, current of 120 A, voltage of 19 V, filling speed of 27 mm/s, argon gas rate of 15 liter/minute were used. Distortions after welding were measured using dial indicators, thermal cycles was recorded using type-K thermocouple using National instruments NI USB-9162 apparatus connected to a CPU. The physical properties was analyzed using SEM and EDS for only the best mechanical properties, and the mechanical properties were evaluated using Vickers micro-hardness, and tensile and bending universal testing machine. The results show that at the welding speed of 8 mm/s automatic regulated was the best mechanical properties compare to previous study at the welding speed of 10 mm/s manually regulated. However, SEM images show that there were several micro cracks at its grain, and several magnesium precipitates can be noticed from the EDS analysis.

Keywords: AA5083H116, ER5356, MIG, welding speed

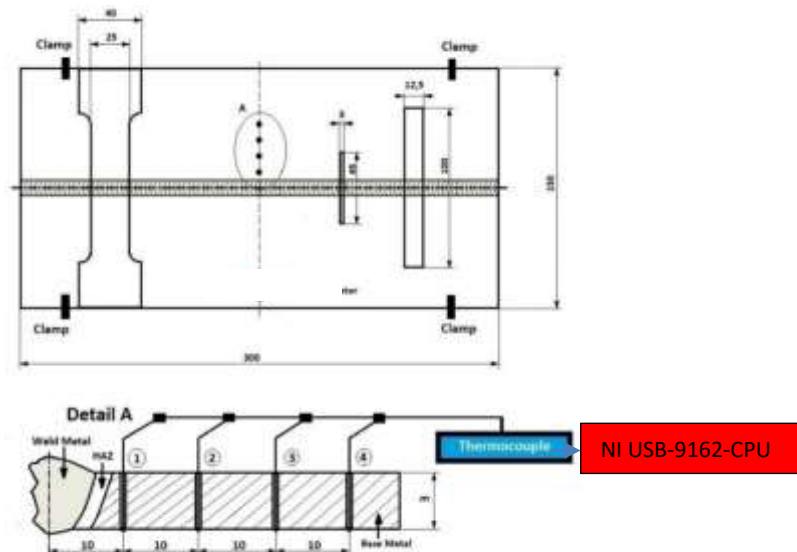
1. PENDAHULUAN

Metal inert gas (MIG) adalah cara pengelasan dengan elektroda sebagai pembangkit busur dan sebagai pengisi (*filler*) diumpankan secara terus menerus. Gas pelindung yang digunakan argon, helium, atau campuran keduanya [1]. Pengaturan *filler rate* harus cermat sehingga diperoleh laju pengumpanan elektroda sesuai dengan laju lelehnya. Laju leleh elektroda tergantung pada pengaturan tegangan, arus, dan kecepatan las yang akan menentukan masukan panas. Masukan panas tergantung pada tebal benda yang di las, tebal benda lebih besar diperlukan masukan panas lebih besar untuk mendapatkan hasil pengelasan dengan porositas sedikit dan memenuhi standar kualitas hasil pemeriksaan radiografi yang telah ditetapkan [2]. Las MIG banyak sekali digunakan untuk baja tahan karat dan logam-logam non fero misalnya aluminium paduan. Pengelasan MIG dengan elektroda aluminium mempunyai efisiensi efektif rata-rata 0,82 [3]. Hasil pengelasan MIG bahan 5083H111 yang dilakukan oleh Borrego, et al [4] struktur mikro dapat diperhalus dan sifat-sifat mekanik dapat ditingkatkan dengan melakukan *friction stir processing*. Proses pengelasan MIG dengan bentuk gelombang arus las busur pulsa (*pulsed arc*) memberikan keuntungan tanpa *spatter* dengan masukan panas lebih kecil dibandingkan dengan arus las busur pulsa konvensional dan mengurangi resiko peretakan panas (*hot cracking*) [5]. Las busur pulsa konvensional dimaksudkan belum ditambah alat pengatur arus sehingga mengganggu sumber tenaga menjadikan busurnya tidak stabil. Pengelasan magnesium paduan AZ31B menggunakan *direct current pulsed metal inert-gas* (DC-PMIG) dilakukan oleh Zhang, et al [6]. untuk mendapatkan sambungan las kontinyu untuk tebal pelat 3 mm dan 8 mm dengan diameter kawat pengisi 1.6 mm. Hasil kekuatan tarik dan perpanjangan rata-rata pada *weld beads* 94,2% dan 58,2% terhadap *base metal* (BM). Tujuan penelitian ini adalah membandingkan hasil las MIG dengan kecepatan las diatur dengan CNC (*computer*

numerical control) dan cara manual yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya pada bahan AA5083H116 dengan elektroda ER5356 berdiameter 0,8 mm.

2. METODE

Spesimen pengelasan menggunakan bahan AA5083H116 berukuran 300 mm x 75 mm x 3 mm. Pengelasan dilakukan dengan elektroda ER5356 berdiameter 0,8 mm dan gas argon. Sedangkan peralatan yang digunakan mesin las Tenjima 200S, menggunakan tegangan 19V, arus 120A, kecepatan las 8, 10, 12 mm/s, filler rate 27 mm/s. Pengatur kecepatan las dengan CNC, dial indicator untuk mengukur distorsi, pengukur suhu menggunakan kawat termokopel tipe-K dan National Instrument NI USB-9162 dan perangkat lunak *Signal Express 2000* dengan *Microsoft Excel* personal computer ditunjukkan pada Gambar 2.1, demikian pula untuk pemotongan spesimen uji tarik, kekerasan mikro Vickers dan strukturmikro, dan bending. Pengamatan dan analisis mikrostruktur dengan *scanning electron microscope* (SEM) dan *energy dispersive spectrometer* (EDS).



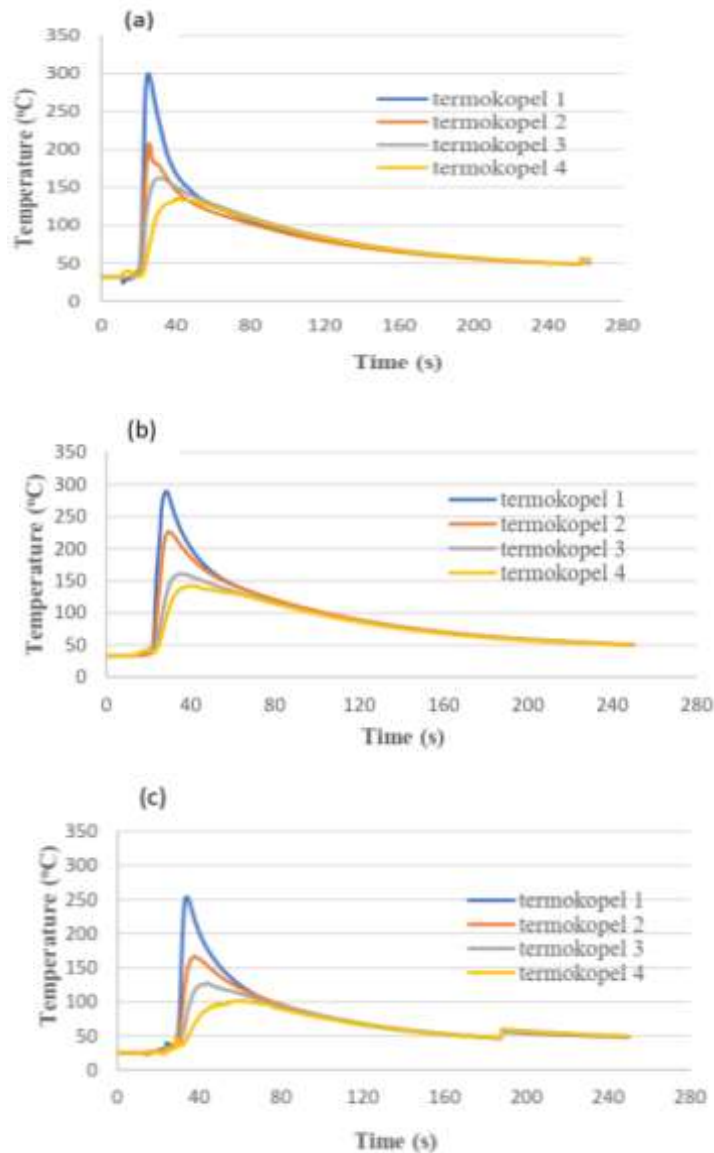
Gambar 2.1 Pemotongan spesimen uji tarik, kekerasan mikro Vickers dan strukturmikro (SEM dan EDS), uji bending, dan pemasangan kawat termokopel tipe-K pada spesimen dihubungkan dengan NI USB-9162-CPU.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Siklus termal

Siklus termal pada kecepatan las 8, 10, 12 mm/s ditunjukkan pada Gambar 3.1. Masing-masing siklus termal ada 4 puncak, nilai temperatur puncak (*peak temperatures*) disajikan pada Tabel 3.1. Pada kecepatan 8 mm/s temperatur puncak 1 berjarak 10 mm dari garis pusat las menunjukkan temperatur lebih tinggi dari puncak 2, 3, dan 4. Demikian pula pengelasan pada kecepatan 8 mm/s mendapatkan masukkan panas lebih tinggi dibanding pengelasan pada kecepatan 10 dan 12 mm/s sehingga mempunyai temperatur puncak lebih tinggi berturut-turut 299.55; 207.71; 162.58; 134.62°C, kecuali pada termokopel 2 dan 4 temperatur lebih rendah dibanding pada kecepatan las 10 mm/s. Masukan panas dapat ditentukan dari persamaan (1),

$$Q = \frac{V \cdot I}{v} \text{ J/mm} \quad (1)$$



Gambar 3.1 Siklus termal (temperature vs time) untuk las MIG pada kecepatan las 8 mm/s (a); 10 mm/s (b); dan 12 mm/s

Dengan, V = tegangan (Volt), I = arus (Ampere), dan v = kecepatan las (mm/s). Pada Tabel 3.1 menunjukkan bahwa nilai penurunan temperatur puncak sesuai dengan yang diharapkan dapat dibuat simulasi menggunakan persamaan (2) [7],

$$T - T_o = \frac{1}{2\pi} \frac{q}{h} \frac{1}{K} e^{-vx^j/2\lambda} Ko \left(\frac{vr}{2\lambda} \right) \quad (2)$$

Dengan,

T = temperatur busur las, (°C)

T_o = temperatur lingkungan, (°C)

Q = masukan panas, (J/s atau W)

H = tebal pelat, mm

K = konduktivitas panas bahan yang dilas, (J/msK)

x^j, y, z = posisi relatif terhadap sistem koordinat sesungguhnya, mm

$x^j = x - vt$

v = kecepatan las, mm/s

T = waktu pengelasan, s
 Ko = fungsi Bessel modifikasi jenis kedua dan order nol
 $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$ = jarak radial dari sumber panas, mm

Table 3.1 Peak temperatures

Las MIG	Thermocouple temperatures (°C)				
	1	2	3	4	
Welding speed, mm/s	8	299.55	207.71	162.58	134.62
	10	289.40	276.27	160.54	141.97
	12	254.03	166.58	127.98	101.77

3.2 Distorsi 3 dimensi

Distorsi 3 dimensi untuk kecepatan las 8, 10, dan 12 mm/s ditunjukkan pada Gambar 3.1. Nilai distorsi ditunjukkan dengan warna biru antara 0-4 (mm), warna merah antara 4-8 (mm), dan warna cokelat muda antara 8-12 (mm). Pada kecepatan las 8 mm/s distorsi antara 8-12 (mm) jumlahnya lebih banyak dibanding dengan distorsi pada kecepatan las 10 mm/s disebabkan oleh masukan panas yang lebih banyak, sesuai persamaan (1). Namun hal ini tidak berlaku pada kecepatan las 10 mm/s dibandingkan dengan pada kecepatan las 12 mm/s untuk distorsi antara 8-12 (mm). Hal ini mungkin pelat sebelum di las tidak pada kondisi sama *flat* (rata).

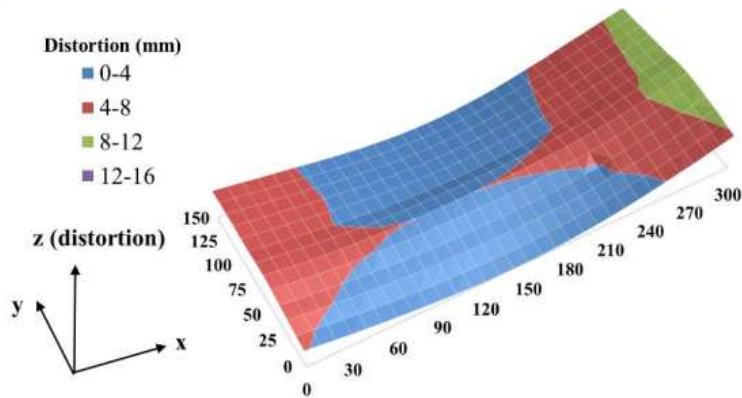
3.3 Kekerasan mikro Vickers

Nilai kekerasan Vickers untuk 3 kecepatan las 8 mm/s, 10 mm/s, dan 12 mm/s pada bagian *top*, *center*, dan *bottom* ditunjukkan pada Gambar 3.2. Untuk kecepatan las 8 mm/s dan 10 mm/s kurang lebih mempunyai pola distribusi sama dan nilai kekerasan pada bagian *center* sedikit lebih rendah dibandingkan dibagian *top* dan *bottom*. Hal ini disebabkan di bagian tengah mempunyai laju pendinginan lebih lambat dari pada bagian *top* dan *center*. Berbeda dengan kecepatan las 12 mm/s perbedaan distribusi nilai kekerasan untuk bagian *top*, *center*, dan *bottom* nilai VHNO,1 lebih kecil disebabkan kecepatan las lebih besar sehingga masukan panasnya lebih kecil tidak memberikan kesempatan mengalami rekristalisasi setelah mengalami proses H116.

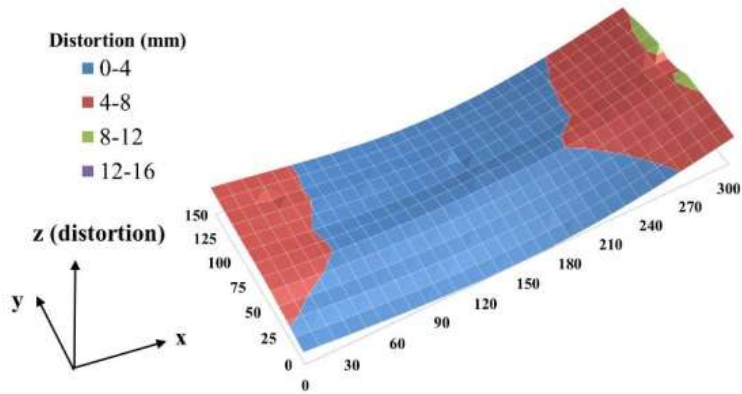
3.4 Kekuatan tarik

Nilai kekuatan tarik pada kecepatan las 8, 10, dan 12 mm/s, dan *as received* ditunjukkan pada Gambar 3.4. Pada pengelasan kecepatan las 8 mm/s mempunyai nilai kekuatan tarik paling baik 278 MPa, sedangkan *as received* mempunyai nilai kekerasan 347 MPa sehingga mempunyai nilai efisiensi pengelasan 80%. Pada pengelasan dengan pengaturan kecepatan las secara manual, maksudnya panjang las 300 mm dibagi dengan waktu pengelasan dicatat menggunakan stop watch mendapatkan efisiensi pengelasan 77 % pada kecepatan las 10 mm/s [8]. Dapat disimpulkan bahwa pengelasan semi otomatis menggunakan CNC membutuhkan waktu pengelasan sebesar 80% dari waktu pengelasan secara manual, Hal ini sangat menguntungkan bila dipakai untuk produksi massa.

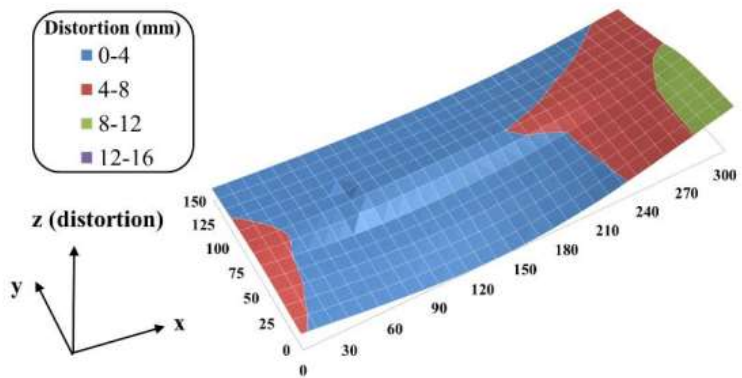
(a)



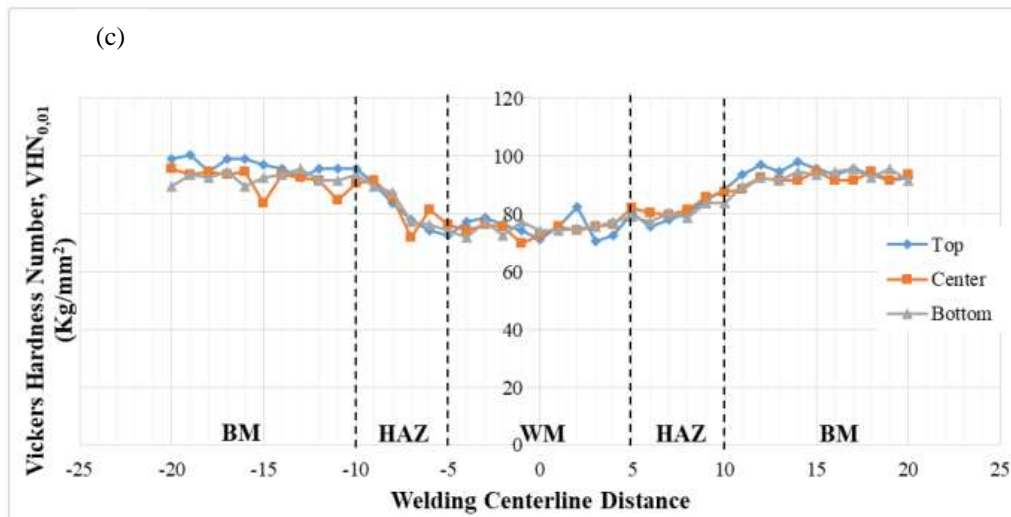
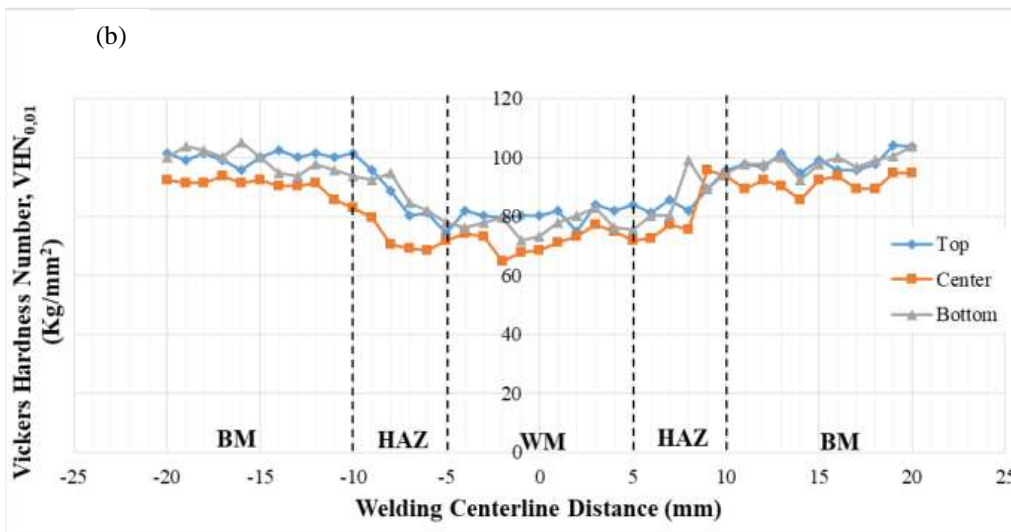
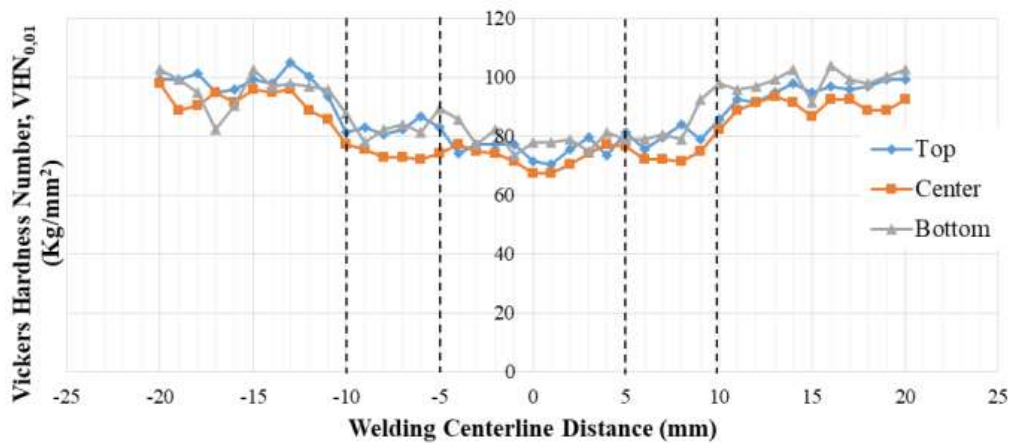
(b)



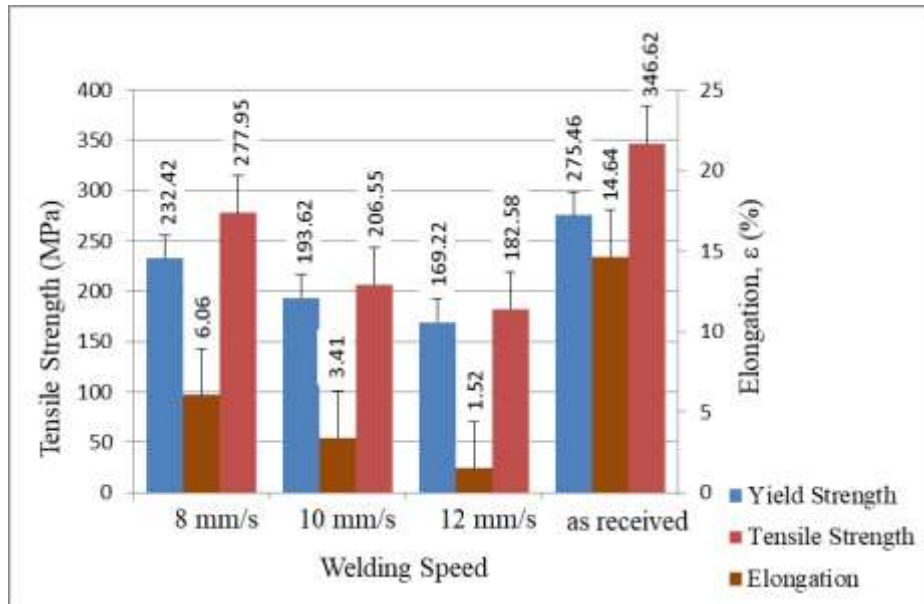
(c)



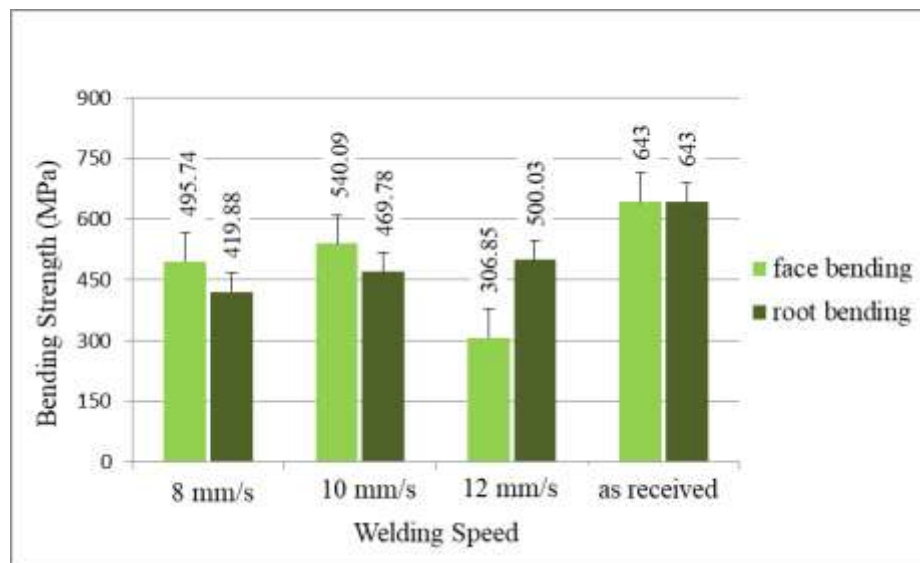
Gambar 3.2 Distorsi 3 dimensi untuk kecepatan las 8 mm/s (a); 10 mm/s (b); dan 12 mm/s (c)



Gambar 3.3 Distribusi Nilai kekerasan Vickers ($VHN_{0,1}$) untuk BM, HAZ, dan WM pada kecepatan las 8 mm/s (a); 10 mm/s (b); dan 12 mm/s (c).



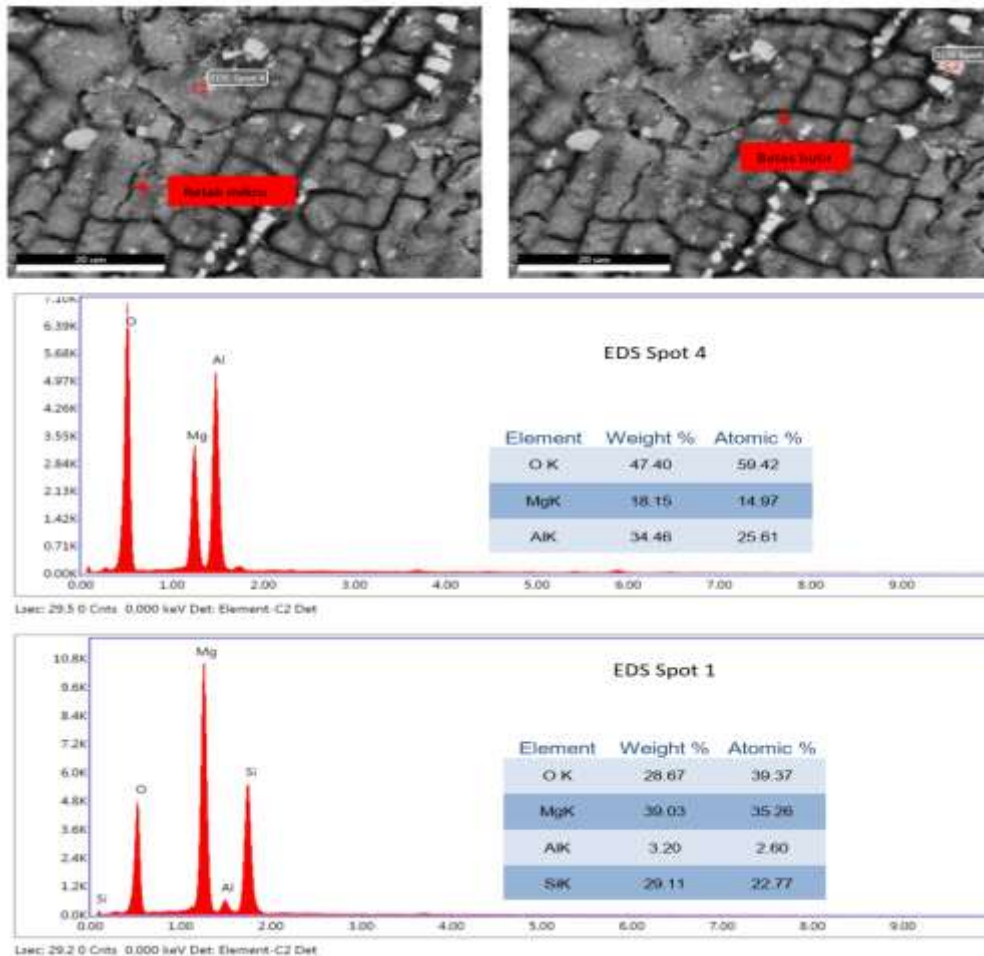
Gambar 3.4 Kekuatan tarik (tensile strength) pada kecepatan las (welding speed) MIG : 8, 10, 12 mm/s, dan as received.



Gambar 3.5 Kekuatan bending (bending strength) pada kecepatan las (welding speed) MIG: 8, 10, 12 mm/s, dan as received

3.5 Kekuatan bending

Kekuatan bending pada kecepatan las 8, 10, 12 mm/s ditunjukkan pada Gambar 3.5. Kekuatan bending pada kecepatan las MIG 10 mm/s lebih tinggi dibanding pada kecepatan las MIG 8 dan 12 mm/s dan lebih rendah 84% dibanding as received. Bila dilihat hasil nilai kekerasan pada kecepatan las 8 dan 10 mm/s mempunyai fluktuasi nilai kekerasan bagian top, center, dan bottom kurang lebih sama sehingga perbedaan nilai kekuatan bending sekitar 7% dengan kecepatan las 8 mm/s (77%) dibanding as received tidak signifikan. Perbedaan untuk ketangguhan patah dan kekuatan luluh mempunyai nilai koefisien variasi 7% [9] sehingga untuk hasil uji bending dengan perbedaan 7% bisa dianggap sama.



Gambar 3.6 Hasil SEM dan EDS bagian weld metal (WM) untuk kecepatan las (welding speed) MIG : 8 mm/s

3.6 Scanning electron microscope (SEM) dan Energy dispersive spectrometer (EDS)

Gambar 3.6 ditunjukkan hasil SEM dan EDS bagian *weld metal* (WM) untuk kecepatan las MIG 8 mm/s. Pada EDS *spot 1* elemen-elemen terdiri dari O, Mg, Al, dan Si, warna putih merupakan presipitat $MgSi_2$, terdapat kandungan O merupakan bagian dari senyawa Al_2O_3 , SiO_2 , dan MgO . Pada EDS *spot 4* elemen-elemen terdiri dari O, Mg, dan Al berwarna abu-abu merupakan presipitat Al_2Mg_3 , terdapat kandungan O merupakan bagian dari senyawa Al_2O_3 dan MgO . Hasil SEM menunjukkan ada retak mikro di bagian butirnya disebabkan di sekitar retak mempunyai laju pendinginan yang tidak sama pada kelompok susunan atom yang membentuk butir.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian-pengujian dan analisis dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1) Sifat fisik distorsi pada kecepatan las MIG 8 mm/s untuk ukuran 8-12 mm berjumlah paling banyak dibanding dengan kecepatan las MIG 10 dan 12 mm/s disebabkan masukan panasnya paling besar.
- 2) Sifat mekanik kekerasan relatif hampir sama untuk ketiga kecepatan las 8, 10, 12 mm/s, sedangkan hasil kekuatan tarik maksimal pada kecepatan las 8 mm/s dengan efisiensi las 80%.
- 3) Hasil SEM tampak ada retak mikro pada bagian butir dan hasil EDS terdapat presipitat $MgSi_2$ berwarna putih dan Al_2O_3 berwarna abu-abu.
- 4) Pengelasan MIG menggunakan alat pengatur kecepatan las semi otomatis (CNC) dapat menghemat waktu pengelasan sekitar 20%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Menristekdikti yang telah memberikan dana penelitian dengan kontrak UGM PDD: No. 1769/UN1/DITLIT/ DIT-LIT/LT/2018 dan Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM yang telah memberikan kesempatan dan saudara Ekak, Sunhaji, Yasin, Arief, Chandra, Isnan, dan Henry yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiryosumarto, H., dan Okumura, T. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita. 2000: 20-23.
- [2] Zain, H. *Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia No: PER.02/MEN/1992. Tentang Kualifikasi Juru Las di Tempat Kerja*. Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI. Jakarta: Depnakertrans. 1982: 1-28.
- [3] Haelsig, A., Kusch, M., Mayer, P. *New findings on the efficiency of gas shielded arc welding*, *Welding in the World*. 2012; 56: 98-104.
- [4] Borrego, L.P., Costa, J.D., Jesus, J.S., Loureiro, A.R., Ferreira, J.M. *Fatigue life improvement by friction stir processing of 5083 aluminium alloy MIG butt welds*. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. 2014; 70: 68-74.
- [5] Brumm, S., Bürkner, G. *Gas metal arc pulse welding with alternating current for lightweight materials*, *Materials Today: Proceedings*. 2015; 2S: S179-S187.
- [6] Zhang, Z., Liu, L., Song, G. *Welding characteristics of AZ31B magnesium alloy using DC-PMIG welding*, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*. 2013; 23: 315-322.
- [7] Gray, T., Camilleri, D., McPherson, N. *Control of welding distortion in thin-plate fabrication*. UK: Wood Publishing. 2014: 133.
- [8] Mudjijana, Moch. Noer Ilman, Priyo Tri Iswanto. *Karakterisasi pengaruh kecepatan las pada pengelasan MIG AA5083H116 dengan elektroda ER5356*. *POROS*. 2017; 15 : 26-34.
- [9] Farag, M.M. *Materials and process selection for engineering design*. New York: CRC Press. 2014: 167.