

## PENGARUH KECEPATAN LAS MIG MATERIAL AA5083H116 PADA LAJU KOROSI DI LINGKUNGAN 3.5% NaCl

Mudjijana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
Email: <sup>1</sup>mudjijana@ugm.ac.id

Masuk: 1 September 2018, Revisi masuk: 10 September 2018, Diterima: 14 September 2018

### ABSTRACT

*Transportation equipment of product and people from one island to another using a small or large ship is cheaper than by plane. The ship can be constructed using A36 steel materials and AA5xxx aluminum alloys that are resistant to saline water. The purpose of this research is to investigate the effect of MIG welding speed of AA5083H116 on corrosion rate in a 3.5 wt% NaCl environment.*

*AA5083H116 material of 300mm x 75mm x 3 mm was welded using a MIG Tenjima 200s equipment and using ER5356 electrode of 0.8 mm diameter, at welding speed of 8, 10, 12 mm/s, filler rate of 27 mm/s, and in argon gas environmental. The specimen of 15 mm diameter and 2 mm thick was let to be corroded including the base metal (BM), heat affected zone (HAZ), and weld metal zone. The corrosion testing was carried out at BATAN Serpong using a three-cell potentiodynamic polarization electrode. The results of Tafel plot was showed a corrosion current ( $i_{corr}$ ) and corrosion voltage ( $E_{corr}$ ), then corrosion rate can be determined. The corroded specimen surfaces were investigated using a scanning electron microscope (SEM) and an energy dispersive spectrometer (EDS).*

*The results of the research show that the corrosion rate of welding speed of 12 mm/s is lower than that of welding speed of 8 mm/s. It is confirmed that the SEM showed that the deterioration of surfaces corrosion is smaller than at HAZ zone.*

**Keywords:** AA5083H116, Corrosion rate, MIG welding.

### INTISARI

Alat transportasi orang/barang dari daratan satu ke lainnya dapat menggunakan kapal laut dengan biaya lebih murah dibanding dengan pesawat terbang. Kapal laut dapat dikonstruksi menggunakan bahan baja A36 dan aluminium paduan AA5xxx yang tahan terhadap air laut. Penelitian ini bertujuan meneliti pengaruh kecepatan las MIG material AA5083H116 pada laju korosi di lingkungan 3.5%wt NaCl.

Material AA5083H116 berukuran 300 mm x 75 mm x 3 mm di las MIG Tenjima 200S menggunakan elektroda ER5356 berdiameter 0,8 mm, kecepatan las 8, 10, 12 mm/s, laju *filler* 27 mm/s, dan pelindung gas argon. Selanjutnya dibuat spesimen korosi yang mencakup bagian *base metal* (BM), *heat affected zone* (HAZ), dan *weld metal* (WM) berdiameter sekitar 15 mm dan tebal 2 mm. Pengujian korosi dilakukan di BATAN Serpong dengan polarisasi potensiodinamik menggunakan sel tiga elektroda. Hasil Tafel plot ditunjukkan arus arus ( $i_{cor}$ ) dan tegangan korosi ( $E_{cor}$ ) selanjutnya dapat ditentukan laju korosinya. Permukaan spesimen terkorosi diamati dengan *scanning electron microscope* (SEM) dan *energy dispersive spectrometer* (EDS).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi pada kecepatan las 12 mm/s lebih rendah dibanding dengan kecepatan las 8 mm/s. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengamatan SEM luas kerusakan permukaan akibat korosi lebih sedikit pada daerah HAZ.

**Kata-kata kunci:** AA5083H116, Laju korosi, Las MIG.

## PENDAHULUAN

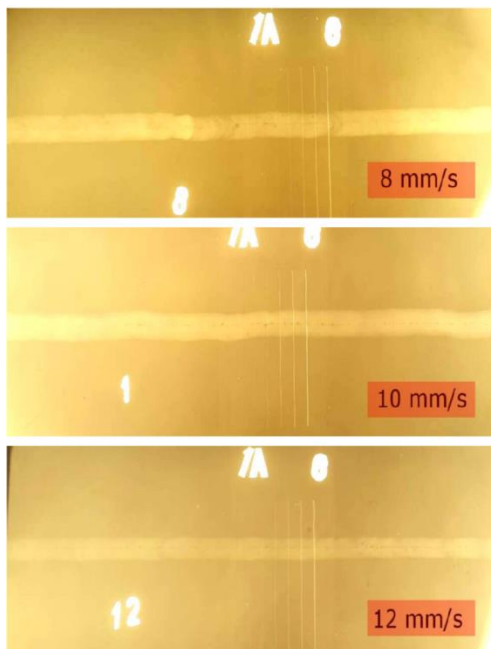
Indonesia dikenal sebagai negara maritim sejak zaman kerajaan Majapahit karena mempunyai luas wilayah 2/3 lautan dan 1/3 daratan (Massetio, 2014), sehingga banyak diperlukan kapal laut untuk mempersatukan antara wilayah satu dengan lainnya. Mengingat kejayaan masa lalu, sekarang pemerintah telah memulai pembuatan TOL laut untuk memperlancar dalam mengeksport barang-barang yang dihasilkan dan mengimpor barang-barang yang dibutuhkan masyarakat Indonesia menggunakan kapal laut. Di samping itu, kapal laut dapat digunakan untuk transportasi orang dari wilayah satu ke lainnya dengan biaya lebih murah dibanding dengan pesawat terbang. Kapal laut dapat dikonstruksi menggunakan bahan baja A36 dan aluminium paduan AA5083 yang tahan terhadap air laut dengan kekuatan luluh  $145 \text{ MNm}^{-2}$  pada kondisi anil *supersaturated*  $\alpha\text{Al}$  (Ashby dan Jones, 2013). Aluminium paduan AA5083 H116 artinya AA adalah Aluminium Association, 5083 adalah aluminium paduan seri 5 dengan unsur paduan utama adalah magnesium (Mg), 0 adalah batas ketidakmurnian nol, 83 menunjukkan kemurnian aluminium. H artinya adalah *cold worked (strain hardening)*, angka 1 pertama menunjukkan *cold work only*, angka 1 kedua menunjukkan *partial solution plus natural aging*, angka 6 menunjukkan  $\frac{3}{4}$  keras (Udomphol, 2007). Kurva polarisasi potensiodinamik AA2524-T3 di lingkungan 0,6M NaCl mempunyai potensial korosi ( $E_{=0}$ ) sedikit lebih positif daripada AA2198-T851. Tidak ada *passive plateau* dalam *domain anodic* kedua paduan ini, ada pertumbuhan *pits* dengan gelombang arus. Jadi kedua paduan ini secara alami terjadi korosi *pitting*. Di samping itu pada kurva polarisasi rapat arus korosi ( $i_{\text{corr}}$ ) untuk paduan AA2524-T3 lebih tinggi daripada AA2198-T851 (Moreto, dkk., 2014). Kelakuan korosi *pitting* di lingkungan 3,5% NaCl pada aluminium paduan 7A60 telah diselidiki oleh Wang, dkk. (2014) dengan *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS), struktur mikro dan kandungan fasa kedua diamati dengan *scanning electron microscope*

(SEM) dan *energy dispersive spectrometer* (EDS). Beberapa korosi *pitting* pada paduan 7A60 terutama disebabkan oleh elektrokimia partikel aktif  $\text{MgZn}_2$ , dan partikel-partikel  $\text{Al}_2\text{MgCu}$ ,  $\text{Mg}_2\text{Si}$ ,  $\text{Al}_7\text{Cu}_2\text{Fe}$  sedikit memberikan kontribusi. Pengaruh struktur mikro pada proses *solution heat treatment, cold working, artificial ageing* pada paduan Al-Li AA2099 diselidiki oleh Ma, dkk. (2016) menggunakan polarisasi potensiodinamik. Hasil penelitian menunjukkan terjadi beberapa korosi lokal disebabkan perlakuan termomekanik. Khususnya pada perlakuan T8 mudah terjadi beberapa korosi lokal diban-dingkan dengan lainnya. Selama proses polarisasi potensiodinamik pada paduan untuk *solution heat-treated* dan perlakuan T3 ditunjukkan morfologi korosi kristalografi, sedangkan pada perlakuan T6 dan T8 terjadi serangan selektif dalam butir dan lokal batas butir. Paduan Al-Zn-Mg (7N01-T5) dan (7N01-T4) di las dengan *metal inert gas* (MIG) dengan elektroda ER5356 diselidiki oleh Li, dkk. (2017) terhadap sifat-sifat mekanik dan ketahanan korosi. Sifat-sifat mekanik sambungan las lebih rendah daripada *base metal* (BM). Pada sambungan las terjadi perbedaan komposisi Zn dan jumlah presipitat kedua paduan yang menyebabkan variasi potensial korosi dan mengakibatkan korosi galvanik, korosi tertinggi terjadi pada paduan 7N01-T4 di daerah yang berdekatan dengan *weld metal* (WM). Korosi *pathway* di lingkungan 3.5%NaCl pada aluminium paduan AA2024-T3, AA5083-O, dan AA6082-T6 telah diselidiki oleh Donatus. Dkk. (2017) menggunakan uji polarisasi potensiodinamik. Hasil penelitian menunjukkan korosi *pathway* masing-masing paduan berbeda dan dipengaruhi oleh aliran cairan korosif. Pada AA5083 terjadi korosi *filiform-like pathway*, paduan AA6082-T6 terjadi *linear pathway*, sedangkan paduan AA2024-T3 korosi *pathway* tidak bergantung partikel fasa ke dua dan karakter batas butir. Penelitian laju korosi AA5083-O di las MIG dan *stress relieved weld metals* di lingkungan 3.5% NaCl menggunakan polarisasi potensiodinamik telah dilakukan oleh Ilman, dkk. (2017). Hasil

penelitian menunjukkan pada material di las MIG tidak memperlihatkan aktif-pasif hanya terjadi penguraian anodik dengan rapat arus korosi ( $i_o$ ) relatif tinggi 3.78  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  ekuivalen laju korosi 1.6813 mpy. Perubahan signifikan pada kurva polarisasi setelah logam las dilakukan *stress relieved* dengan adanya pasivasi anodik dan rapat arus korosi lebih rendah 3.48  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  ekuivalen laju korosi 1.5457 mpy.

#### METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah AA5083H116, elektroda ER5356, dan gas argon. Pengelasan dilakukan menggunakan las MIG Tenjima 200S, pelat berukuran 300 mm x 75 mm x 3 mm, diameter elektroda 0,8 mm dengan laju elektroda 27 mm/s, dan variasi kecepatan las  $v = 8, 10, 12$  mm/s dengan arus 120 A, tegangan 19 V, laju argon 17 liter/menit, sudut pengelasan  $45^\circ$ , hasil radiografi semua memenuhi syarat (Zain, 1982) seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (Mudjijana dkk, 2017).



Gambar 1. Spesimen hasil radiografi pada Kecepatan Las 8, 10, 12 mm/s (Mudjijana, dkk., 2017)

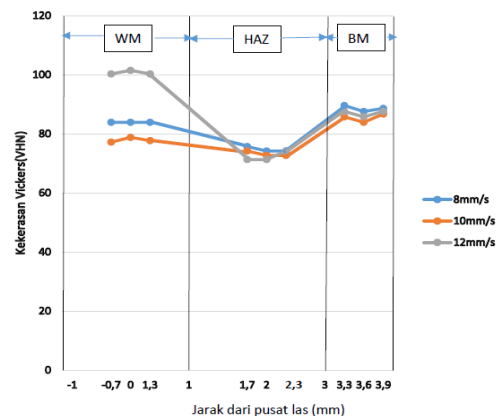
Setelah selesai pengelasan dibuat spesimen uji kekerasan mikro Vickers dan struktur mikro, dan uji korosi

berdiameter sekitar 15 mm dan tebal 2 mm. Pengujian kekerasan menggunakan beban 100 gram dan pengamatan struktur mikro menggunakan etsa HF. Pengujian korosi menggunakan alat sel 3 elektroda dilakukan di BATAN Serpong. Hasil uji korosi dalam bentuk Tafel plot dan ditunjukkan arus ( $i_{corr}$ ) dan tegangan ( $E_{corr}$ ) korosi. Setelah diuji korosi diamati permukaannya menggunakan SEM dan EDS.

#### PEMBAHASAN

##### Hasil Uji Kekerasan Mikro Vickers

Pengujian kekerasan mikro Vickers dilakukan dengan beban 100 gram hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kekerasan Vickers VHN daerah WM, HAZ, dan BM

Nilai kekerasan daerah terpengaruh panas (*heat affected zone*: HAZ) relatif lebih kecil dibandingkan dengan daerah logam las (*weld metal*:WM) dan logam induk (*base metal*:BM). Bahan logam induk AA5083H116 dengan perlakuan proses rol dingin, *partial solution plus natural aging*, dan dikeraskan  $\frac{3}{4}$  keras dengan deformasi sekitar 60% sehingga setelah dilakukan proses pengelasan terjadi proses pelunakan disebabkan terjadi proses normalising. Perbedaan nilai kekerasan di daerah HAZ dan BM relatif kecil dibanding di WM, kecuali pada kecepatan las 12 mm/s di WM dihasilkan nilai kekerasan berbeda cukup signifikan dibandingkan dengan kecepatan las 8 dan 10 mm/s. Hal ini dimungkinkan jumlah presipitat  $\text{Al}_2\text{Mg}_3$  lebih banyak sehingga menyebabkan dihasilkan nilai kekerasan lebih tinggi dan pada

kecepatan lebih tinggi rekristalisasi AA5083H116 tidak sebanyak pada kecepatan 8 dan 10 mm/s.

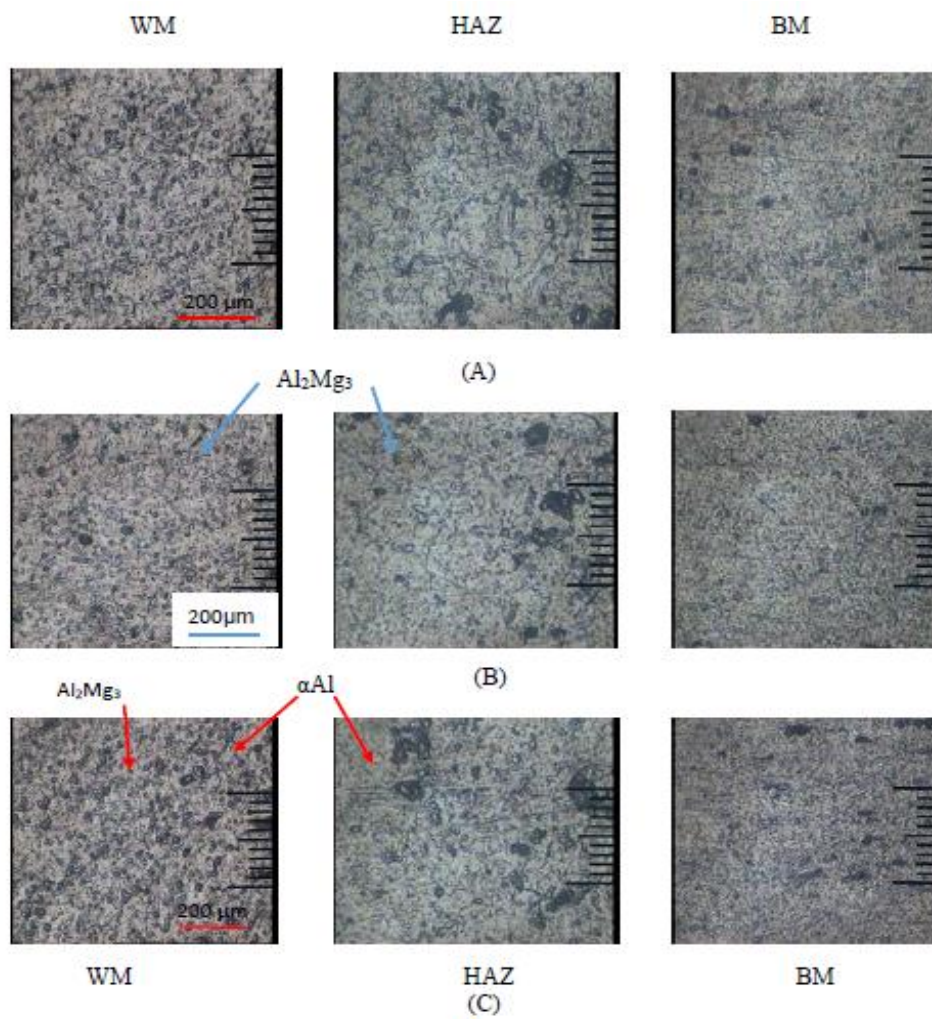
#### Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Struktur mikro untuk hasil pengelasan pada kecepatan las 8, 10, 12 mm/s ditunjukkan pada Gambar 3. Struktur mikro untuk ketiga variasi kecepatan di daerah WM, HAZ, dan BM tampak hampir sama, namun bila dibandingkan ketiga daerah di BM mempunyai ukuran butir yang lebih halus sehingga mempunyai nilai kekerasan relatif sedikit lebih besar dibandingkan di WM dan HAZ, kecuali pada kecepatan las 12 mm/s. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya presipitat  $Al_2Mg_3$  yang

jumlahnya lebih banyak dan tersebar merata.

#### Hasil Uji Korosi dengan Polarisasi Potensiodinamik

Tabel plot hasil uji korosi ditunjukkan pada Gambar 4 dan disajikan pada Tabel 1. Pada kecepatan las  $v = 8$  mm/s di hasilkan arus korosi ( $i_{corr}$ ) =  $0.9299 \mu A/cm^2$  dan tegangan korosi ( $E_{corr}$ ) =  $-0,713$  V, dan setelah dihitung didapatkan laju korosi =  $0.4123$  mpy. Sedangkan pada kecepatan las  $v = 12$  mm/s dihasilkan arus korosi ( $i_{corr}$ ) =  $0.4076 \mu A/cm^2$  dan tegangan korosi ( $E_{corr}$ ) =  $-0,770$  V, dan setelah dihitung didapatkan laju korosi =  $0.1825$  mpy.



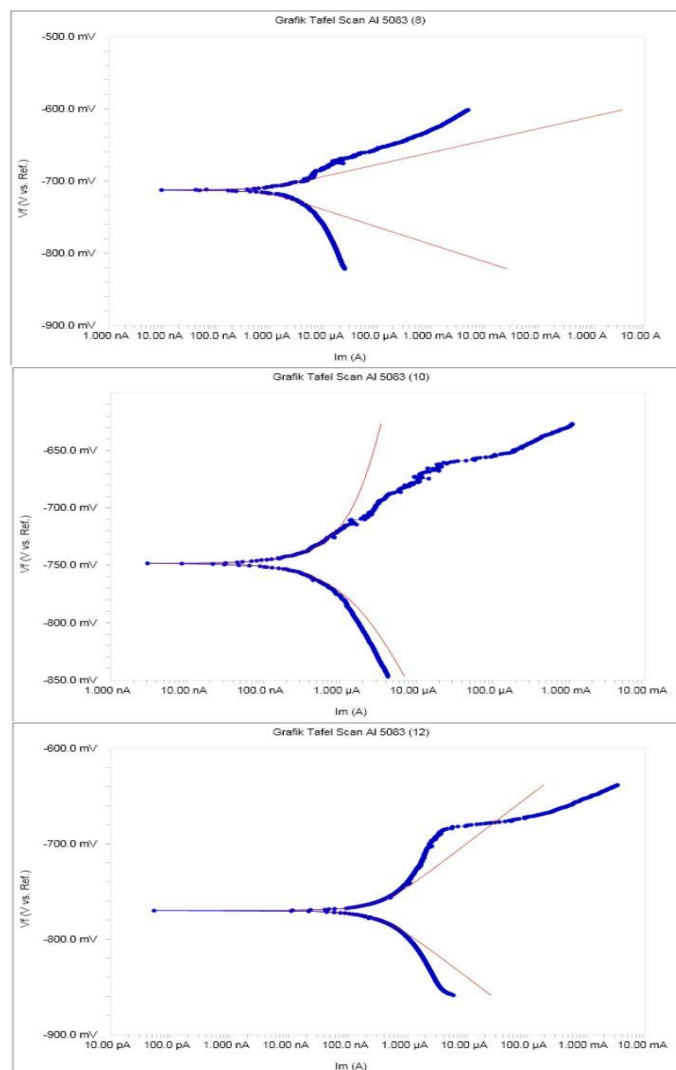
Gambar 3. Struktur mikro kecepatan las : (A) 8 mm/s, (B) 10 mm/s, (C) 12 mm/s (BM : base metal, HAZ : heat affected zone, WM : weld metal)

Tabel 1. Nilai Potensial dan Rapat Arus Uji Korosi

Tipe	$E_{corr}$ (V)	$i_{corr}$ ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	Laju Korosi (mpy)
Welded 8 mm/s	-0,713	0,9299	0,4123
Welded 10 mm/s	-0,748	1,8344	0,8072
Welded 12 mm/s	-0,770	0,4076	0,1825

Jadi laju korosi pada kecepatan las 12 mm/s lebih rendah dibanding pada kecepatan las 8 mm/s. Hal ini dibuktikan dengan kerusakan terkorosi lebih sedikit daripada kecepatan las 8 mm/s. Namun demikian nilai laju korosi < 1 mpy (Fontana, 1987) sehingga bahan AA5083H116 yang mengalami proses pengelasan masih sangat baik sekali

ketahanan korosi terhadap air laut yang mempunyai kandungan NaCl rata-rata 3,5%wt. Dibandingkan dengan hasil Ilman, dkk. (2017), lasan yang menggunakan material AA5083-O mempunyai nilai laju korosi 1.6813 mpy. Tidak jauh berbeda sehingga hasil penelitian ini cukup bisa dipertanggungjawabkan.



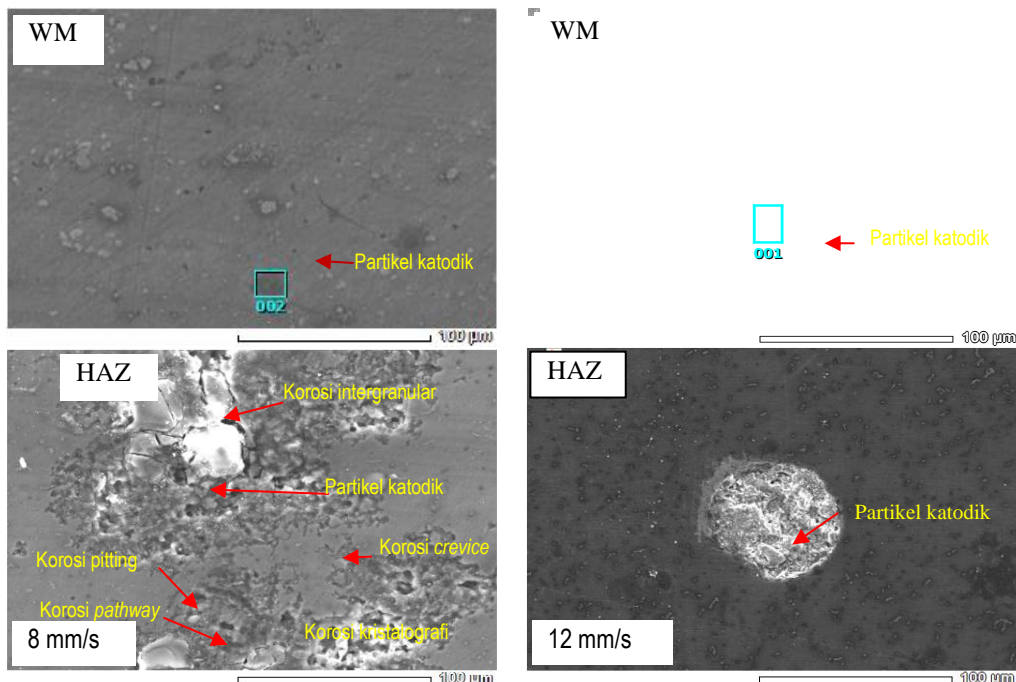
Gambar 4. Hasil uji korosi dengan polarisasi potensio dinamik pada Kecepatan Las 8, 10, dan 12 mm/s



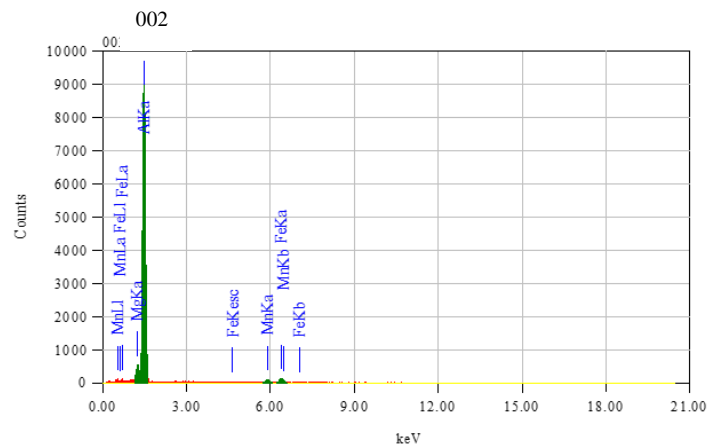
### Hasil Pengamatan SEM dan EDS

Hasil pengamatan *scanning electron microscope* (SEM) luas permukaan terkorosi ditunjukkan pada Gambar 5, tampak luasan terkorosi pada daerah WM dan HAZ pada kecepatan las 8 mm/s lebih besar dibandingkan luasan terkorosi pada kecepatan 12 mm/s. Jadi jelas bahwa laju korosi pada kecepatan las 12 mm/s lebih kecil dibandingkan dengan pada kecepatan 8 mm/s. Proses pengelasan berpengaruh pada ketahanan korosi bahan AA5083H116, seperti di daerah WM dan HAZ tampak terjadi korosi *crevice*, korosi kristalografi, dan korosi intergranular disekitar partikel katodik. Partikel katodik di WM pada kecepatan las 12 mm/s berdampak korosi intergranular lebih kecil dibanding pada kecepatan las 8 mm/s, ditandai dengan luasan warna gelap disekeliling partikel. Gambar 6 menunjukkan hasil EDS pada daerah las (WM) pada kecepatan las 8 mm/s kandungan presipitat (002) unsur-unsur (%wt) Al = 82,99 ; Mg = 6,61 ; Mn = 4,2 ; Fe = 6,2, sedang-

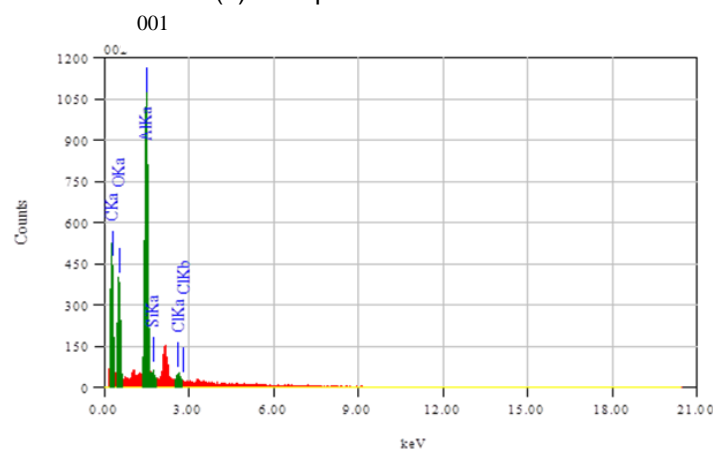
kan pada kecepatan las 12 mm/s kandungan presipitat (001) unsur-unsur (% wt) Al = 30,81; C = 43,01; O = 23,01; Si = 1,56; Cl = 1,45. Terdapat kadungan C dan O pada kecepatan las 12 mm/s disebabkan spesimen terkontaminasi dengan udara luar dan dengan kandungan O bisa menyebabkan bisa membentuk aluminium dan magnesium oksida yang memberikan kenaikan ketahanan korosi. Daerah HAZ pada kecepatan las 8 mm/s ada beberapa jenis korosi yaitu korosi intergranular (batas butir) yang disebabkan partikel katodik, korosi *crevice* atau *pitting* yang disebabkan oleh partikel anodik, korosi kristalografi disebabkan oleh partikel anodik, dan korosi *pathway* dimungkinkan karena adanya segregasi pada saat proses pendinginan selama proses pengelasan. Pada kecepatan las 12 mm/s di daerah WM terdapat kandungan Si berasal dari *filler* yang digunakan ER5356 mengandung komposisi kimia (%wt) Al = 94,38; Mg = 4,5; Cr = 0,05; Mn = 0,05; Si = 0,25; dan Zn = 0,1 (ASME, 2001).



Gambar 5. Hasil SEM pada Kecepatan Las 8 mm/s dan 12 mm/s



(a) Kecepatan Las 8 mm/s



(b) Kecepatan Las 12 mm/s

Gambar 6. Hasil EDS Daerah WM pada Kecepatan Las: (a) 8 mm/s (tanda 002 di Gambar 5) dan (b) 12 mm/s (tanda 001 di Gambar 5)

## KESIMPULAN

Pengaruh kecepatan las pada bahan AA5083H116 dengan elektroda ER5356 setelah dilakukan pengujian polarisasi potensiodinamik dan permukaan terkorosi diamati menggunakan SEM dan EDS dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1) Pada kecepatan las 12 mm/s didapatkan laju korosi lebih rendah dibandingkan dengan 8 m/s, dan keduanya mempunyai laju korosi < 1mpy sehingga sangat tahan terhadap korosi air laut
- 2) Pada daerah HAZ permukaan terkorosi pada kecepatan las 8 mm/s memperlihatkan korosi *crevice*, korosi kristalografi, dan korosi intergranular lebih luas dibanding pada kecepatan las 12 mm/s.

- 3) Pada daerah WM kecepatan las 12 mm/s ada partikel katodik berdampak korosi intergranular lebih kecil dibanding pada kecepatan las 8 mm/s, hal ini disebabkan adanya unsur O setelah dianalisis dengan EDS.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kemenristekdikti yang telah memberi dana penelitian melalui PUPT UGM No.015/SP2H/LT/DRPM/II/2016 dan Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada yang telah memberi kesempatan melakukan penelitian, dan Saudara Teddy Maulana Putra, Dede Azandri, dan M. Ridho yang telah membantu penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, M. F., Jones, D. R. H., 2013, *Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures and Processing*, Fourth Edition, pp. 192.
- ASME, 2001, *Materials Part C: Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals*, pp. 230, The American Society of Mechanical Engineers.
- Donatus, U., Thompson, G. E., Omotoyindo, J. A., Alaneme, K. K., Aribo, S., Agbabiaka, O. G., 2017, Corrosion Pathways in Aluminium Alloys, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, vol. 27, pp. 55-62.
- Fontana, M. G., 1987, *Corrosion Engineering*, Third Edition, pp. 172, McGraw-Hill.
- Ilman, M. N., Triwibowo, N. A., Wahyudianto, A., Muslih, M. R., 2017, Environmentally Assisted Fatigue Behaviour of Stress Relieved Metal Inert Gas (MIG) AA5083 Welds in 3,5% NaCl Solution, *International Journal of Fatigue*, vol. 100, pp. 285-295.
- Li, S., Dong, H., Shi, L., Li, P., Ye, F., 2017, Corrosion Behavior and Mechanical Properties of Al-Zn-Mg Aluminum Alloy Weld, *Corrosion Science*, vol. 123, pp. 243-255.
- Ma, Y. L., Zhou, X. R., Meng, X. M., Huang, W. J., Liao, Y., Chen, X. L., Yi, Y. N., Zhang, X. X., Thompson, G. E., 2016, Influence of Thermomechanical Treatments on Localized Corrosion Susceptibility and Propagation Mechanism of AA2099 Al-Li Alloy, *Transaction of Nonferrous Metals Society of China*, vol. 26, pp. 1472-1481.
- Marsetio, 2014, *Membangun dan Memperkokoh Keamanan Nasional dengan Visi Maritim, Sarasehan Roadmap Pembangunan Kelautan dan Kemaritiman*, UGM, Yogyakarta.
- Moreto, J. A., Marino, C. E. B., Bose Filho, W.W., Rocha, L.A., Fernandes, J.C.S. (2014). SVET, SKP and EIS study of corrosion behaviour of high strength Al and Al-Li alloys used in aircraft fabrication. *Corrosion Science*, 84, pp. 30-41.
- Mudjijana, Ilman, M.N., Iswanto, P.T., 2017, MIG and TIG Welding Speed Influence on Distortion of AA5083H116 Materials. *International Annual Engineering Seminar (InAES)*, pp. 179-185, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta, Indonesia.
- Udomphol, T., 2007, *Aluminium and its alloys*. Suranaree University of Technology.
- Wang, X.H., Wang, J.H., Fu, C.W., 2014, Characterization of pitting corrosion of 7A60 aluminum alloy by EN and EIS techniques. *Transactions Nonferrous Metals Society of China*, vol. 24, pp. 3907-3916.
- Zain, H., 1982, *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.

#### BIODATA PENULIS

**Ir. Mudjijana, M.Eng.**, menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin dari Universitas Gadjah Mada tahun 1979, S2 pada Jurusan Teknik Mesin dari Tsukuba University Japan tahun 2005, dan menempuh pendidikan S3 pada Jurusan Teknik Mesin di Universitas Gadjah Mada tahun 2015. Saat ini tercatat sebagai dosen tetap pada Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat *engineering materials*, *corrosion*, dan *welding*.