



## MEKANIKA : JURNAL TEKNIK MESIN

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Volume 10 No. 1 (2024)

ISSN: 2460-3384 (p); 2686-3693 (e)

### KEKERASAN DAN KEKUATAN SAMBUNGAN LAS GMAW ALUMINUM 5083 H112 MENGGUNAKAN *FILLER METAL* ER 5556 ER 5356 DAN ER 5183

Hendri Budi Kurniyanto<sup>1</sup>, Muhammad Nafi' Eka Sudira<sup>1</sup>, Moh. Miftachul Munir<sup>1</sup>,  
Imam Khoirul Rohmat<sup>1</sup>, Mohammad Thoriq Wahyudi<sup>1</sup>, Mukhlis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Pengelasan, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,  
Indonesia

email: [hendribudi@ppns.ac.id](mailto:hendribudi@ppns.ac.id)

#### ABSTRAK

Pengelasan GMAW plat aluminium 5083 H112 dengan ketebalan 8 mm menggunakan tiga jenis *filler metal* yang berbeda secara komposisi yaitu ER 5556, ER 5356 dan ER 5183 telah dilakukan. Untuk mengetahui karakteristik sambungan las dilakukan uji kekerasan, uji tarik secara transversal, dan pengamatan struktur mikro sesuai standar yang relevan. Rata-rata kekerasan tertinggi sebesar 76,4 HV di daerah *weld metal* didapat dengan menggunakan *filler metal* ER5556 sedangkan kekerasan paling rendah sebesar 67,0 HV diperoleh dengan menggunakan *filler metal* ER5356. Kekuatan sambungan las tertinggi sebesar 273 MPa didapat dari penggunaan *filler metal* ER5183. Keuletan paling tinggi didapat dengan menggunakan *filler metal* ER5356 ini ditunjukkan oleh nilai prosesentase elongasi paling tinggi yaitu 13,5% dibandingkan dengan dua jenis *filler metal* lainnya berkisar antara 4,2%-4,7%. Porositas ukuran kecil yang merata di daerah logam las ditemukan pada logam las untuk semua jenis *filler metal* yang digunakan, porositas pada hasil las aluminium pada umumnya disebabkan oleh kelarutan hidrogen yang tinggi di dalam aluminium cair. prosesentase partikel  $Mg_2Al_3$  didapat 26,2% pada *weld metal* filler ER 5556, 24,8% pada *weld metal* filler ER 5356 dan 25,1% pada *weld metal* filler ER 5183 dengan ukuran individual partikel relatif besar ditemukan pada *weld metal* ER 5356.

**Kata kunci:** *Pengelasan, GMAW, Aluminium 5083*

#### PENDAHULUAN

Aluminium seri 5XXX ditemukan banyak aplikasinya di fabrikasi industri kelautan, hal ini dikarenakan sifat mekanik dan ketahanan korosinya [1]. Di dalam industri perkapalan, fabrikasi kapal kapal dengan ukuran kecil hingga menengah umumnya menggunakan aluminium 5083, metode penyambungan dengan menggunakan proses pengelasan GMAW dan GTAW selalu menjadi pilihan utama. Aluminium dikenal sebagai logam yang ringan dan tahan korosi, lapisan oksida yang bersifat refraktori mudah terbentuk pada permukaan yang bersih. Oksida ini dapat mencegah terjadinya fusi antara logam induk dengan *weld metal* pada saat pengelasan. Aluminium memiliki konduktivitas listrik dan panas empat kali lebih besar dari baja karbon oleh karena itu masukan panas yang lebih tinggi diperlukan pada saat pengelasan. Plat tebal bisa memerlukan *Preheat* untuk mengurangi *heat input* yang diperlukan untuk pengelasan. Pengelasan aluminium memiliki tingkat kesulitan yang lebih dibanding pengelasan

baja karbon, ketidaksempurnaan pengelasan seperti porositas, *incomplete fusion*, penurunan kekuatan dan keuletan adalah masalah utama.

Kajian tentang penyambungan las aluminium 5083 dengan menggunakan *filler metal* yang bervariasi dapat memberikan gambaran tentang sifat mekanik sambungan las yang dihasilkan sehingga pemilihan *filler metal* yang tepat dapat disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi

Material aluminium 5083 H112 merupakan paduan aluminium dengan elemen Magnesium sebagai paduan utama, paduan ini merupakan paduan *non heat-treatable* yang hanya mengalami *strain hardened*, memiliki kekuatan dan keuletan yang memadai. Paduan ini dapat dianil dengan pemanasan pada temperatur tinggi untuk menghilangkan efek dari *cold work* untuk meningkatkan keuletan. Ketika mengelas paduan ini daerah HAZ bisa saja mengalami kehilangan efek penguatan dari *cold work*, oleh karena itu kekuatan di area ini bisa berkurang mendekati logam aluminium yang mengalami kondisi annil.

Sambungan las aluminium yang menggunakan *filler metal* 5XXX akan menghasilkan kekuatan yang lebih dibanding penggunaan *filler metal* lainnya, juga memiliki keuletan yang cukup tinggi. *Filler metal* 5XXX dapat digunakan untuk mengelas paduan aluminium 5XXX, 6XXX dan 7XXX, kekuatan *weld metal* bertambah dan sensitifitas terhadap retak berkurang dengan bertambahnya elemen magnesium di dalam *filler metal*. *Filler metal* 5XXX memiliki karakteristik yang sangat baik untuk aplikasi cryogenic. *Preheat* dan *interpass temperatur* harus dijaga pada 150°F atau lebih rendah untuk mencegah sensitisasi dan *stress corrosion cracking*.

*Preheat* normalnya tidak diperlukan pada pengelasan aluminium dan harus digunakan untuk mencegah atau mengatasi masalah. *Preheat* bisa menambah lebar HAZ dan mengurangi sifat mekanik dari sambungan las pada beberapa paduan tertentu. Satu pengecualian jika plat tebal dimana panas pengelasan terkonduksi dengan cepat ke base metal, pada kondisi ini moderat *Preheat* dapat mengurangi *heat input* yang diperlukan untuk menghasilkan fusi dan penetrasi yang baik. Untuk kebanyakan paduan temperatur *Preheat* tidak lebih dari 300°F dan waktu aplikasi *Preheat* seminimal mungkin. Paduan aluminium yang mengandung magnesium antara 3-5,5% tidak boleh *Preheat* di atas temperatur 250°F dan *interpass temperatur* tidak boleh melebihi 300°F. Pemaparan paduan ini pada temperatur 250°F-400°F dalam waktu relatif singkat akan mengurangi ketahanan terhadap *stress corrosion cracking*.

## PROSEDUR EKSPERIMEN

### 2.1 Material dan *filler metal*

Objek penelitian ini adalah plat aluminium paduan 5083 H112 dengan ketebalan 8 mm yang dilas menggunakan *filler metal* yang berbeda yaitu ER5556, ER5356 dan ER5183 dengan diameter 1,2 mm. Proses pengelasan dilakukan menggunakan proses *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dengan gas pelindung Argon 99,99% dengan kecepatan alir 20 liter/menit. Komposisi paduan utama dari *filler metal* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi paduan utama *filler metal* [2]

No	<i>Filler metal</i>	Si (%)	Mn (%)	Mg (%)	Zn (%)
1	ER5556	0,25	0,50-1,0	4,7-5,5	0,25
2	ER5356	0,25	0,05-0,20	4,5-5,5	0,10
3	ER5183	0,40	0,50-1,0	4,3-5,2	0,25

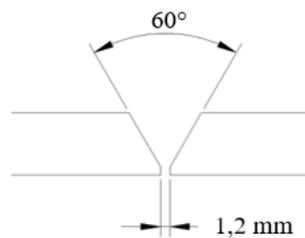
### 2.2 Parameter pengelasan

Pengelasan sambungan dilakukan menggunakan mesin las GMAW dengan polaritas DCRP, parameter las dijaga agar dapat konstan antara masing-masing sambungan dengan *filler*

*metal* yang berbeda, parameter dan detail sambungan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1 di bawah ini

Tabel 2. Parameter pengelasan

No	Filler metal	Arus (A)	Tegangan (V)	Kec.las (mm/min)	Masukan Panas (J/mm)
1	ER5556	125	20-24	±600	275
2	ER5356	125	20-24	±600	275
3	ER5183	125	20-24	±600	275



Gambar 1 Desain sambungan las

### 2.3 Pengujian hasil pengelasan

Hasil pengelasan dengan tiga *filler metal* yang berbeda dengan masing-masing dimensi 350 x 300 x 8 mm dipotong menjadi spesimen uji tarik, uji kekerasan dan spesimen untuk pengamatan struktur mikro.

Pengujian kekerasan hasil pengelasan dilakukan berdasarkan standar ISO 9015, metode vickers digunakan dengan beban 10 kgf dan waktu indentasi selama 10 detik. Indentasi dilakukan sebanyak 9 titik dengan masing-masing 3 indentasi di daerah HAZ sisi kiri, *weld metal* dan HAZ sisi kanan. Lokasi indentasi di HAZ dilakukan dengan jarak 1 mm 2 mm dan 3 mm dari *fusion line*.

Pengujian tarik transversal hasil pengelasan dilakukan berdasarkan standar ISO 4136 dengan jumlah sebanyak 2 spesimen untuk masing-masing sambungan las.

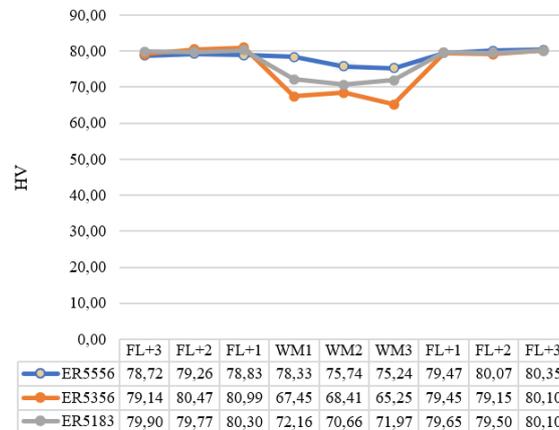
Pengamatan struktur mikro dilakukan berdasarkan standar ISO 17639, spesimen dipoles dan dietsa menggunakan larutan yang terdiri atas H<sub>2</sub>O dan HF, pengamatan struktur dilakukan pada daerah *weld metal* menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 100x. estimasi atau kuantifikasi partikel atau senyawa yang ada dilakukan menggunakan *software image analysis*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil uji kekerasan

Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Gambar 2. di daerah *weld metal* secara umum lebih rendah dibanding dengan daerah HAZ untuk semua jenis *filler metal* yang digunakan. Rata-rata kekerasan tertinggi sebesar 76,4 HV di daerah *weld metal* didapat dengan menggunakan *filler metal* ER5556 sedangkan kekerasan paling rendah sebesar 67,0 HV diperoleh dengan menggunakan *filler metal* ER5356. Hal ini disebabkan oleh perbedaan persentase kandungan elemen paduan yang berbeda, ER5556 secara spesifikasi memiliki kandungan elemen magnesium dan mangan yang relatif lebih tinggi dibanding filler lainnya sedangkan ER5356 kandungan mangan paling sedikit. Nilai kekerasan di HAZ relatif sama untuk *filler metal* yang berbeda karena merupakan daerah yang tidak terdampak dilusi oleh deposit *filler metal*, di daerah ini tidak terjadi penurunan nilai kekerasan dibandingkan dengan

daerah base metal 5083 hal ini dikarenakan *heat input* pengelasan yang digunakan relatif rendah yaitu 275 J/mm akibat kecepatan las yang tinggi dengan penggunaan proses las GMAW. Untuk paduan 5083 yang kekuatannya didapat dari *work hardening/cold work* saat dibawah pengaruh siklus termal akibat pengelasan, penurunan sifat mekanik karena perubahan struktur butir akibat rekristalisasi tidak banyak terjadi sehingga tidak terjadi pelunakan yang berarti di area HAZ paduan aluminum 5083[3]



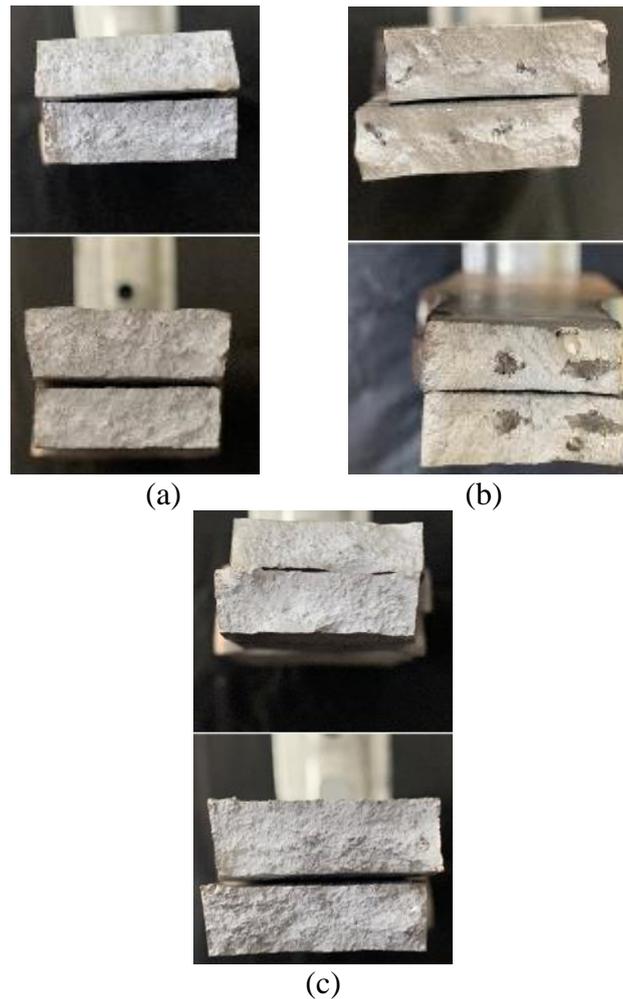
Gambar 2. Distribusi nilai kekerasan di daerah *weld metal* dan HAZ

### 3.2 Hasil uji kuat tarik

Gambar 3 menunjukkan permukaan patahan pada spesimen uji tarik. Semua hasil uji mengalami patah di daerah *weld metal*. Terlihat adanya cacat las berupa incomplete fusion pada spesimen *filler metal* ER5556 sehingga mempengaruhi nilai kuat tariknya. Nilai kuat tarik terendah rata-rata sebesar 235 MPa pada *filler metal* ini disebabkan oleh adanya cacat pengelasan bukan karena sifat mekanik yang buruk, hal ini dapat di buktikan dengan nilai kekerasan *filler metal* ER5556 di *weld metal* adalah yang tertinggi, selain itu juga dengan nilai salah satu spesimen yang hampir mendekati kekuatan tarik rata-rata dari filler ER 5183 walaupun didalamnya terdapat cacat dengan ukuran kecil. Dari nilai kuat tarik yang tercantum dalam Tabel 3 Kekuatan sambungan las tertinggi 273 MPa didapat dari penggunaan *filler metal* ER5183. Keuletan sambungan paling tinggi didapat dengan menggunakan *filler metal* ER5356 ini ditunjukkan oleh nilai prosesntase elongasi paling tinggi yaitu 13,5 % dibandingkan dengan yang lain berkisar antara 4,2%-4,7%

Tabel 3. Hasil uji tarik

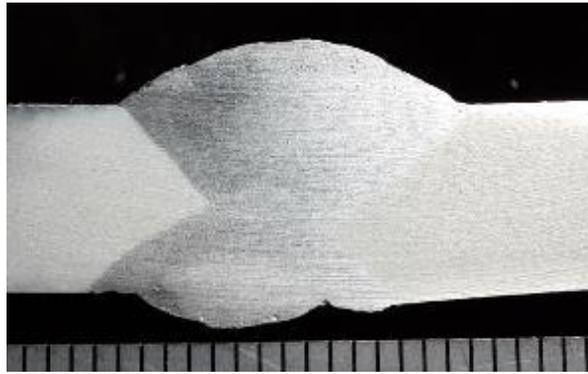
No	Filler metal	Kuat tarik (MPa)	Rata-rata (Mpa)	Elongasi (%)	Rata-rata (%)
1	ER5556	272	235	5,2	4,7
2	ER5556	198		4,2	
3	ER5356	272	267	12,7	13,5
4	ER5356	262		14,3	
5	ER5183	278	273	4,1	4,2
6	ER5183	268		4,3	



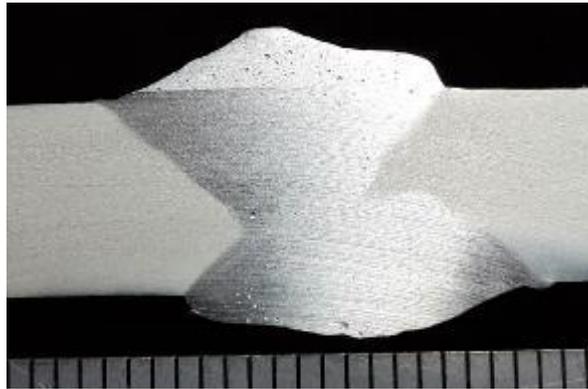
Gambar 3 Permukaan patahan di daerah logam las pada spesimen uji tarik (a) ER5556 (b) ER5183 (c) ER5356

### 3.3 Hasil pengamatan struktur mikro

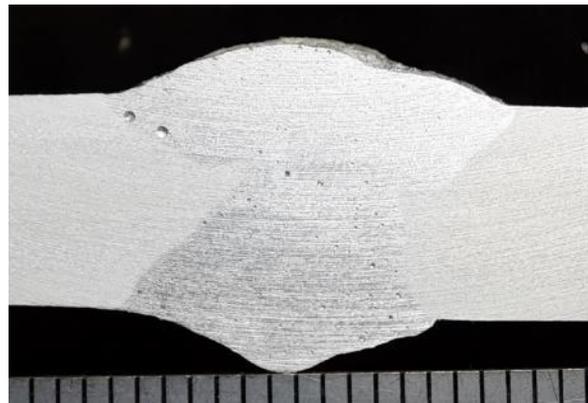
Pada hasil pengamatan dengan skala makro pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 6 tampak terlihat adanya porositas kecil yang merata di daerah logam las untuk semua jenis *filler metal* yang digunakan. Gas terlarut seperti hidrogen, oksigen dan nitrogen selalu ada pada logam cair aluminum selama pengelasan. Porositas pada hasil las GMAW pada aluminum pada umumnya disebabkan oleh kelarutan hidrogen yang tinggi di dalam aluminum cair[4]. Porositas dapat diminimalkan dengan pengelasan autogenous atau tanpa penggunaan *filler metal*, ketika menggunakan *filler metal*, level porositas meningkat karena kontaminasi dari *filler metal*, penggunaan *heat input* pengelasan dapat mengurangi porositas karena membuat pendinginan lebih lambat ini memberi kesempatan gas hidrogen yang terlarut dapat keluar dari logam cair[5]



Gambar 4 Porositas pada logam las *filler metal* ER5556



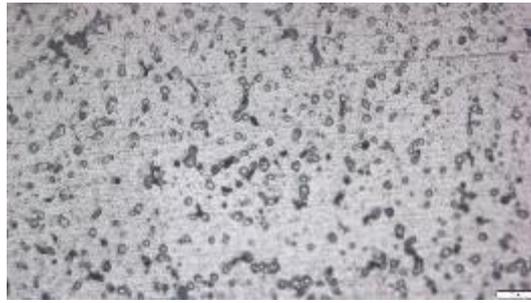
Gambar 5 Porositas pada logam las *filler metal* ER5356



Gambar 6 Porositas pada logam las *filler metal* ER5183



Gambar 7 Struktur mikro daerah logam las menggunakan *filler metal* ER 5556



Gambar 8 Struktur mikro daerah logam las menggunakan *filler metal* ER 5356



Gambar 9 Struktur mikro daerah logam las menggunakan *filler metal* ER 5183

Ukuran partikel atau presipitat  $Mg_2Al_3$  yang dihasilkan oleh *filler metal* ER 5356 berbeda dan menghasilkan partikel senyawa  $Mg_2Al_3$  lebih besar dibanding lainnya ini salah satu faktor yang menghasilkan keuletan paling tinggi selain karena faktor komposisi elemen magnesium dan mangan yang rendah ukuran presipitat magnesium dan ukuran butir mempengaruhi nilai kekerasan[6]. Hasil pengukuran prosentase partikel  $Mg_2Al_3$  didapat 26,2% pada *weld metal* filler ER 5556, 24,8% pada *weld metal* filler ER 5356 dan 25,1% pada *weld metal* filler ER 5183

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa *filler metal* ER 5356 menghasilkan sambungan las yang paling ulet dibandingkan dengan *filler metal* ER 5556 maupun ER 5183. Kekuatan sambunagn las paling tinggi didapat dengan menggunakan *filler metal* ER 5183 dan *filler metal* ER 5556 jika tidak ada cacat las pada *weld metal*. Nilai kekerasan tertinggi didapat dengan penggunaan *filler metal* ER 5556. Struktur mikro terdapat perbedaan ukuran partikel dan jumla sebaran senyawa  $Mg_2Al_3$ , presipitasi partikel dengan ukuran relatif besar didapatkan dari penggunaan *filler metal* ER 5356 sedangkan jumlah persentase partikel lebih banyak ditemukan pada *weld metal* ER 5556.

## REFERENSI

- [1] Av. Jebaraj, T. Sampath Kumar, and V. Jebaraj, "Mechanical and corrosion behaviour of aluminum alloy 5083 and its weldment for marine applications," 2020. [Online]. Available: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)[www.materialstoday.com/proceedings2214-7853](http://www.materialstoday.com/proceedings2214-7853)
- [2] "SECTION II MATERIALS Part C Specifications for Welding Rods, Electrodes, and *Filler metals* 2023 ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code." [Online]. Available: [www.asme.org/cer](http://www.asme.org/cer)

- [3] L. jun WU *et al.*, “Effects of welding layer arrangement on microstructure and mechanical properties of gas metal arc welded 5083/6005A aluminium alloy butt joints,” *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, vol. 33, no. 6, pp. 1665–1676, Jun. 2023, doi: 10.1016/S1003-6326(23)66212-0.
- [4] Y. Liu *et al.*, “Microstructure and mechanical properties of aluminum 5083 weldments by gas tungsten arc and gas metal arc welding,” *Materials Science and Engineering: A*, vol. 549, pp. 7–13, Jul. 2012, doi: 10.1016/j.msea.2012.03.108.
- [5] Gene. Mathers, *The welding of aluminium and its alloys*. CRC Press, 2002.
- [6] P. Peasura and A. Watanapa, “Influence of shielding gas on aluminum alloy 5083 in gas Tungsten arc welding,” in *Procedia Engineering*, 2012, pp. 2465–2469. doi: 10.1016/j.proeng.2012.01.333.