

# ANALISIS STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK FILLER METAL ER5556, ER5183, DAN ER5356 PADA SAMBUNGAN PENGELASAN ALUMINIUM ALLOY 5083 H 112

## (MICROSTRUCTURE ANALYSIS AND MECHANICAL PROPERTIES OF METAL FILLERS ER5556, ER5183, AND ER5356 AT THE WELDING JOINTS OF ALUMINUM ALLOY 5083 H 112)

Muhammad Nafi<sup>1</sup> Eka Sudira<sup>1\*</sup>, Hendri Budi Kurniyanto<sup>2</sup>, Mukhlis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111<sup>1</sup>

Email: [mnafi@student.ppns.ac.id](mailto:mnafi@student.ppns.ac.id)<sup>1</sup>, [hendribudi@ppns.ac.id](mailto:hendribudi@ppns.ac.id)<sup>2</sup>

**Abstract** – Welding is a common method in the shipbuilding industry to join steel and aluminum materials. Aluminum is chosen due to its corrosion resistance and good ductility. The efficient welding process for aluminum is Gas Metal Arc Welding (GMAW). Aluminum alloy 5083 H 112 is frequently used in shipbuilding. Selecting the appropriate filler metal is crucial to create strong joints and extend the lifespan of the ship. Based on the issue of selecting the right filler, this research is conducted to study the effects of filler metals ER 5556, ER 5183, and ER 5356, which are commonly used in welding aluminum 5083 in the shipbuilding industry. This study involves micro-testing to analyze the structure, as well as tensile, bending, and impact testing to understand the mechanical properties influenced by the filler metals used. After conducting the testing, it was found that the precipitation of  $Mg_2Si$  grew due to the use of filler metals with different chemical compositions. The percentage of  $Mg_2Si$  formed was 26.242% in weld metal ER5556, 24.813% in ER5356, and 25.107% in ER 5183. Next, ductility was observed in the bending test, which resulted in no defects for ER5556 and ER 5356, while only one specimen in ER 5183 experienced fracture. To evaluate the filler's impact on strength, tensile testing was performed, yielding the following values: for filler ER5556, 272.52 MPa and 198.05 MPa; for filler ER 5356, 272.39 MPa and 262.46 MPa; and for filler ER 5183, 278.18 MPa and 268.36 MPa. Furthermore, to assess the impact toughness of the joints, impact tests were conducted, and the average impact energy was determined: ER 5556 0.24 J/mm<sup>2</sup>, ER 5356 0.198 J/mm<sup>2</sup>, and ER 5183 0.169 J/mm<sup>2</sup>. Based on this research, the appropriate recommendation for welding aluminum 5083 H 112 is to use filler ER 5183 due to its Best strength.

**Keywords:** Aluminum 5083, aluminum metal filler, aluminum mechanical properties.

### 1. PENDAHULUAN

Rancangan konstruksi memerlukan kekuatan material yang memenuhi syarat yang ditentukan. Proses penyambungan material harus dilakukan dengan benar karena perubahan struktur material dapat mempengaruhi mechanical properties-nya. Penurunan mechanical properties sering terjadi pada industri perkapalan saat perlakuan material kurang tepat.

Industri perkapalan, khususnya pembuatan kapal cepat, membutuhkan perhitungan berat material maksimal. Penggunaan material aluminium dipilih karena beratnya yang ringan, membantu meringankan kinerja mesin dan meningkatkan kecepatan kapal. Pentingnya pengelasan yang baik pada posisi lambung kapal untuk menghindari crack akibat benturan yang kencang atau tabrakan.

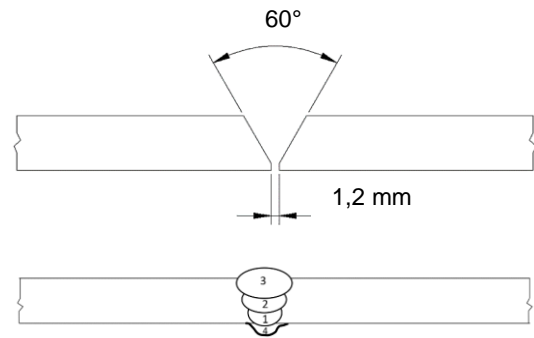
Pemilihan filler metal yang tepat dan persiapan pengelasan yang benar dapat meningkatkan kekuatan, keuletan, dan umur sambungan serta base metal. Paduan aluminium 5083 H 112 sering digunakan dan cocok dengan filler metal ER5183, ER5356, dan

ER5556. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai filler yang tepat dan persiapan pengelasan yang mempengaruhi kekuatan, keuletan, dan struktur material aluminium alloy 5083 H 112.

### 2. METODOLOGI .

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengelasan menggunakan *filler metal* ER 5556, ER 5183, ER 5356 diameter 1,2 mm pada plat aluminium alloy tebal 8 mm proses GMAW. jenis polaritas yang digunakan adalah DC+. Gas pelindung yang digunakan adalah argon 99,999% dengan *flow rate* 20-25  $\ell$ /min. desain sambungan adalah *butt joint single v groove* seperti pada Gambar 2.3. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan 2.2. Pengujian dilakukan dengan memotong test piece menjadi spesimen uji, masing-masing sambungan filler dibuat 2 spesimen uji tarik, 4 spesimen uji bending, 3 spesimen uji impak dan 1 spesimen untuk pengamatan mikro. Dimensi dari spesimen untuk masing-masing jenis pengujian mengacu pada standar BKI vol VI. Pada pengujian mikro

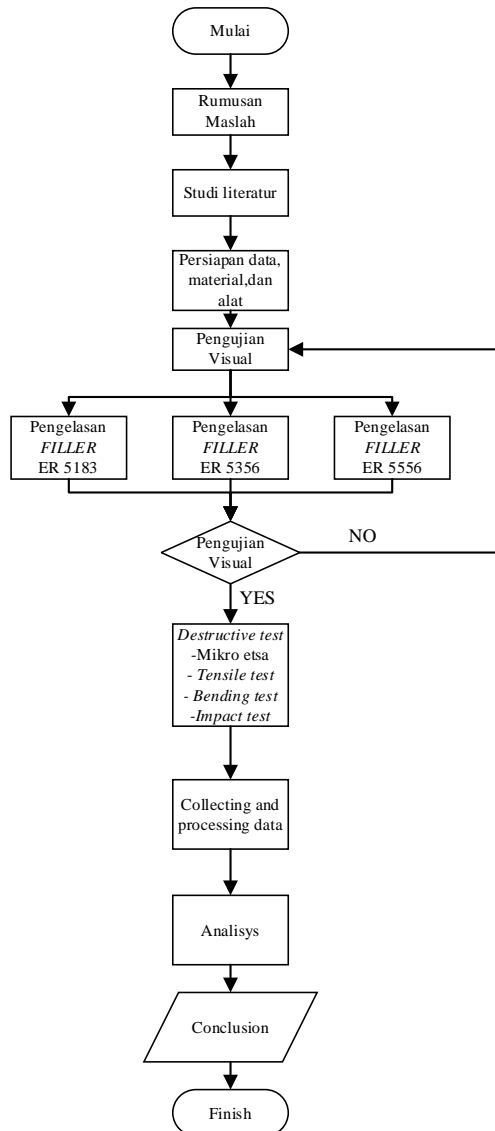
perhitungan presipitat menggunakan aplikasi *image-J. Acceptance criteria* uji bending mengacu pada BKI vol VI Sec 5, lalu pengujian tarik dilakukan dengan standar BKI Vol VI Sec 11, sedangkan *impact test* dimensi mengacu pada BKI Vol VI Sec 5 dan Sec 11 untuk material yang memiliki tebal tertentu.



Gambar 2.3 Desain Sambungan Pengelasan



Gambar 2.4 Pengelasan Test piece



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Tabel 2.1 Parameter Pengelasan

Filler	Pass	Arus (A)	Tegangan (V)	Flow Rate (ℓ/min)	Heat Input (KJ/mm)
ER 5556	1	20-22	120-125	20-25	192-215
	2	20-22	120-125	20-25	
	3	20-22	120-125	20-25	
	4	20-22	120-125	20-25	
ER 5183	1	20-22	120-125	20-25	192-215
	2	20-22	120-125	20-25	
	3	20-22	120-125	20-25	
	4	20-22	120-125	20-25	
ER 5356	1	20-22	120-125	20-25	192-215
	2	20-22	120-125	20-25	
	3	20-22	120-125	20-25	
	4	20-22	120-125	20-25	

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Uji Mikro

Dari Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa perbedaan jumlah presipitat  $Mg_2Si$  pada transition line, dan weld metal tidak terjadi penambahan yang signifikan, hal ini menyebabkan struktur mikro dari ketiga filler tersebut tidak jauh berbeda. Namun demikian penggunaan filler metal tetap berpengaruh pada kandungan  $Mg_2Si$  di bagian weld metal, presipitat  $Mg_2Si$  tertinggi terdapat pada pengelasan dengan filler ER 5556 sedangkan terendah pada pengelasan yang menggunakan filler ER 5356 hal ini disebabkan karena unsur Mg pada filler bereaksi engan Si dari base metal yang terkena panas akibat pengelasan, semakin banyak unsur Mg pada filler maka semakin banyak presipitat  $Mg_2Si$  yang terbentuk..

Tabel 3.1 Hasil Uji Mikro

Filler	Fusion Line		Weld Metal	
	Mg <sub>2</sub> Si (%)	Al <sub>18</sub> Mg <sub>3</sub> Cr <sub>2</sub> , Al <sub>6</sub> Mn (%)	Mg <sub>2</sub> Si (%)	Al <sub>18</sub> Mg <sub>3</sub> Cr <sub>2</sub> , Al <sub>6</sub> Mn (%)
ER 5556	20,849	79,151	26,242	73,758
ER 5356	21,204	78,796	24,813	75,187
ER 5183	20,214	79,786	25,107	74,893

### 3.2 Hasil Uji Bending

Uji bending sambungan las merupakan uji yang bersifat kualitatif untuk mengetahui keuletan dan ada tidaknya cacat sambungan las. Dari hasil uji ke-3 filler metal yang diuji dengan standar BKI vol VI, dengan masing-masing sambungan terdiri dari dua root dan dua face bend. Sebelas spesimen menunjukkan keuletan yang baik dan memenuhi persyaratan standar yang menyatakan tidak boleh adanya imperfection melebihi 3 mm, akan tetapi terdapat crack pada salah satu spesimen uji filler ER5183.



Gambar 3.1 Hasil Uji Bending Filler ER 5556, ER5 183, ER5356

### 3.3 Hasil Pengujian Tarik

Nilai uji tarik yang diperoleh dari pengelasan aluminium paduan 5083 H 112 dengan variasi filler ER 5556, ER 5356, ER5183 yang ada pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata ultimate strength tertinggi ada pada ER 5183. Menurut data yang telah diperoleh dapat dianalisis bahwa nilai uji tarik dapat dipengaruhi dengan penggunaan filler metal yang berbeda. Kandungan filler yang memiliki lebih banyak unsur penguat dan kecocokan dengan base metal maka akan lebih besar pula nilainya (WiryoSumarto, 2000).

Tabel 3.2 Hasil Uji Tarik

Spesimen	CSA (mm <sup>2</sup> )	Max Stress (MPa)	Rata-rata (MPa)	Break Point
5556 T1	201,25	272,52	235,28	WM
5556 T2	206,25	198,05		WM
5356 T1	201,25	272,39	267,45	WM

Spesimen	CSA (mm <sup>2</sup> )	Max Stress (MPa)	Rata-rata (MPa)	Break Point
5356 T2	205,82	262,46	273,27	WM
5183 T1	206,145	278,18		WM
5183 T2	201,6	268,36		WM

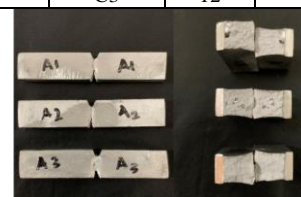
### 3.4 Hasil Uji Impact

Dari Tabel 3.3 dapat kita analisis bahwa variasi filler pengelasan berpengaruh pada nilai uji impact apalagi dilakukan di weld metal. Nilai uji impact tertinggi ada pada pengelasan dengan filler ER 5556 dan nilai uji impact terendah pada pengelasan dengan filler ER 5183. Nilai impact tertinggi karena unsur penguat pada filler berupa Mg dan Mn yang apabila semakin banyak akan semakin kuat dan keras materialnya dapat dilihat pada Tabel 4.10 adalah kandungan yang dimiliki setiap filler. WiryoSumarto, (2000) menyatakan bahwa kandungan kimia pada pengelasan aluminium sangat berpengaruh pada kekuatan mekaniknya.

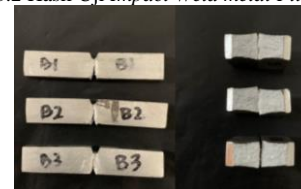
Pada Gambar 3.2, 3.3, dan 3.4 yang merupakan dokumentasi setelah dilakukan pengujian impact dapat dianalisis patahan yang terjadi rata-rata adalah patahan getas ditandai dengan patahan yang terputus sempurna dan permukaan yang mengkilap serta hampir tidak terjadi deformasi didekat takik.

Tabel 3.3 Hasil Uji Impact

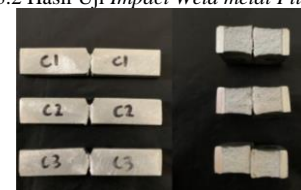
Filler	Spesimen	Energi (J)	Energi Impact (J/mm <sup>2</sup> )
ER 5556	A1	13	0,173
	A2	13	0,173
	A3	20	0,267
ER 5356	B1	14	0,187
	B2	15	0,2
	B3	15,5	0,207
ER 5183	C1	12,5	0,167
	C2	13,5	0,18
	C3	12	0,16



Gambar 3.2 Hasil Uji Impact Weld metal Filler ER 5556



Gambar 3.2 Hasil Uji Impact Weld metal Filler ER 5356

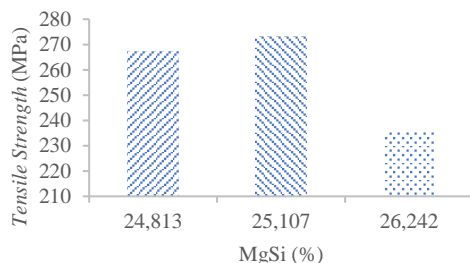


Gambar 3.2 Hasil Uji Impact Weld metal Filler ER 5183

#### 4. Pembahasan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap spesimen dengan pengelasan variasi *filler metal* ER5556, ER5183, dan ER5356, diperoleh data bahwa penggunaan *filler* yang berbeda mempengaruhi struktur mikro dan sifat mekanik material. Hal ini dapat dilihat terbentuknya struktur mikro berupa bertambahnya presipitat  $Mg_2Si$  pada setiap *filler* berbeda-beda walau dengan parameter pengelasan yang sama, lalu pada pengujian *impact* dan *tensile* dimana pada pengelasan dengan *filler* ER 5556 didapat nilai uji *impact* tertinggi. *Ductility* sambungan pengelasan juga terpengaruh, dapat dilihat hasil sambungan dengan *filler* ER5556 saat di tekuk permukaan yang tertekuk hasilnya bersih dari *crack* atau *opening* yang menandakan sambungan tersebut *ductile*. Sedangkan pada pengujian *tensile* ER 5556 yang seharusnya jika sesuai standar dan hipotesa memiliki nilai tertinggi justru ER 5183 pada penelitian ini, karena terdapat *discontinuities* berupa lubang halus sisa dari hydrogen yang terperangkap karena proses pendinginan material yang cepat sehingga berpengaruh pada kekuatan maksimumnya.

Pengaruh Struktur Mikro Terhadap Kuat Tarik Berdasarkan penelitian (Agustin, Agung and Rochiem, 2019). jika presipitat  $Mg_2Si$  bertambah maka kekuatan pada sambungan juga akan bertambah karena material menjadi bersifat lebih keras sehingga pengaruh yang diberikan presipitat  $Mg_2Si$  terhadap kekuatan adalah signifikan. Sedangkan pada penelitian ini diperoleh hasil analisa sebagai berikut.



Gambar 3.2 Hubungan Presipitat  $Mg_2Si$  dan Tensile Strength

Dengan pengolahan data pada Gambar 3 dapat dilihat seiring bertambahnya presipitat  $Mg_2Si$  dari paling kecil yaitu *filler* ER 5356 lalu ER 5183 mempengaruhi peningkatan nilai uji tarik. Peningkatan nilai uji tarik tidak dapat dilihat pada sambungan ER 5556 karena factor lain seperti kandungan  $Mg_2Si$  yang terlalu banyak sehingga getas dan factor lain yang tidak terprediksi setelah semua prosedur dilakukan dengan benar.

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap struktur mikro dan sifat mekanik pengelasan aluminium alloy 5083 H 112 dengan variasi *filler metal* ER 5556, ER 5356, dan ER 5183, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis struktur mikro yang didapatkan dari penelitian ini adalah pengelasan menggunakan *filler* ER 5556, ER 5183, dan ER

5356 mempengaruhi jumlah presipitat yang muncul seperti  $Mg_2Si$  pada setiap sambungan memiliki jumlah presipitat yang berbeda-beda. semakin banyak kandungan Mg pada *filler* akan bertambah pula reaksi pembentukan presipitat  $Mg_2Si$  yang terbentuk.

2. Pada pengujian bending pengaruh penggunaan *filler* pada pengelasan tidak terlihat signifikan perbedaannya karena semua spesimen sejumlah 12 spesimen yang terbagi menjadi 2 spesimen *face bend* dan 2 spesimen *root bend* pada masing- masing sambungan dinyatakan lolos uji atau tidak ditemukan *crack* maupun *opening* pada bagian yang diamati, hanya saja ada satu spesimen yang *crack* yaitu pada sambungan ER 5183.
3. Hasil analisis pengaruh sifat mekanik berupa kekuatan tarik, diketahui bahwa penggunaan *filler* yang berbeda mempengaruhi nilai uji tarik. Pada *filler* yang paling cocok kandungannya dengan *base metal* dan unsur Mg yang tinggi akan meningkatkan nilai uji tariknya seperti pada sambungan yang menggunakan *filler* ER 5183.
4. Hasil pengujian *impact* pada setiap sambungan dapat dilihat bahwa setiap *filler metal* memiliki nilai yang berbeda sehingga membuktikan bahwa penggunaan *filler* berpengaruh pada pengujian *impact* ini, dengan *filler* yang memiliki kandungan penguat seperti Mg yang lebih banyak akan menambah nilai energi *impact* yang dihasilkan.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

tentunya tidak terlepas dari berbagai pihak yang memberikan bimbingan, kepercayaan, doa, serta dukungan berupa tenaga, pikiran, materi maupun moril hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Pihak yang telah membantu mensupport pembelian material.
2. Pihak yang membantu proses penelitian hingga pengujian.
3. Kampus PPNS yang telah memfasilitasi untuk menjalankan tugas akhir ini.

#### 7. PUSTAKA

- [1] Achmad Mikail Rizki, T.K. (2018) *Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Pada Pengelasan Aluminium 5083 Dengan 6061 Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro, dan Prediksi Korosi*.
- [2] Agustin, R., Agung, B. and Rochiem, R. (2019) *Analisis Pengaruh Hasil Pengelasan Menggunakan Metode Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) Terhadap Sifat Mekanik Dan*

*Ketahanan Korosi Aluminium 5083 Mahasiswa jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS*  
*2 Dosen jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS ABSTRAK.*

- [3] Aluminum Welding *et al.* (1997) 'Aluminum Welding Brazing Sodering'.
- [4] Biro Klasifikasi Indonesia (2022) *Rules For Classification And Construction Part 1 Seagoing Ships Volume VI RULES FOR WELDING Consolidated Edition 2022*. Available at: [www.bki.co.id](http://www.bki.co.id).
- [5] Edward R. Bohnart (1999) 'Welding Principles and Practices'.
- [6] EVANS GM (1980) 'EFFECT OF MANGANESE ON THE MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF ALL-WELD-METAL DEPOSITS', 59. Available at: <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCALSOUUDAGE8000303262> (Accessed: 29 January 2023).
- [7] Gupta, R.K. (1999) *Specification for Bare Aluminum and Aluminum-Alloy Welding Electrodes and Rods*. Available at: <https://edoc.pub/aws-a510pdf-pdf-free.html> (Accessed: 23 January 2023).
- [8] ISO 5173 (2000) *ISO 5173 Second edition 2000-12-15*. Available at: [www.iso.ch](http://www.iso.ch).
- [9] Ling, Y., W.Y., & L.Z. (2016) 'The influence of voltage on the microstructure and mechanical properties of GMAW welded Q235B steel', 32, pp. 965–972.