

# Pengaruh Penambahan Variasi Konsentrasi Persentase Copper (Cu) Pada Paduan Al-Mg Terhadap Sifat Fisis Dan Kekuatan Impact

Aldy Priyo Jatmiko<sup>1</sup>, Bambang Junipitoyo<sup>2</sup>, Bayu Dwi Cahyo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Penerbangan Surabaya, Jemur Andayani I/73 Wonocolo Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60236

\*Corresponding author. Email: aldypriyo68@poltekbangsby.ac.id

## ABSTRAK

Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap karat, dan aluminium lebih ringan daripada besi atau baja. Maka dari itu aluminium banyak digunakan pada industri manufaktur dirgantara sebagai material struktur pesawat terbang karena memiliki fungsi yang cukup banyak. Aluminium 1100 bersifat lunak dan kurang kuat, maka dari itu untuk mendapatkan sifat mekanis yang baik pada aluminium perlu ditambahkan beberapa unsur paduan seperti magnesium dan copper. Paduan aluminium yang tepat diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanis dan fisis dari aluminium 1100. Dalam penelitian ini, proses penambahan paduan aluminium 1100 yang dipilih adalah dengan penambahan persentase dari magnesium (Mg) dan penambahan variasi persentasi dari copper (Cu). Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi magnesium (Mg) 1,2%, 1,5%, dan 1,8% dan copper (Cu) 3,9%, 4,1%, 4,3%, 4,5%, 4,7%, dan 4,9% kemudian di uji impact dan pengujian sifat fisis menggunakan uji massa jenis dari paduan aluminium tersebut. Hasil akhir yang dicapai dari penelitian ini yaitu pada pengujian massa jenis didapat nilai massa jenis tertinggi yaitu sebesar  $1,212 \text{ gr/ml}^3$  pada campuran magnesium 1,8% dan copper 4,9%. Pada uji impact diperoleh nilai ketangguhan tertinggi yaitu sebesar  $0,287 \text{ J/mm}^2$  dan nilai ketangguhan terendah yaitu pada persentase magnesium (Mg) 1,2% dan copper (Cu) 4,9% sebesar  $0,088 \text{ J/mm}^2$ . Untuk mengetahui berapa range persentase terbaik paduan Mg dan Cu pada Al-2024.

Kata Kunci : Aluminium 1100, sifat fisis, kekuatan *impact*

## 1. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam yang keberadaannya sangat berlimpah dari seluruh massa zat padat di Bumi. Pada hari ini kebutuhan aluminium semakin meningkat karena aluminium memiliki banyak kelebihan seperti sifat yang tahan karat, titik lebur yang relatif rendah dibandingkan logam jenis lain seperti besi dan baja (Notosuwarso, 2003). Kebutuhan aluminium yang semakin meningkat pada berbagai bidang mengakibatkan permintaan aluminium meningkat (Kementerian Perindustrian RI, 1982). PT Indonesia Asahan Aluminium (Persero) atau biasa disebut INALUM merupakan perusahaan produksi aluminium terbesar di Indonesia yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan aluminium di berbagai negara. Maka dari itu dengan adanya produksi aluminium yang melimpah di Indonesia kita harus memanfaatkannya dalam berbagai aspek seperti pada moda transportasi udara.

Meskipun Al dan paduannya memiliki kekuatan yang baik dan juga menunjukkan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, namun memiliki ketahanan korosi yang rendah (Sivakumar et al. 2014). Aluminium mempunyai sifat yang kurang kuat dan keras, sehingga tidak cocok untuk bagian mesin yang menanggung beban berat karena aluminium memiliki berat satu pertiga dari baja. Namun untuk memperbaiki sifat mekanis tersebut dapat dilakukan proses pencampuran atau penambahan unsur

seperti tembaga (Cu), magnesium (Mg), silicon (Si), mangan (Mn) dll. Bisa juga dengan metode penambahan Zirconia (Wardhana, 2013: 263). Dan juga penambahan Cu, Mg, Si, Zn, Ni, dan sebagainya secara satu persatu atau bersama-sama.

Pada penerbangan komersial, aluminium digunakan hampir 80% dari keseluruhan penggunaan material struktur terutama pada bagian fuselage. Aluminium untuk struktur pesawat terbang dipadu dengan beberapa bahan campuran (seperti tembaga, magnesium, seng dan mangan) yang dapat meningkatkan kekuatan, kekakuan serta ketangguhannya. (Wiratama, 2017). Sebelum menjadi aluminium seri 2XXX atau seri yang lain, dasar dari paduan tersebut yaitu menggunakan aluminium murni yaitu seri 1100. Aluminium seri 1100 memiliki kekuatan yang rendah dan hampir tidak digunakan pada pengaplikasian material struktural.

Dikutip dari artikel Abdul Kadir pada tahun 2022 indonesia masih impor aluminium sekitar 500 ribu ton pertahun. terdapat beberapa jenis aluminium yang di impor seperti 2024 yang banyak digunakan pada struktur pesawat. Pabrik aluminium yang terbesar yang terdapat pada indonesia seperti PT Inalum dan PT Indonesia Aluminium Alloy hanya memproduksi aluminium jenis Aluminium Ingot, Aluminium Billet, dan Aluminium Alloy seri A356.2. Diambil dari databoks indonesia banyak mengimpor aluminium pada negara Kaledonia

Baru dan Russia. Dikutip dari artikel International Defense, Security & Technology (CA, USA) mengatakan bahwa "Russian Scientists 4 create new high strength alloy for aviation and auto industry". PT. Indonesia Asahan Aluminium (Inalum) masih mengimpor aluminium alloy 2024 dikarenakan perlunya sertifikasi untuk membuat aluminium alloy 2024 yang digunakan pada standar industri kedirgantaraan (Kemenperin, 2013).

Muhammad Abdus Shomad (2020) meneliti pengaruh penambahan unsur magnesium pada paduan aluminium dari bahan piston bekas. Pengujian menggunakan uji impact charpy dengan hasil penambahan konsentrasi 2% dan 3% mengakibatkan peningkatan kekuatan impact sebesar 0,387 J/mm<sup>2</sup> dan 0,412 J/mm<sup>2</sup>.

Felix Sigit (2006) meneliti pengaruh kadar tembaga terhadap sifat fisis dan mekanis paduan Al-Si dengan hasil coran dengan massa jenis paling besar adalah paduan Al-Si dengan penambahan persentase penambahan 4% Cu sebesar 3,777 g/ml<sup>3</sup>.

Berdasarkan beberapa alasan di atas maka penulis memutuskan untuk mengadakan sebuah penelitian dengan mengambil judul, **“PENGARUH PENAMBAHAN VARIASI KONSENTRASI PERSENTASE COPPER (Cu) PADA PADUAN Al-Mg TERHADAP SIFAT FISIS DAN KEKUATAN IMPACT”**

**2. METODE**

Metode pada penelitian ini adalah melakukan pencampuran range persentase paduan Al 1100, Mg, dan Cu secara bergantian yaitu sesuai dengan persentase Al 2024 yaitu paduan Copper berkisar 3,8-4,9% Magnesium berkisar 1,2-1,8%, Manganese berkisar 0,3-0,9%, Silikon berkisar 0-0,5% (Material Properties Data: 2024 Aluminium),

**2.1 Pembuatan Spesimen**

Tabel 2. 1 Rancangan Penelitian

Input Perbandingan			Output
Aluminium AA 1100	Magnesium (Mg)	Copper (Cu)	Pengujian
94,9%	1,2%	3,9%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uji Impact</li> <li>• Uji Sifat Fisis</li> </ul>
94,7%		4,1%	
94,5%		4,3%	
94,3%		4,5%	
94,1%		4,7%	
93,9%		4,9%	
94,6%	1,5%	3,9%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uji Impact</li> <li>• Uji Sifat Fisis</li> </ul>
94,4%		4,1%	
94,2%		4,3%	
94%		4,5%	
93,8%		4,7%	
93,6%		4,9%	
94,3%	1,8%	3,9%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uji Impact</li> <li>• Uji Sifat Fisis</li> </ul>
94,1%		4,1%	
93,9%		4,3%	
93,7%		4,5%	
93,5%		4,7%	
93,3%		4,9%	

**Proses Pengecoran**

1. Persiapan material serta cetakan corang yang akan digunakan.
2. Aluminium yang telah dipotong kecil kemudian ditimbang sesuai variable pengujian yang telah ditentukan pada tabel 2.1
3. Magnesium dan Copper ditimbang sesuai variable pengujian yang telah ditentukan pada tabel 2.1
4. Aluminium dimasukkan kedalam ladle yang telah diatur pada suhu 900°C.
5. Setelah aluminium cair, magnesium dan Copper dimasukkan kedalam ladle yang berisi aluminium yang sudah cair.
6. Campuran tersebut diaduk selama 10 menit guna menyebarkan partikel magnesium dan copper kedalam matriks.
7. Setelah pengadukan selesai komposit Al-Mg-Cu dituangkan kedalam cetakan dan didinginkan pada suhu ruangan.
8. Komposit Al-Mg-Cu yang telah mengeras dikeluarkan dari cetakan.

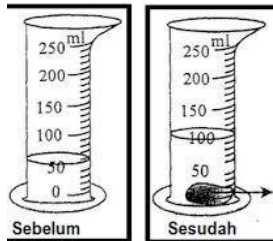
## 2.2. Uji Sifat Fisis

Bertujuan untuk mengetahui perbedaan massa jenis dari setiap spesimen serta memperkirakan kemurnian logam aluminium yang digunakan

Proses pengujiannya sebagai berikut :

1. Pertama-tama dengan memasukkan potongan dari spesimen ke gelas ukur yang sebelumnya sudah diisi air dengan volume yang sudah diinginkan.
2. Kemudian potongan coran tadi yang sudah ditimbang dimasukkan ke gelas ukur yang sudah berisi air tadi, dan setelah coran tadi dimasukkan kedalam gelas ukur kemudian dilihat volume penambahannya.
3. Setelah data diperoleh dari pertimbangan coran dan penambahan volume, barulah mulai mencari perhitungan massa jenis dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

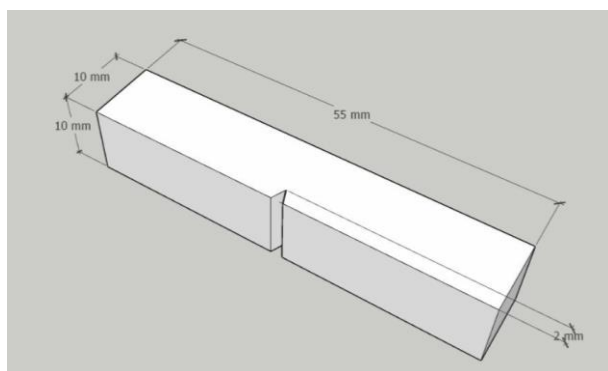
$$\text{Massa jenis coran } (\rho) = \frac{\text{Berat (W)}}{\text{Volume Penambahan (V)}}$$



Gambar 2. 1 Gambar Sketsa Uji Fisis

## 2.3 Uji Impact Charpy

Pengujian *impact charpy* (juga dikenal sebagai tes *Charpy v-notch*) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas. Setelah pengecoran, bahan uji dibentuk menjadi spesimen uji *impact* berdimensi 55 mm x 10 mm x 10 mm dan takikan “V” sesuai ketentuan ASTM E23-07a dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Uji *impact charpy*

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

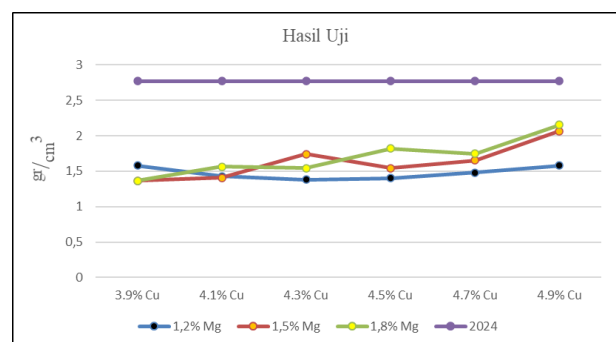
Berdasarkan penjelasan metodologi penelitian sebelumnya, penulis akan menyampaikan hasil pengujian spesimen yang telah didapatkan baik dalam pengujian *impact* maupun massa jenis.

### 3.1 Hasil Uji Massa Jenis

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui perbedaan massa jenis atau massa jenis dari setiap spesimen serta untuk mengetahui penambahan yang terjadi pada coran aluminium magnesium dengan persentase 1,2%, 1,5%, dan 1,8% dengan variasi persentase kadar tembaga, hasil tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Hasil Uji Massa Jenis

No	Magnesium (Mg)	Copper (Cu)	Berat Coran (gr)	Volume Penambahan (cm <sup>3</sup> )	Massa jenis gr/cm <sup>3</sup>
1.	1,2 %	3,9 %	15,8	10	1,58
2.		4,1 %	14,3	10	1,43
3.		4,3 %	15,2	11	1,381
4.		4,5 %	14	10	1,4
5.		4,7 %	16,3	11	1,481
6.		4,9 %	17,4	11	1,581
7.	1,5 %	3,9 %	15	11	1,363
8.		4,1 %	16,9	12	1,408
9.		4,3 %	17,4	10	1,74
10.		4,5 %	17	11	1,545
11.		4,7 %	18,2	11	1,654
12.		4,9 %	18,6	9	2,066
13.	1,8 %	3,9 %	16,4	12	1,366
14.		4,1 %	17,2	11	1,563
15.		4,3 %	17	11	1,545
16.		4,5 %	18,2	10	1,82
17.		4,7 %	19,2	11	1,745
18.		4,9 %	19,4	9	2,155



Gambar 3. 1 Grafik Hasil Uji Massa Jenis

Pada grafik diatas menunjukkan hasil dari pengujian massa jenis pada spesimen campuran variasi persentase antara magnesium (Mg) dan *copper* (Cu). Hasil tertinggi pada uji massa jenis terdapat pada persentase magnesium 1,8% dan *copper* 4,9% yaitu 2,155 gr/cm<sup>3</sup> dan nilai terendah

didapatkan pada persentase magnesium (Mg) 1,2% dan copper (Cu) 3,9% yaitu 1,58 gr/cm<sup>3</sup>.

Pada hasil spesimen campuran antara aluminium 1100, magnesium (Mg), dan copper (Cu) didapat nilai tertinggi 2,155 gr/cm<sup>3</sup> pada campuran magnesium 1,2% dan copper 3,9%. Menurut artikel *Yizeng Manufacturing* (2021) massa jenis dari aluminium 2024 adalah 2,77 gr/cm<sup>3</sup>. Dapat disimpulkan bahwa massa jenis aluminium 1100 dengan campuran magnesium dan copper hampir setara dengan aluminium 2024, hanya perlu ditambahkan dengan paduan unsur lainnya dan heat treatment atau sejenisnya.

### 3.2 Hasil Uji Impact Charpy

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui sifat mekanis berupa kekuatan impact pada spesimen dengan bentuk dan ukuran yang telah ditentukan sesuai dengan standar ASTM E23. Berikut adalah rumus memperoleh hasil data pengujian *impact*.

$$IS = \frac{W \times L (\cos \beta - \cos \alpha)}{A}$$

IS : Kekuatan *Impact* J/mm<sup>2</sup>

W : Berat pendulum (kgm)

L : Jarak titik tumpu ke titik berat pendulum (m)

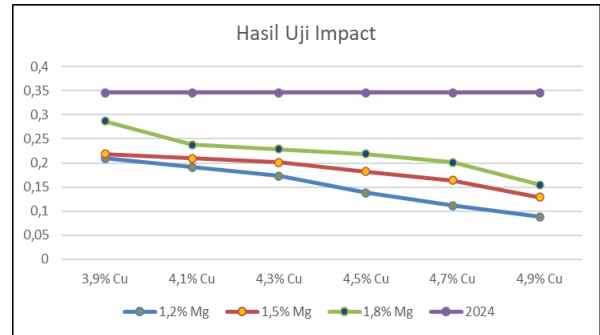
cos β : Sudut akhir (°)

cos α : Sudut awal (°)

A : Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

Tabel 3. 2 Hasil Uji *Impact*

Spesimen	Magnesium (Mg)	Copper (Cu)	w	L	α	β	Capacity Absorbed	HI
			kg	m	°	°	kg-m	J/mm <sup>2</sup>
1	1,2%	3,9%	13,17	0,6	140	114°	2,129	0,210
2		4,1%	13,17	0,6	140	116°	1,942	0,191
3		4,3%	13,17	0,6	140	118°	1,758	0,173
4		4,5%	13,17	0,6	140	122°	1,399	0,138
5		4,7%	13,17	0,6	140	125°	1,141	0,112
6		4,9%	13,17	0,6	140	128°	0,891	0,088
7	1,5%	3,9%	13,17	0,6	140	113°	2,224	0,219
8		4,1%	13,17	0,6	140	114°	2,129	0,210
9		4,3%	13,17	0,6	140	115°	2,035	0,201
10		4,5%	13,17	0,6	140	117°	1,849	0,182
11		4,7%	13,17	0,6	140	119°	1,667	0,164
12		4,9%	13,17	0,6	140	123°	1,312	0,129
13	1,8%	3,9%	13,17	0,6	140	106°	2,906	0,287
14		4,1%	13,17	0,6	140	111°	2,416	0,238
15		4,3%	13,17	0,6	140	112°	2,320	0,229
16		4,5%	13,17	0,6	140	113°	2,224	0,219
17		4,7%	13,17	0,6	140	115°	2,035	0,201
18		4,9%	13,17	0,6	140	120°	1,577	0,155



Gambar 3. 2 Grafik Hasil Uji *Impact*

Pada grafik diatas menunjukkan hasil dari pengujian *impact* pada spesimen campuran variasi persentase antara magnesium (Mg) dan copper (Cu). Hasil tertinggi pada uji *impact* terdapat pada persentase magnesium 1,8% dan copper 3,9% yaitu 0,287 J/mm<sup>2</sup> dan nilai terendah didapatkan pada persentase magnesium (Mg) 1,2% dan copper (Cu) 4,9% yaitu 0,088 J/mm<sup>2</sup>.

Pada hasil pengujian spesimen campuran antara aluminium 1100, magnesium (Mg), dan copper (Cu) didapat hasil tertinggi 0,287 J/mm<sup>2</sup>. Menurut jurnal C. Hakan Gur dengan judul “*DETERMING THE IMPACT TOUGHNESS OF 2024 AL-ALLOY*” dari *Middle East Technical University* nilai *impact* pada aluminium 2024 adalah 0,346 J/mm<sup>2</sup>. Jadi nilai *impact* aluminium 1100 dengan campuran magnesium 1,8% dan copper 3,9% hampir setara dengan nilai *impact* aluminium 2024. Menurut *International Journal of Engineering* (2022) nilai *impact* dari aluminium 1100 adalah 0,075 J/mm<sup>2</sup>. Jadi terdapat kenaikan nilai *impact* pada penambahan magnesium (Mg) dan copper (Cu) yaitu 2,12% terhadap nilai *impact* aluminium 1100.

### 4. KESIMPULAN

Dalam pengujian yang dilakukan, dapat kita ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pertambahan persentase magnesium dapat menambah nilai *impact* pada spesimen tetapi pertambahan persentase copper dapat mengurangi nilai *impact* pada spesimen tersebut. Hasil akhir yang dicapai dari penelitian ini yaitu pada pengujian *impact* charpy didapat nilai ketangguhan tertinggi yaitu sebesar 0,287 J/mm<sup>2</sup> pada campuran 1,8% Mg dan 3,9% Cu.
2. Semakin banyak persentase magnesium dan copper yang dicampur menyebabkan bertambahnya nilai massa jenis dari spesimen. Hal ini membuktikan bahwa campuran unsur paduan pada aluminium menyebabkan perbedaan dari masing-masing massa jenis dari spesimen. Dan pada pengujian massa jenis nilai massa jenis tertinggi sebesar 1,212 gr/ml<sup>3</sup> pada campuran magnesium 1,8% dan copper 4,9%.

3. Penelitian dengan mencari berapa persentase penambahan magnesium dan *copper* pada aluminium yang dapat mendekati nilai *impact* dengan 2024 adalah penambahan magnesium sebanyak 1,8% dan *copper* sebanyak 3,9% yaitu  $0,287 \text{ J/mm}^2$ , karena dari jurnal C. Hakan Gur dengan judul “*DETERMING THE IMPACT TOUGHNESS OF 2024 AL-ALLOY*” dari *Middle East Technical University* nilai *impact* pada aluminium 2024 adalah  $0,346 \text{ J/mm}^2$ . Pada hasil spesimen campuran antara aluminium 1100, magnesium (Mg), dan *copper* (Cu) didapat nilai tertinggi  $2,155 \text{ gr/cm}^3$  pada campuran magnesium 1,2% dan *copper* 3,9%. Menurut artikel *Yizeng Manufacturing* (2021) massa jenis dari aluminium 2024 adalah  $2,77 \text{ gr/cm}^3$ . Dengan kedua hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pencampuran Mg dan Cu saja belum cukup untuk menyetarakan hasil uji dari Aluminium 2024.
- [9] Yadav Abhisek dan Jitender Panchal. (2017). *Experimental Analysis Of Mechanical Properties Of Aluminum Alloy By Variation Of Copper Content*. India.

## REFERENCES

- [1] Atmaja, Gusti Randa. (2011). *Analisa Sifat Mekanik Penambahan Unsur Cu Coran Aluminium*. Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia.
- [2] American Society for Testing and Materials, (1982). *Standard Test Method for Notched Bar Impact of Metallic Materials*. ASTM E23.
- [3] A.O Adentula, E.T Akinlabi. (2018). *Significantly Improved Mechanical Properties Of 1100 Aluminium Alloy Via Particle Reinforcement*. Department of Mechanical Engineering Science: University of Johannesburg, South Afrika.
- [4] FAA, (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook-General (FAA-H-8083-30A) Chapter 7: Aluminium Alloy, (Hal. 7-6)*. Oklahoma City, United State American.
- [5] J. Gilbert Kaufman (2004). *Aluminum Alloy Casting: Properties, Processes, and Applications*.
- [6] J.K. Odusote dkk. (2015). *Mechanical Properties and Microstructure Of Precipitation-Hardened Al-Cu-Zn Alloys*.
- [7] Lidya. Dinni. (2016). *Pengertian, Ciri-Ciri, Dan Sifat Alumunium, Alumunium Indonesia*.
- [8] Sigit Felix. (2006). *Pengaruh Kadar Tembaga Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Paduan Al-Si*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.