

PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR MAGNESIUM TERHADAP SIFAT MEKANIS ALUMINIUM

*Muhammad Fajrur Rochmat¹, Yusuf Umardani², Sri Nugroho³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: mas.fajrur@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan terhadap material yang ringan dan kuat akan diperlukan di masa yang akan datang. Komponen-komponen kendaraan akan dibuat menjadi ringan, agar penggunaan bahan bakar selain fosil dapat optimal. Aluminium adalah logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik. Peningkatan kekuatan mekanik, logam aluminium dipadukan dengan unsur lain. Salah satu unsur yang dipadukan dengan aluminium adalah magnesium. Magnesium memiliki nilai massa jenis yang rendah dengan kekuatan merupakan sebuah kelebihan dari penggunaan unsur ini dalam paduan yang dibentuk. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh unsur magnesium terhadap struktur mikro dan sifat mekanis aluminium. Proses peleburan material spesimen menggunakan tanur krusibel dengan temperatur peleburannya 660°C. Cetakan untuk membuat benda hasil peleburan menggunakan cetakan pasir. Ada tiga variasi penambahan unsur magnesium terhadap aluminium, yaitu 0,5%, 1%, dan 1,5%. Karakterisasi terhadap produk coran meliputi uji tarik, uji kekerasan, analisis struktur mikro dan uji komposisi kimia. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan kandungan magnesium mengalami penurunan pada setiap spesimen. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa semakin besar penambahan magnesium, maka nilai kekerasan spesimen semakin tinggi. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan unsur magnesium, maka material semakin kuat. Hasil uji struktur mikro menunjukkan bahwa penambahan magnesium berpengaruh pada kerapatan butir.

Kata kunci: aluminium; magnesium; sifat mekanis

Abstract

The need for lightweight and strong materials will be needed in the future. Vehicle components will be made lighter, so that the use of non-fossil fuels can be optimized. Aluminum is a light metal that has good corrosion resistance and good electrical conductivity. Increased mechanical strength, aluminum metal is combined with other elements. One of the elements combined with aluminum is magnesium. Magnesium has a low density value and strength is an advantage of using this element in the alloys formed. The purpose of this study was to determine the effect of the element magnesium on the microstructure and mechanical properties of aluminum. The process of melting the specimen material using a crucible furnace with a melting temperature of 660°C. A mold for making smelted objects using a sand mold. There are three variations of the addition of magnesium to aluminum, namely 0.5%, 1%, and 1.5%. Characterization of castings includes tensile test, hardness test, microstructure analysis and chemical composition test. The results of the chemical composition test showed that the magnesium content decreased in each specimen. The results of the hardness test show that the greater the addition of magnesium, the higher the hardness value of the specimen. The tensile test results show that the more magnesium is added, the stronger the material. The results of the microstructure test showed that the addition of magnesium had an effect on grain density.

Keywords: aluminum; magnesium; mechanical properties

1. Pendahuluan

Masa sekarang kebutuhan akan bahan bakar semakin tinggi, sedangkan ketersediaan bahan bakar fosil semakin berkurang dan semakin lama akan habis [1]. Dibutuhkan bahan bakar terbarukan untuk menggantikannya, salah satunya menggunakan listrik. Kelemahan listrik yaitu energi yang dihasilkan tidak sebesar jika dibandingkan dengan energi yang dihasilkan bahan bakar fosil. Maka dari itu komponen-komponen kendaraan akan dibuat menjadi ringan, agar penggunaan energi dari listrik dapat optimal. Kebutuhan akan material yang ringan dan kuat akan diperlukan di masa yang akan datang.

Aluminium adalah logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang bagus. Aluminium digunakan dalam bidang yang luas, bukan hanya untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, motor, kapal laut dan konstruksi-konstruksi yang lain. Untuk mendapatkan peningkatan kekuatan mekanik, biasanya logam aluminium dipadukan dengan unsur paduan [2]. selain itu aluminium memiliki beberapa keunggulan yaitu ringan, sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik, ketahanan korosi baik dan kekuatan tariknya dapat ditingkatkan dengan proses pengerjaan dingin atau melalui proses perlakuan panas [3].

Salah satu unsur yang dipadukan dengan aluminium adalah magnesium. Magnesium merupakan unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31 [4]. Magnesium dihasilkan dari beberapa sumber, seperti batuan dolomit dan air laut, yang mengandung 0,13 % magnesium. Magnesium memiliki beberapa kelebihan sifat ringan, mudah bereaksi dengan logam lain, dengan sifat yang mudah terbakar, setelah mengetahui sifat magnesium yang relatif ringan, sehingga cocok digunakan sebagai bahan pengganti dari besi cor dan baja yang relatif berat [5]. Dari sifat logam aluminium yg baik serta logam magnesium yg melimpah keberadaannya di bumi, maka banyak penelitian yang membuat paduan AlMg ataupun paduan Al-Mg dengan logam yang lain misalnya logam besi (Fe). Penambahan unsur magnesium akan meningkatkan nilai kekuatan dan kekerasan pada aluminium tanpa terlalu menurunkan keuletannya dan besarnya persentase penambahan dari unsur ini juga akan berpengaruh pada struktur mikro hasil coran [6]. Cairan magnesium harus terlindungi dari kontak dengan oksigen yang ada di udara, karena mudah bereaksi dan langsung terbakar jika terkena dengan oksigen, sedangkan massa jenis paduan magnesium 1,8 gram/cm³. Semakin lama waktu peleburan juga berpengaruh pada penurunan komposisi magnesium pada paduan hasil pengecoran [7].

Paduan aluminium magnesium (Al-Mg) merupakan salah satu paduan aluminium yang sering digunakan untuk aplikasi teknik dalam bidang industri. Paduan ini banyak digunakan karena mempunyai ketahanan dan mampu tuang yang baik. Paduan aluminium magnesium dapat ditingkatkan kemampuan mekanisnya dengan cara memberikan penambahan unsur Mg dan Fe, juga unsur penghalus butir. Penambahan kadar Mg dalam jumlah yang besar dapat menaikkan kekerasan dan kekuatan tarik pada paduan [8]. Paduan Al-Mg sering disebut Hidronalium, merupakan paduan dengan tingkat ketahanan korosi yang paling baik dibandingkan dengan paduan aluminium lainnya [9]. Paduan ini mempunyai sifat *corrosion resistance* yang baik, tetapi memiliki sifat mekanis yang cukup tinggi. Material jenis ini banyak sekali digunakan untuk aplikasi pada temperatur rendah (kapal), pesawat terbang, peralatan rumah tangga dan struktur otomotif [10].

Tujuan dilakukan penambahan unsur magnesium adalah untuk mengetahui pengaruh unsur magnesium terhadap struktur mikro dan sifat mekanis aluminium. Pengujian yang dilakukan meliputi uji komposisi kimia, uji kekerasan, uji kuat tarik, dan uji struktur mikro.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan untuk pengujian ini adalah aluminium murni dan magnesium murni. Material aluminium berbentuk potongan lembaran yang didapatkan dari bekas industri tambal panci. Magnesium murni yang digunakan berbentuk ingot. Bahan aluminium dan magnesium yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



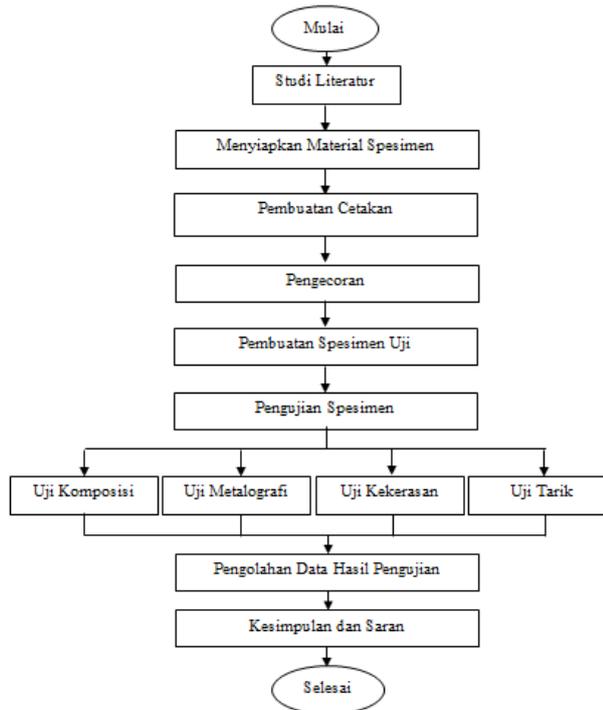
Gambar 1. Bahan Aluminium



Gambar 2. Bahan Magnesium

2.2 Metode Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Aluminium yang digunakan untuk setiap variasi yaitu 5 kg, sedangkan penelitian ini membuat tiga variasi penambahan magnesium yaitu 0,5%, 1%, dan 1,5%. Maka diperlukan 15 kg aluminium. Magnesium yang digunakan dipotong sesuai dengan variasi penambahan terhadap aluminium, sehingga potongan magnesium yang diperlukan yaitu 25 gr (0,5%), 50 gr (1%), dan 75 gr (1,5%). Proses peleburan atau pengecoran dilakukan di Laboratorium Pengecoran Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten. Pengecoran dilakukan menggunakan tungku krusibel. Proses peleburan aluminium dilakukan pada suhu T_m dari Aluminium yaitu sekitar $660^{\circ}\text{C} \pm 100^{\circ}\text{C}$. Setelah aluminium mencapai titik lebur, kemudian magnesium ditambahkan ke dalam tungku. Pada saat proses peleburan biasanya Al dan Mg akan bereaksi dengan oksigen membentuk Al_2O_3 dan MgO . Namun dengan penambahan gas argon pada saat peleburan untuk melindungi coran dari oksidasi yang terbentuk pada aluminium serta akan menghilangkan pengotor pada *liquid metal*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan di Laboratorium Logam Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten, Jawa Tengah. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan/komposisi kimia yang terkandung dalam spesimen. Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian komposisi spesimen uji, yaitu penambahan Mg pada Al dengan variasi penambahan 0,5%, 1%, dan 1,5%. Berikut adalah komposisi kimia material yang telah diuji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi Material

Unsur	Hasil Pengujian		
	Al Mg 0,5% (%)	Al Mg 1% (%)	Al Mg 1,5% (%)
Al	98,64	98,32	98,35
Mg	0,348	0,755	0,826
Si	0,405	0,270	0,189
Fe	0,462	0,525	0,498

Berdasarkan data dari Tabel hasil pengujian XRF atau komposisi kimia yang dilakukan di Politeknik Manufaktur Ceper Klaten, bahwa material uji mengalami penurunan pada unsur Mg pada setiap variasi penambahan. Pada penambahan 0,5%, menurun menjadi 0,348. Begitu juga dengan variasi penambahan 1%, menurun menjadi 0,755%. Dan pada variasi penambahan 1,5%, turun menjadi 0,826%. Menurunnya unsur magnesium pada material aluminium setelah dilakukan peleburan, dikarenakan pada saat proses peleburan ruang pembakaran kurang menutup sehingga penambahan gas argon ke dalam peleburan aluminium kurang maksimal akibatnya sebagian fasa teroksidasi.

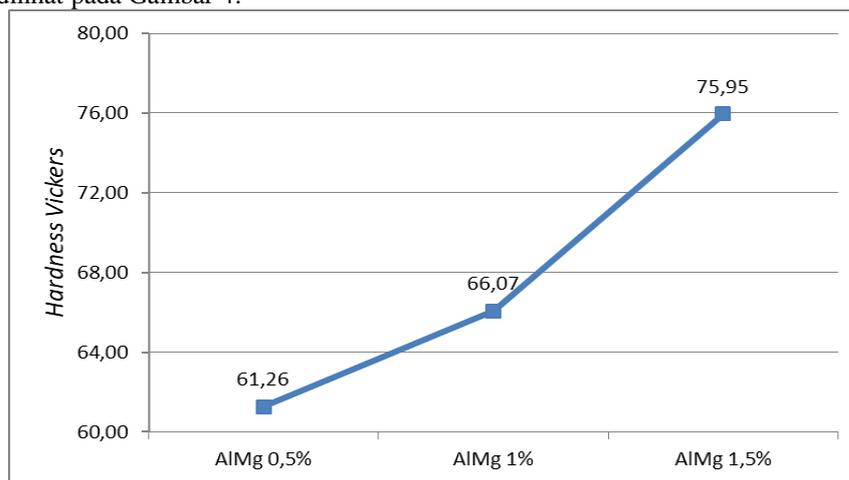
3.2 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada material spesimen pada setiap variasi penambahan magnesium pada aluminium. Pengujian dilakukan di Politeknik Manufaktur Ceper Klaten dengan metode *vickers*. Pengujian Spesimen diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Kekerasan

Spesimen	Nilai Kekerasan <i>Vickers</i>			Rata-rata
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
Al Mg 0,5%	61,85	60,70	61,24	61,26
Al Mg 1%	66,84	65,33	66,05	66,07
Al Mg 1,5%	76,85	75,35	75,66	75,95

Dari data tabel diatas dapat diperoleh nilai rata-rata kekerasan pada tiap spesimen. Grafik nilai kekerasan rata-rata spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 4.

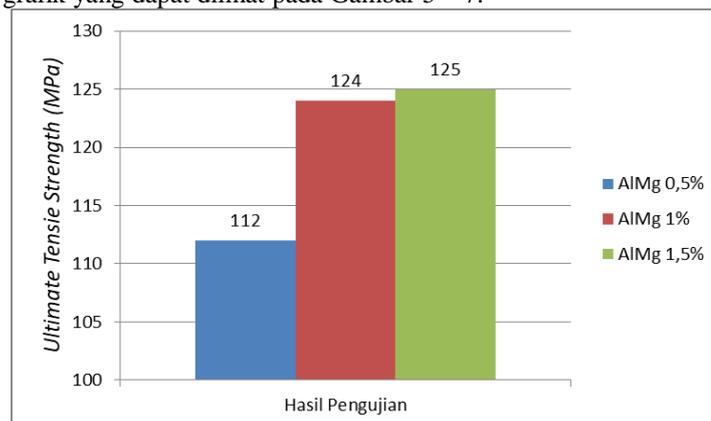


Gambar 4 Hasil rata-rata pengujian kekerasan *Vickers*

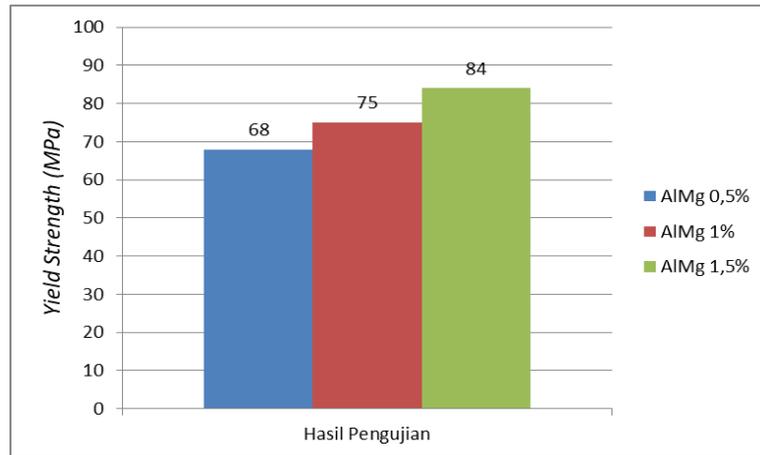
Hasil Pengujian kekerasan di tiga titik pada setiap spesimen uji menunjukkan perbedaan pada setiap titik ujinya. Pada hasil rata-rata kekerasannya dapat dilihat pada gambar 4, pada Al Mg 0,5% mempunyai nilai kekerasan rata-rata 61,26 HV. Pada Al Mg 1% mempunyai nilai kekerasan lebih tinggi yaitu 66,07 HV. Sedangkan pada Al Mg 1,5% mempunyai nilai paling tinggi yaitu 75,95 HV. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan unsur Mg pada Aluminium, maka nilai kekerasannya akan semakin tinggi.

3.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik

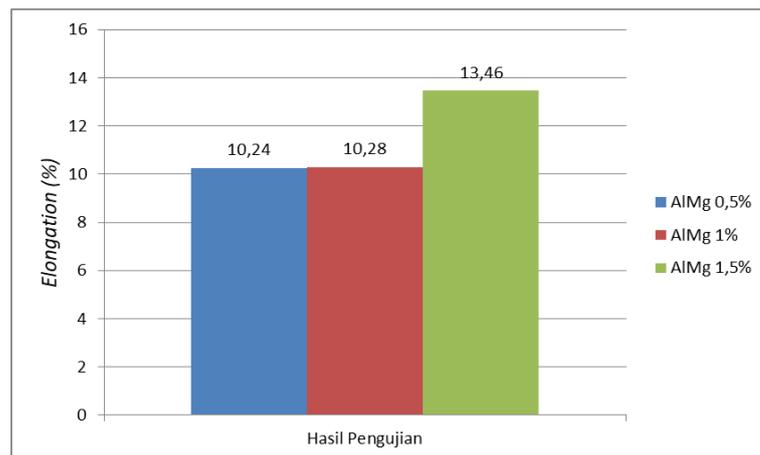
Pengujian tarik pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan unsur Mg pada Aluminium terhadap kekuatan tarik material. Hasil pengujian tarik spesimen uji Al Mg 0,5%, Al Mg 1%, dan Al Mg 1,5% disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5 – 7.



Gambar 5. Hasil *ultimate tensile strength* pengujian tarik spesimen uji



Gambar 6. Hasil *yield strength* pengujian tarik spesimen uji

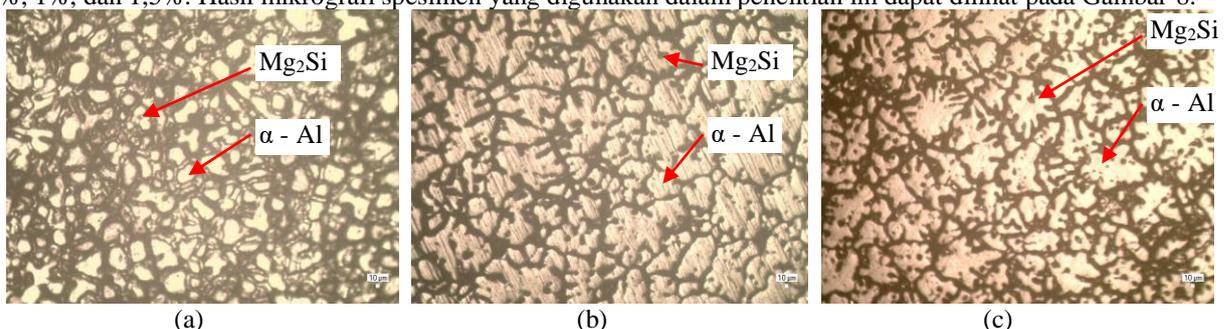


Gambar 7. Hasil *elongation* pengujian tarik spesimen uji

Setelah dilakukan pengujian tarik diperoleh data seperti pada Gambar 5 – 7. Diperoleh nilai *ultimate tensile strength* pada Al Mg 0,5% sebesar 112 MPa, dan nilai *ultimate tensile strength* pada Al Mg 1% sebesar 124 MPa, sedangkan pada Al Mg 1,5% mempunyai nilai *ultimate tensile strength* tertinggi yaitu 125 MPa. Pada Gambar 6 diperoleh nilai *yield strength* pada Al Mg 0,5% sebesar 68 MPa, dan nilai *yield strength* pada Al Mg 1% sebesar 75 MPa, sedangkan pada Al Mg 1,5% mempunyai nilai *yield strength* tertinggi yaitu 84 MPa. Pada Gambar 7 menunjukkan nilai *elongation* pada Al Mg 0,5% sebesar 10,24%, kemudian nilai *elongation* pada Al Mg 1% sebesar 10,28%, sedangkan nilai *elongation* pada Al Mg 1,5% sebesar 13,46%. Disimpulkan bahwa penambahan unsur magnesium mempengaruhi nilai uji tarik dari aluminium, yang mana semakin tinggi penambahan unsur magnesium maka nilai kuat tarik material aluminium semakin tinggi.

3.4 Hasil Pengujian Mikrografi

Pengujian struktur mikro pada penelitian ini bertujuan untuk melihat morfologi dan karakteristik dari hasil pengecoran material paduan aluminium dengan penambahan unsur magnesium dengan variasi penambahan sebesar 0,5%, 1%, dan 1,5%. Hasil mikrografi spesimen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Struktur mikro spesimen (a) Al Mg 0,5% (b) Al Mg 1% (c) Al Mg 1,5%

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro pada spesimen uji, sesuai dengan diagram fasa Al-Mg, fasa yang terbentuk dari ketiga spesimen adalah fasa α -Al yang berwarna putih abu-abu dan fasa Mg_2Si yang berbentuk bintik hitam. Dari Hasil pengujian struktur mikro, dapat dilihat bahwa Al Mg 0,5% batas butir yang terbentuk lebih merenggang sehingga kerapatannya rendah dibandingkan dengan spesimen Al Mg 1% yang memiliki batas butir yang lebih kecil, sedangkan batas butir yang terbentuk pada Al Mg 1,5% mempunyai kerapatan batas butir terkecil dibandingkan dengan Al Mg 0,5% dan Al Mg 1%, sehingga Al Mg 1,5% memiliki kekerasan dan kekuatan yang paling tinggi.

4. Kesimpulan

Pada pengujian komposisi kimia terjadi penurunan pada unsur Mg. Hal ini kemungkinan disebabkan pada saat dalam proses peleburan ruang penutup pembakar kurang rapat sehingga sistem penyaluran gas argon kurang sempurna. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan unsur Mg pada Aluminium, maka nilai kekerasannya akan semakin tinggi. Berdasarkan hasil pengujian tarik terjadi peningkatan nilai *ultimate tensile strength*, *yield strength* dan *elongation*, dimana Al Mg 0,5% mempunyai nilai terendah, sedangkan Al Mg 1,5% mempunyai nilai tertinggi, maka penambahan unsur magnesium mempengaruhi nilai uji tarik dari aluminium, yang mana semakin tinggi penambahan unsur magnesium, maka material aluminium semakin kuat. Berdasarkan pengujian struktur mikro fasa yang terbentuk dari ketiga spesimen adalah fasa α -Al berwarna abu-abu dan fasa Mg_2Si yang berbentuk bintik hitam. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa pada Al Mg 1,5% mempunyai kerapatan batas butir terkecil dibandingkan dengan Al Mg 0,5% dan Al Mg 1%, sehingga Al Mg 1,5% memiliki kekerasan dan kekuatan yang paling tinggi.

5. Daftar Pustaka

- [1] Anonymous, "Indonesia Darurat Energi," www.bppt.go.id, diakses: 12 Juni 2022.
- [2] Surdia, T., dan Saito, S., 1999, "Pengetahuan Bahan Teknik, Cetakan Keempat", Jakarta: PT. Radnya Paramita.
- [3] Callister Jr, William D., 2009, "Materials Science And Engineering An Introduction, 8th Edition", New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- [4] Cotton, F.A., dan Wilkinson, G., 1989, "Kimia Anorganik Dasar. Cetakan Pertama", Jakarta: UI Press.
- [5] Song, G., 2007, "Control of biodegradation of biocompatible magnesium alloys CAST Cooperative Research Centre", School of Engineering, The University of Queensland, Australia.
- [6] Cholis, S. N., Suharno, Yadiono, 2013, "Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Pengecoran Aluminium", Program Sarjana Universitas Sebelas Maret.
- [7] Siswanto, R., 2014, "Analisis Pengaruh Temperatur dan Waktu Peleburan terhadap Komposisi Al dan Mg Menggunakan Metode Pengecoran Tuang", Teknik Mesin - FTI – Usakti. Jakarta.
- [8] Yuan, Tomy, 2001, "Pengaruh penambahan Mg terhadap paduan", Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [9] Kholiq, A. Abrari, 2011, "Paduan Aluminium", Malang : Universitas Brawijaya.
- [10] Tarmizi, T., Prayoga, B., 2016, "Analysis Of Mechanical Properties And Micro Structure In The Process Of Friction Stir Welding Aluminum 5052", Bandung: Unjani Bandung.