

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN MG PADA KOMPOSIT Matrik ALUMINIUM REMELTING PISTON BERPENGUAT SiO₂ MENGGUNAKAN METODE STIR CASTING TERHADAP KEKERASAN DAN DENSITAS

Agiel Setyo Prabowo¹, Teguh Triyono², Indri Yaningsih²

¹Mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

²Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

Aluminium
Piston
Stir casting
SiO₂
Mg
Wettability
Brinell hardness
Density

Abstract :

Aluminum Matrix Composites (AMCs) is one kind of advanced materials that are being developed today. AMC is widely used in applications that require high performance, such as the machining of aircraft, or also in the automotive industry. This research aims to determine the effect of Mg to improve wettability on aluminum matrix composite piston remelting reinforcement SiO₂ using stir casting method to the value of hardness and density.

The stirring process temperature is 650°C, with a stirring speed is 600 rpm for 5 minutes, and the pouring temperature is 725°C, and the variations of mass Mg fraction are 1%, 1.5%, 2%, and 2.5% with size of 9% SiO₂ using mesh 270. The hardness testing using the Rockwell B and the density testing using Archimedes method.

The results showed that the hardness value of the AMC increases along with the quantity of the added magnesium and addition 2% of Magnesium has the highest hardness is 67.78 HRB. This behavior indicates that the addition of magnesium (Mg) to increase the density and reached a high value is 2.460 g / cm³ in the variation of the addition a mass fraction of magnesium (Mg) 2.5%.

1. PENDAHULUAN

Teknologi komposit bertujuan untuk meningkatkan efisiensi struktur dan karakterisasi sifat material yang signifikan, seperti untuk aplikasi material yang ringan tetapi sangat kuat (Deni, dkk. 2008). Komposit bermatrik aluminium (*Aluminium Matrix Composites*) dikembangkan dalam industri otomotif dewasa ini karena sifatnya Aluminium yang tahan korosi, massa jenis yang ringan, konduktivitas panas dan elektrik yang tinggi (Hemalatha dkk, 2013). Proses pembentukan aluminium dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan menggunakan metode pengecoran logam (Surdia 2000). Aluminium dalam keadaan murni belum bisa digunakan karena mempunyai sifat mampu cor dan sifat mekanis yang jelek. Oleh karena itu dalam proses pengecoran aluminium perlu ditambahkan unsur paduan untuk meningkatkan sifat mekanisnya. Unsur paduan yang sering ditambahkan antara lain tembaga (Cu), silikon (Si), magnesium (Mg), mangan (Mn), nikel (Ni) dan lain sebagainya (Setiawan dkk, 2012)

Penambahan unsur magnesium (Mg) dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap wettability matriks komposit aluminium berpenguat SiO₂ serta persentase Mg yang

bias ditambahkan kedalam matriks untuk mendapatkan wettability yang baik dan penambahan unsur magnesium (Mg) akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada aluminium tanpa terlalu menurunkan keuletannya. Tingkat kekerasan paduan aluminium juga ditentukan oleh persentase unsur paduan yang ditambahkan. (Setiawan dkk, 2012)

Proses pencampuran matriks dan penguat dilakukan dengan metode *stir casting*. Proses *stir casting* ini ialah mengaduk penguat, matriks aluminium, dan daerah antar-muka dengan waktu serta kecepatan pengadukan yang telah diatur untuk mencapai homogenitas yang diinginkan. Proses ini dapat meminimalisir terbentuknya *cluster-cluster* partikel penguat selama proses pengecoran karena dilakukan proses pengadukan sehingga diharapkan distribusi penguat akan merata pada matriks aluminium yang memberikan pengaruh kuat pada kualitas dan sifat dari material (Barnawal & mathur, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan unsur Mg dalam komposit matrik aluminium berpenguat pasir silika (SiO₂) terhadap sifat fisik dan mekanik dengan metode *stir casting*. matriks untuk mendapatkan wettability yang baik dan penambahan unsur magnesium (Mg) akan meningkatkan kekuatan dan

kekerasan pada aluminium tanpa terlalu menurunkan keuletannya. Tingkat kekerasan paduan aluminium juga ditentukan oleh persentase unsur paduan yang ditambahkan. (Setiawan dkk.2012)

Proses pencampuran matriks dan penguat dilakukan dengan metode *stir casting*. Proses *stir casting* ini ialah mengaduk penguat, matriks aluminium, dan daerah antar-muka dengan waktu serta kecepatan pengadukan yang telah diatur untuk mencapai homogenitas yang diinginkan. Proses ini dapat meminimalisir terbentuknya *cluster-cluster* partikel penguat selama proses pengecoran karena dilakukan proses pengadukan sehingga diharapkan distribusi penguat akan merata pada matriks aluminium yang memberikan pengaruh kuat pada kualitas dan sifat dari material (Barnawal & mathur, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan unsur Mg dalam komposit matriks aluminium berpenguat pasir silika (SiO₂) terhadap sifat fisik dan mekanik dengan metode *stir casting*.

Hashim dkk. (2001) melakukan penelitian tentang *wetability* antara partikel keramik sebagai penguat dengan aluminium cair pada MMC dengan metode *stir casting*. Penelitian menggunakan bahan paduan A359 sebagai matriks, partikel SiC sebagai penguat, dan dengan menambahkan Mg sebagai *wetting agent*. Hasil penelitian menunjukkan penambahan Mg dapat meningkatkan *wetability matrik* A359 cair terhadap partikel SiC. Namun penambahan Mg melebihi 1% akan meningkatkan viskositas dan mengurangi kemampuan penyebaran partikel SiC. Mekanisme *stirring* diperlukan untuk meningkatkan *wetability*. Zehraa dan Ameer (2013) juga melakukan penelitian tentang pengaruh Mg, dijelaskan bahwa penambahan unsur Mg dapat meningkatkan *wetability* antara matriks Al dan SiC. Hal tersebut bisa terjadi dengan mekanisme proses reduksi lapisan SiO₂ di permukaan SiC, sehingga lapisan oksida penghalang dipermukaan SiC bisa dieliminasi.

Mathur, dkk (2013) melakukan penelitian dengan mencampur Al-Cu dengan pasir SiC yang sudah dilakukan perlakuan panas dengan suhu 1100°C selama 2 jam menggunakan metode *Stir casting* dengan kecepatan pengadukan 600 rpm. Parameter yang divariasikan disini adalah temperatur penuangan yaitu 700°C, 725°C dan 750°C dimana hasil uji kekerasan brinell dan uji dampak menunjukkan bahwa nilai kekerasan dan nilai uji dampak yang tertinggi diperoleh pada saat temperatur penuangan 725°C.

Suyanto, dkk (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh komposisi Mg dan SiC terhadap sifat kekerasan komposit AlSi-SiC yang dibuat dengan proses *semi solid stir casting*. Pada penelitiannya digunakan Al7Si sebagai matriks dan

partikel SiC digunakan sebagai penguat dengan persentase 5%, 7,5%, dan 10%. Mg 1% ditambahkan untuk meningkatkan *wetability*. *Semi solid stir casting* dilakukan untuk mempermudah pencampuran antara matriks dengan partikel penguat. Dengan metode tersebut, partikel SiC berhasil terdispersi secara merata dalam matriks Al7Si. Kekerasan meningkat seiring dengan penambahan persentase SiC. Kekerasan tertinggi sebesar 75,2 HRB dicapai dengan penambahan Mg 1% dan SiC 10%. Kekerasan meningkat 37% dibandingkan dengan kekerasan awal matriks Al7Si sebesar 55,1 HRB.

Suyanto, dkk (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh komposisi Mg dan SiC terhadap sifat kekerasan komposit AlSi-SiC yang dibuat dengan proses *semi solid stir casting*. Pada penelitiannya digunakan Al7Si sebagai matriks dan partikel SiC digunakan sebagai penguat dengan persentase 5%, 7,5%, dan 10%. Mg 1% ditambahkan untuk meningkatkan *wetability*. *Semi solid stir casting* dilakukan untuk mempermudah pencampuran antara matriks dengan partikel penguat. Dengan metode tersebut, partikel SiC berhasil terdispersi secara merata dalam matriks Al7Si. Kekerasan meningkat seiring dengan penambahan persentase SiC. Kekerasan tertinggi sebesar 75,2 HRB dicapai dengan penambahan Mg 1% dan SiC 10%. Kekerasan meningkat 37% dibandingkan dengan kekerasan awal matriks Al7Si sebesar 55,1 HRB.

1.1 Komposit

Material komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan bisa diatur yang tinggi (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis (*modulus Young/density*) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Sirait, 2010)

Ada tiga faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit, yaitu:

1. Material pembentuk. Sifat-sifat intrinsik material pembentuk memegang peranan yang sangat penting terhadap pengaruh sifat kompositnya
2. Susunan struktural komponen. Dimana bentuk serta orientasi dan ukuran tiap-tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting yang memberi kontribusi dalam

penampilan komposit secara keseluruhan.

3. Interaksi antar komponen. Karena komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda (Sirait, 2010).

1.2 Komposit Matrik Aluminium (AMC)

Dalam komposit matriks logam, maka kombinasi yang terjadi berupa material fasa logam (yang bersifat ulet) dengan material penguat berupa keramik (senyawa oksida, karbida, nitrida) yang biasanya berbentuk partikulat dengan kadar antara 10-60% fraksi volum (Callister.2003). Distribusi partikel penguat yang didapat sangat ditentukan oleh beberapa parameter saat peleburan, pengadukan, sampai tahap solidifikasi. Parameter yang dimaksud seperti viskositas lelehan logam (dalam hal ini Aluminium), kecepatan transfer panas, pembasahan material, metode pengadukan, agglomerasi partikel sebelum dan sesudah pengadukan, bentuk cetakan, dan suhu pencampuran (Hashim.2001). Paduan aluminium saat ini sangat banyak digunakan dalam berbagai aplikasi maju karena kombinasi dari kekuatan, densitas rendah, mampu mesin, ketersediaan dan biaya yang murah dibanding material lain. Beberapa keunggulan komposit aluminium dibandingkan paduannya adalah (Surappa.2003):

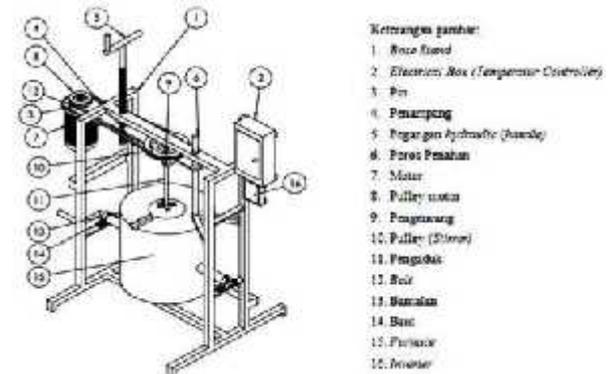
- Kekuatan lebih tinggi
- Kekakuan meningkat
- Densiti rendah
- Menaikan sifat tahan temperatur tinggi
- Memperbaiki koefisien panas ekspansi
- Memperbaiki sifat tahan gesekan dan ketahanan aus
- Memperbaiki sifat tahan getaran. Berdasarkan jenis penguatnya, komposit matrik Aluminium dapat dikelompokkan sebagai berikut (Surappa. 2003):

- Penguat partikel
- Penguat whisker atau pendek
- Penguat fiber kontinu
- Penguat mono filamen.

Komposit matrik aluminium dengan penguat partikel memberikan sejumlah alternatif penggunaan karena komposit ini memiliki keunggulan dari sisi kapasitas panas spesifik dan konduktivitas panas tinggi, densiti rendah, kekuatan spesifik tinggi, kekakuan spesifik tinggi, koefisien ekspansi baik, ketahanan fatik kestabilan dimensi. Terdapat 3 elemen penting dalam fabrikasi komposit matrik aluminium yaitu logam aluminium sebagai matriks, partikel SiO₂ (silikon oksida) sebagai penguat dan penambahan Mg untuk meningkatkan sifat mekanis dan *wettability*.

1.3 Proses Stir Casting

Proses *stir casting* merupakan salah satu proses pembuatan komposit dalam kondisi cair (*liquid-state*) yang paling sederhana. Prinsip dari proses *stir casting* adalah penyatuan partikel penguat kedalam logam cair dengan pengadukan secara mekanik diatas garis *liquidus*, lalu dituangkan ke dalam cetakan. Skema dari *stir casting* dan proses *stir casting* dilihat pada gambar berikut dibawah ini



Gambar 1.1. Tungku *Stir casting* (Suyanto dkk. 2014)

1.4 Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume ruang kosong (rongga pori) yang dimiliki oleh zat padat terhadap jumlah dari volume zat padat itu sendiri. Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka atau *apparent porosity*, dan dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{P_{teoritis} - P_{aktual}}{P_{teoritis}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana *P* adalah porositas dari hasil pengecoran sedangkan adalah masa jenis teoritis masing-masing bahan. Harga densitas aktual (*actual*) kemudian dibandingkan dengan densitas teoritis (*teoritis*) untuk mendapatkan nilai porositas dari hasil pengecoran

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat

Rincian peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Stir casting* terdiri dari tungku induksi dilengkapi pengaduk yang digerakkan oleh motor berdaya ½ HP dengan kecepatan maksimum 1400 Rpm. Pengaduk terbuat dari material *stainless steel* 304 yang memiliki titik lebur lebih dari 1450°C. Pada ujung dari batang pengaduk terdapat empat buah sudu yang terpasang di sekeliling poros dengan sudut sudu sebesar 45°, dengan dimensi luar sudu- sudu berdiameter 80 mm.

Gambar 2.1. Tungku *Stir casting*

2.2 Bahan: Aluminium

Pada penelitian ini digunakan aluminium dari bahan piston bekas kendaraan bermotor yang telah dimelting dengan unsur paduan seperti ditunjukkan pada table 1 dibawah ini:

Tabel 2.1. Komposisi unsur aluminium hasil uji spektro

Unsur	Presentase Kandungan (%)
Al	87.40
Si	8.79
Fe	0.822
Cu	0.120
Mn	0.118
Mg	< 0.0500

2.2.1 Silika (SiO₂)

Silikon dioksida atau silika adalah salah satu senyawa kimia yang paling umum digunakan dalam paduan aluminium. Hal ini dikarenakan penambahan unsur silikon dapat meningkatkan karakteristik pengecoran, serta ketahanan retak terhadap panas

2.2.2 Magnesium (Mg)

Magnesium adalah unsur yang dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada kondisi perlakuan panas. Pembuatan komposit, Magnesium (Mg) berfungsi sebagai *wetting agent* untuk meningkatkan pembasahan antara matrik dan penguat dengan cara menurunkan tegangan permukaan antara keduanya dan menghaluskan butiran kristal secara efektif pada aluminium. Selain itu Mg juga meningkatkan ketahanan terhadap korosi paduannya namun menurunkan sifat mampu cor. Penambahan magnesium (Mg) digunakan untuk meningkatkan daya lekat dan mampu basah antar material komposit dan menghaluskan butir,. Mg yang digunakan jenis Mg dengan kadar kemurnian sebesar 98,5%, supaya paduan cepat tercampur magnesium (Mg) yang digunakan berupa serbuk. Gambar 2.2 merupakan gambar dari serbuk magnesium (Mg) yang digunakan



Gambar 2.2. Serbuk Magnesium

2.3 Prosedur Penelitian

Menyapkan SiO₂ untuk fraksi massa 9%, menimbang persentase penambahan Mg sebesar 1%, 1.5%, 2% dan 2.5% (% berat). mempersiapkan leburan aluminium pada suhu 750°C, memasukkan serbuk Mg dahulu kemudian serbuk SiO₂ ke dalam lelehan aluminium, diaduk dengan kecepatan 600 rpm selama 5 menit pada suhu 650°C, setelah itu penuangan pada suhu 725°C ke dalam cetakan, setelah mengeras lepaskan komposit Al/SiO₂ dari cetakan. Spesimen yang telah jadi akan diuji kekerasan dan densitas.

2.4 Pengujian Kekerasan Rockwell B (HRB)

Pengujian kekerasan Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda pengujian yang berupa bola baja ataupun kerucut diamon. Benda pengujian tersebut ditekan pada permukaan material uji. Pengujian kekerasan Rockwell cocok untuk semua. Material yang keras maupun yang lunak penggunaannya sederhana dan penekanannya dapat leluasa (Surdia,1992). Cara *Rockwell* banyak digunakan karena dengan cepat dapat diketahui kekerasan tanpa banyak mengukur dan menghitung seperti cara *Brinell* dan *Vickers*, nilai kekerasan dapat langsung dibaca setelah pembebanan utama dihilangkan, di mana beban awal masih menekan bahan tersebut. Alat uji kekerasan menggunakan jenis *Rockwell B*, dengan indentor pengujian spesimen berbentuk bola baja (*ball 1/16"*), serta beban yang diseting pada beban 100 kg. Uji kekerasan *Rockwell B* (HRB) berpedoman pada standar ASTM E18-11. Setelah itu diuji kekerasannya dengan melakukan 5 kali penekanan indentor untuk tiap spesimennya



Gambar 2.3 Alat uji kekerasan Rockwell B

2.5 Pengujian Densitas

Untuk mengetahui sifat-sifat dan kemampuan suatu material maka perlu dilakukan pengujian, salah satunya, yaitu: pengujian sifat fisis (densitas, porositas). Menurut Hukum Archimedes bahwa berat sebuah benda adalah sama dengan berat air yang dipindahkan. Dari prinsip itulah maka untuk mengetahui berat jenis atau densitas sebuah material dapat dilakukan penimbangan material tersebut di udara dan di air. Dari hasil penimbangan tersebut dapat dimasukkan kedalam rumus dengan persamaan sebagai berikut :

$$= W / V \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

W = Massa (gram)

V = Volume (ml = cm³)

ρ = Densitas aktual (gram/cm³)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

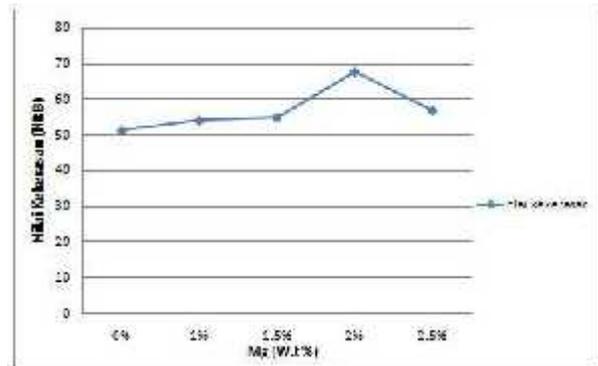
3.1 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengukur ketahanan material terhadap deformasi plastis yang terlokalisir. Selain itu, pengujian kekerasan juga dilakukan untuk mengukur nilai kekerasan material serta memberikan indikasi dari kekuatan tarik dan kemampuan material terhadap ketahanan aus. Karena, kekerasan suatu material merupakan ketahanan material terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras, maka dilakukan penekanan kepada benda uji untuk menghitung nilai kekerasannya. Data hasil pengukuran kekerasan *Rockwell B* dari hasil penambahan unsur magnesium (Mg) sebesar 1%,

1.5%, 2% dan 2.5%

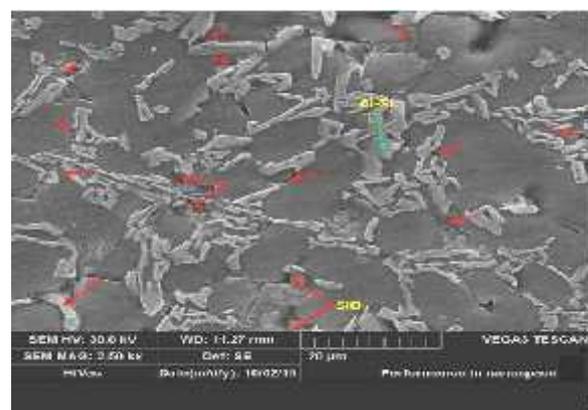
Tabel 3.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan *Rockwell B*

Fraksi penambahan Mg	Nilai Kekerasan (HRB)
0%	51.18
1%	54.08
1.5%	55.14
2%	67.78
2.5%	57.00

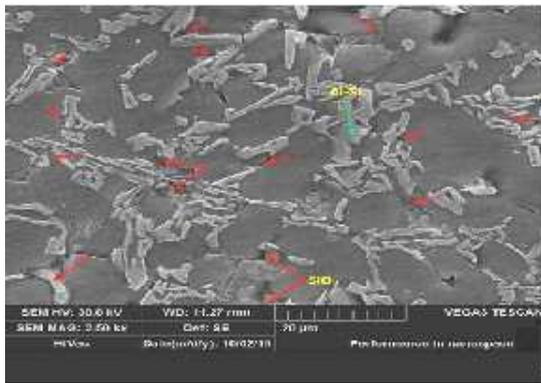


Gambar 3.1 Grafik kekerasan *Rockwell B*

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa komposit matriks aluminium berpenguat SiO₂ tanpa penambah Mg mempunyai tingkat kekerasan yang paling rendah bila dibandingkan dengan yang menggunakan penambahan unsur magnesium (Mg) dan penambahan Mg 2% meunjukkan nilai kekerasan matriks tertinggi. Secara keseluruhan komposit yang dihasilkan memiliki rata-rata kekerasan komposit yang meningkat setelah ada penambahan Mg. Kekerasan komposit meningkat hal ini menunjukkan Mg sebagai *wetting agent*, mampu meningkatkan *wettability* komposit matriks aluminium terhadap partikel SiO₂. Penurunan kekerasan pada saat penambahan Mg 2.5% diakibatkan semakin banyak unsur magnesium (Mg) yang ditambahkan maka ukuran butir semakin kecil. Hal ini ditunjukkan pada gambar hasil uji SEM dibawah ini:

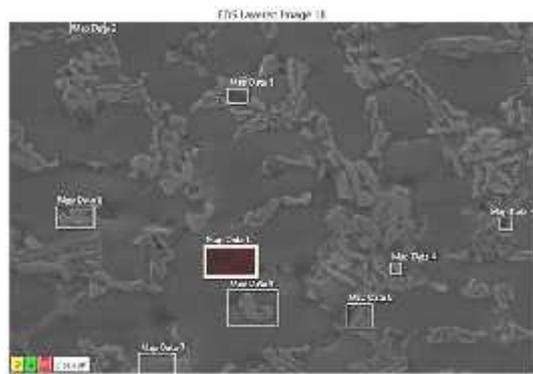
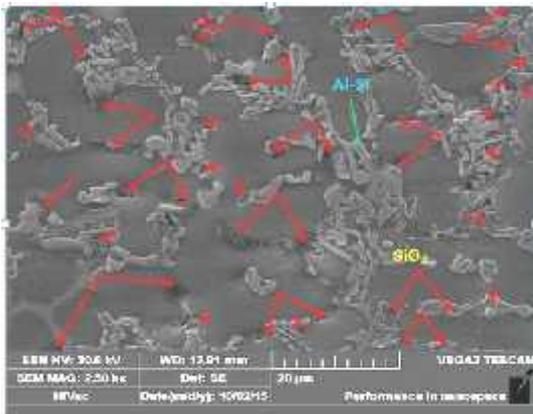


a. Perbesaran 1000x



b. Perbesaran 2500x

Gambar 3.2 Foto EDS Spectrum komposit non mg



Gambar 3.3 Foto EDS Spectrum komposit Al + 2,5% Mg

Gambar 3.2 komposit non Mg memperlihatkan persebaran partikel penguat SiO₂ yang kurang merata pada komposit dan hanya terdapat di beberapa bagian saja. Sedangkan pada gambar 3.3 komposit dengan penambahan Mg sebesar 2,5% memperlihatkan partikel penguat SiO₂ yang tersebar merata. Semakin banyak Mg yang ditambahkan sifat komposit semakin ulet cenderung semakin lunak, sehingga kekerasan menjadi turun.

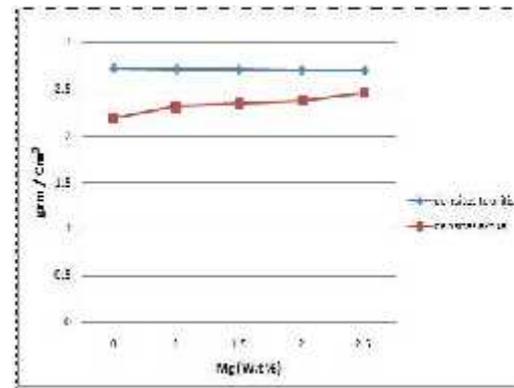
3.2 Pengujian Densitas

Pada pengujian densitas, pengujian dilakukan secara aktual dan secara teoritis. Hasil

pengujian tersebut dapat dilihat dari data table dibawah ini.

Tabel 3.2 Data Hasil Pengujian Densitas

Fraksi Massa Mg (% wt)	Densitas Teoritis (grm/cm ³)	Densitas Aktual (grm/cm ³)
0 %	2,723	2,200
1%	2,713	2,318
1,5%	2,708	2,349
2%	2, 703	2,380
2,5%	2,698	2,460



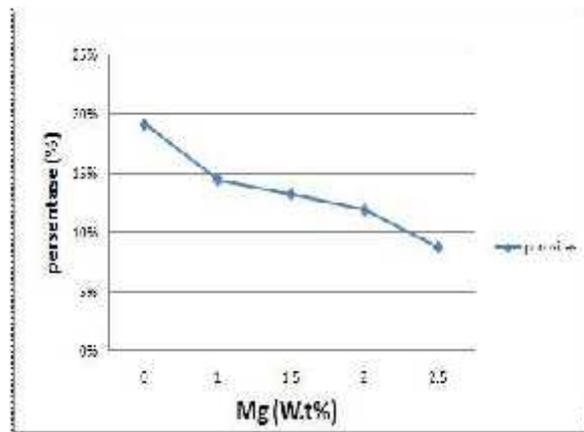
Gambar 3.4 Grafik antara densitas aktual dan teoritis

Nilai densitas aktual dan teoritis pada tabel 3.2 dan gambar 3.4 data diatas menunjukkan trend kenaikan densitas yang seiring dengan meningkatnya persentase penambahan Mg.

Porositas yang terdapat pada hasil *stir casting* memang berpotensi untuk terjadi. Hal tersebut seperti penelitian Hashim dkk (2001) yang menyatakan bahwa proses *stir casting* menyebabkan reaksi kimia antara partikel penguat dan matrix yang akan menghasilkan gas, serta gas yang terjebak selama proses pengadukan menyebabkan terjadinya porositas dan menurunkan sifat mekanis. Penambahan Mg mampu mengurangi porositas tersebut. Menurut Lin dkk. (2014). dengan adanya Mg sebagai *wettability* yang tinggi, sehingga celah sebagai porositas yang terbentuk pada interface matriks dan partikel penguat akan hilang atau berkurang (Wang dkk., 2014)

Tabel 3.3 Data Hasil Pengujian Porositas

Fraksi Massa Mg (% wt)	Densitas Teoritis (grm/cm ³)	Densitas Aktual (grm/cm ³)	Porositas (%)
0 %	2,723	2,200	19,20
1%	2,713	2,318	14,55
1,5%	2,708	2,349	13,27
2%	2, 703	2,380	11,94
2,5%	2,698	2,460	8,81



Gambar 3.5 Grafik tingkat porositas komposit

Adapun hubungan antara densitas dan tingkat porositas dengan persentase penambahan Mg ditunjukkan pada tabel 3.3 dan gambar 3.5. Dari data pada tabel 3.3 dan gambar 3.5 menunjukkan untuk aluminium komposit berpenguat SiO₂, bahwa semakin banyak prosentase penambahan Mg maka nilai densitas akan berbanding terbalik dengan porositas, dimana semakin tinggi densitasnya maka porositas akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya.

4. KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kekerasan komposit matriks aluminium berpenguat SiO₂ akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar penambahan magnesium (Mg). Penambahan 2% Mg mempunyai kekerasan tertinggi sebesar 67,78 HRB.
2. Penambahan magnesium (Mg) pada komposit matriks aluminium berpenguat SiO₂ mampu meningkatkan wettability matriks aluminium sehingga membuat densitas meningkat, dan porositas menjadi kecil

5. DAFTAR PUSTAKA

- Akbar Noto Negoro, 2015, Analisis Pengaruh Fraksi Massa Dengan Penguat Pasir Silika (SiO₂) Terhadap Kekerasan Dan Densitasnya Pada Komposit Aluminium Menggunakan Metode Stir Casting. Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Akhyar., Suyitno, 2013, Variasi Komposisi Silikon Dalam Paduan Aluminium Terhadap Kerentanan Hot Tearing, Jurnal Foundry, Universitas Syiah Kuala.
- Alaneme, K. K, Adewale, T. M, 2013, *Influence of Rice Husk ASH-Silicon Carbide Weight Ratios on the Mechanical Behaviour of Al-Mg-Si Alloy Matrix Hybrid Composites*. Department of Engineering Physical Science School of Materials, University of Manchester United Kingdom.

- Callister, W.D. 2003. *Materials Science and Engineering*. John Wiley and Son. Canada.
- Hamouda, A.M.S., Sulaiman, S., Vijayaram, T.R.,
- Sayuti, M., Ahmad, M.H.M., 2007, *Processing and Characterization of Particulate Reinforced Aluminium Silicon Matrix Composite*, *Journal of Achievements in Material and Manufacturing Engineering*, Vol 25, ISSUE 2
- Hemalatha, K., Venkatachalapathy, V.S.K., Alagumurthy, N., 2013, *Processing and Synthesis of Metal Matrix Al 6063/Al₂O₃ Metal Matrix Composite by Stir Casting Process*, *Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 3, pp. 1390-1394.
- Lilin Hermawati, Sulardjaka, Sri Nugroho, 2014, Pengaruh Tib Terhadap Kekerasan Komposit Alsimg Yang Diperkuat Serbuk Sic, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang
- Mathur, S. dan Barnawal, 2013, *Effect of Parameter of Stir Casting on Metal Matrix Composites*, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, Vol.2 , pp. 395-398
- Sajjadi, S.A., Ezatpour, H.R., Parizi, M. Torabi, 2011, *Comparison of Microstructure and Mechanical Properties of A356 Aluminum Alloy/ Al₂O₃ Composites Fabricated by Stir and Compo- Casting Processes*, Elsevier, *Material and Design*, pp 106-111
- Sayuti, M., Sulaiman S., Vijayaram, T.R., Baharudin, B.T.H.T., Arifin, M.K.A., 2012, *Manufacturing and Properties of Quartz (SiO₂) Particulate Reinforced Al-11,8%Si Matrix Composites*, InTech, pp. 411-436
- Setiawan Noor Cholis, Suharno, Yadiyono, 2013, Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Surdia, T. dan Saito, S., 2000, Pengetahuan Bahan Teknik, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suyanto, Sulardjaka, Sri Nugroho, 2014, Pengaruh Komposisi Mg Dan Sic Terhadap Sifat Kekerasan Komposit Alsi-Sic Yang Dibuat Dengan Proses *Semi Solid Stir Casting*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- X.J. Wang, N.Z. Wang, L.Y. Wang, X.S. Hu, K.Wu, Y.Q. Wang, Y.D. Huang, 2014, *Processing, microstructure and mechanical properties of micro-SiC particles reinforced magnesium matrix composites fabricated by stir casting assisted by ultrasonic treatment processing*, Harbin Institute of Technology (HIT), Harbin, China.