

## KAJIAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS MATERIAL KOMPOSIT DENGAN MATRIK AlSiMg DIPERKUAT DENGAN SERBUK SiC

Bayu Setiadi<sup>1\*</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto SH, Tembalang, Semarang 50275

\*Email: bayu.setiadi94@yahoo.com

### Abstrak

Material komposit merupakan jenis material yang banyak dikembangkan saat ini. Jenis komposit yang banyak diteliti adalah komposit berjenis MMC (metal matrix composite). MMC (metal matrix composite) merupakan komposit bermatrik logam, dalam hal ini aluminium merupakan bahan utama matrik yang digunakan dan SiC merupakan bahan yang dipergunakan sebagai penguat. Aluminium merupakan salah satu logam yang banyak digunakan dalam industri saat ini. Aluminium memiliki sifat ringan, tahan terhadap korosi dan mudah dibentuk. Namun aluminium memiliki kekuatan dan kekerasan yang rendah. Dan SiC merupakan jenis bahan keramik yang lebihnya yaitu dapat berikatan dengan aluminium dan tidak menyebabkan oksidasi pada logam aluminium. Penambahan Mg 1 % diharapkan dapat menambah wettability. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti sifat fisis dan mekanis material komposit dengan matrik Al7Si diperkuat SiC dengan variasi 0 %, 5 %, 7,5 % dan 10 %. Untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis dilakukan pengujian yaitu, uji densitas dan porositas, uji kekerasan, uji bending, dan uji mikrografi. Perhitungan porositas menunjukkan nilai porositas tertinggi pada variasi SiC 10 % yaitu 1,532 %. Hasil uji kekerasan menunjukkan kekerasan tertinggi pada variasi 10 % sebesar 75, 16 HRB. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat mekanis meningkat seiring dengan penambahan SiC.

**Kata kunci :** Metal Matrix Composite,, Stir Casting, Wettability, Aluminium(Al356) ,SiC

## 1. PENDAHULUAN

Material komposit merupakan kombinasi dua atau lebih material yang berbeda, dengan syarat adanya ikatan permukaan antara kedua material tersebut. Komposit tidak hanya digunakan untuk sifat struktural tetapi dapat juga dimanfaatkan untuk berbagai sifat yang lainnya seperti listrik, panas, atau material- material yang memperhatikan aspek lingkungan. Komposit pada umumnya diklasifikasikan menjadi 2 bagian yang berbeda, dimana fasa kontinu disebut matrik, dan fasa diskontinu disebut sebagai penguat (Surdia dan Shinroku, 1995).

Pengkajian material komposit sekarang ini banyak dilakukan, diantaranya adalah komposit dengan basis material matrik Aluminium dan penguat material keramik. Komposit AlSiMg-SiC dilakukan pengkajian dan pengembangannya karena memiliki beberapa sifat keunggulan dari segi sifat mekanik dan sifat fisisnya.

Komposit AlSiMg-SiC ini dibuat dengan menggunakan metode *stir casting*. *stir casting* merupakan suatu proses penting dari produk komposit dimana material bahan penguat digabungkan dalam cairan logam dengan cara pengadukan, Pengadukan dilakukan dalam keadaan semisolid. Tujuan dari proses ini adalah agar bahan penguat tersebut tersebar secara merata di logam tersebut sehingga campuran logam cair tersebut menjadi homogeny (Soe dan Kang, 1995). Hasil dari pengecoran komposit dilakukan beberapa pengujian sifat fisis dan mekanis diantaranya uji densitas, uji porositas, uji kekerasan dan pengujian bending.

Dari pengujian sifat fisik dan mekanik yang dilakukan, diharapkan dapat meneliti dan mengetahui pengaruh perbedaan persentase berat penguat SiC dengan variasi 0 %, 5 %, 7,5 % dan 10 % terhadap matrik AlSiMg.

## 2. PEMILIHAN MATERIAL

### 2.1 Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik karena pada permukaannya terhadap suatu lapisan oksida yang melindungi logam dari korosi. Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi

lapisan dalam logam dari korosi. Hal tersebut dapat terjadi karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan alumina ( $Al_2O_3$ ) bila bereaksi dengan oksigen dan hantaran listriknya cukup baik sekitar 3,2 kali daya hantar listrik besi. Berat jenis aluminium 2,643 kg/m<sup>3</sup> cukup ringan dibandingkan logam lain (Utama, 2009). Aluminium yang digunakan adalah jenis Al356 berbentuk ingot yang diproduksi oleh PT PINJAYA LOGAM dengan komposisi kimia (%) sebagaimana tercantum pada tabel 1.

**Tabel 1. Komposisi kimia aluminium Al356**

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Cr
92.39	7.26	0.147	0.02	0.008	0.07	0.002	0.004	0.004

## 2.2 Mg dan wettability

Magnesium merupakan logam yang ringan, putih keperak-perakan dan cukup kuat, Magnesium sifatnya sepertiga lebih ringan dibanding aluminium yaitu 1,74 gr/cm<sup>3</sup>. Magnesium mudah terurai di udara, dan magnesium yang terbelah-belah secara halus dapat dengan mudah terbakar di udara dan mengeluarkan api putih. Dalam pembuatan komposit ini menggunakan penambahan unsur Mg, walaupun unsur Mg mudah terbakar setidaknya berfungsi meningkatkan wettability matrik terhadap partikel SiC. *Wettability* merupakan kemampuan suatu cairan untuk membasahi seluruh permukaan zat padat, sehingga matrik mampu membasahi partikel SiC dan berdampak meningkatnya sifat mekanis yang dihasilkan (Pech chanul dan Makhlof, 2000). Magnesium yang digunakan dalam pembuatan material komposit ini mempunyai komposisi kimia (%) sebagaimana tercantum pada tabel 2.

**Tabel 2. Komposisi kimia Magnesium**

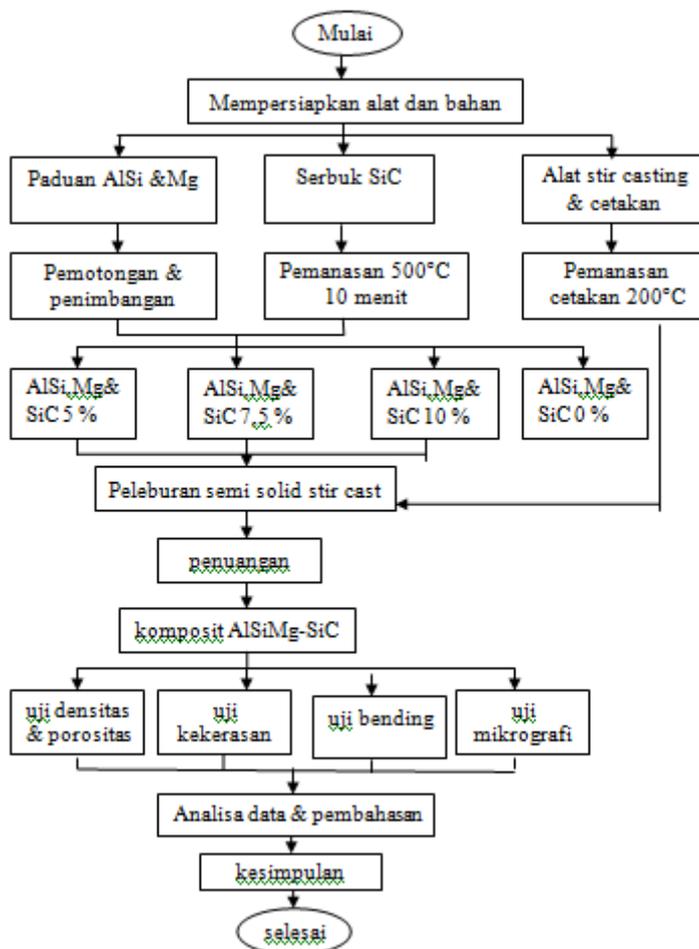
Bahan	Al	Si	Fe	Mg	Mn	lainya
Mg(padatan)	0,022	0,013	0,003	99,93	0,012	0,02

## 2.3 Partikel Serbuk SiC

Pembuatan komposit AlSiMg ini menggunakan bahan penguat serbuk SiC. Silikon karbida dengan formula SiC tergolong salah satu jenis material keramik non oksida. SiC membentuk struktur tetrahedral dari ikatan atom karbon C dan atom Si. Material ini tergolong material yang sangat keras dan tahan terhadap *abrasive*. Serbuk keramik SiC ada dua macam, dapat dibagi berdasarkan bentuknya, yaitu: partikulat dan serabut (*whiskers*). Senyawa SiC memiliki keunggulan diantara logam keramik yang lain yaitu mudah berikatan dan tidak menyebabkan oksidasi pada logam Al (Potter TB, 1990).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pembuatan komposit AlSiMg yang diperkuat dengan serbuk SiC ini menggunakan metode *stir casting*. *stir casting* merupakan suatu proses penting dari produk komposit dimana material bahan penguat digabungkan dalam cairan logam dengan cara pengadukan. Dalam penelitian material komposit AlSiMg-SiC ini mengacu pada diagram alir sebagaimana tercantum pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir Penelitian

Sebelumnya dipersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan diantaranya adalah Al356, magnesium, SiC dan alat stir casting. Kemudian dilakukan penimbangan pada masing-masing bahan dengan variasi SiC 0 %, 5 %, 7,5 % dan 10 % dan penambahan Mg 1% untuk masing-masing variasi. Penimbangan dilakukan dengan massa total bahan komposit 1000 gr, sehingga diperoleh berat SiC sebagaimana tercantum pada tabel 3.

Tabel 3. Massa bahan dalam pembuatan komposit

AlSiMg - SiC 0%	AlSiMg - SiC 5 %	AlSiMg - SiC 7.5 %	AlSiMg-SiC 10 %
AlSi 990 gram	AlSi 940.5 gram	AlSi 915.75 gram	AlSi 891 gram
Mg 10 gram	Mg 9.5 gram	Mg 9.25 gram	Mg 9 gram
SiC 0 gram	SiC 50 gram	SiC 75 gram	SiC 100 gram

Serbuk SiC dipanaskan 500° selama 10 menit dengan tujuan agar lapisan oksida yang terdapat pada SiC , sehingga pada saat peleburan bersama matrik SiC dapat tercampur. Kemudian dilakukan pemanasan pada cetakan 200° dengan tujuan untuk menurunkan gradien temperatur saat penuangan logam cair ke cetakan sehingga dapat mengurangi besarnya porositas yang terjadi pada produk cor komposit AlSiMg-SiC. Pada saat pencampuran SiC ke matrik AlSiMg dilakukan pada keadaan semisolid karena saat kondisi semi solid SiC mampu bercampur dengan matrik AlSiMg. Pada kondisi semisolid ini temperature yang bekerja sekitar 550°C, disaat setelah SiC bercampur dengan SiC kemudian suhunya ditingkatkan sampai keadaan cair kemudian diaduk menggunakan alat *stir casting*. Berikutnya pada suhu 850°C logam cair komposit AlSiMg-SiC dituangkan kedalam

cetakan. Berikut alat yang kami gunakan dan hasil coran yang kami hasilkan sebagaimana tercantum pada gambar 2.



(a)



(b)

**Gambar 2. (a) Hasil pengecoran (b) mesin stir casting**

Kemudian hasil pengecoran dilepaskan dari cetakan. Setelah itu bahan dipotong sesuai dengan ukuran spesimen pengujian. Pada pengujian densitas spesimen dipotong dengan ukuran 2cm x 2cm x 2mm. Pengukuran densitas aktual menggunakan alat density meter. Pengujian densitas dilakukan berdasarkan hukum Archimedes dengan cara menimbang sampel uji di udara dan didalam air. Untuk menghitung nilai densitas aktual dan densitas teoritis menggunakan persamaan sebagai berikut :

Densitas Aktual

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \tag{1}$$

keterangan :

- $\rho_m$  : densitas aktual (gram/cm<sup>3</sup>)
- $m_s$  : massa sampel kering (gram)
- $m_g$  : massa sampel yang digantung di dalam air (gram)
- $\rho_{H_2O}$  : massa jenis air = 1 gram/cm<sup>3</sup>

Densitas teoritis

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{SiC} \tag{2}$$

keterangan :

- $\rho_{th}$  : densitas teoritis (gram/cm<sup>3</sup>)
- $\rho_{Al}$  : densitas Al (gram/cm<sup>3</sup>)
- $\rho_{SiC}$  : densitas SiC (gram/cm<sup>3</sup>)
- $V_{Al}$  : fraksi massa Al (gram)
- $V_{SiC}$  : fraksi massa SiC (gram)

dimana  $\rho$  adalah masa jenis teoritis masing-masing bahan. Harga densitas aktual ( $\rho_{actual}$ ) kemudian dibandingkan dengan densitas teoritis untuk mendapatkan data homogenitas hasil coran komposit. Kemudian dari data densitas dilakukan perhitungan nilai porositas dari hasil pengecoran, dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{\rho_{teoritis} - \rho_{daktual}}{\rho_{teoritis}} \times 100 \tag{3}$$

dimana  $P$  adalah porositas dari hasil pengecoran.

Uji kekerasan Rockwel B (HRB) berpedoman pada standar ASTM E18-11. Pada pengujian ini spesimen dipotong dengan ukuran 2cm x 2cm x 2cm. Alat yang digunakan adalah alat uji kekerasan Rockwell HR-150A. Posisi bagian specimen terletak pada atas, tengah dan bawah sebelah kanan hasil coran. Spesimen yang sudah dipotong kemudian dihaluskan permukaannya dengan mesin amplas untuk meratakan permukaan specimen kemudian diuji kekerasannya dengan melakukan 3 kali indentasi untuk tiap spesimennya.

Pada pengujian struktur mikro menggunakan alat mikroskop optik Olympus dengan perbesaran 200x. Spesimen dipotong dengan dimensi 2cm x 2cm x 2 cm. Kemudian dilakukan

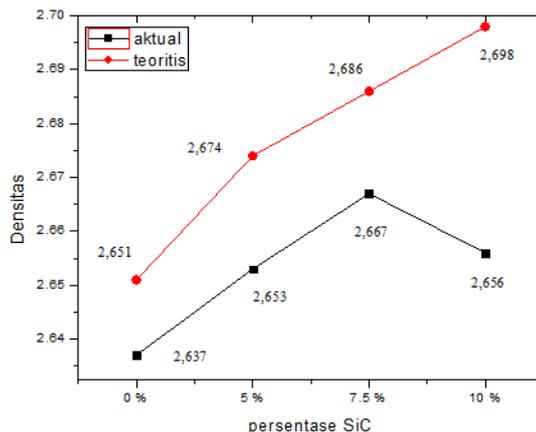
pemolesan permukaan dengan mesin poles menggunakan amplas nomor 80 hingga 2000 serta autosol. Pengetsaan dilakukan dengan cairan 1,5ml NaOH3, 2,5ml HCl, 1ml HF dan 95ml H2O.

Pada pengujian bending menggunakan tipe four point bending. Pengujian ini berpedoman pada standard ASTM C1161. Pengujian bending ini dilengkapi dengan software IMADA, sehingga diketahui grafik dan besarnya gaya yang membebani dari specimen. Spesimen yang di uji berukuran 50 mm x 4 mm x 3 mm.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

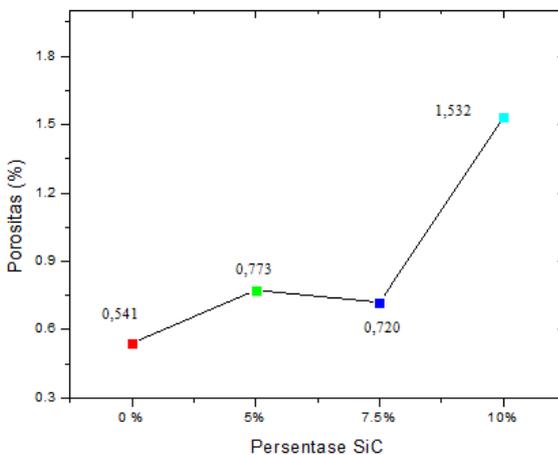
**4.1 Densitas dan Porositas**

Hasil pengujian densitas dan perhitungan porositas dari AMC dengan matriks AlSiMg yang diperkuat partikel SiC ditunjukkan pada gambar 3.



**Gambar 3. Grafik hubungan densitas teoritis dan actual terhadap persentase SiC**

Berdasarkan grafik pada gambar 3, nilai densitas teoritis dengan penambahan SiC besarnya densitas semakin bertambah tetapi pada persentase 10 % untuk densitas aktualnya mengalami penurunan . pada spesimen dengan persentase SiC 5 % dan 7,5 % menunjukkan nilai yang yaitu sebesar 2,653 gr/cm<sup>3</sup> dan 2,667 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan pada specimen persentase SiC 10 % sebesar 2,656 gr/cm<sup>3</sup>. Pada persentase 5 % dan 7,5 % menunjukkan kenaikan nilai densitas dan pada persentase 10 % mengalami penurunan densitas. Hal ini terlihat dengan membandingkan grafik porositas ,pada saat 10 % porositasnya tertinggi yaitu 1,532 , sehingga terlihat apabila porositasnya tinggi maka nilai densitasnya rendah Pada data diatas menunjukkan trend kenaikan densitas yang seiring dengan meningkatnya meningkatnya persentase SiC.



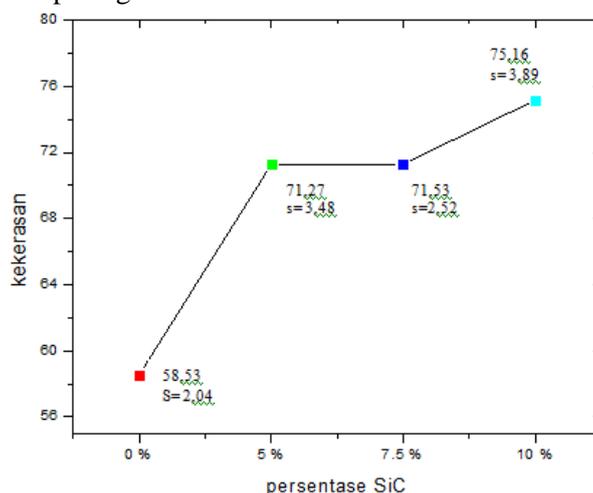
**Gambar 4. Grafik hubungan antara porositas terhadap persentase SiC**

Nilai porositas semakin meningkat dengan bertambahnya SiC. Besarnya porositas yang terbentuk pada spesimen sangat mempengaruhi sifat mekanis specimen tersebut. Pada data besarnya porositas pada specimen dengan persentase SiC 0 % ke 5 % bagian atas menunjukkan kenaikan

besaran porositas, tetapi mengalami penurunan pada persentase 5 ke 7,5 %. Pada data diatas menunjukkan trend kenaikan porositas yang seiring dengan meningkatnya persentase SiC, walaupun terjadi penurunan pada variasi 5 % ke 7,5%.

### 4.2 Kekerasan

Dalam pengujian kekerasan dengan mengguakan Rockwell Hardness 150 A diperoleh hasil data grafik sebagaimana terterapada gambar 5.

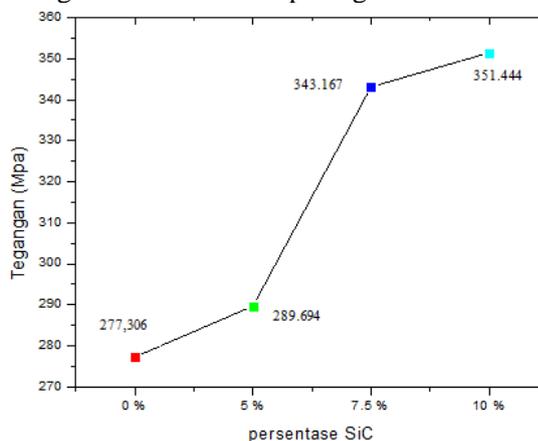


Gambar 5. Hubungan antara kekerasan dengan persentase SiC

Data menunjukkan nilai kekerasan meningkat seiring dengan meningkatnya persentase SiC. Pada persentase 10 % menunjukkan nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu sebesar 75,16 skala HRB dan paling rendah pada variasi SiC 5 % sebesar 71,27 HRB.

### 4.3 Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan dengan menggunakan tipe four point bending dan *software* IMADA sehingga diperoleh data sebagaimana tercantum pada gambar 6.

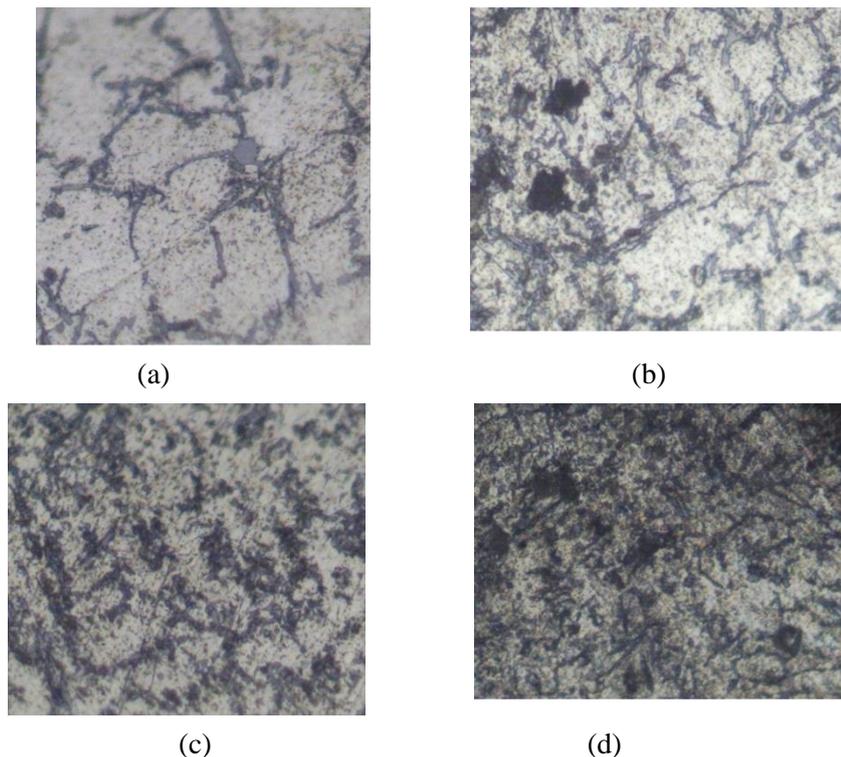


Gambar 6. Hubungan antara tegangan dengan persentase SiC

Pada grafik terlihat bahwa tanpa penambahan SiC tegangan yang dihasilkan sebesar 277,306 Mpa ,pada variasi 5 % nilai tegangan sebesar ( $\sigma$ ) = 289,694 Mpa, pada variasi SiC 7,5 % sebesar ( $\sigma$ ) = 343,167 dan pada variasi 10 % sebesar ( $\sigma$ ) = 351,444.Mpa.

### 4.4 Pengujian Mikrografi

Pengujian struktur mikro dilakukan bertujuan untuk mengetahui batas butir dan persebaran SiC dalam komposit AlSiMg-SiC .Dalam pengujian mikro ini menggunakan mikroskop merk Olympus.Berikut hasil gambar dari pengujian mikro untuk masing – masing variasi SiC sebagaimana tercantum pada gambar 7.



**Gambar 7. Sketsa struktur mikro komposit dengan variasi SiC 0%,5%,7,5% dan 10 %**

Terlihat dalam gambar struktur mikro diatas terlihat bahwa semakin bertambahnya SiC batas butir antara SiC dan matrik AlSiMg rapat mulai dari variasi SiC 0 %, 5 %, 7,5 % dan 10 %. Sehingga batas butir yang semakin rapat berdampak pada kekerasan pada material komposit AlSiMg- SiC meningkat dan sebaliknya. Pengaruh penambahan unsur Mg sebesar 1 % juga berpengaruh terhadap *wettability* dari matrik, yaitu mampu membasahi partikel penguat yang berupa SiC. Dari struktur mikro terlihat bahwa SiC dapat menyatu dengan matrik AlSiMg dikarenakan pengaruh *wettability* unsur Mg berpengaruh pada matrik. Dari gambar struktur mikro (a) diketahui batas butirnya tidak rapat sehingga kekuatannya lebih rendah dibanding (b),(c) dan (d). Tetapi dilihat dari gambar diatas terlihat bahwa SiC tersebar secara merata sehingga diperoleh homogenitas dapat tercapai.

## 5. KESIMPULAN

Dari data yang diperoleh dalam penelitian ini dengan pengujian densitas dan porositas, pengujian kekerasan, pengujian bending, serta pengujian struktur mikro didapatkan beberapa kesimpulan yaitu:

- (1) Kekerasan komposit bermatriks AlSiMg akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar penambahan SiC 5% dengan kekerasan tertinggi sebesar 75,15 HRB.
- (2) Porositas akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar SiC dalam matriks AlSiMg dengan porositas tertinggi 1,532 %
- (3) Dengan penambahan 1% Mg mampu meningkatkan *wettability* matriks aluminium terhadap partikel SiC, kekerasan meningkat, dan porositas kecil.
- (4) Kekuatan bending semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar penambahan SiC dengan kekuatan tertinggi sebesar 351,444 Mpa.

## DAFTAR PUSTAKA

Potter. T.B., 1990, *Shafer Engineering Properties of Carbida, Engineered Material Hand Book, vol 4, Ceramics and Glasses*, Heather, L. F. and Nikki, W. D., ed, *The Material Information Society*

- Pech-Canul M.I., Katz R.N., dan Makhlouf M.M., *Optimum Parameters for Wetting Silicon Carbide by Aluminum Alloys*. 2000. Metallurgical and Materials Transaction A Vol. 31, Issue 2, pp. 565-573
- Soe, Y.H., Kang, C.G., (1995), *The Effect of Applied Pressure on Particle Dispersion Characteristic and Mechanical Properties in Melt Stiring Squeeze Cast SiC/Al Composites*, J. Mater Process, Technol, 55, pp.370-379
- Surdia, T., Shinroku S., (1995), *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradnya Paramita
- Utama. (2009), *Tugas Akhir : Pengaruh Penambahan Cu (1 %, 3 %, dan 5%) Pada Aluminium Dengan Solution Heat Treatment Dan Natural Aging Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis*, Surakarta: UMS