

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

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

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

\*E-mail: [bayu.setiadi94@yahoo.com](mailto:bayu.setiadi94@yahoo.com)

### Abstrak

*Metal matrix composite (MMC)* merupakan jenis material komposit dengan matrik logam. Penelitian ini mencakup material komposit berbasis MMC dengan bahan dasar aluminium dan diperkuat serbuk SiC. Tujuan dari penelitian ini adalah Meneliti sifat fisis berupa densitas, porositas, struktur mikro dan sifat mekanis berupa kekerasan dan kekuatan tekuk pada komposit AISiMg-SiC yang diperkuat oleh serbuk SiC dengan persentase berat 0 %, 5 %, 7.5% dan 10 %. Bahan aluminium mempunyai keuntungan yaitu ringan, tahan korosi, namun aluminium mempunyai kekuatan dan kekerasan yang rendah. Komposit AISiMg-SiC ini dibuat dengan menggunakan metode *stir casting*. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian densitas, pengujian kekerasan, perhitungan porositas, mikrografi dan bending. Penambahan Mg dilakukan untuk memberikan efek *wettability* pada matrik. Dari pengujian diperoleh hasil bahwa semakin bertambah persentase SiC densitasnya bertambah dengan nilai terendah 2.637 gr/cm<sup>3</sup> sampai variasi 7.5 % sebesar 2.667 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian porositas bahwa semakin bertambahnya persentase serbuk SiC maka porositasnya bertambah, dengan variasi tertinggi 10 % sebesar 1.532 %. Kekerasan diketahui semakin bertambahnya variasi SiC kekerasannya meningkat 28.4 %. Hasil *bending* diketahui bahwa semakin bertambahnya variasi SiC tegangan yang dihasilkan meningkat 26.7 %.

**Kata kunci:** MMC (*Metal Matrix Composite*), *Stir Casting*, Aluminium(Al356), SiC (*Silicon carbide*)

### Abstract

*Metal matrix composite (MMC)* is a kind of composite material with metal matrix. This research include composite material with MMC basicly with substance of aluminium and SiC by reinforcement. The goal of research is to research physic properties like as density, porosity, micrography and mechanical properties like as hardness testing, and bending testing of composite AISiMg-SiC that reinforce SiC powder with percentage 0 %, 5 %, 7.5% and 10 %. Aluminium material have advantage are light, corrostin resistance, meanwhile aluminium have low hardness ang strength. Composite AISiMg-SiC produce with stircasting method. So to know about physic and mechanical propertied do testing, like as density testing, porosity accounting, bending testing, hardness testing and micrograpy testing. Adding Mg doing to give effect *wettability* to matrix. From testing result that adding percentage of SiC density 2.637 gr/cm<sup>3</sup> increasing up to 2.667 gr/cm<sup>3</sup>. The result of porosity accounting that adding SiC porosity have increasing with 10% variation 1.532 %. The hardness testing result that hardness increasing 28.4 %. The bending testing result that adding SiC have increasing up to 26.7%.

**Keywords:** MMC (*Metal Matrix Composite*), *Stir Casting*, Aluminium(Al356), SiC (*Silicon carbide*)

## 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 kontinyu disebut matrik, dan fasa diskontinyu disebut sebagai penguat [1]. Pengkajian material komposit sekarang ini banyak dilakukan, diantaranya adalah komposit dengan basis material matrik Aluminium dan penguat material keramik. Komposit AISiMg-SiC dilakukan pengkajian dan pengembangannya karena memiliki beberapa sifat keunggulan dari segi sifat mekanik dan sifat fisisnya.

Komposit AISiMg-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 [2]. 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.

Tujuan dari penelitian komposit ini adalah Meneliti sifat fisis berupa densitas, porositas, struktur mikro dan sifat mekanis berupa kekerasan dan kekuatan tekuk pada komposit AlSiMg-SiC yang diperkuat oleh serbuk SiC dengan persentase berat 0 %, 5 %, 7.5% dan 10 %.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 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 kali daya hantar listrik besi. Berat jenis aluminium 2.643 kg/m<sup>3</sup> cukup ringan dibandingkan logam lain [3]. 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
9239	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 unsure 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 [4]. Magnesium yang digunakan dalam pembuatan material komposit ini mempunyai komposisi kimia (%) sebagaimana tercantum pada Tabel 2.

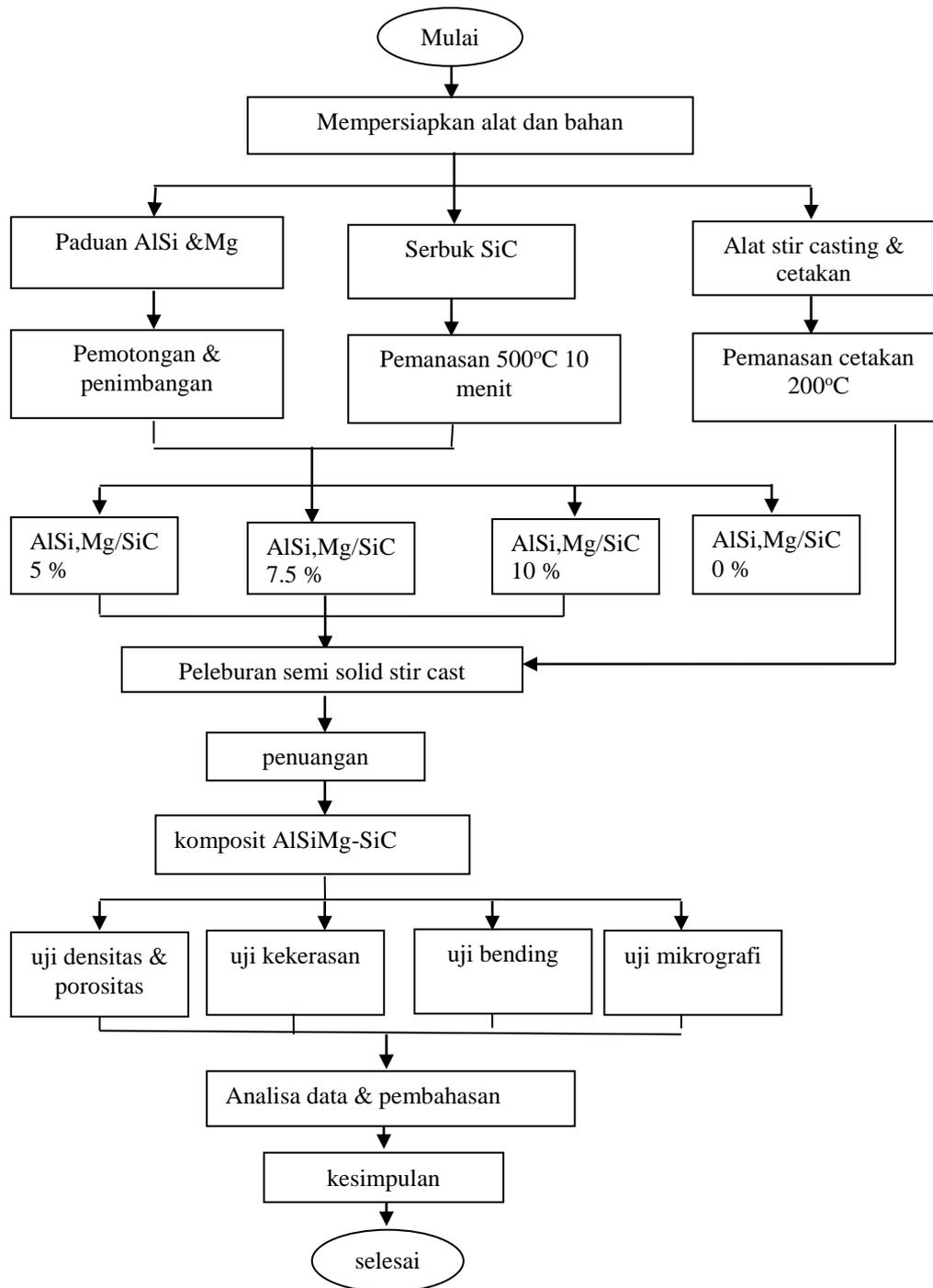
**Tabel 2.** Komposisi kimia Magnesium

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 [5].

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°C 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°C 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.



**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 2cm. 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

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \times \rho_{H_2O} \quad (1)$$

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

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{SiC} \cdot V_{SiC} \quad (2)$$

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 :

$$P = \frac{D_{teoritis} - D_{aktual}}{D_{teoritis}} \times 100\% \quad (3)$$

dimana  $P$  adalah porositas dari hasil pengecoran.

Uji kekerasan Rockwell 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.

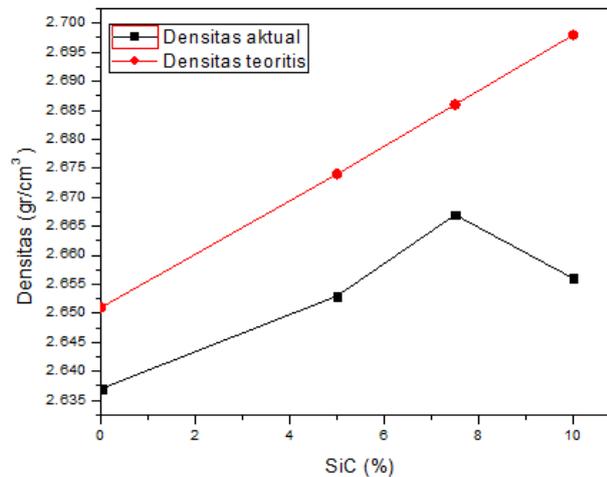
Pada pengujian struktur mikro menggunakan alat mikroskop optik Olympus dengan perbesaran 200x. Spesimen dipotong dengan dimensi 2cm x 2cm x 2 cm. Kemudian dilakukan pemolesan permukaan dengan mesin poles menggunakan amplas nomor 80 hingga 2000 serta autosol. Pengetsaan dilakukan dengan cairan 1.5ml NaOH<sub>3</sub>, 2.5ml HCl, 1ml HF dan 95ml H<sub>2</sub>O.

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 5 cm x 0.4 cm x 0.3 cm.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

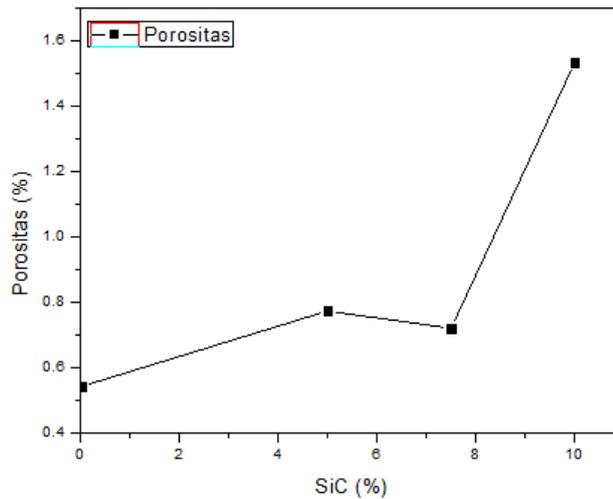
#### 3.1 Densitas dan Porositas

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 spesimen 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.

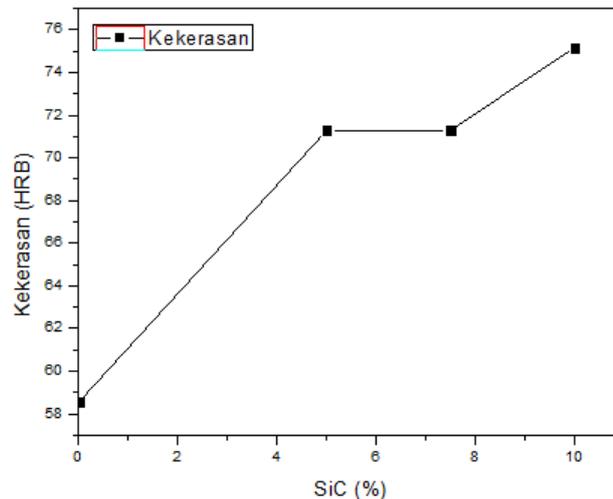


**Gambar 4.** Grafik hubungan antara porositas terhadap persentase SiC

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%.

### 3.2 Kekerasan

Dalam pengujian kekerasan dengan menggunakan Rockwell Hardness 150 A diperoleh hasil data grafik sebagaimana tertera pada Gambar 5.

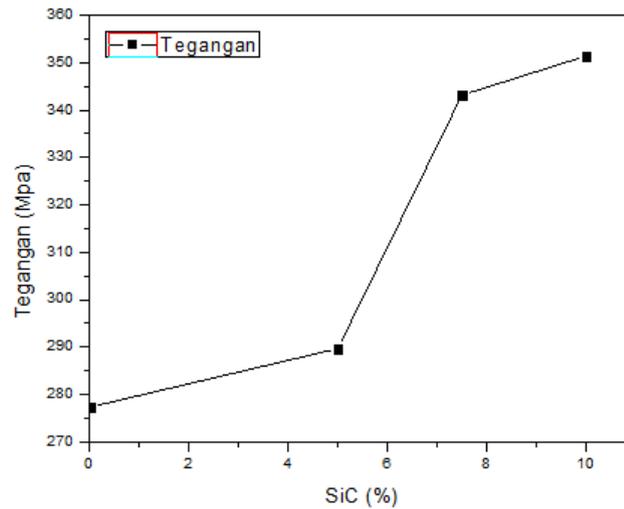


**Gambar 5.** Hubungan antara kekerasan dengan persentase SiC

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.

### 3.3 Pengujian Bending

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

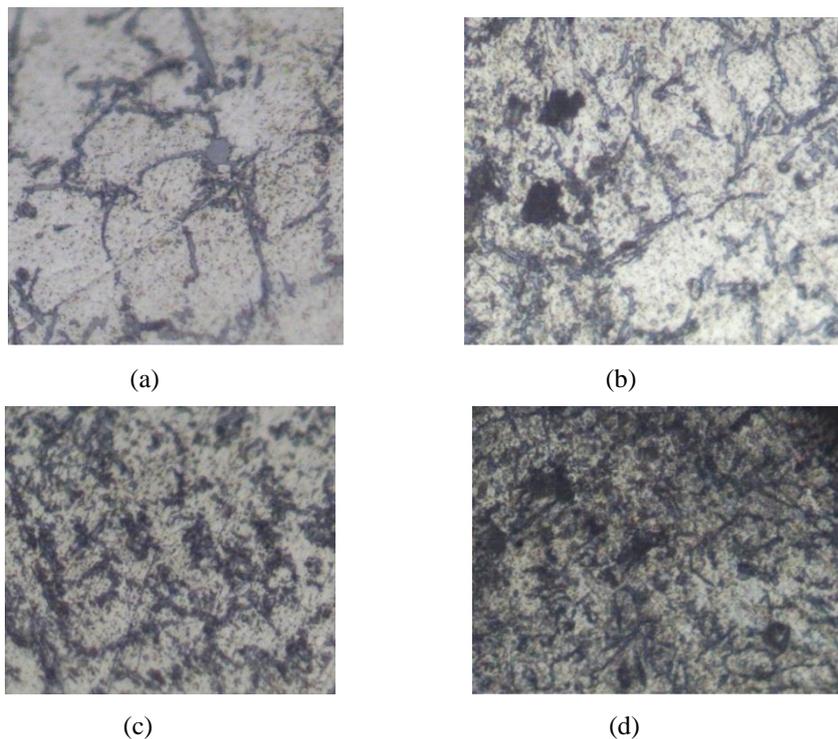


**Gambar 6.** Hubungan antara tegangan dengan persentase SiC

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 MPa dan pada variasi 10 % sebesar ( $\sigma$ ) = 351.444 MPa.

### 3.4 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 (a) SiC 0 %, (b) SiC 5 %, (c) SiC 7.5 %, (d) SiC 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.

#### 4 KESIMPULAN

Dari data yang diperoleh dalam penelitian ini dengan pengujian densitas dan porositas, pengujian kekerasan, pengujian bending, serta pengujian struktur mikro didapatkan bahwa, kekerasan komposit bermatriks AlSiMg akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar penambahan SiC 5% dengan kekerasan tertinggi sebesar 75.15 HRB. Porositas akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar SiC dalam matriks AlSiMg dengan porositas tertinggi 1.532 %. Dengan penambahan 1% Mg mampu meningkatkan *wettability* matriks aluminium terhadap partikel SiC, kekerasan meningkat, dan porositas kecil. Kekuatan bending semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar penambahan Sic dengan kekuatan tertinggi sebesar 351.444 MPa. Pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa semakin bertambahnya variasi SiC batas butir semakin rapat, dengan semakin rapatnya batas butir menunjukkan kekuatan semakin bertambah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Potter T.B, 1990, Shafer *Engineering Properties of Carbida, Engineered Material Hand Book, vol 4, Ceramics and Glasess*, Heather, L. F. and Nikki, W. D., ed, *TheMaterial Information Society*
- [2] Pech-Canul M.I., Katz R.N., dan Makhlof M.M, 2000, *Optimum Parameters for Wetting Silicon Carbide by Aluminum Alloys*.
- [3] Soe Y.H., Kang C.G, 1995, *The Effect of Aplied Pressure on Particle Dispersion Characteristic and Mechanical Properties in Melt Stiring Squeeze Cast SiC/Al Composites*, J. Mater Process, Technol, 55, pp.370-379
- [4] Surdia T., Shinroku S, 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradnya Paramita
- [5] Utama, 2009, *Pengaruh Penambahan Cu (1 %, 3 %, dan 5%) Pada Aluminium Dengan Solution Heat Treatment Dan Natural Aging Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis*, Tugas Akhir .Surakarta: UMS.