

## PENGARUH SiC TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT Matrik ALUMINIUM YANG DIPERKUAT SERBUK SiC

\*Chasby Assidiq<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: [chasbyassidiq@gmail.com](mailto:chasbyassidiq@gmail.com)

### Abstrak

Dari sekian banyak logam, aluminium merupakan salah satu logam paling diminati pada dalam industry. Aluminium memiliki sifat ringan, tahan terhadap korosi dan mudah dibentuk. Akan tetapi, jika ditinjau dari sifat mekaniknya aluminium memiliki kekerasan yang rendah. Metode *Metal Matrix Composite* (MMC) merupakan metode yang sering digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik suatu logam dan SiC digunakan sebagai penguat. SiC memiliki kelebihan diantara material keramik lainnya, yaitu mudah berikatan dengan aluminium dan tidak menyebabkan oksidasi pada logam aluminium. Metode pengolahan logam yang sering digunakan adalah *stir casting*, metode ini cukup mudah dan murah yaitu paduan (matrik) dilebur dan diaduk kemudian ditambahkan bahan penguat hingga bahan penguat tersebar secara merata. Dan untuk meningkatkan *wetability* pada paduan logam dengan penguatnya, teknik yang digunakan, yaitu dengan cara pengadukan pada saat logam cair berada pada fasa *semisolid*. Penelitian ini difokuskan pada variasi persen berat serbuk SiC 0%, 5%, 7,5%, dan 10%. Untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis pada komposit Al-SiC dilakukan beberapa pengujian, yaitu uji densitas, porositas, kekerasan, *bending* dan struktur mikro. Hasil dari pengujian menunjukkan nilai densitas tertinggi terdapat pada persen berat SiC 0% sebesar 2,69 gr/cm<sup>3</sup>, terendah pada SiC 10% sebesar 2,64 gr/cm<sup>3</sup>. Perhitungan porositas menunjukkan nilai porositas tertinggi terdapat pada persen berat SiC 10% sebesar 3,7%. Hasil uji kekerasan tertinggi pada persen berat SiC 10% sebesar 72,3 HRB dan hasil uji *bending* dengan nilai kekerasan tertinggi pada persen berat SiC 10% sebesar 370,5 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat mekanis meningkat seiring dengan peningkatan persentase serbuk SiC sampai 10%

**Kata Kunci :** *Metal Matrix Composite*, Pengadukan *semisolid*, *Stir Casting*, *Wetability*

### Abstract

Aluminium is one kind of metal that is vital importance in industrial world. Aluminium has light, resistant against corrosion and easy to form properties. However, if you concern in its mechanical properties, Aluminium has low hardness. *Metal Matrix Composite* (MMC) method is used to improve mechanical properties of metal and SiC to reinforce the composite. SiC has excess properties than the other ceramic, which easily binds with aluminum and do not cause oxidation on aluminum. *Stir casting* method is used in metal processing, this method is quite easy and inexpensive. The melting matrix is added a reinforcing material, and is stirred. Improving *wetability* with the reinforcements in alloys use stirring technique when it melt, and reach *semisolid* phase. The study focused on weight percent variation of SiC powder 0%, 5%, 7,5%, dan 10%. Determining the physical and mechanical properties of Al-SiC composites performed several tests, that is density, porosity, hardness, *bending* and microstructure tests. The density test result showed the higher density on weight percent variation of SiC 0% equal 2,69 gr/cm<sup>3</sup>, the lowest on SiC 10% equal 2,64 gr/cm<sup>3</sup>. The porosity test result showed the higher porosity on weight percent variation of SiC 10% equal 3,7%. The hardness test result showed the higher hardness on weight percent variation of SiC 10% equal 72,3 HRB and the *bending* test result showed the higher hardness on weight percent variation of SiC 10% equal 370,5 MPa. The final results showed that mechanical properties increase with increasing percentage of SiC powder until 10%

**Keywords :** *Metal Matrix Composite*, *Semisolid Phase*, *Stir Casting*, *Wetability*

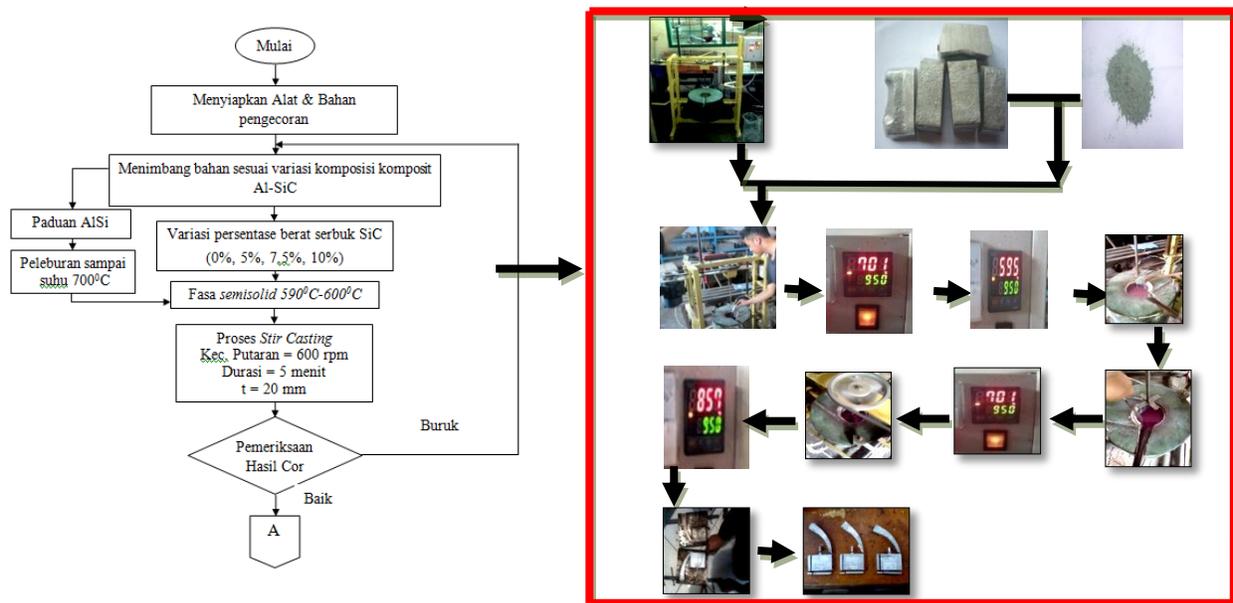
## 1. PENDAHULUAN

Aplikasi material berbasis logam pada dunia industri cukup menjanjikan di Indonesia, dengan terus berkembangnya industri otomotif serta kebutuhan masyarakat akan kendaraan bermotor, komponen permesinan, dan bidang lainnya. Industri logam berbasis material komposit di Indonesia pada umumnya masih menggunakan material yang di import, seperti logam aluminium. Aluminium merupakan salah satu logam yang banyak diminati dan digunakan dalam dunia perindustrian. Tidak hanya itu, dalam perkembangan dunia penelitian, logam aluminium juga sering menjadi objek banyak riset. Hal ini disebabkan karena sifat aluminium mudah di-*machining*, difabrikasi, *forming*, tahan korosi, penghantaran listrik dan panas yang sangat baik. Disamping itu juga, sifat mekanik aluminium ternyata dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur-unsur paduan, proses perlakuan panas, dan proses pengerjaan dingin [1].

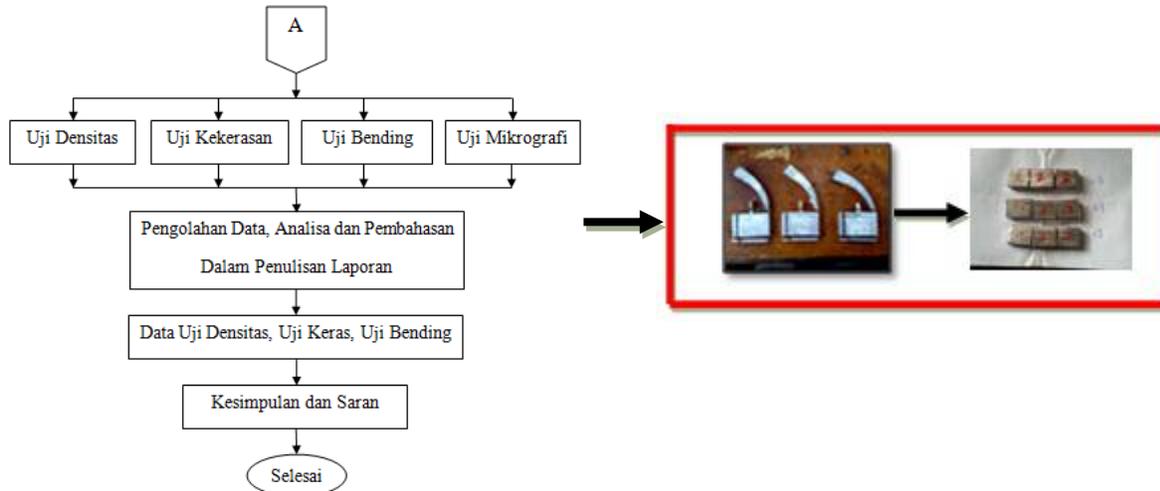
Ada berbagai macam cara dapat dilakukan dalam peningkatan sifat mekanik aluminium, salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan penambahan bahan penguat, seperti *silicon carbide* (SiC). Penambahan unsur *partikel* SiC ini harus merata pada semua sisi aluminium yang akan dibentuk. Untuk itu perlu dilakukan proses pengadukan pada saat aluminium tersebut bersifat cair. Proses tersebut dinamakan dengan *stir casting* [2]. *Stir casting* merupakan suatu proses penting dari produk komposit dimana material bahan penguat digabungkan dalam cairan logam dengan cara pengadukan [3]. Tujuan dari proses *stir casting* ini merupakan agar bahan penguat SiC tersebar secara merata di dalam logam, sehingga campuran logam cair tersebut menjadi homogen. Komposit Al-SiC memiliki keunggulan dalam kekuatan dan ketahanan terhadap aus (*fatigue*). Selain itu, dengan penguatan bahan keramik tersebut, maka akan memberikan peningkatan resistansi suhu tinggi dan *thermal shock*. Komposit Al-SiC, juga banyak diaplikasikan sebagai material dasar komponen produk otomotif, seperti: *gear, piston, brake disc*, dan komponen lainnya yang berhubungan dengan aplikasi material gesek (*friction material*) [4].

Penelitian kali ini di tujukan pada perbedaan persen berat serbuk SiC terhadap komposit Al-SiC, jadi data yang diperoleh selama penelitian kemudian di bandingkan antara matrik aluminium dengan komposit Al-SiC yang sudah di berikan variasi serbuk penguat. Dan untuk mengetahui karakteristik dari matrik aluminium maupun komposit Al-SiC di lakukan dengan pendekatan sifat fisis maupun mekanis material tersebut. Diharapkan dari pengujian sifat fisis maupun mekanis mampu mengetahui pengaruh perbedaan antar presentase berat serbuk SiC pada komposit Al-SiC terhadap matrik aluminium.

## 2. MATERIAL DAN METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir penelitian



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian (Lanjutan)

## 2.1 Penimbangan

Pada **Gambar 1** menunjukkan proses dimana material pembentuk komposit Al-SiC ditimbang berdasarkan fraksi massa, dimana variasi dari serbuk SiC sebagai penguat (*reinforcement*) yaitu sebesar 0%, 5%, 7,5%, 10% dan sisanya adalah matrik aluminium. Bahan yang digunakan sebagai matrik adalah aluminium Al7Si dengan jenis A356, AlSi digunakan karena memiliki sifat mampu cor yang baik, sedangkan bahan yang digunakan sebagai penguat (*reinforcement*) adalah serbuk *silicon carbide* (SiC). SiC dipilih karena mudah berikatan dengan aluminium dan juga tidak menyebabkan oksidasi pada logam aluminium.

## 2.2 Peleburan

Temperatur tuang pada aluminium cair perlu diperhatikan karena aluminium cair dengan suhu yang sangat tinggi sangat rentan terhadap oksidasi. Sebaliknya, apabila temperatur penguangan terlalu rendah, maka aluminium cair akan terlalu cepat membeku yang berakibat aluminium cair gagal mengisi seluruh rongga cetak.

### 2.2.1 Stir casting

*Stir casting* merupakan suatu proses penting dari produk komposit dimana material bahan penguat digabungkan dalam cairan logam dengan cara pengadukan [3]. Tujuan dari proses *stir casting* ini merupakan agar bahan penguat SiC tersebar secara merata didalam logam, sehingga campuran logam cair tersebut menjadi homogen.

### 2.2.2 Pengadukan semisolid

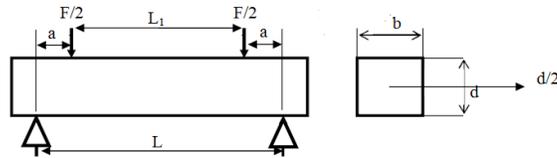
Untuk meningkatkan *wetability* pada paduan logam dengan penguatnya, teknik yang digunakan, yaitu dengan cara pengadukan pada saat logam cair berada pada fasa *semisolid*. Yaitu suhu diturunkan dari 701°C menjadi 590°C, suhu semisolid berada pada kisaran 550°C-600°C [5].

## 2.3 Pembuatan AMC yang diperkuat serbuk SiC dengan metode Stir Casting

Dalam pembuatan AMC bahan yang digunakan adalah matrik aluminium sebagai matrik dan serbuk SiC sebagai penguat yang terlihat pada **Gambar 1**. Serbuk SiC dengan variasi persentase 0%, 5%, 7,5% dan 10% dicampur dengan matrik aluminium. Matrik aluminium dimasukkan ke dalam furnace dan dipanaskan sampai suhu 700°C, pada saat aluminium sudah mencair turunkan suhu sampai logam cair berubah fasa menjadi *semisolid*, masukkan SiC kedalam furnace dan diaduk seiring suhu dinaikkan sampai 850°C dan kemudian di tuang ke dalam cetakan. Dari hasil pengecoran kemudian diuji kekuatan *bending*, kekerasan *rockwell B*, densitas dan porositas serta pengamatan struktur mikro.

### 2.3.1 Pengujian Bending

Uji *four point bending* seperti pada **Gambar 2** digunakan untuk mengukur kekuatan *bending* pada sampel :



Gambar 2. Uji four point bending.

Tegangan *bending* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M.c}{I} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{\frac{F.a.d}{2 \cdot 2}}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot d^3} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{3 \cdot F.a}{b \cdot d^2} \quad (3)$$

keterangan:

- $\sigma$  : tegangan normal maximum (Mpa)
- M : momen lentur (N.mm)
- c : jarak titik berat spesimen ke permukaan
- I : momen Inersia
- F : beban/ load (N)
- 2a : selisih jarak L-L<sub>1</sub> (mm)
- L : panjang span/tumpuan bawah (mm)
- b : lebar spesimen (mm)
- d : tebal spesimen (mm)

### 2.3.2 Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Kekerasan sampel uji dapat diukur menggunakan alat uji kekerasan *Hardness Tester Rockwell* pada 3 titik setiap variasi persen berat SiC dengan penetrator berbentuk bola diameter 1/16" dan beban pengujian 100 kg. Tujuan uji kekerasan adalah untuk mengetahui kekerasan setiap sampel.

### 2.3.3 Pengujian Densitas

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

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \times \rho_{H_2O} \quad (4)$$

keterangan :

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

Densitas teoritis

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{SiC} \cdot V_{SiC} \quad (5)$$

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<sub>Al</sub> : fraksi massa Al (gram)
- V<sub>SiC</sub> : fraksi massa SiC (gram)

### 2.3.4 Pengujian Porositas

Pengujian porositas untuk mengetahui berapa besar persentase pori atau rongga didalam sampel uji.

$$P = \frac{D_{teoritis} - D_{aktual}}{D_{teoritis}} \times 100\% \quad (6)$$

keterangan :

- P : porositas ( % )
- D teoritis : densitas teoritis ( gr/cm<sup>3</sup> )
- D aktual : densitas aktual ( gr/cm<sup>3</sup> )

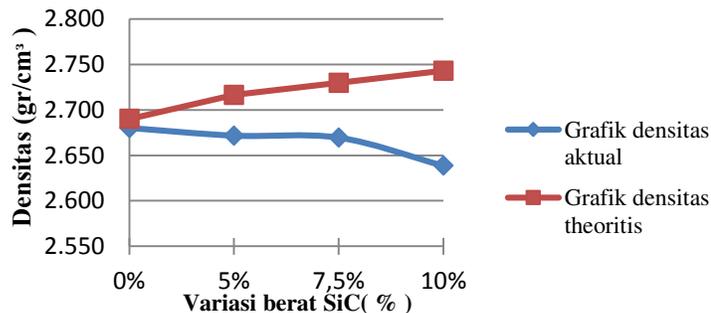
### 2.3.5 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian mikrografi ini bertujuan untuk mengetahui struktur mikro sampel aluminium matriks komposit dengan proses metalurgi serbuk, dimana hasil dari pengujian struktur mikro ini digunakan untuk mendukung hasil dari pengujian kekerasan *Rockwell*. Pengujian mikrografi dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik *OLYMPUS BX41M* untuk menghasilkan gambaran pencitraan struktur kristal dari sebuah logam atau paduan. Sebelum melakukan pengamatan struktur mikro, material uji (spesimen) harus melalui beberapa proses persiapan yang harus dilakukan yakni : pemotongan (*sectioning*), pembungkaiian (*mounting*), pengamplasan (*grinding*), pemolesan (*polishing*) serta pengetsaan (*etching*)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.4 Pengujian Densitas

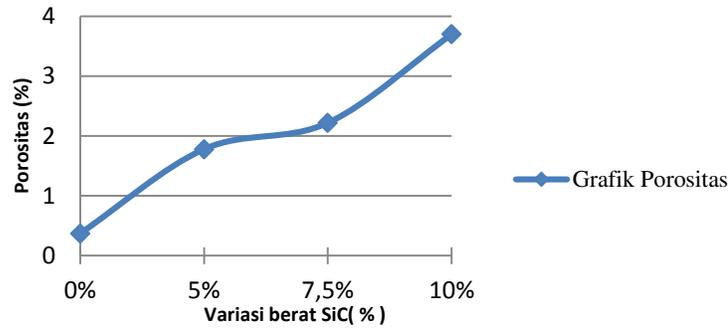
Dari **Gambar 3** menunjukkan nilai densitas aktual semakin menurun dengan bertambahnya serbuk SiC. Hal ini membuat sampel komposit aluminium bertambah ringan. Nilai rata-rata densitas tertinggi terletak pada variasi serbuk 0% yaitu 2,68 (gr/cm<sup>3</sup>). Nilai terendah pada serbuk SiC 10% yaitu 2,64 (gr/cm<sup>3</sup>).



**Gambar 3.** Grafik nilai densitas rata-rata pada komposit AlSi-SiC dengan variasi berat SiC

### 3.5 Pengujian Porositas

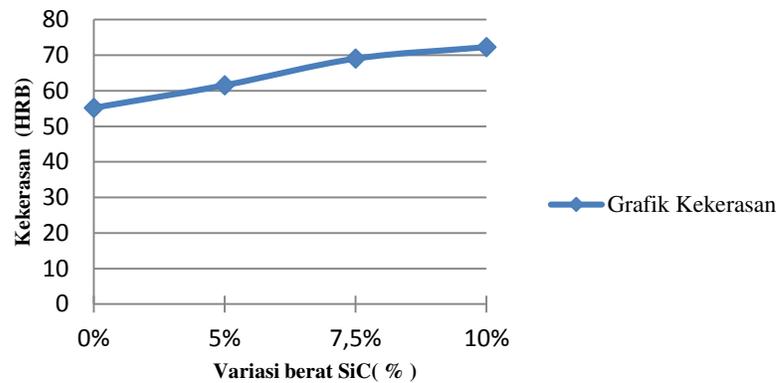
**Gambar 4** merupakan grafik nilai porositas rata-rata yang dihasilkan oleh spesimen Al-SiC. Terlihat dari grafik nilai porositas tertinggi terdapat pada berat SiC 10% sebesar 3,7 % dan SiC 7,5% dengan nilai porositas sebesar 2,2 %. Dan porositas terendah terdapat pada berat SiC 0% dengan nilai porositas sebesar 0,37%. Hal ini membuktikan bahwa terdapat hubungan antara densitas dan porositas, yaitu semakin kecil nilai densitas maka nilai porositasnya akan semakin besar.



**Gambar 4.** Grafik hubungan nilai porositas rata-rata pada komposit Al-SiC

### 3.6 Pengujian Kekerasan

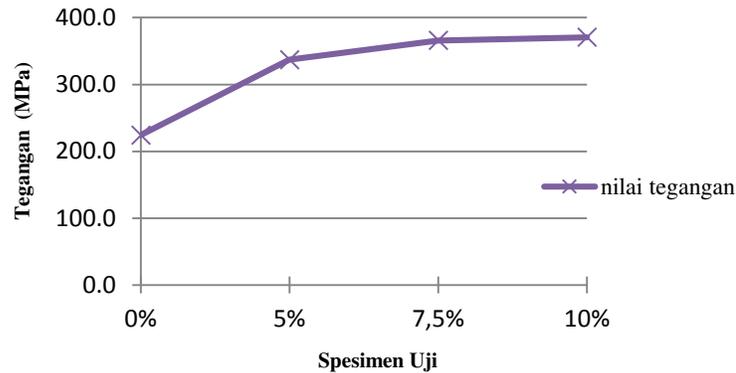
Pada **Gambar 5** menunjukkan bahwa nilai rata-rata tertinggi spesimen ditunjukkan pada variasi berat SiC 10% dengan nilai rata-rata sebesar 72.3 HRB. Dan nilai terkecil ditunjukkan pada variasi berat SiC 0% yaitu sebesar 55,15 HRB. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak kadar SiC yang di berikan maka kekerasannya juga akan semakin meningkat atau dengan kata lain berbanding lurus dengan nilai porositas yang semakin meningkat pula apabila di beri penambahan serbuk SiC.



**Gambar 5.** Grafik perbandingan nilai kekerasan rata-rata pada komposit Al-SiC dengan variasi berat SiC

### 3.7 Pengujian Bending

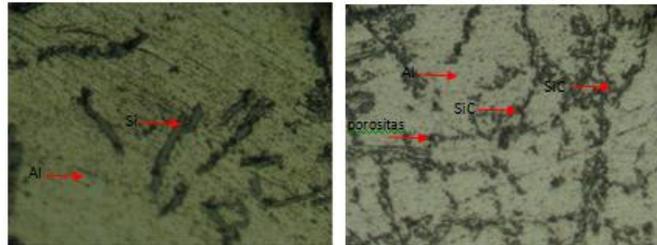
Pada **Gambar 6** terlihat rata-rata kekuatan bending yang dicapai oleh komposit AlSi-SiC mengalami peningkatan seiring dengan pertambahan berat SiC. Kekuatan bending terbesar terdapat pada persentase berat variasi SiC 10% dengan rata-rata sebesar 370,5 MPa. Dan kekuatan bending terkecil terdapat pada persentase berat SiC 0% dengan rata-rata sebesar 224,2 MPa. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak SiC yang diberikan akan semakin besar pula kekuatan bendingnya. Semakin tinggi nilai kekuatan bending semakin kuat material tersebut.



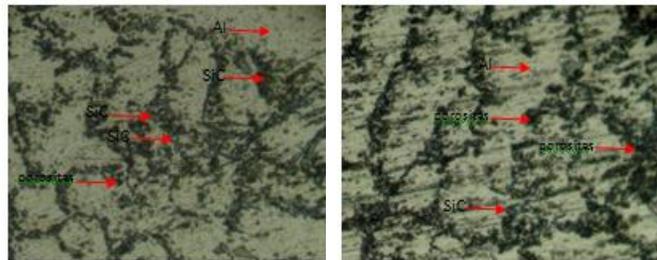
**Gambar 6.** Grafik perbandingan tegangan maksimum rata-rata pada komposit Al-SiC dengan variasi berat SiC

### 3.8 Pengujian Struktur Mikro

Spesimen AMC dengan perbesaran 500X pada **Gambar 7 dan 8**. Hal ini dapat menjelaskan bahwa porositas dipengaruhi oleh fraksi berat SiC dan distribusi partikel serbuk SiC pada matrik. Bila fraksi berat serbuk SiC pada komposit rendah maka distribusi partikel serbuk SiC baik atau merata dan setiap partikel serbuk SiC diselimuti oleh bahan matrik Al. Hal ini membuat interaksi atau ikatan antara partikel serbuk SiC dan bahan matrik Al sangat baik. Sebaliknya bila fraksi berat serbuk SiC pada komposit lebih besar atau banyak maka beberapa partikel serbuk SiC saling berimpit atau mengelompok, sehingga ikatan antara partikel serbuk SiC dan bahan matrik Al tidak sempurna. Hal ini akan memunculkan rongga sehingga porositasnya meningkat seperti **Gambar 8** point b.



**Gambar 7.** (a) Struktur mikro komposit Al-SiC dengan SiC 0% (b) Struktur mikro komposit Al-SiC dengan SiC 5%



**Gambar 8.** (a) Struktur mikro komposit Al-SiC dengan SiC 7,5% , (b) Struktur mikro komposit Al-SiC dengan SiC 10%

#### 4. KESIMPULAN

Hasil pengujian pengaruh berat SiC terhadap sifat fisis dan mekanis komposit Al-SiC yang diperkuat serbuk SiC :

- Jadi hasil uji densitas pada spesimen komposit aluminium yang diperkuat serbuk SiC nilai tertinggi terdapat pada variasi serbuk SiC 5%, mempunyai nilai rata-rata sebesar  $2,70 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$  dan nilai terendah terletak pada rata-rata serbuk SiC 10% sebesar  $2,64 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ . Dari kedua data densitas tersebut dapat disimpulkan dengan bertambahnya fraksi serbuk SiC sebanyak 5%, 7,5% dan 10% menunjukkan nilai densitas semakin menurun.
- Hasil nilai porositas pada spesimen dengan fraksi serbuk SiC 10% mempunyai nilai rata-rata porositas sebesar 3,7% dan semakin mengecil pada spesimen dengan fraksi serbuk SiC 5% yang mempunyai nilai rata-rata porositas sebesar 1,78%, begitu juga pada fraksi serbuk SiC 0% yang mempunyai nilai porositas rata-rata sebesar 0,37%. Jadi semakin banyak persentase fraksi serbuk SiC yang ditambahkan pada matrik Al maka akan meimbulkan porositas semakin besar.
- Hasil nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen dengan fraksi serbuk SiC 10% yang mempunyai rata-rata nilai sebesar 72,3 HRB. Dan nilai kekerasan terendah pada fraksi serbuk SiC 0% sebesar 55,15 HRB. Dari penelitian kekerasan pada spesimen komposit Al-SiC yang diperkuat serbuk SiC didapat nilai rata-rata kekerasan meningkat dengan bertambahnya fraksi serbuk SiC yang dicampurkan sebagai penguat.
- Hasil nilai pengujian *bending* spesimen komposit Al-SiC yang diperkuat serbuk SiC didapat nilai *bending* tertinggi pada variasi serbuk SiC 10% dengan kekuatan *bending* sebesar  $(\sigma) = 370,5 \text{ MPa}$ , dan nilai *bending* terendah terdapat pada variasi serbuk SiC 0% sebesar 224,2 MPa. Jadi semakin banyak serbuk SiC yang dicampurkan pada komposit Al-SiC akan meningkatkan kekuatan *bending* pada material komposit.
- Dari pengamatan struktur mikro pada sampel memperlihatkan bahwa semakin bertambahnya serbuk SiC yang dicampurkan pada komposit Al-SiC maka akan meningkatkan porositas dan menurunkan nilai densitas pada komposit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Benjamin, W.N., Alan, B.D., dan Ricard, A.W., 1989, “*Modern Manufacturing Process Engineering*,” Singapore : McGraw-Hill Book Co.
- [2] Juniadi, H., 2003, “Pengaruh Volume Fraksi Terhadap Karakteristik Metal Matrix Composite Al 6063-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Hasil Proses Casting,” *Jurnal Universitas Merdeka Malang*, Malang.
- [3] Surdia, T., dan Kenji, C., 1991, “*Teknik Pengecoran Logam*,” Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- [4] Khairil, R. A., 2005, “The Influence of Alumina Particle Size on Sintered Density and Hardness of Discontinuous Reinforced Aluminum Metal Matrix Composites,” *Jurnal Teknologi 42 (A)*, Universiti Teknologi Malaysia.
- [5] Hashim, J., 2001, “The enhancement of wettability of SiC particles in cast aluminium matrix composite,” *Journal of Materials Processing Technology*, Ireland, p.329-335.