



Penambahan Berat Sic Pada Komposit Matrik Aluminium Dalam Sifat Fisis Dan Mekanis Diperkuat Tib Sebagai Penghalus Butir

Lilin Hermawati

Program Studi Teknika
UNIVERSITAS MARITIM AMNI Semarang

Sunu Arsy Pratomo

Program Studi Teknik Keselamatan
UNIVERSITAS MARITIM AMNI Semarang

Sugeng Hariyadi

Program Studi Teknik Mesin
UNIVERSITAS MARITIM AMNI Semarang

Alamat: Jl. Soekarno-Hatta No.180 Semarang
Email: linhermawati80@gmail.com

Abstract. Aluminum is an excellent material for making composites because it is lightweight, ductile, does not corrode easily and is easier to shape and fabricate. Various properties of existing aluminum, aluminum has mechanical properties that are not good, namely very low hardness. In a good method for processing aluminum, namely stir casting, why is this method used because it is quite cheap and easy to process by means of an alloy that is heated with an adjusted heat and stirred to mix all the existing composite materials and given reinforcement or grain refiner to obtain a good and evenly distributed composite metric without reducing the function of the existing composite. The method used in this study serves to improve the mechanical properties of a metal and SiC is used as a reinforcement and TiB is used as a grain refiner. SiC has advantages over other ceramic materials, namely it bonds easily with aluminum and does not cause oxidation of aluminum metal. Increasing the wettability of metal alloys with reinforcement, the technique used is by stirring when the liquid metal is in a semisolid phase. This research focused on variations in weight percent SiC powder 0%, 5%, 7.5%, and 10% and the addition of 5% Tib. To determine the physical and mechanical properties of the Al-SiC-TiB composite, several tests were carried out, namely density, porosity, hardness, bending and microstructure tests. The results of the tests showed that the highest density value was found at 0% SiC by weight at 2.70 gr/cm³, the lowest at 10% SiC at 2.65 gr/cm³. Porosity calculations show that the highest porosity value is found in 10% SiC by weight of 3.16%. The highest hardness test result was 10% SiC by weight at 72.6 HRB and the bending test result with the highest hardness value at 10% SiC by weight was 371.5 MPa. The test results show that the mechanical properties increase with the increase in the percentage of SiC powder up to 10% and with the addition of TiB the finer grains are produced so that the porosity decreases.

Keywords: semisolid stirring, stir casting, wettability

Abstrak. Aluminium bahan material yang sangat baik untuk membuat komposit karena sifat yang ringan, ulet, tidak mudah korosi dan lebih mudah dibentuk dan dibuat. Berbagai sifat aluminium yang ada, aluminium memiliki sifat mekanik yang tidak baik yaitu kekerasan yang sangat rendah. Dalam metode yang baik untuk mengolah aluminium yaitu dengan *stir*

Received April 30, 2023; Revised Mei 30, 2023; Accepted Juni 19, 2023

* Lilin Hermawati, linhermawati80@gmail.com

Casting, mengapa dengan metode ini yang dipakai karena cukup murah dan mudah untuk pengolahannya dengan cara paduan yang ada di panaskan dengan panas yang telah disesuaikan dan diaduk untuk mencampur semua material komposit yang ada serta diberi penguat atau penghalus butir untuk mendapatkan metric komposit yang baik dan tersebar secara merata tanpa mengurangi fungsi komposit yang ada. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik suatu logam dan SiC digunakan sebagai penguat dan TiB penghalus butir. SiC memiliki kelebihan diantara material keramik lainnya, yaitu mudah berikatan dengan aluminium dan tidak menyebabkan oksidasi pada logam aluminium. 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% serta penambahan Tib 5%. Untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis pada komposit Al-SiC-TiB 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 2,70 gr/cm³, terendah pada SiC 10% sebesar 2,65 gr/cm³. Perhitungan porositas menunjukkan nilai porositas tertinggi terdapat pada persen berat SiC 10% sebesar 3,16%. Hasil uji kekerasan tertinggi pada persen berat SiC 10% sebesar 72,6 HRB dan hasil uji *bending* dengan nilai kekerasan tertinggi pada persen berat SiC 10% sebesar 371,5 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat mekanis meningkat seiring dengan peningkatan persentase serbuk SiC sampai 10% dan dengan penambahan TiB menambah halus butir yang dihasilkan sehingga porositas berkurang.

Kata kunci: Pengadukan *semisolid*, *Stir Casting*, *Wetability*

LATAR BELAKANG

Stir Casting memadukan sifat mekanik matrix paduan dengan hasil ulet dan tangguh. Dengan melihat sifat dari *stir casting*, maka perkembangan yang sangat pesat didalam proses pencampuran komposit matrik logam dan matrik yang lain. Namun proses pencampuran partikel keramik ke dalam matrik cair mempunyai dua kelemahan adalah matrik keramik tidak terbasahi permukaan matrik cair, dan yang kedua adalah ada kecenderungan partikel keramik mengendap atau terapung. Namun semua tergantung dari jumlah berat jenis apa bila lebih besar atau lebih kecil dari matrik cair. Pengecoran mempergunakan *stir casting semi solid* yang memiliki tujuan supaya matrik aluminium akan mudah bercampur dengan SiC dan TiB menghasilkan komposit yang baik dengan penyebaran SiC yang merata dan *homogeny* serta TiB dapat membasahi permukaan matrik cair dan sebagai penghalus butir. (Soe, Y.H 1995)

Penambahan unsur *partikel* SiC ini harus merata pada semua sisi aluminium yang akan dibentuk. 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) dan penambahan TiB sebagai penghalus butir. Perlu dilakukan proses pengadukan pada saat aluminium tersebut bersifat cair. Proses tersebut

dinamakan dengan *stir casting* Juniadi, H (2023). 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*) Khairil, R, A (2005)

Penelitian kali ini di tujukan pada perbedaan persen berat serbuk SiC dan penambahan TiB 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. Karakteristik dari matrik aluminium maupun komposit Al-SiC-TiB 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.

KAJIAN TEORITIS

Melalui suatu partikel SiC dengan matrik AlSi7Mg2, dengan menambah SiC sebagai bahan penguat yang dapat meningkatkan sifat kekerasaannya, ketangguhan serta kekuatan tariknya akan meningkat pada pemberian penambahan SiC sampai 10% dan dapat menurun pada 15% SiC yang dicampurkan. Dengan pedoman hasil penelitian tersebut maka, pada penelitian ini mencoba dengan SiC dari 0%, 5%, 7,5% dan 10% dari penambahan ini peneliti mencoba pada SiC yang bertahap sehingga mampu menghasilkan suatu matrik yang keras, dengan porositas yang kecil. Pada penelitian menggunakan SiC supaya komposit yang dihasilkan keras seperti pada penelitian sebelumnya. Pada penelitian menggunakan matrik aluminium A356 menggunakan penambahan SiC 3%, 6%, dan 9% mendapat hasil kekerasaannya semakin meningkat dari 126 VHN menjadi 143 VHN Hashim (2001).

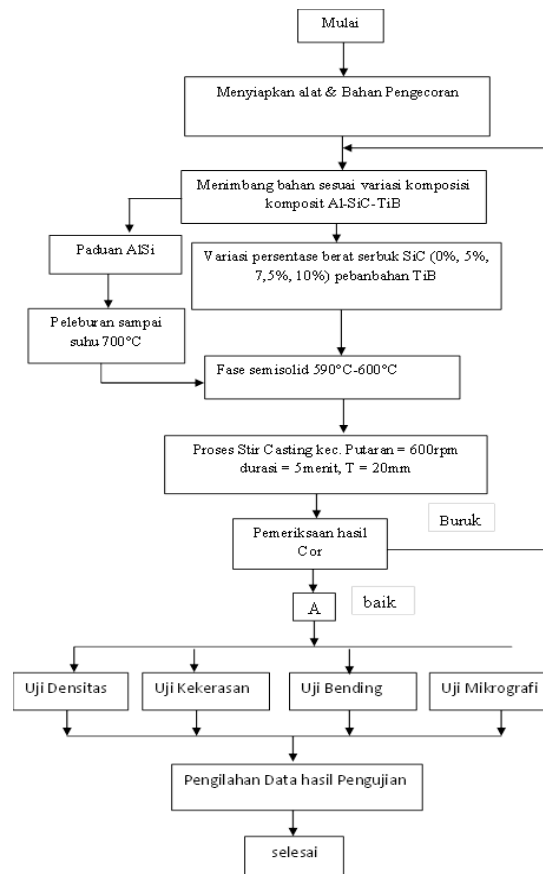
Dalam peneliti yang ada mempunyai variasi 0.2%, 0.5%, 1% mempunyai hasil 1% ukuran butur semakin kecil Li Jian-guo (2004). Selain peneliti itu ada juga penelitian yang mempergunakan master alloys 10% mendapat hasil ukuran butur semakin kecil Bhusab Rajsh Kumar (2009). Sehingga pada penelitian ini menggunakan 5% Al-SiC-TiB berharap mendapat hasil butiran kecil, seperti penelitian sebelumnya. Metode *stir casting* pada pengecoran logam cair dan matrik memiliki beberapa keuntungan yang dapat digunakan, karena hasil yang diperoleh begitu sama dengan apa yang akan kita produksi. Pada pengecoran ini yang pertama kali dilakukan adalah persiapan bahan yang akan dilebur pada alat *Semi Solid Stir Casting* adalah Al ingot dan Al-TiB. Bahan-bahan tersebut dipotong-

potong dengan mesin potong dengan ukuran kecil sekitar 2-3 cm [8].

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan sebagai matrik adalah aluminium Al7Si dengan jenis A356, AlSi digunakan karena memiliki sifat mampu cor yang baik. Selain mempergunakan AlSi kita juga memakai serbuk SiC dengan ukuran nesh 400(37-40 μ m) sebagai penguat, TiB sebagai *grain refinement* adapun komposisi masing bahan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

1. Diagram Alir Pengujian



2. Pemilihan Bahan

a. Partikel SiC

Melihat penelitian sebelumnya maka pada penelitian ini mempergunakan SiC 5%, 7,5% dan 10%. Dengan penambahan serbuk SiC dengan ukuran nesh 400(37-40 μ m) yang diharapkan dapat meningkatkan kekerasan yang dihasilkan.

b. Master Alloy Al-TiB

Dengan mempergunakan master alloy Al-TiB yang memiliki fungsi sebagai penghalus butir Al atau *grain refiner*. Sehingga dalam penelitian ini menggunakan TiB 5% yang

diharapkan supaya penghalusan butir.

3. Penimbangan

Penimbangan yang dilakukan berfungsi untuk membantu pada saat pembuatan material pembentuk komposit Al-SiC-TiB sesuai fraksi massa. Penggunaan SiC yang ada berdasarkan persentase yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu 0%, 5%, 7.5%, 10% dan penambahan TiB 5%.

4. Pengujian

a. Pengujian Desintas dan porositas

Pengujian densitas dan porositas dilakukan untuk mengetahui hubungan antara temperatur sinter dengan nilai densitas dan porositas material komposit aluminium grafit, serta perbandingan dari beberapa perlakuan sampel. Dimana densitas merupakan nilai kerapatan partikel pada komposit aluminium itu sendiri. Dengan rumus densitas dan porositas

Densitas Aktual

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

Densitas Teoritis

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

Pada rumus diatas ρ adalah massa jenis teoritis masing-masing bahan. Sedang harga densitas aktual (ρ_{actual}) setelah itu dibandingkan dengan densitas teoritis untuk mendapatkan nilai porosiats dari hasil pengecoran dengan memiliki persamaan sebagai berikut :

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

Untuk P adalah suatu porositas dari hasil pengecoran yang telah dilakukan sebelumnya.

b. Pengujian Kekerasan

Cara pengujian hardness rockwell test adalah berdasarkan pada penekanan sebuah indenter dengan suatu gaya ke permukaan yang rata dan bersih dari spesimen yang akan diuji. Setelah gaya tekan dikembalikan ke gaya minor, yang dijadikan perhitungan hardness rockwell test adalah dalamnya bekas lekukan yang terjadi itu. Persiapan bahan dengan cara permukaan spesimen dihaluskan dengan mesin poles,

setelah selesai persiapan semua uji kekerasan dilakukan dengan 3 kali langkah penekanan indentor untuk setiap spesimennya.

c. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian spesimen harus di etsa dengan cara mencelupkan ke dalam cairan HF. Baru spesimen dilakukan pengujian struktur mikro dengan pembesaran 50x untuk mengetahui sebaran SiC pada matrik AlSiTiB dengan penambahan SiC. 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*), pembedaan (*mounting*), pengamplasan (*grinding*), pemolesan (*polishing*) serta pengetsaan (*etching*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Densitas dan Porositas

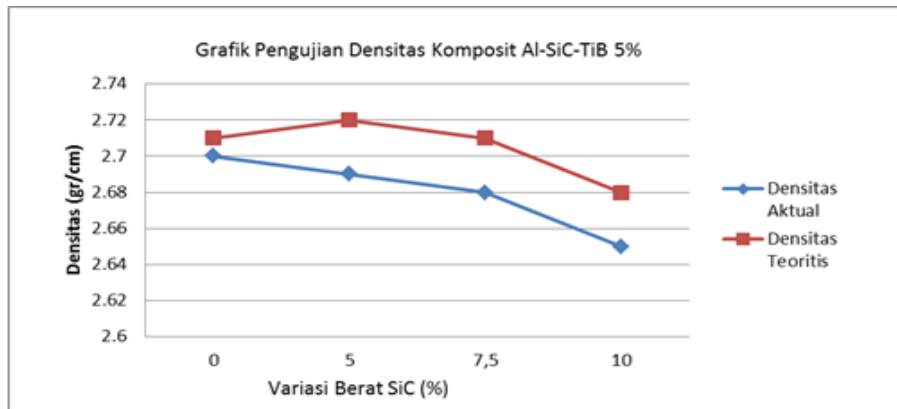
Pengujian densitas dan perhitungan porositas yang telah dilakukan sebelumnya dan dilakukan perhitungan yang dilakukan. Hasil yang dibahas disini matrik komposit Al-Sic-TiB. Menunjukkan nilai densitas aktual semakin menurun dengan bertambahnya serbuk SiC. Hal ini membuat sampel komposit aluminium bertambah ringan, hal ini membuktikan bahwa terdapat hubungan antara densitas dan porositas, yaitu semakin kecil nilai densitas maka nilai porositasnya akan semakin besar. Dapat dilihat dalam tabel densitas dan porositas dibawah ini :

Tabel 1 Pengujian Densitas

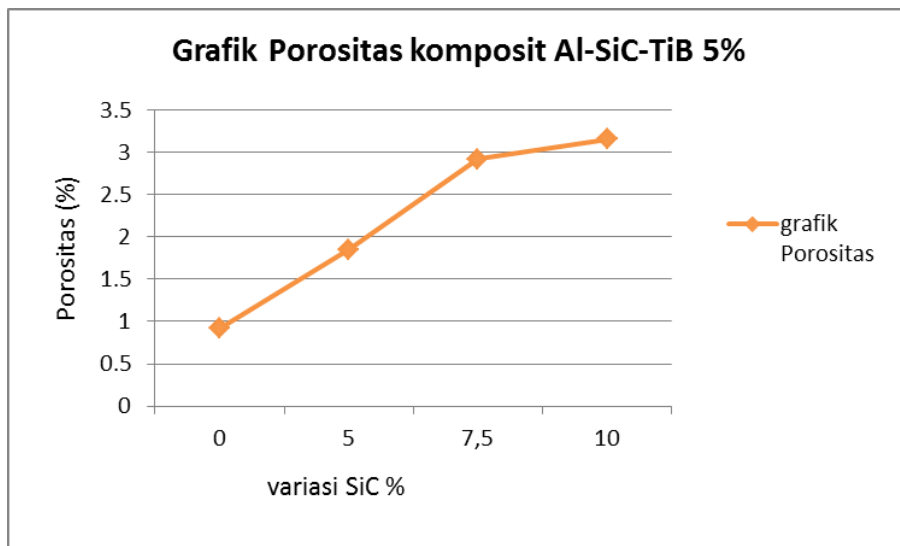
MATERIAL	DENSITAS	MATERIAL	DENSITAS	SiC %
Al-SiC-TiB	2.70	Al-SiC-TiB	2.71	0
	2.69		2.72	5
	2.68		2.71	7,5
	2.65		2.68	10

Tabel 2 Pengujian Porositas

	Porositas	SiC
Al-SiC-TiB	0.92	0
	1.85	5
	2.92	7,5
	3.16	10



Gambar 1. Grafik Pengujain Densitas Komposit Al-SiC-TiB



Gambar 2. Grafik Pengujain Porositas Komposit Al-SiC-TiB

Pada pengujian densitas aktual ada penurunan yang terlihat dengan bertambahnya serbuk SiC. Dari sampel komposit aluminium yang telah dilakukan pengujian bertambah ringan. Nilai rata-rata densitas tertinggi juga terlihat pada variasi serbuk 0% yaitu 2,70 (gr/cm³). Nilai terendah pada serbuk SiC 10% yaitu 2,65 (gr/cm³). 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 3,16 %. Dan

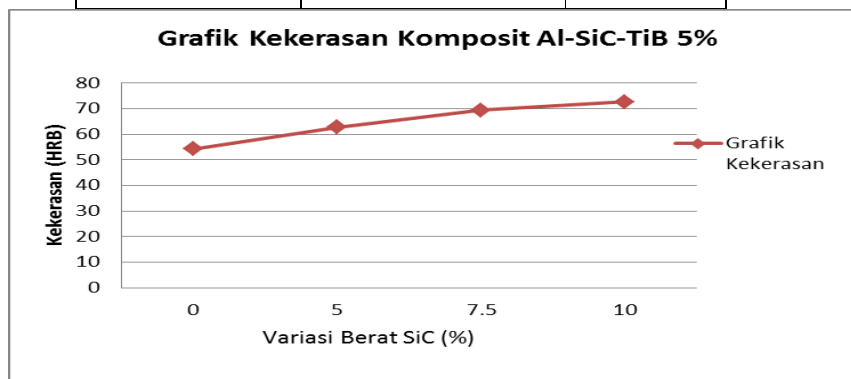
porositas terendah terdapat pada berat SiC 0% dengan nilai porositas sebesar 0,92%. Hal ini membuktikan ada hubungan antara densitas dan porositas, yaitu semakin kecil nilai densitas maka nilai porositasnya akan semakin besar. Dikarenakan pada saat melakukan pengadukan dengan *stir casting* ada kemungkinan partikel SiC tidak tercampur merata ataupun ada partikel lain yang masuk kedalam komposit.

Pengujian Kekerasan

Dalam penelitian ini selain melakukan pengujian densitas dan porositas, juga melakukan pengujian kekerasan yang mempunyai manfaat dapat mengetahui seberapa layaknya komposit yang kita buat dengan komposit yang lain dalam pengujian sebelumnya. Pengujian kekerasan yang dilakukan dengan Rockwel B (HRB) yang memiliki menggunakan pedoman standar. Dari hasil kekerasan yang ada dapat dilihat dari tabel dibawah ini adalah :

Tabel 3. Pengujian Kekerasan Komposit Al-SiC-TiB

MATERIAL	Kekerasan (HRB)	SiC
Al-siC-TiB	54.2	0
	62.7	5
	69.4	7.5
	72.6	10



Gambar 3. Grafik Pengujian Kekerasan Komposit Al-SiC-TiB

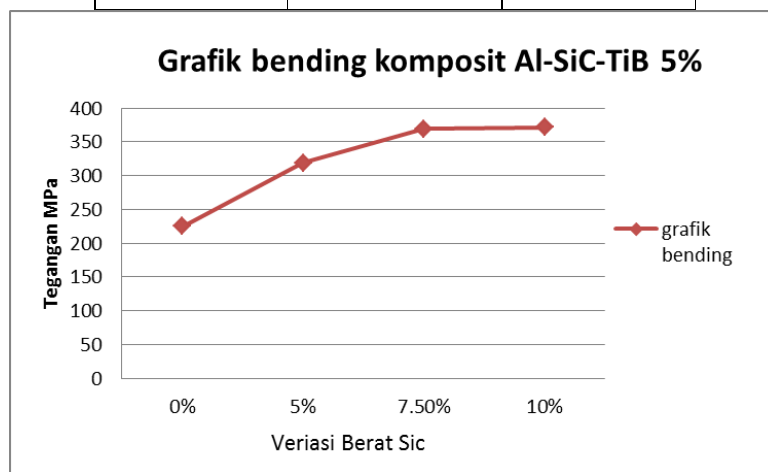
Dalam penelitian kekerasan nilai rata-rata tertinggi spesimen ditunjukkan pada variasi berat SiC 10% dengan nilai rata-rata sebesar 72.6 HRB. Dan nilai terkecil ditunjukkan pada variasi berat SiC 0% yaitu sebesar 54,2 HRB. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak kadar SiC yang di berikan maka kekerasannya juga akan semakin meningkat atau dengan kata lain berbanding lurus dengan nilai porositas yang semakin meningkat pula apabila di beri penambahan serbuk SiC

Pengujian Bending

Pengujian bending ini berfungsi untuk mengetahui sifat suatu komposit yang ada terdapat kuatnya suatu material yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat dari tabel dan gambar grafik hasil mengujian bending dibawah ini :

Tabel 4. Pengujian Bending Komposit Al-SiC-TiB

MATERIAL	Bending (Mpa)	SiC
Al-siC-TiB	225.4	0
	318.8	5
	369.4	7.5
	371.5	10



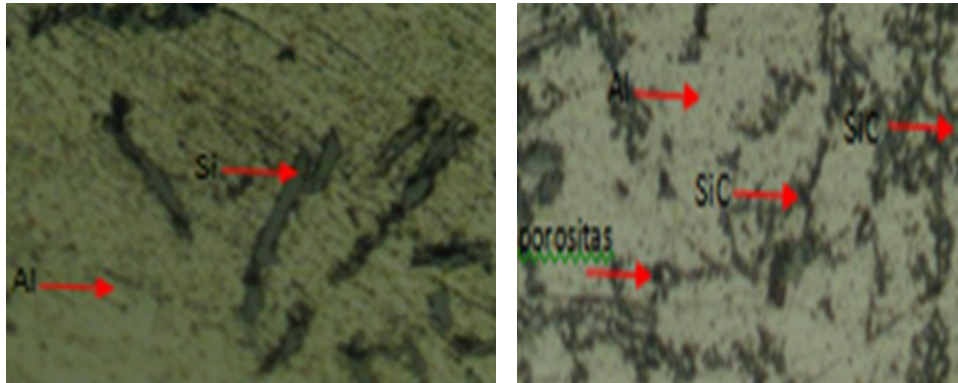
Gambar 4. Grafik Pengujian Bending Komposit Al-SiC-TiB

Dilihat dari tabel dan gambar grafik diatas dapat terlihat 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 371,5 MPa. Dan kekuatan bending terkecil terdapat pada persentase berat SiC 0% dengan rata-rata sebesar 225,4 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.

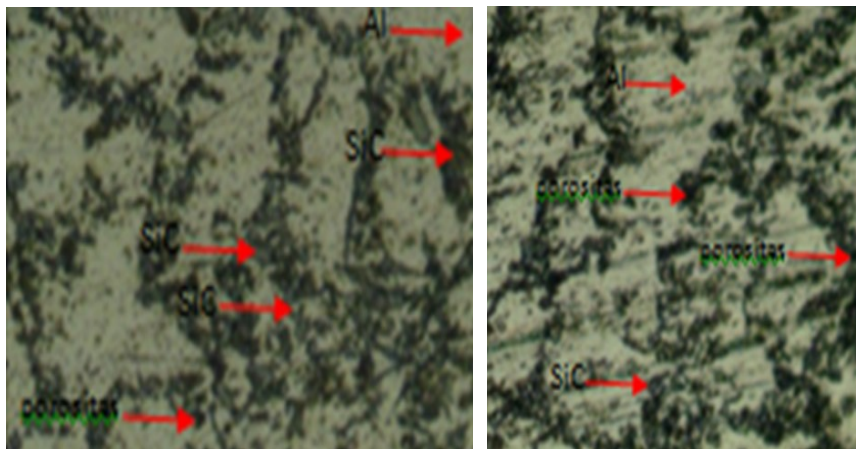
Pengujian Struktur Mikro

Dalam pengujian Struktur mikro dapat terlihat suatu 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 dapat terlihat dari gambar 7 dan 8. Hal ini membuat interaksi atau ikatan antara partikel serbuk SiC dan bahan matrik Al sangat

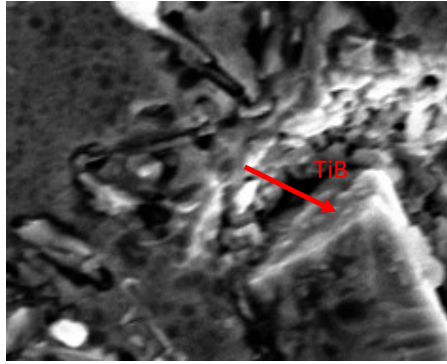
baik. Sebaliknya bila fraksi berat serbuk SiC pada komposit lebih besar atau banyak maka beberapa partikel serbuk SiC saling berimpit atau mengelompok, sehingga ikatan antara partikel serbuk SiC dan bahan matrik Al tidak sempurna. Hal ini akan memunculkan rongga sehingga porositasnya meningkat seperti **Gambar 8** point b. Pada **Gambar 9** menunjukkan bahwa pada penambahan TiB 5% dapat menambah penghalusan butir sehingga pada matrik ini dapat menghasilkan butir yang halus untuk memperkuat komposit yang ada.



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



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



Gambar 9 Struktur mikro komposit Al-SiC-TiB 5% dengan SiC

KESIMPULAN

Hasil pengujian pengaruh berat SiC terhadap sifat fisis dan mekanis komposit Al-SiC-TiB 5% yang diperkuat serbuk SiC :

- a. Uji densitas yang dilakukan pada spesimen komposit aluminium yang diperkuat serbuk SiC nilai tertinggi terdapat pada variasi serbuk SiC 5%, mempunyai nilai rata-rata sebesar $2,69 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ dan nilai terendah terletak pada rata-rata serbuk SiC 10% sebesar $2,65 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$. Dari kedua data densitas tersebut dapat disimpulkan dengan bertambahnya fraksi serbuk SiC sebanyak 5%, 7,5% dan 10% menunjukkan nilai densitas semakin menurun.
- b. 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 7,5% yang mempunyai nilai rata-rata porositas sebesar 3.16%, begitu juga pada fraksi serbuk SiC 0% yang mempunyai nilai porositas rata-rata sebesar 0,92%. Jadi semakin banyak persentase fraksi serbuk SiC yang ditambahkan pada matrik Al maka akan menimbulkan porositas semakin besar.
- c. Hasil nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen dengan fraksi serbuk SiC 10 % yang mempunyai rata-rata nilai sebesar 72,6 HRB. Dan nilai kekerasan terendah pada fraksi serbuk SiC 0% sebesar 54,2 HRB. Dari penelitian kekerasan pada spesimen komposit Al-SiC-TiB 5% yang diperkuat Serbuk SiC didapat nilai rata-rata kekerasan meningkat dengan bertambahnya fraksi serbuk SiC yang dicampurkan sebagai penguat.
- d. 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 $(\sigma) = 371,5 \text{ MPa}$, dan nilai *bending* terendah terdapat pada variasi

serbuk SiC 0% sebesar 254,2 MPa. Jadi semakin banyak serbuk SiC yang dicampurkan pada komposit Al-SiC-TiB 5% akan meningkatkan kekuatan bending pada material komposit.

- e. Dari pengamatan struktur mikro pada sampel memperlihatkan bahwa semakin bertambahnya serbuk SiC yang dicampurkan pada komposit Al-SiC-TiB 5% maka akan meningkatkan porositas dan menurunkan nilai densitas pada komposit. Tapi dengan ditambah TiB 5% dapat menghaluskan butir pada komposit Al-SiC-TiB.

DAFTAR PUSTAKA

- 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
- Juniadi, H., 2003, "Pengaruh Volume Fraksi Terhadap Karakteristik Metal Matrix Composite Al 6063-Al₂O₃ Hasil Proses Casting," *Jurnal Universitas Merdeka Malang*, Malang.
- [Benjamin, W.N., Alan, B.D., dan Ricard, A.W., 1989, "Modern Manufacturing Process Engineering," Singapore : McGraw-Hill Book Co.
- Hashim, J., 2001, "The enhancement of wettability of SiC particles in cast aluminium matrix composite," *Journal of Materials Processing Technology*, Ireland, p.329-335..
- Surdia, T., dan Kenji, C., 1991, "Teknik Pengecoran Logam," Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Khairrel, 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.
- LI Jian-guo, YE Wei, LI Li, HUANG Min. Preparation of AlTiC Master Alloy Under Ultrasonic Vibration [P]. CN 200410103904.3, 2004.(in Chinese).
- Bhusan Rajesh Kumar, Sudhir Kumar, (2009), *Optimisation of Porosity of 7075 Al Alloy 10% SiC Composite Produced by Stir Casting Process Through Taguchi Method*, India
- ASM Handbook Vol 2, (1990), *Properties and Selection Nonferrous Alloy and Special-Purpose Materials*, ASM International
- ASTM E18-11,(2012),*Standard Test Method for Rockwell Hardness of Metallic Materials*
- Mondal.D.P, Nidhi JHA, Anshul BADKUL,S.DAS. Effect of Al-TiB master alloy addition on microstructure, wear and compressive deformation behavior of aluminium alloys. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 22(2012).
- Saheb, DA. , (2011), Aluminum Silicon Carbide and Aluminum Graphite Particulate Composites, *Journal of Engineering and Applied Science*, 6, pp. 41-46.
- Viswanatha, BM., Prasanna Kumar, M., Basavarajappa, S., (2013), Mechanical Properties Evaluation of A356/SiCp/Gr Metal Matrix Composites, *Journal of Engineering Science and Technology*, 8, pp. 754-763