

ANALISA PENGARUH PARTIKEL SiC TERHADAP SIFAT MEKANIS METAL MATRIX COMPOSITE DIBUAT MENGGUNAKAN METODE CENTRIFUGAL CASTING

Fadel Muhammad Harahap^{1,*}, Tugiman², Suprianto²

¹Mahasiswa Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, USU

²Staff Pengajar Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, USU

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155

E-mail : fadelm46@gmail.com

ABSTRACT

Metal matrix composites have properties that are resistant to corrosion and wear compared to metal without reinforcement. Increased use of composites is due to have a low density and relatively low-cost amplifier. Aluminum matrix composites have strength, specific modulus and good wear resistance compared to aluminum alloys without reinforcement. The purpose of this study to better understand the mechanical properties and microstructure of Al-SiC with experimental testing. Composite Silicon carbide (SiC) is prepared with the weight fraction of 1.5%, 2.5% and 3.5%. Casting method used is Centrifugal Casting by pouring temperature 735 ° C, stirring for 2 minutes long and 381 rpm rotation. The test results obtained on the composition of Al-SiC most excellent on mechanical properties and microstructure are SiC content of 3.5%. The maximum value of 62.03 BHN hardness and a minimum value of 48.42 BHN hardness, impact a maximum of 45.42 joules and a minimum of 31.08 joule impact with maximum impact value of 0. joule/mm² and the minimum impact value of 0.310 joule/mm², resistance SiC wear rate of 3.5% in theory at 0,311 mm³/S, experimentally by 0.320 mm³/S and the rate of wear and tear on the theoretical Raw material of 0.401 mm³/S, as experiments 0.415 mm³/S. It can be concluded that the content of Al-SiC 3.5% have hardness, impact and wear resistance is higher than the Raw material. This is in accordance with the micro-structure photograph SiC content more widely available on the variation of 3.5% compared with the variation Raw material composition.

Keywords: Aluminum, centrifugal casting, mechanical properties.

PENDAHULUAN

Meningkatnya kemajuan teknologi modern ini mengakibatkan kebutuhan akan penelitian dan pengembangan dalam segala bidang semakin meningkat pesat, terutama dalam bidang material. *Metal Matrix Composite (MMC)* atau komposit matrik logam adalah salah satu cara untuk mendapatkan material dengan sifat-sifat yang diinginkan. Komposit matrik logam ini merupakan kombinasi antara logam sebagai penyusun utama (matrix) dengan material lainnya sebagai penguat. Salah satu material yang banyak dikembangkan adalah Aluminium karena Aluminium merupakan salah satu bahan yang sangat banyak dipergunakan dalam bidang teknik dikarenakan memiliki sifat yang tahan korosi dan ringan, tetapi Aluminium juga

memiliki kelemahan yakni kekerasan yang rendah sehingga tidak tahan terhadap gesekan (*friction*). Selain itu *Metal Matrix Composite (MMC)* telah berkembang penggunaannya beberapa tahun ini sekarang sudah banyak dikembangkan dengan bahan penguat yang mempunyai unsur seperti SiC, Al₂O₃, B₄C berupa serat pendek [1].

Penelitian ini akan ditekankan pada pembuatan material komposit logam yang berbasis aluminium dengan Silikon Karbida yang dibuat dengan teknik *gravity dan centrifugal casting*. Oleh karena itu penulis mencoba meneliti *Silicon Carbide (SiC)* sebagai pemerkuat dalam pembuatan *Metal Matrix Composite (MMC)* menggunakan aluminium sebagai matrixnya dengan menggunakan metode *Centrifugal Casting*

yaitu metode pengecoran yang bertujuan untuk mencampurkan logam murni dengan komposit dengan cara melebur Aluminium murni hingga cair kemudian memasukkan komposit ke dalam matriks aluminium cair tersebut dan diputar dengan kecepatan dan waktu tertentu. Dalam penelitian ini, material Aluminium alloy ditambah serbuk Silikon karbida (SiC) dan *fly Ash* dengan persentase kandungan *fly ash* 1%, SiC 1,5%, 2,5%, 3,5%. Pada penelitian ini dianalisa pengaruh besarnya kekuatan, kekerasan, ketangguhan, keausan dan mikrostruktur dari suatu bahan *metal matrix composite (mmc)*.

Silikon Karbida

Silikon karbida atau juga dikenal dengan *Carborundum* adalah suatu turunan senyawa silikon dengan rumus molekul SiC, terbentuk melalui ikatan kovalen antara unsur Si dan C. Silikon karbida merupakan salah satu material keramik non-oksida paling penting, dihasilkan pada skala besar dalam bentuk bubuk (*powder*), bentuk cetakan, dan lapisan tipis. Teknik untuk membentuk bubuk SiC menjadi bentuk keramik dengan menggunakan agen pengikat, kemudian memberi pengaruh yang besar terhadap nilai komersial SiC. Sekarang ini, SiC merupakan salah satu material yang memiliki kegunaan yang besar dan memiliki peranan penting dalam berbagai industri seperti industri penerbangan, elektronik, industri tanur, dan industri-industri komponen mekanik berkekuatan tinggi. Umumnya, industri metalurgi, abrasif dan refraktori juga merupakan pengguna SiC dalam jumlah paling besar [2].

Aplikasi silikon karbida (SiC) dalam industri karena sifat mekaniknya yang sangat baik, konduktivitas listrik dan termal tinggi, ketahanan terhadap oksidasi kimia sangat baik, dan SiC berpotensi untuk fungsi keramik atau semikonduktor temperatur tinggi. SiC juga memiliki sifat-sifat penting sebagai berikut: unggul tahan oksidasi, unggul tahan rayapan, kekerasan tinggi, kekuatan mekanik baik, Modulus Young sangat tinggi, korosi baik dan tahan erosi, dan berat relatif rendah. Material-material mentah SiC relatif murah, dan dapat dibuat dalam bentuk-bentuk kompleks, dimana memungkinkan disiasati melalui proses fabrikasi konvensional. Hasil akhir mempunyai harga kompetitif disamping menawarkan

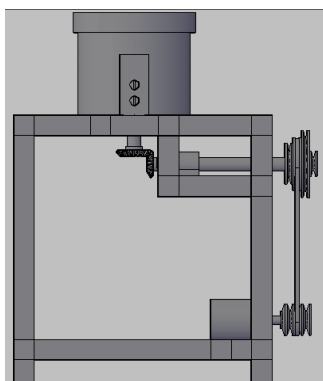
keuntungan - keuntungan teknis yang unggul dan berdaya guna lebih dari material - material penyusunnya [3].

Centrifugal Casting

Centrifugal Casting merupakan salah satu proses pengecoran yang menghasilkan produk cor berbentuk silinder dengan cara memutar cetakan pada sumbunya. Proses pengecoran dapat dilakukan secara vertical maupun horizontal tanpa menggunakan inti (*core*). Produk cor yang dihasilkan dengan metode ini mempunyai arah pembekuan yang terarah (*directional solidification*) dari bagian diameter luar menuju ke diameter dalam. Berkenaan dengan itu maka cara ini cocok untuk coran berbentuk silinder. Pengecoran setrifugal biasanya dipakai adalah pengecoran mendatar, dimana logam cair dituang kedalam cetakan yang berputar pada sumbu mendatar [4].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini memvariasikan komposisi Pofa 1%, SiC sebesar 1,5%, 2,5% dan 3,5% dengan menggunakan cetakan permanen yang terbuat baja dengan berdiameter 68mm dan tinggi cetakan 120mm. Pembuatan MMC ini menggunakan metode *Centrifugal Casting*. Artinya, mencampurkan bahan penguat ke dalam cetakan yang berputar, campurannya harus dilebur dengan temperatur yang di kontrol yaitu temperatur 735°C dan pengadukan *Centrifugal* menggunakan kecepatan putar konstan yaitu 381 rpm. Setelah cetakan sentrifugal dipanaskan, kemudian aluminium alloy diangkat dari kursibel dan dituang kedalam cetakan sentrifugal yang dipanaskan bersamaan *fly ash* yang dicampur kedalamnya. Mesin cetakan centrifugal casting dapat diperlihatkan pada gambar (gambar 1):



Gambar 1 ; Peralatan Centrifugal Casting

Penggunaan *cover flux* ditambahkan pada saat aluminium sudah mencair untuk mengikat dross yang terdapat pada cairan. Pengujian kekerasan terhadap sampel hasil coran dilakukan menggunakan metode Brinell indentor bola baja dengan pembebanan 500kg. Pengujian impak menggunakan metode charpy dengan bentuk takika jenis V yang mengacu kepada standar ASTM vol.3. Pengujian keausan menggunakan metode *pin on disk* yang mengacu kepada standar ASTM G99-04. Pengujian kekasaran permukaan mengacu kepada standar uji keausan pada ASTM G99-04 dengan batasan nilai kekasaran adalah < 0,8 μm . Pengujian mikrostruktur menggunakan mikroskop optic pembesaran (100x).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian komposisi Matriks aluminium

Pengujian komposisi dilakukan terhadap sampel aluminium, hasilnya seperti diperlihatkan table 1 berikut :

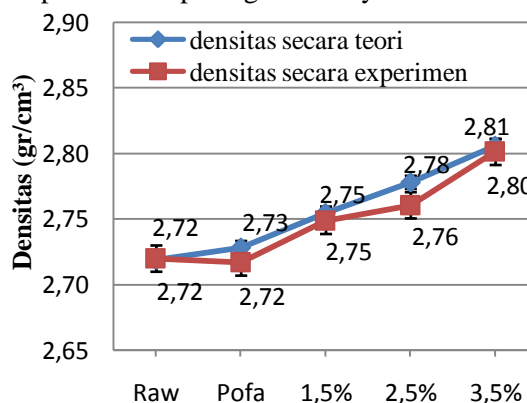
Tabel 1. Hasil pengujian komposisi

Unsur	Titik 1 (%)	Titik 2 (%)	rata-rata (%)
Al	87.1	86.4	86.70
Si	12.0	12.7	12.30
Fe	0.0040	<0.0010	0.0020
Mg	0.0443	0.0485	0.0464
Cr	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Pb	0.0073	<0.0010	0.0036

Table 1 memperlihatkan sampel paduan aluminium dengan unsur alloy utama Si sebesar 12,30%. Keberadaan silikon pada paduan aluminium akan meningkatkan ketahanan material terhadap sifat mekanik pada material uji [5].

Hasil Pengujian Densitas

Pengujian Densitas dilakukan terhadap ke lima variasi komposisi dengan menggunakan teori Archimedes. Hasil pengujian dapat diperlihatkan pada gambar 2 yaitu :

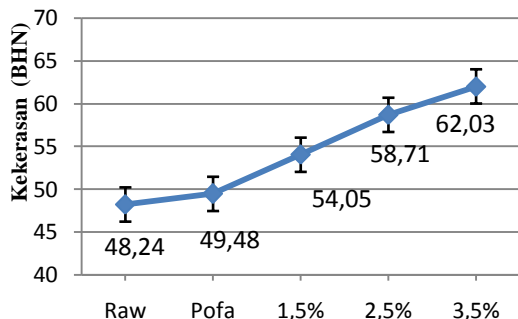


Gambar 2: grafik hubungan komposisi terhadap densitas

Gambar 2 diatas memperlihatkan penambahan fly ash dan SiC pada aluminium akan menaikkan densitas dari metal matrik komposit, dimana hasil uji densitas yang ditunjukkan pada gambar diatas bahwa densitas tertinggi ada pada hasil pengecoran dengan unsur penguat yaitu SiC 3,5% sebesar 2,81 gr/cm^3 secara teori dan secara eksperimen sebesar 2,80 gr/cm^3 . Penambahan unsur SiC akan meningkatkan densitas dari aluminium coran karena SiC memiliki densitas sebesar 3,1 gr/cm^3 . Peningkatan tersebut disebabkan oleh sifat logam aluminium sebagai matrik yang bersifat ulet dan memiliki sifat plastis. Dengan adanya sifat plastis tersebut apabila ada beban yang bekerja pada bahan tersebut maka bahan akan berubah bentuk. Perubahan bentuk karena tekanan akan mendorong serbuk-serbuk mengisi ruang kosong di dalam cetakan. Akan tetapi apabila tekanan terus ditingkatkan pemampatan akan mencapai maksimal atau densitas benda uji sudah tidak dapat ditingkatkan lagi. Karena kemampuan untuk mengisi ruang kosong sudah terhenti karena adanya desakan antar partikel tersebut. [6].

Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap ke lima variasi komposisi dengan menggunakan metode Brinell. Hasil pengujian dapat diperlihatkan pada gambar 3 yaitu :

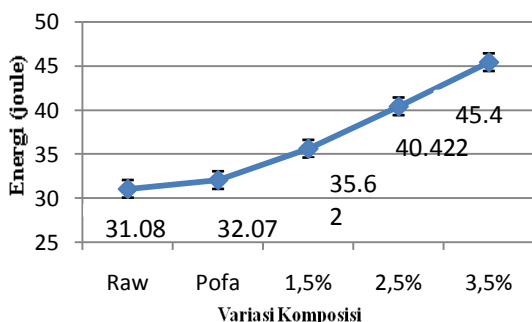


Gambar 3 : Grafik pengaruh komposisi terhadap kekerasan

Gambar 3 memperlihatkan nilai kekerasan maksimum Al-SiC menggunakan metode *centrifugal casting* dicapai pada komposisi 3,5% sebesar 62,03 BHN. Penambahan silikon karbida akan meningkatkan kekerasan dari bahan aluminium coran. Kekerasan meningkat disebabkan karena SiC memiliki kekerasan yang tinggi. Kekerasan komposit bermatriks aluminium akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar jumlah SiC [7].

Hasil Pengujian Impak

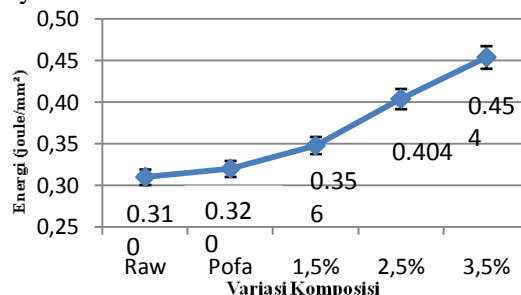
Pengujian impak dilakukan dengan menggunakan metode charpy untuk melihat pengaruh variasi komposisi terhadap kekuatan impak dari bahan tersebut, ketahanan terhadap beban impak dapat dinyatakan dengan *energy* impak, hasil pengujian seperti diperlihatkan pada gambar 4 yaitu:



Gambar 4: Grafik hubungan komposisi dengan energy yang diserap pada pengujian Impak.

Gambar 4 diatas memperlihatkan bahwa penambahan Silikon Karbida (SiC) akan

meningkatkan ketangguhan pada material MMC, energi serap impak yang paling kecil didapat pada bahan raw material yaitu 31,08 joule dan energi serap impak yang paling besar didapat pada variasi 3,5% SiC yaitu 45,42 Joule. Hasil pengujian impak terhadap bahan ini dapat juga dinyatakan dalam satuan joule/mm² yang menyatakan nilai impak dari suatu bahan seperti diperlihatkan pada gambar 5 yaitu :

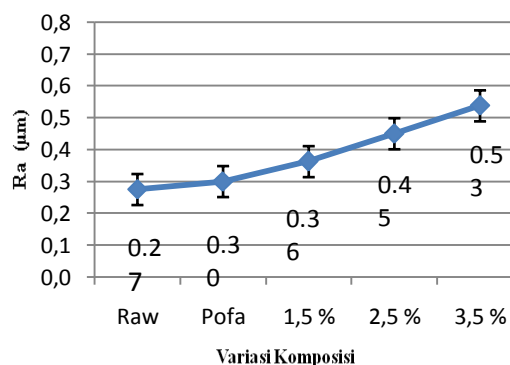


Gambar 5 : Grafik hubungan komposisi terhadap nilai Impak

Kenaikan nilai impak disebabkan karena adanya penambahan unsur silikon karbida pada aluminium coran. SiC memiliki modulus elastis yang baik sehingga SiC dapat meningkatkan nilai impak Al – SiC. Kekuatan tarik dan ketangguhan akan meningkat dengan semakin besarnya penambahan partikel SiC terhadap komposit [8].

Hasil Pengujian Kekasaran

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan metode charpy untuk melihat pengaruh variasi komposisi terhadap kekuatan impak dari bahan tersebut, ketahanan terhadap beban impak dapat dinyatakan dengan *energy* impak, hasil pengujian seperti diperlihatkan pada gambar 6 yaitu:

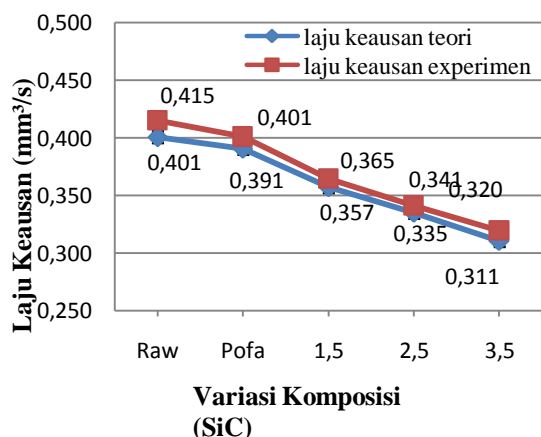


Gambar 6: Grafik hubungan antara komposisi dengan kekasaran permukaan.

Gambar 6 diatas memperlihatkan bahwa kekasaran permukaan spesimen berbeda. Unsur silikon ternyata mempengaruhi kekasaran pada suatu material. Permukaan yang paling kasar terlihat pada Aluminium coran dengan komposisi 3,5%Si. Berdasarkan data gambar 4.4, dapat dilihat bahwa spesimen mendapatkan nilai rata – rata kekasaran dibawah 0,8 μm [10]. Berdasarkan data tersebut dapat dikatakan spesimen uji kekasaran sudah memenuhi standar pengujian keausan berdasarkan ASTM G99-04 [9].

Hasil Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan dengan menggunakan metode pin on disk. Hasil dari pengujian dapat diperlihatkan pada gambar 7 yaitu :



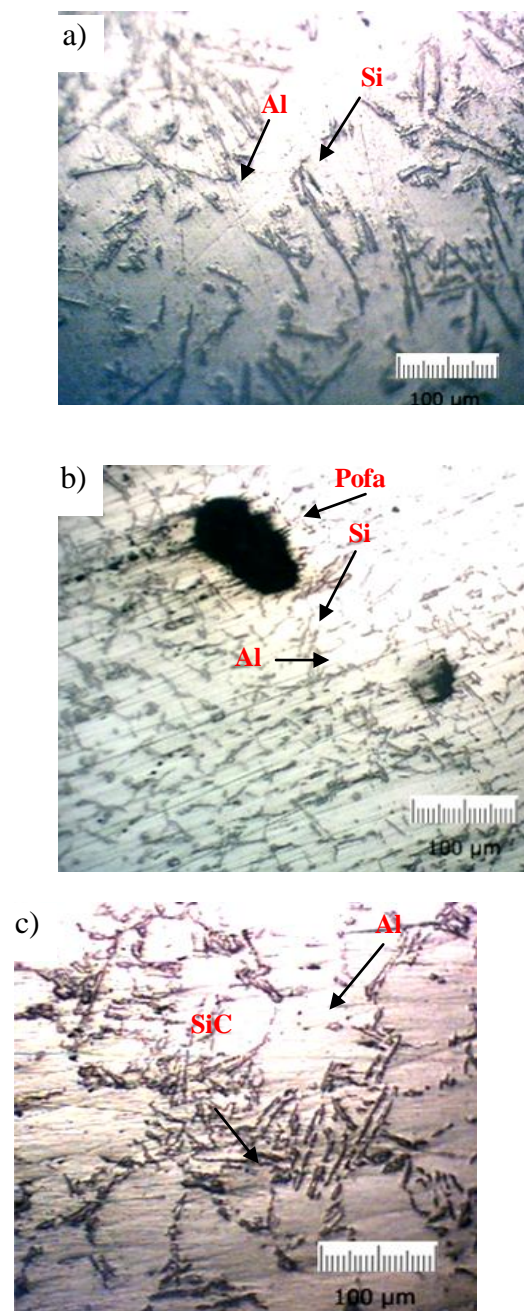
Gambar 7: Grafik hubungan antara komposisi dengan laju keausan

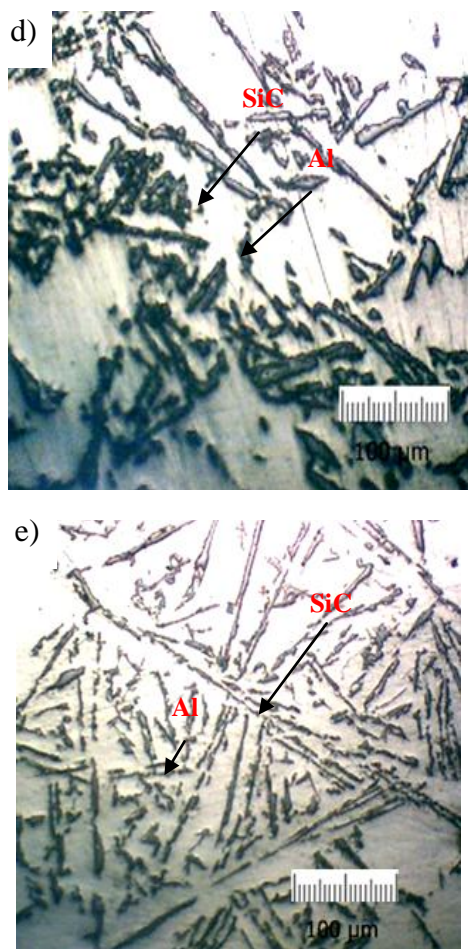
Gambar 7 diatas memperlihatkan bahwa kenaikan laju keausan akan terus meningkat seiring dengan variasi komposisi. Kenaikan laju keausan paling besar terjadi pada bahan raw material yaitu sebesar 0,401 mm³/s. Secara teori dan secara eksperimen sebesar 0,415 mm³/s dan Aluminium coran yang paling rendah laju keausannya pada bahan Al-SiC 3,5% yaitu sebesar 0,311 mm³/s secara teori dan secara eksperimen sebesar 0,320 mm³/s. Laju keausan akan terus menurun seiring dengan penambahan SiC terhadap aluminium alloys. Laju keausan menurun karena SiC memiliki kekerasan yang tinggi dan sifat ketahanan terhadap aus yang baik. SiC memiliki sifat-sifat penting seperti tahan

oksidasi, tahan rayapan, kekerasan tinggi, kekuatan mekanik baik modulus young sangat tinggi, korosi baik dan tahan erosi serta berat relatif rendah [10].

Hasil Pengujian Mikrostruktur

Pengujian mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan mikroskop optic type Rax Vision No. 545491, MM - 10A, 230V - 50Hz. untuk melihat bentuk butiran yang terbentuk pada bagian kulit coran. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.





Gambar 8 : foto Mikrostruktur pada bagian kulit pembesaran 100x
a) raw material, b) Pofa, c) SiC 1,5%, d) SiC 2,5%, e) SiC 3,5%

Gambar 8 memperlihatkan mikrostruktur kandungan SiC 3,5% lebih banyak dan jarak antara molekulnya lebih dekat bila dibandingkan dengan komposisi Raw material, pofa, SiC 1,5% dan SiC 2,5%. Secara visual pada spesimen uji dapat dilihat langsung dan dari gambar diatas dapat dilihat unsur SiC terdistribusi diantara matrik aluminium dengan distribusi yang cukup homogen. Jumlah dari unsur SiC mempengaruhi sifat mekanis dari benda tersebut. Hal ini membuktikan bahwa kadar silikon akan meningkat seiring dengan penambahan kadar SiC yang semakin besar. Semakin besar kadar SiC dalam komposit maka semakin banyak SiC yang terikat dalam matriks [11].

KESIMPULAN

Hasil pengujian *Metal Matrix Composite* (MMC) terhadap Mikrostruktur dan Sifat

mekanis yang telah dilakukan dengan metode *centrifugal casting* dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Pembuatan *Metal Matrix Composite* dapat dibuat melalui beberapa metode, salah satunya yaitu dengan metode *Centrifugal Casting*. Pada metode ini unsur penguat Aluminium adalah Silikon karbida (SiC) dan Fly Ash yang dituang kedalam aluminium telah mencair dan kemudian diaduk agar SiC dan fly ash dapat larut secara homogen pada aluminium cair.
2. Penambahan Silikon karbida (SiC) dapat meningkatkan kekerasan pada material aluminium. Kekerasan tertinggi diperoleh pada komposisi SiC 3,5% sebesar 62,03 BHN.
3. Penambahan Silikon karbida (SiC) dapat meningkatkan ketangguhan pada material aluminium. Daya serap impact tertinggi diperoleh pada komposisi SiC 3,5% sebesar 45,42 joule, dan nilai impact sebesar 0,454 Joule/mm².
4. Hasil uji keausan dapat dilihat bahwa pada bahan raw material memiliki laju keausannya sangat besar yaitu sebesar 0,401 mm³/s secara teori dan secara eksperimen sebesar 0,415 mm³/s. semakin banyak penambahan Silikon maka semakin rendah laju keausannya, yaitu pada Al-SiC 3,5% memiliki laju keausan yang paling rendah yaitu sebesar 0,311 mm³/s secara teori dan secara eksperimen sebesar 0,320 mm³/s.
5. Penambahan unsur Silikon karbida (SiC) dapat mempengaruhi nilai kekerasan, impact dan keausan dari Aluminium tersebut. Semakin banyak penambahan unsur Silikon karbida (SiC) maka semakin tinggi nilai Kekerasan, impact dan keausan. Hal itu dikarenakan jarak antar molekul-molekulnya semakin dekat yang dilihat menggunakan mikroskop optik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Van den Berg, Mark R., 1998 *Aluminum MMC's - Current Status & Future Prospect : Commercial Applications*” Prosiding dalam *Al MMC Consortium*.

- [2] Kirk, R.E dan Othmer, D.F., 1981. "*Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*". New York : John Wiley and Sons Inc.
- [3] Suparman, 2010. "*Sintetis Silika Karbida (SiC) dari Sekam Padi dan Karbon Kayu dengan Metode Reaksi Fasa Padat*". (Tesis). IPB. Bogor. Hal 1-95
- [4] Niebel, Benjamin W, 1989." *Modern Manufacturing Process Engineering*. McGraw Hill, Inc.
- [5] Ye,H., 2002, "*An Overview of the Development of Al-Si-Alloy Based Material for Engine Application*", JMEPEG, 12 – 288 - 297, ASM International.
- [6] Arik Halil; Bagci Cengiz., 2003, "*Investigation of Influence of Pressing Pressure and Sintering Temperature on the Mechanical Properties of Al/Al4C3 Composite Materials*", Turkish Journal Eng. Env. Sci, Tubitak. 2003.
- [7] Suyanto, dkk ., 2014, "*Pengaruh komposisi Mg dan SiC Terhadap sifat Kekerasan Komposit AlSi-SiC yang Dibuat dengan Proses Semi Solid Stir Casting*", Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- [8] Meena, K. L., Manna, A., Banwait, S. S. dan Jaswanti., 2013, "*An Analysis of Mechanical Properties Of the Developed Al/SiC - MMC's*", American Journal of Mechanical Engineering, vol. 1, pp. 14-19.
- [9] ASTM G99-04 , 2004 "*Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on Disk Apparatus*". Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.
- [10] Suparman., 2010. "*Sintetis Silika Karbida (SiC) dari Sekam Padi dan Karbon Kayu dengan Metode Reaksi Fasa Padat*", (Tesis), IPB, Bogor, Hal 1-95
- [11] Suyanto, dkk ., 2014, "*Pengaruh komposisi Mg dan SiC Terhadap sifat Kekerasan Komposit AlSi-SiC yang Dibuat dengan Proses Semi Solid Stir Casting*", Fakultas Teknik Universitas Diponegoro