

Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Matrik Aluminium Berpenguat SiCw/Al₂O₃ Dengan *Wetting Agent* Terhadap Densitas, Porositas Dan Kekerasan

Dw Gd Eka Perdana P., K. Suarsana, Cok Istri Putri K. K.
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Keperluan material yang semakin meningkat mendorong manusia untuk menciptakan rekayasa material, maka dikembangkanlah komposit matrik aluminium. Aluminium merupakan logam non ferro yang penggunaannya sangat luas di bidang industri. Aluminium mempunyai sifat-sifat yang penting yaitu ringan, tahan karat, dan penghantar panas yang baik. Untuk memperbaiki sifat mekanik komposit matrik aluminium akan diperkuat dengan SiCw dan Al₂O₃. Komposit matrik aluminium akan ditambahkan SiCw dan Al₂O₃ sebagai penguat dan Mg sebagai *Wetting agent* dan dibuat dalam 3 variasi komposisi yaitu Komposisi I Al (65%) – SiCw (20%) – Al₂O₃ (10%) – Mg (5%), Komposisi II Al (65%) – SiCw (15%) – Al₂O₃ (15%) – Mg (5%), Komposisi III Al (65%) – SiCw (10%) – Al₂O₃ (20%) – Mg (5%). Proses pencetakan dilakukan dengan metode metalurgi serbuk dengan beban kompaksi sebesar 25 kN selama 30 menit dan dengan temperature sintering 550 °C. penelitian ini dilakukan guna mengetahui perubahan sifat mekanik, yaitu densitas, porositas dan kekerasan dari komposit ini. Hasil penelitian menunjukan bahwa densitas dari komposit ini meningkat seiring dengan penambahan komposisi Al₂O₃, densitas tertinggi dimiliki oleh komposit komposisi III. Dari hasil uji Porositas menunjukan bahwa komposit ini memiliki porositas yang tinggi dan terus menurun seiring bertambahnya komposisi Al₂O₃. Hasil dari pengujian Kekerasan menunjukan bahwa nilai kekerasan komposit ini meningkat seiring bertambahnya komposisi Al₂O₃. Kekerasan tertinggi dimiliki oleh komposisi III yaitu 57,283 VHN.

Kata Kunci: komposit matrik aluminium, metode metalurgi serbuk, densitas, porositas dan kekerasan

Abstract

The increasing of daily needs drives human to create engineering materials, therefore the aluminum matrix composite is developed. Aluminum is a non-ferrous metal which is widely used in industry. Aluminum has important properties that are lightweight, rust resistant, and a good conductor of heat. To improve the mechanical properties of the aluminum matrix composite will be strengthened with SiCw and Al₂O₃. Aluminum matrix composite will be added SiCw and Al₂O₃ as amplifier and Mg as wetting agent and made in 3 variations of composition is that Composition I Al (65%) – SiCw (20%) – Al₂O₃ (10%) – Mg (5%), Composition II Al (65%) – SiCw (15%) – Al₂O₃ (15%) – Mg (5%), Composition III Al (65%) – SiCw (10%) – Al₂O₃ (20%) – Mg (5%). The printing process was done by powder metallurgy method with compaction load of 25 kN held for 30 min and with 550 °C sintering temperature. This research was conducted to find out the change of mechanical properties that density, porosity and hardness of this composite. The results showed that the density of this composite increases with the addition of Al₂O₃ composition, the highest density is owned by composite compositions III. From the results of Porosity test showed that this composite has a high porosity and decline as the composition of Al₂O₃ increases. The results of vickers hardness testing show that the value of this composite hardness increases with the addition of Al₂O₃ composition. The highest hardness is owned by composition III that is 57,283 VHN.

Keywords: aluminum matrix composite, powder metallurgy method, density, porosity and vickers

1. Pendahuluan

Perkembangan jaman semakin maju maka kebutuhan terhadap teknologi material juga meningkat dan beragam dalam pengaplikasiannya. Aplikasi pengembangan material berbasis logam pada dunia industri sangat berpotensi, terutama di Indonesia. Indonesia mempunyai potensi mineral bauksit (sumber aluminium) yang cukup besar. Data terakhir dari Badan Geologi ESDM tahun 2013 menunjukkan jumlah seluruh sumber daya bauksit di Indonesia mencapai 838,9 juta ton. Maka Aluminium merupakan material yang berpotensi untuk dikembangkan upaya untuk mendapatkan karakteristik material yang sesuai dengan

kebutuhan. Salah satu pengembangan dari material aluminium adalah komposit matriks aluminium.

Tahun 2016 Komposit Matriks Aluminium berpenguat SiCw dan Al₂O₃ dengan metode metalurgi serbuk sudah pernah diteliti oleh K. Suarsana yang bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat mekanisnya. Hasilnya kekuatan komposit meningkat seiring dengan peningkatan temperatur, namun porositas meningkat seiring dengan peningkatan Al₂O₃ [1]. Maka dari itu, pada penelitian ini dilakukan Penambahan Magnesium sebagai *wetting agent* yang bertujuan untuk meningkatkan ikatan antar-muka antara matriks dengan penguat agar komposit menjadi semakin homogen [2].

Penelitian yang telah dilakukan perlu dikaji dan diteliti pengaruh variasi penguat SiCw dan Al₂O₃ pada komposit matriks aluminium terhadap Densitas,

Porositas dan Kekerasannya. Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

Penelitian ini memiliki beberapa rumusan permasalahan yang akan diteliti, yaitu bagaimana pengaruh variasi komposisi penguat SiCw dan Al₂O₃ yang diukur dari uji Densitas, Porositas, Kekerasan serta bagaimana karakteristik struktur mikro dari komposit yang diamati menggunakan Scanning Electron Microscope.

Beberapa batasan masalah ditentukan dalam penelitian ini yaitu material yang digunakan adalah *aluminium fine powder*, *SiC whisker*, serbuk alumina serta serbuk magnesium. Gaya tekan yang digunakan pada saat pencetakan specimen adalah 25 kN pada temperatur ruangan. Temperatur sintering yang digunakan adalah dengan temperature *pre-heating* 200°C laju kenaikan temperatur 5°C/menit dengan *holding time pre-heating* selama 1 jam kemudian temperature dinaikan ke temperature sinter 550°C dengan *holding time* sinter selama 6 jam

2. Dasar Teori

Komposit merupakan gabungan dari 2 material multifasa yang memiliki interface makroskopis yang bisa dibedakan secara makro dan memiliki sifat yang merupakan penggabungan sifat positif material penyusunnya [3]. Berdasarkan bahan matrik yang digunakan maka komposit diklasifikasikan dalam 3 kelompok, yang salah satunya *Metal Matrix Composites (MMC)*. Komposit jenis ini merupakan kombinasi dari dua material logam atau lebih dengan matriks berupa logam dan umumnya menggunakan keramik sebagai penguat [4]. Berdasarkan pada efisiensi biaya, sifat mekanis, dan aplikasinya, partikel penguat yang umum digunakan sebagai penguat dalam Aluminium Matrik Komposit adalah partikel SiC dan Al₂O₃. Pada penelitian ini penulis akan menambahkan magnesium yang dapat membuat komposit lebih homogen.

Aluminium dan paduannya merupakan logam ringan dengan massa jenis rendah (2,7 g/cm³) dibandingkan dengan baja (7,9 g/cm³). Pada aplikasi Aluminium Matrik Komposit, logam aluminium berperan sebagai matrik yang berfungsi sebagai media transfer beban ke penguat, karena hanya sedikit beban yang diterima oleh komposit yang mampu di tahan oleh matriks sehingga matriks pada komposit haruslah material yang ulet dan melindungi penguat dari lingkungan [5].

Silikon karbid *whisker* (SiCw) merupakan salah satu jenis keramik yang sering paling digunakan sebagai penguat dalam komposit. Silicon karbida diproduksi dengan silika relatif dari tanah dan karbon dari proses pemanasan pada temperatur 2400°C di dalam dapur listrik, memiliki kekerasan serta modulus elastisitas yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan sifat mekanis pada aplikasi material komposit [6].

Penambahan penguat Al₂O₃ bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan ketahanan

komposit karena Al₂O₃ memiliki sifat ketahanan aus, tahan akan korosi, ketahanan terhadap api dan kekerasan yang tinggi [7]. Magnesium digunakan sebagai *wetting agent*, yaitu sebagai pengikat interface antar matrik dan partikel penguat ini bertujuan agar matrik dapat mengikat partikel penguat dengan baik dan komposit menjadi semakin homogen.

Proses yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah metode metalurgi serbuk (*Powder Metallurgy*). Tahapan dalam proses metalurgi serbuk diawali pencampuran dan pengadukan partikel serbuk adalah proses bercampurnya serbuk secara sempurna dengan masing-masing besaran komposisi guna menghasilkan serbuk yang homogen. Mekanisme yang terjadi selama proses pencampuran serbuk tergantung dari metoda pencampuran yang digunakan [8].

Kompaksi adalah suatu proses pembentukan terhadap serbuk murni, atau paduan dari berbagai jenis serbuk sehingga mempunyai bentuk tertentu dan mempunyai kekuatan yang cukup untuk dilakukan proses selanjutnya yaitu sintering [8].

Proses sintering, ini merupakan proses pemanasan, dengan tekanan atau tanpa tekanan sehingga partikel akan saling berikatan secara kimia menjadi struktur yang homogen atau koheren [9]. Proses sinter biasanya akan diikuti dengan adanya peningkatan sifat mekanik jika dibandingkan dengan material hasil kompaksi yang belum melalui proses sinter. Hal ini diakibatkan oleh menyatunya partikel-partikel pengikat dan penguat sehingga dapat meningkatkan kerapatan struktur dari produk atau biasa disebut proses pemadatan [10].

2.1. Pengujian Material Komposit

Pengujian yang dilakukan pada material komposit Al-SiCw/Al₂O₃ yaitu Densitas, Porositas, Kekerasan dan pengamatan struktur mikro dengan *Scanning Electron Microscope*.

a. Pengujian Densitas

Densitas merupakan besaran fisis, perbandingan massa dengan volume benda. Pengukuran densitas yang berbentuk padat menggunakan metode Archimedes [11].

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

Dengan :

- ρ = Densitas Material (gr/cm³)
- m_s = Massa kering (gr)
- m_g = Massa material digantung dalam air (gr)
- m_b = Massa material setelah direndam dengan air (gr)
- ρ_{H_2O} = Massa jenis air (1 gr/cm³)

b. Pengujian Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume ruang kosong atau pori-pori yang dimiliki oleh material padat terhadap jumlah dari volume material itu sendiri.

$$P = \frac{m_b - m_s}{(m_b - m_g)} \times 100 \% \quad (2)$$

Dengan :

- P = Porositas material (%)
- m_s = Massa material kering (gr)
- m_g = Massa material digantung dalam air (gr)
- m_b = Massa material setelah direndam dengan air (gr)

c. Pengujian Kekerasan

Uji *vickers* dikembangkan di Inggris pada tahun 1925. Uji kekerasan atau *vickers* menggunakan *indentor* piramida, besar sudut antara permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° . ASTM yang digunakan adalah ASTM E384.

$$VHN = \frac{1,854 \times P}{d^2} \quad (3)$$

Dengan:

- VHN = *Vickers hardness number*
- P = Beban yang diberikan ke material (kgf)
- D = Panjang diagonal rata-rata

d. Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron yang sering digunakan untuk menganalisa permukaan suatu material. *Scanning Electron Microscope* juga bisa digunakan untuk mengetahui data kristalografi, sehingga SEM dapat digunakan lebih lanjut untuk menentukan elemen atau senyawa dari sebuah material.

3. Metode Penelitian

Mempelajari proses pembuatan komposit matrik aluminium dengan penguat SiCw/Al₂O₃ dan Mg menggunakan metalurgi serbuk maka di buat sampel yang selanjutnya akan dikarakterisasi untuk mengetahui sifat-sifatnya. Komposisi Al – SiCw/Al₂O₃ dan Mg menjadi variabel yang akan diamati pengaruhnya terhadap densitas, porositas dan kekerasannya yang diikuti dengan analisa struktur micro menggunakan SEM. Dalam pembuatan komposit matrik Aluminium Berpenguat SiCw/Al₂O₃ menggunakan metode metalurgi serbuk yang dibuat berbentuk silinder berdiameter 1cm dan dengan tinggi 1 cm. sehingga volume komposit

yang dihasilkan 0,785 cm³. Bahan yang digunakan yaitu Aluminium ($\rho = 2,7 \text{ gr/cm}^3$), SiCw ($\rho = 3,2 \text{ gr/cm}^3$), Al₂O₃ ($\rho = 3,8 \text{ gr/cm}^3$), dan Magnesium ($\rho = 1,7 \text{ gr/cm}^3$) dengan variasi perbandingan yaitu Komposisi I Al (65%) – SiCw (20%) – Al₂O₃ (10%) – Mg (5%), Komposisi II Al (65%) – SiCw (15%) – Al₂O₃ (15%) – Mg (5%), Komposisi III Al (65%) – SiCw (10%) – Al₂O₃ (20%) – Mg (5%).

4. Hasil Dan Pembahasan

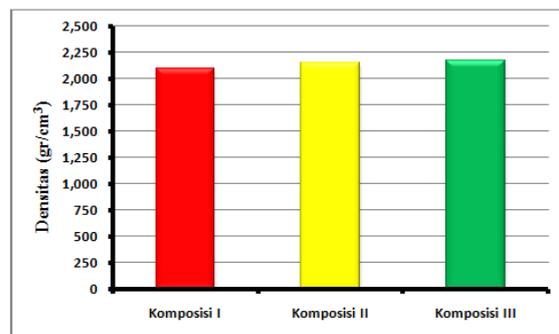
4.1. Data Hasil Uji Densitas

Pengujian densitas dilakukan pada 9 sampel, terdapat masing-masing 3 sampel pada setiap komposisi kemudian dicari rata-ratanya. Pengujian densitas dilakukan dengan cara penimbangan specimen. Specimen ditimbang dalam keadaan kering sempurna, kemudian ditimbang dalam keadaan di dalam air, dan ditimbang dalam keadaan basah setelah direndam di dalam air. Data hasil dari pengujian ditabelkan pada tabel 1:

Tabel 1. Hasil Uji Densitas

Komposisi	Spesimen Uji	m_s (gram)	m_g (Gram)	m_b (Gram)	Densitas	Densitas (g/cm ³) rata-rata
I	a	2,24	1,36	2,43	2,093	2,099
	b		1,36	2,42	2,113	
	c		1,36	2,43	2,093	
II	a	2,27	1,38	2,44	2,141	2,147
	b		1,39	2,44	2,161	
	c		1,38	2,44	2,141	
III	a	2,29	1,40	2,45	2,181	2,167
	b		1,40	2,45	2,181	
	c		1,41	2,45	2,201	

Mempermudah pembacaan data hasil dari pengujian densitas maka data hasil pengujian digambarkan pada grafik dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Komposisi Terhadap Densitas

Berdasarkan pada grafik dalam Gambar 1 menunjukkan bahwa Densitas komposit meningkat seiring dengan bertambahnya persentase alumina yang dicampurkan. Hal ini diakibatkan oleh alumina memiliki nilai densitas yang paling besar dibandingkan material penyusun lainnya.

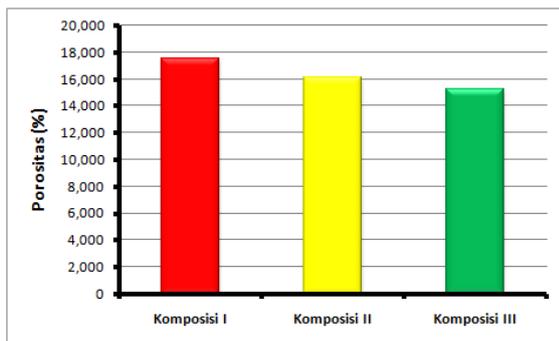
4.2. Data Hasil Uji Porositas

Proses pengujian porositas sama halnya dengan proses uji densitas yaitu dilakukan dengan cara penimbangan. Spesimen ditimbang dengan keadaan kering sempurna, ditimbang dalam keadaan di dalam air, ditimbang dengan keadaan basah setelah direndam di dalam air. Hasil pengujian porositas ditabelkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Uji Porositas

Komposisi	Spesimen Uji	m_s (gram)	m_g (Gram)	m_b (Gram)	Porositas (%)	Porositas (%) Rata-rata
I	a	2,24	1,36	2,43	17,757	17,498
	b		1,36	2,42	16,981	
	c		1,36	2,43	17,757	
II	a	2,27	1,38	2,44	16,037	16,088
	b		1,39	2,44	16,190	
	c		1,38	2,44	16,037	
III	a	2,29	1,40	2,45	15,238	15,286
	b		1,40	2,45	15,238	
	c		1,41	2,45	15,384	

Untuk mempermudah pembacaan data hasil uji porositas maka data di atas digambarkan dalam bentuk grafik dalam Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Komposisi Terhadap Porositas

Grafik dalam Gambar 2 menunjukkan porositas yang terjadi besar. Grafik di atas juga menunjukkan terjadi penurunan porositas akibat penambahan alumina disetiap komposisi. Salah satu kekurangan dari proses metalurgi serbuk yaitu berat jenis produk metalurgi serbuk yang dicapai hanya 95% dari berat jenis benda pejal sehingga cenderung memiliki porositas yang tinggi [4]. Hal ini disebabkan karena dalam proses pembuatannya memungkinkan *lubricant* atau gas terjebak di dalam partikel serbuk, seperti misalnya saat proses penimbangan serbuk, pencampuran serbuk dan saat dikompaksi. Porositas dapat terjadi karena terjebaknya *lubricant* dan gas yang menyebabkan proses pembentukan leher pada saat sintering tidak sempurna.

4.3. Data Hasil Uji Kekerasan

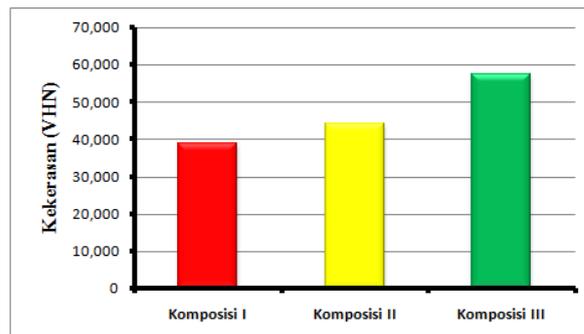
Pengaruh fraksi penguat yaitu SiCw dan Alumina diharapkan mampu menambah kekuatan material komposit matrik aluminium. Fraksi penguat telah menyebabkan peningkatan Densitas dan Porositas pada komposit. Oleh sebab itu dilakukan

pengujian kekerasan untuk mengetahui peningkatan kekerasan dari komposit. Pengujian dilakukan pada sembilan spesimen, dimana masing-masing komposisi terdapat tiga spesimen. Setiap spesimen diuji sebanyak tiga titik dengan beban 3 kg di permukaan atas dan permukaan bawah kemudian di rata-ratakan.

Tabel 3. Data Hasil Uji Kekerasan

Spesimen Uji	Atas			Bawah			Total	Rata-rata	
I	A	38,358	40,014	41,819	36,352	40,041	46,350	242,961	40,493
	B	32,911	34,122	34,762	43,116	43,762	47,948	236,621	39,436
	C	33,506	38,095	36,116	36,592	38,095	38,358	220,762	36,834
Rata-rata VHN									38,921
II	A	40,014	45,297	51,385	40,628	49,561	38,920	265,805	44,300
	B	44,889	45,145	46,729	39,763	48,114	41,748	266,451	44,408
	C	41,295	36,568	37,524	43,397	40,192	42,443	241,419	40,236
Rata-rata									44,010
III	A	70,943	42,443	61,800	61,800	52,335	54,316	343,628	57,271
	B	61,800	61,800	57,870	55,700	53,643	61,800	352,613	58,768
	C	55,700	48,114	63,912	51,699	61,800	53,643	334,868	55,811
Rata-rata									57,283

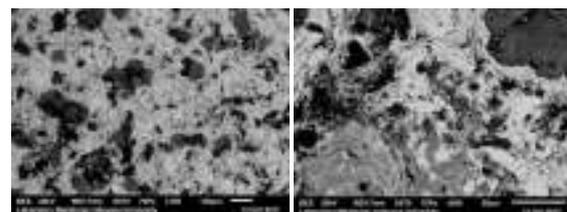
Data hasil uji kekerasan yang telah ditabelkan dapat dibuat dalam bentuk grafik untuk mempermudah pembacaannya dan menunjukkan hubungan antara komposisi penguat terhadap kekerasannya. Grafik dapat dilihat pada Gambar 3.



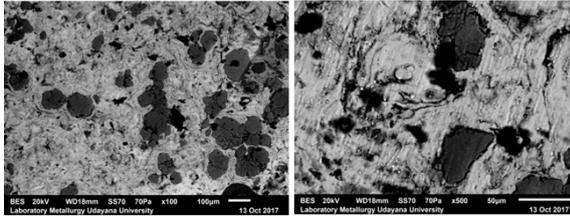
Gambar 3. Grafik Hubungan Komposisi Terhadap Kekerasan

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai kekerasan meningkat seiring bertambahnya komposisi alumina. Peningkatan kekerasan berkaitan dengan peningkatan densitas dan pengurangan porositas yang terjadi pada komposit. Hal ini kemungkinan besar diakibatkan oleh peningkatan kerapatan dan pengurangan rongga-rongga pada komposit yang menyebabkan komposit semakin keras.

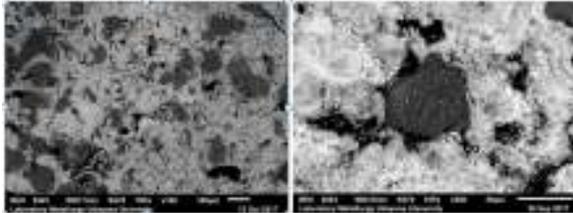
4.4. Hasil Pengamatan Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)



Gambar 4. Komposisi I Pembesaran 100x dan 500x Menggunakan SEM



Gambar 5. Komposisi II Pembesaran 100x dan 500x Menggunakan SEM



Gambar 6. Komposisi III Pembesaran 100x dan 5000x Menggunakan SEM

Berdasarkan gambar dari hasil pengamatan menggunakan SEM membuktikan dan menguatkan hasil dari pengujian sebelumnya. Pada gambar 4, gambar 5, dan gambar 6 hasil analisa SEM menunjukkan bahwa porositas pada komposit menurun dari komposisi I hingga komposisi III. Ini ditunjukkan oleh keberadaan lubang-lubang hitam pada gambar spesimen. Porositas dominan terjadi diantara partikel penguat dengan matriks yang disebabkan oleh kurangnya beban kompaksi dan temperature sintering yang digunakan kurang tinggi. komposit yang memiliki porositas paling rendah yaitu pada komposit komposisi I sedangkan porositas paling banyak dimiliki oleh komposit komposisi III. dari sini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kandungan alumina mengakibatkan porositas yang semakin banyak.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengaruh variasi komposisi penguat SiCw/ Al_2O_3 terhadap Densitas, Porositas dan Kekersannya memperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian densitas menyimpulkan bahwa pengaruh penambahan komposisi Al_2O_3 terhadap nilai densitas komposit meningkat dari komposisi I hingga komposisi III rata-rata peningkatannya sebesar 1,6%. Pada hasil uji porositas diperoleh kesimpulan bahwa terjadi penurunan nilai porositas pada komposit dari komposisi I hingga komposisi III rata-rata sebesar 2,2%
2. Hasil pengujian kekerasan menyimpulkan bahwa pengaruh penambahan komposisi Al_2O_3 terjadi peningkatan kekerasan pada komposit dari komposisi I hingga komposisi III. peningkatan nilai kekerasan yang terjadi rata-rata sebesar 21,5%.

3. Pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* menyimpulkan bahwa pengaruh penambahan komposisi Al_2O_3 signifikan meningkatkan kerapatan ikatan antara matriks dan penguat, sehingga diperoleh densitas yang meningkat serta porositas yang berkurang.

Daftar Pustaka

- [1] Suarsana, Ketut., 2012, **Karakteristik Aluminium Matrix Composite (AMC) dari Aluminium Fine Powder Diperkuat SiC Wisker (Al-SiCw) dengan Tambahan Bahan Aditif.** Teknik Mesin Universitas Udayana
- [2] Geng Lin., Zhang Hong-Wei., Li Hao-Ze., Guan Li-Na., Huang Lu-Jun., 2010, **Effects of Mg Content on Microstructure and mechanical Properties of SiCw/Al-Mg Komposites.** Trans. Nonferrous Met, Sos. China 1851-1855.
- [3] Reddy, Chennakesava.A dan Essa Zitoun., 2010, **Matrix Al-Alloy for silicon carbide Particle Penguat Metal Matriks Komposit.** Indian Journal of Science and Tehnology vol 3 No. 12. ISSN : 0974-6846.1184-1187.
- [4] Matthews., F.L. and R.D. Rawlijns., 1994. **Composite Material: Enginering & Science**
- [5] Brooks and Charlie. R. 1982. **Structure and Properties of Nonferrous Alloys.** American Society For Metal.
- [6] Lutfi dan Syukron., 2010 **Pengaruh Magnesium Terhadap Proses Electroless Coating pada Partikel Berpenguat SiC.** Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.
- [7] Chapman & Hall., 1994. **ASM Handbook Volume 4 Ceramics dan Glasses ASM International,** Engineered Science London.
- [8] David Chandrwan dan Myrna Ariati. 1999. **Metalurgi serbuk, Teori dan Aplikasi jilid 1.** Depok.
- [9] Randall M., 1984, **Powder Metallurgy Science USA: Metal Powder Industries Federation.** German.
- [10] Fritz V. Lenel, 1980, **Powder Metallurgy, Principles and Aplication.** New Jersey: Princeton.

- [11] Birkeland, P.W., 1984, **Soil And Geomorphology**, Oxford, University Press New York.