

Pengaruh Variasi Gaya Tekan Pada *Aluminium Matrix Composite (AMC)* Berpenguat SiCw/Al₂O₃ Dengan *Wetting Agent* Terhadap Porositas, Densitas Dan Kekerasan

I Putu Ferdian A, K.Suarsana, Cok Istri Putri K. K.

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Kebutuhan material berbasah dasar logam pada dunia industri mendorong pemikiran untuk pengembangan material komposit, yang memiliki sifat-sifat mekanis lebih baik dari material sebelumnya. Maka dikembangkanlah aluminium matrik komposit menggunakan Aluminium sebagai matrik, SiCw dan Al₂O₃ sebagai penguat, dengan bantuan magnesium sebagai wetting agent. Penelitian yang dilakukan menggunakan proses metalurgi serbuk, dengan memvariasikan gaya tekannya (kompaksi) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi gaya tekan (kompaksi) terhadap sifat mekanis. Variasi penekanan spesimen menggunakan gaya tekan 20 kN, 25 kN, 30 kN, dengan penahanan masing-masing 20 menit. Pengujian yang dilakukan meliputi uji densitas, porositas, kekerasan, dan pengamatan menggunakan SEM (Scanning Electronic Microscope). Dari hasil pengujian pengaruh variasi tekanan mempengaruhi dari sifat mekanis. Hasil pengujian densitas menunjukkan bahwa nilai densitas meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan (kompaksi) yang diberikan. Nilai densitas paling tinggi didapatkan yaitu: 2,248 gram/cm³ pada tekanan 30 kN. Hasil pengujian porositas menunjukkan bahwa nilai porositas menurun seiring dengan meningkatnya tekanan yang diberikan, didapat nilai porositas yang terendah yaitu sebesar 15,382% pada tekanan kompaksi 30 kN. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 49,246 pada tekanan 30 kN.

Kata kunci: aluminium matrik komposit, metal matrik komposit, densitas, porositas, vickers.

Abstract

The requirement for metal base material in industrial encourages idea for the development of composite materials, that have better mechanical properties than the previous materials. Aluminium matrix composite developed using Aluminium as matrix, SiCw and Al₂O₃ as reinforcement, with assist of magnesium as wetting agent. The research conducted using powder metalurgy process, by varying the compaction to know the effect of compaction variation on mechanical properties. The variation pressure of the specimen compaction use 20 kN, 25 kN, 30 kN, with each 20 minutes holding time. The test conducted include, density, porosity, vickers, and observation using SEM (Scanning Electronic Microscope). From the results of the variation compacting influence from the mechanical properties. The density test results shows that the density value increases with increasing compaction giving. The highest density values obtained were : 2,248 gram/cm at 30 kN of compaction. Porosity test result showed that the porosity value decreased along with the increasing pressure given, obtained the lowest porosity value that is equal to 15.382% at 30 kN of compaction. The result of vicker number test show the highest hardness value is equal to 49.246 at 30 kN of compaction.

Keywords: aluminium matrix composite, metal matrix composite, density, porosity, vickers.

1. Pendahuluan

Ketersediaan material konvensional berbasis logam yang kuantitas dan kualitasnya terbatas memunculkan pemikiran untuk pengembangan material baru yang terdiri dari 2 atau lebih dari gabungan material yang berbeda, seperti logam dengan keramik, material ini disebut komposit [1]. Secara umum penelitian dan pengembangan teknologi komposit bertujuan untuk meningkatkan karakteristik sifat material yang signifikan, seperti untuk aplikasi material yang ringan tetapi sangat kuat. Penelitian yang akan dilakukan adalah metode pengembangan Aluminium Matrix Composite whisker (AMCw) menggunakan penguat SiCw dan Al₂O₃ dengan menambahkan *wetting agent* yaitu Mg, menggunakan teknik *powder metalurgy*, dan memvariasikan gaya tekannya.

Tahun 2016 dilakukan penelitian terhadap pemanfaatan serat silicon carbon dan partikel

alumina pada Aluminium Matrix Composite guna meningkatkan sifat mekanisnya. Hasil yang didapat dari peningkatan komposisi penguat Al₂O₃ dapat mengurangi porositas, meningkatkan densitas, dan kekerasan pun meningkat, dimana hasil porositas tertinggi adalah 21,546 % dan densitas tertinggi 2,469 gr/cm³ [2].

Penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa hal yang perlu dikaji dan diteliti yaitu pengaruh variasi gaya tekan pada *aluminium matrix composite (AMC)* berpenguat SiCw/Al₂O₃ dengan *wetting Agent* terhadap porositas densitas dan kekerasan

Beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu bagaimana pengaruh variasi gaya tekan pada komposit Al-SiCw/Al₂O₃ dengan *wetting agent* melalui proses *powder metalurgy* yang terukur dari hasil pengujian, meliputi: uji densitas, porositas dan uji kekerasan, serta bagaimana morfologi bahan yang diamati melalui scanning electronic microscope.

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi, material yang digunakan adalah matrik aluminium sebagai pengikat, SiCw, dan Al₂O₃ sebagai penguat, dan magnesium sebagai wetting agent. Proses kompaksi dilakukan dengan gaya tekan 20, 25, dan 30 kN dengan waktu tahan 20 menit dengan asumsi tekanan merata dan menyebar kesegala arah. Suhu sintering menggunakan temperaatur 600°C dengan waktu tahan selama 6 jam.

2. Dasar Teori

Material komposit didefinisikan sebagai material hasil kombinasi makroskopis dari dua atau lebih komponen yang berbeda, dengan tujuan untuk mendapatkan material yang memiliki sifat-sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik dari sifat masing-masing komponen penyusunnya. Komponen penyusun dari komposit, yaitu berupa penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrix*). Pada umumnya Berdasarkan bahan matrik yang digunakan, maka komposit dapat dibagi ke dalam tiga kelompok, salah satunya adalah *Metal Matrix Composite* (MMC). MMC adalah salah satu jenis komposit yang merupakan kombinasi dari dua material atau lebih dengan matrik berupa logam dan umumnya menggunakan keramik sebagai penguat. Berdasarkan bentuk partikel penguatnya, (MMC) dibagi menjadi 2, yaitu: *Continuous* merupakan komposit yang menggunakan bahan fiber sebagai penguat. Komposit dengan penguat fiber umumnya digunakan jika komponen yang hendak dibuat lebih mementingkan kekuatan tarik yang baik. Sedangkan *Discontinuous* digunakan untuk aplikasi yang pembebanannya diterima merata di seluruh material MMC, karena beban akan disalurkan ke semua penguat melalui matrik sehingga penyebarannya akan merata dan tidak terpusat seperti serat *continuous* [3]. Dengan penguat jenis ini, memungkinkan untuk membuat material komposit secara metalurgi serbuk (*powder metalurgy*). Pada penelitian ini, MMC diteliti menggunakan jenis *Discontinuous*, yang memiliki 4 elemen penting dari fabrikasi yang dibuat yaitu, logam aluminium sebagai matrik, partikel SiCw dan Al₂O₃ sebagai penguat, dan magnesium sebagai wetting agent yang berfungsi untuk meningkatkan pembasahan antara matrik aluminium dengan penguat SiC/Al₂O₃.

Aluminium merupakan logam ringan dengan masa jenis yang rendah (2,7 gr/cm³) memiliki sifat keuletan dan sifat mampu tekan yang cukup tinggi [4]. Silikon karbida (SiC) merupakan salah satu jenis keramik yang sering digunakan sebagai penguat dalam komposit. SiC whisker banyak dipergunakan untuk memperkuat bahan logam, karena ketahanannya terhadap suhu tinggi, dan memiliki kekerasan mendekati kekerasan intan [5]. Alumina merupakan salah satu jenis keramik oksida yang keras, penambahan alumina bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus material [6]. Pembuatan komposit dengan penambahan

magnesium bertujuan sebagai pengikat antara matrik dengan penguat, dengan cara menurunkan tegangan permukaan antara keduanya. Logam ini berfungsi untuk memperkuat ikatan adhesi antara dua unsur atau lebih pembentuk komposit [7]. Adapun proses pembuatan komposit menggunakan proses metalurgi serbuk yang mencakup beberapa tahapan seperti pencampuran (*mixing*) yang menggunakan metode pencampuran basah dengan menggunakan etanol. Selanjutnya adalah kompaksi, kompaksi adalah salah satu cara untuk memadatkan serbuk menjadi bentuk material baku. Terakhir adalah Sintering, proses sintering merupakan proses pemanasan, dengan atau tanpa aplikasi tekan sehingga partikel akan saling berkaitan secara kimia menjadi struktur yang kohern [8]. Proses sinter akan meningkatkan sifat mekanik, hal ini diakibatkan oleh penyatuan dari partikel-partikel tersebut sehingga dapat meningkatkan densitas produk.

2.1. Pengujian Spesimen

Dalam penelitian ini karakteristik yang akan dicari dari material komposit yaitu meliputi: uji densitas, porositas, kekerasan dan analisa struktur mikro dengan menggunakan SEM.

A. Uji Densitas

Densitas merupakan perbandingan massa (m) dengan volume benda (V). Pengukuran densitas yang berbentuk padatan atau bulk digunakan metoda Archimedes. Untuk menghitung nilai densitas material komposit Al-SiCw/Al₂O₃ dipergunakan persamaan dengan standar ASTM C. 134-95.

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

Dengan :

ρ	= Densitas Bahan (gr/cm ³)
m_s	= Massa sampel kering (gr)
m_g	= Massa sampel digantung dalam air (gr)
m_b	= Massa sampel setelah direndam air (gr)
ρ_{H_2O}	= Massa jenis air (1 gr/cm ³)

B. Uji Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume ruang kosong (rongga pori) yang dimiliki oleh zat padat terhadap jumlah dari volume zat padat itu sendiri. Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka atau *apparent porosity*, dan dapat dinyatakan dengan persamaan standar ASTM C 373 – 88 [9].

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

Dengan :

- P = Porositas Bahan (%)
- m_s = Masa sample kering (gr)
- m_g = Masa sample digantung dalam air (gr)
- m_b = Masa sample setelah direndam air (gr)

C. Uji Kekerasan

Uji *vickers* dikembangkan di inggris tahun 1925 dan dikenal sebagai *diamond pyramid hardness test* (DPH). Uji kekerasan *vickers* menggunakan *indentor* piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat.

Ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu mikro (10 – 1000gr) dan makro (1 – 100 kg). Standar untuk pengujian:

- ASTM E-384 - Rentang mikro (10 – 1000 gr).
- ASTM E-92 - Rentang makro (1 – 100 kg).
- ISO 6507 – Rentang mikro dan makro.

- Rumus Perhitungan Pengujian vickers sebagai berikut :

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

Dengan:

- VHN = *Vickers hardness number*
- P = Beban yang diberikan (kgf)
- d² = Panjang diagonal rata-rata hasil indentasi

D. Uji SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan untuk menganalisa material. SEM juga dapat digunakan untuk menganalisa data kristalografi, sehingga dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa. Prinsip kerja SEM di mana dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu *strike spesiment* digunakan untuk menguji dan *strike* yang lain adalah *Cathode Ray Tube (CRT)* memberi tampilan gambar.[10].

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini penulis membuat material aluminium matrik komposit dengan matrik aluminium, berpenguat serbuk SiC/Al₂O₃ dan menggunakan Mg sebagai *wetting agent*. Penelitian ini menggunakan proses metalurgi serbuk. Kemudian dianalisa karakteristik menggunakan uji densitas, porositas dan kekerasan dengan diikuti pengamatan SEM. Dalam penelitian ini, terdapat variabel yang dibagi menjadi dua yaitu variabel yang direncanakan meliputi komposisi % berat (Al fine powder, SiC *whisker*, serbuk Al₂O₃ dan magnesium) dan

penekanan benda uji menggunakan gaya tekan 20, 25 dan 30 kN selama 20 menit. Sedangkan variabel yang dicari meliputi nilai densitas, porositas, kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Sampel komposit yang dibuat berbentuk tabung dengan diameter 1 cm dan tinggi 1 cm, sehingga volume total komposit yang dihasilkan 0,785 cm³, dengan massa spesimen 2,2469 gram.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data hasil penelitian dilakukan sejak dari awal proses pencampuran komposisi untuk mengetahui persentase berat antara matrik dengan penguat, hingga pengambilan data pada pengujian densitas, porositas, kekerasan dan pengamatan menggunakan SEM.

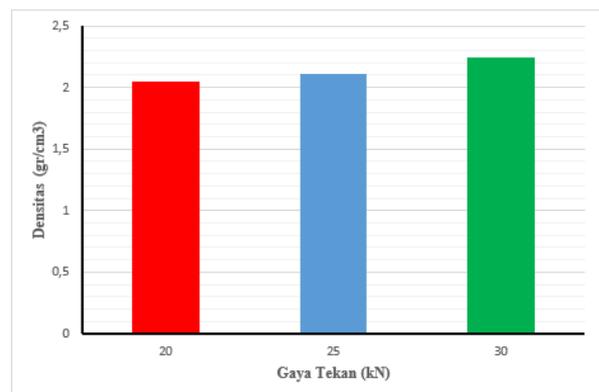
4.1 Data Hasil Pengujian Densitas

Hasil pengujian densitas pada spesimen yang telah melalui proses sintering

Tabel 1. Hasil Uji Densitas

Gaya tekan	Spesimen Uji	ρ (gram/cm ³)	ρ (gram/cm ³) rata-rata
20 kN	1	2.055	2.048
	2	2.055	
	3	2.036	
25 kN	1	2.133	2.113
	2	2.113	
	3	2.093	
30 kN	1	2.262	2.247
	2	2.217	
	3	2.262	

Tabel pengujian densitas yang telah didapat, selanjutnya akan ditampilkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Rata-Rata Nilai Densitas

Berdasarkan grafik pada Gambar 1, terlihat adanya peningkatan densitas. Peningkatan densitas pada gaya tekan 20kN sebesar 2,048 gr/cm³ menjadi 2,113 gr/cm³ pada gaya tekan 25kN dan meningkat hingga 2,247 gr/cm³ pada gaya tekan 30 kN.

Densitas yang tertinggi yaitu pada gaya tekan 30 kN yaitu sebesar 2,247 gram/cm³. Dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi gaya tekan (kompaksi) yang diberikan maka semakin tinggi pula densitas yang diperoleh.

Perbedaan gaya tekan yang diberikan sangat berpengaruh terhadap densitas pada spesimen. Peningkatan densitas yang semakin baik sebanding dengan peningkatan gaya tekan yang diberikan. Densitas terjadi akibat adanya ikatan antar partikel, ikatan partikel ini memberikan pengaruh terhadap distribusi porositas pada spesimen.

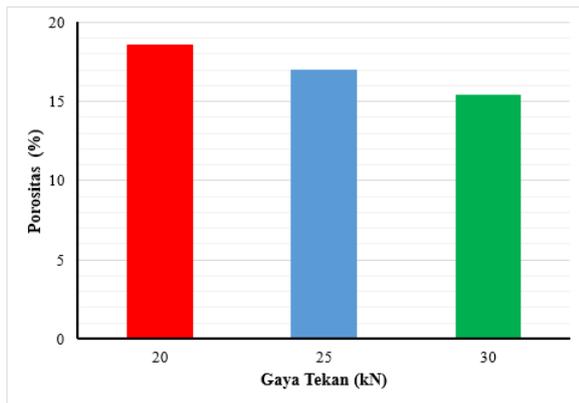
4.2 Data Hasil Pengujian Porositas

Hasil pengujian porositas pada spesimen yang telah melalui proses sintering

Tabel 2. Hasil Uji Porositas

Gaya Tekan	Spesimen Uji	Porositas (%)	Porositas (%) rata-rata
20 Kn	1	18.348	18.595
	2	18.348	
	3	19.090	
25 Kn	1	16.190	16.976
	2	16.981	
	3	17.757	
30 Kn	1	15.151	15.381
	2	15.841	
	3	15.151	

Dari tabel pengujian densitas yang telah didapat, selanjutnya akan ditampilkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Rata-Rata Nilai Porositas

Berdasarkan grafik pada gambar 2 dapat dilihat bahwa porositas akan semakin menurun dengan semakin tinggi gaya tekan (kompaksi) yang diberikan. Penurunan porositas pada gaya tekan 20 kN sebesar 18,595%, menjadi 16,976% pada gaya tekan 25 kN dan menurun menjadi 15,381% pada gaya tekan 30kN.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan bertambahnya gaya tekan (Kompaksi) maka porositas berangsur-angsur semakin menurun. Gaya Tekan (kompaksi) yang lebih tinggi menyebabkan kerapatan antar partikel lebih tinggi sehingga mengurangi jumlah porositas.

Porositas merupakan pusat konsentrasi tegangan eksternal yang dapat menurunkan kemampuan material komposit dalam menahan beban. Porositas akan berpengaruh terhadap kekerasan.

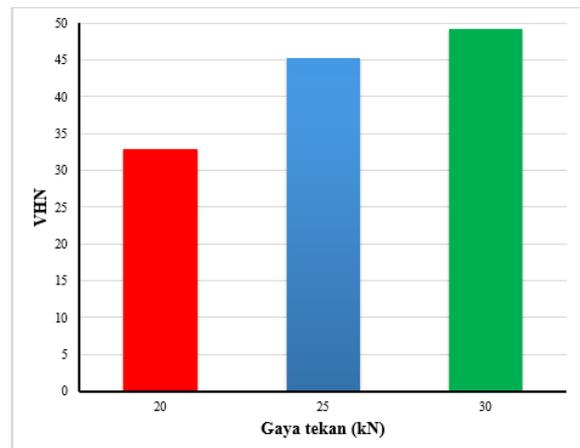
4.3 Data Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan pada spesimen yang telah melalui proses sintering

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan

Gaya Tekan	Spesimen Uji	d ²	VHN
20 kN	1	0,159	36,896
	2	0,177	31,817
	3	0,176	32,853
	Rata-Rata VHN		32,853
25 kN	1	0,118	47,488
	2	0,119	46,376
	3	0,137	41,673
	Rata-Rata VHN		45,179
30 kN	1	0,112	48,540
	2	0,124	46,831
	3	0,654	52,368
	Rata-Rata VHN		49,246

Dari tabel pengujian kekerasan yang telah didapat, selanjutnya akan ditampilkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 3.

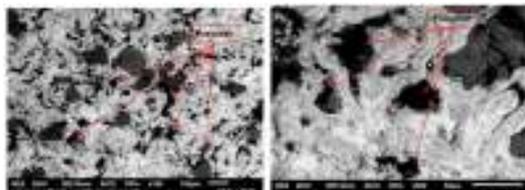


Gambar 3. Grafik Rata-Rata Nilai Kekerasan

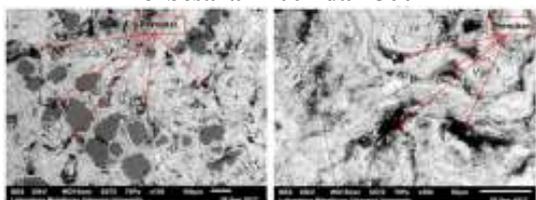
Melalui grafik pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa kekerasan akan semakin meningkat dengan semakin tinggi gaya tekan (kompaksi) yang

diberikan. Dari hasil pengujian tersebut didapat kekerasan rata-rata 32,853 pada gaya tekan 20kN, pada gaya tekan 25 kN didapat kekerasan rata-rata sebesar 45,179, dan semakin meningkat pada gaya tekan 30 kN yaitu sebesar 49,246.

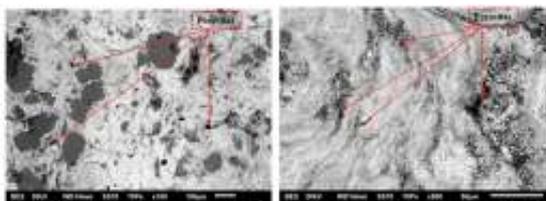
4.4. Hasil Pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM)



Gambar 4. Hasil Pengamatan Porositas Menggunakan SEM pada Spesimen 20 kN Perbesaran 100x dan 500x



Gambar 5. Hasil Pengamatan Porositas Menggunakan SEM pada Spesimen 25 kN Perbesaran 100x dan 500x



Gambar 6. Hasil Pengamatan Porositas Menggunakan SEM pada Spesimen 30 kN Perbesaran 100x dan 500x

Melalui Gambar 4 dengan pembesaran 100x menjelaskan bagaimana proses metalurgi serbuk menggunakan gaya tekan 20 kN masih terdapat porositas yang timbul cukup banyak, dan melalui Gambar 4 dengan pembesaran 500x menjelaskan terlihatnya volume porositas yang timbul cukup besar.

Melalui Gambar 5 dengan perbesaran 100x menjelaskan pada gaya tekan 25 kN jumlah porositas yang timbul berkurang, dan melalui Gambar 5 dengan pembesaran 500x, volume porositas yang timbul mulai rapat.

Melalui Gambar 6 dengan pembesaran 100x menjelaskan pada gaya tekan 30 kN jumlah porositas yang timbul semakin berkurang, dan melalui Gambar 6 dengan pembesaran 500x, volume porositas yang timbul berangsur-angsur semakin rapat.

Melalui gambar hasil pengamatan porositas menggunakan SEM dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin meningkatnya gaya tekan yang diberikan, semakin kecil pula nilai porositas yang terdapat pada spesimen. Porositas yang terdapat pada spesimen

yaitu porositas gas. Porositas gas terjadi akibat adanya gas yang terjebak pada saat proses metalurgi serbuk. Hal ini disebabkan karena pada saat tahapan metalurgi serbuk terdapat kemungkinan adanya udara yang terjebak diantara partikel serbuk.

5. Kesimpulan

Data dari hasil penelitian pengaruh variasi gaya tekan pada Aluminium Matrik Komposit berpenguat SiCw/Al₂O₃ dengan wetting agent terhadap porositas, densitas dan kekerasan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Pengaruh variasi gaya tekan terhadap densitas menunjukkan bahwa nilai densitas meningkat seiring dengan meningkatnya gaya tekan (kompaksi) yang diberikan. Densitas terjadi akibat adanya ikatan antar partikel, ikatan partikel ini memberikan pengaruh terhadap distribusi porositas pada spesimen. Pengaruh variasi gaya tekan terhadap porositas menunjukkan bahwa porositas menurun seiring dengan meningkatnya gaya tekan (kompaksi) yang diberikan. Gaya Tekan (kompaksi) yang lebih tinggi menyebabkan kerapatan antar partikel lebih tinggi sehingga mengurangi jumlah porositas. Porositas akan berpengaruh terhadap kekerasan. Pengaruh variasi gaya tekan terhadap kekerasan menunjukkan kekerasan yang tertinggi yaitu sebesar 49,246 pada gaya tekan (kompaksi) 30 kN.
2. Hasil pengamatan SEM terlihat jelas porositas yang paling banyak terjadi pada gaya tekan (kompaksi) 20 kN, dan terlihat pula partikel penguat kurang terdistribusi merata.

Daftar Pustaka

- [1] Zainuri M., 2006, *Pembentukan Lapisan Tipis Oksida Logam Partikel SiC untuk meningkatkan Ikatan Komposit Isotropik Al/SiC*.
- [2] Suarsana, Ketut., 2016, *Pemanfaatan Serat Silicon Carbon dan Partikel Alumina Pada Matriks Aluminium Untuk Meningkatkan Sifat Mekanis Material Komposit*, Bali, Universitas Udayana.
- [3] Matthew, F.L and R.D Rawlijns., 1994, *Composite Material: Engineering & Science*. Chapman & Hall, London
- [4] Altenpohl, D., 1982, *Aluminium Viewed from Within*. Aluminium Verlag, Dusseldorf
- [5] Brandt, N. G. L. and Senesan, Z. D., 1995, *Ceramic Cutting Tool Reinforced by Whiskers*, United State Patent, No. RE35,090.

- [6] Devi,C., 2011, *Mechanical Characterization of Aluminium Silicone Carbide Composite*. International Journal of Applied Engineering Research, Dindigul Volume 1, No 4.2011. ISSN-0976-4259.
- [7] Lutfi, Syukron., 2010 *Pengaruh Magnesium Terhadap Proses Electroless Coating pada Partikel Penguat SiCw*. Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.
- [8] Randall M. German., 1996, *Sintering Theory and Practice* (New York: John Wiley&Son, Inc.)
- [9] Birkeland, P.W. 1984, *Soil And Geomorphology*, Oxford, University Press New York.
- [10] Cahn, Haasen. P., Kramer. E. J., 1993, *Material Science And Technology, A Comprehensiv Treatment, Vol 2A., Characterisation of Material Part 1*. Eric Lifshin.V.H, New York.