

# Pengaruh variasi Komposisi Pada *Ceramic Matrix Composite* Berpenguat SiCw/Mg Terhadap Densitas Dan Konduktivitas Termal

I Md Arie Agni Wira P., K. Suarsana, IGN Priambadi

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Ketersediaan material konvensional yang kuantitas dan kualitasnya terbatas memunculkan ide dalam pengembangan material baru yang terdiri dari 2 atau lebih dari gabungan material yang berbeda, yang disebut dengan material komposit. Salah satu bahan yang dapat menjadi sebuah komposit adalah Aluminium Sulfat sebagai matriks dan Silikon Karbida dengan Magnesium sebagai penguatnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi komposisi pada komposit matriks keramik yang berpenguat Silikon Karbida dan Magnesium, meliputi pengujian Densitas, Konduktivitas Termal dan Pengamatan SEM. Manfaat dari penelitian ini memberikan wawasan baru tentang material berbasis komposit. Hasil pengujian densitas pada komposisi matriks  $Al_2(SO_4)_3$  70% berpenguat SiCw 10% dan Magnesium 20% memiliki nilai densitas yang tertinggi. Pada hasil uji konduktivitas termal nilai tertinggi terdapat pada matriks komposisi  $Al_2(SO_4)_3$  70% berpenguat SiCw 10% dan Magnesium 20%. Pengamatan SEM menggunakan pembesaran gambar sebesar 1000x dengan tujuan untuk memperjelas rongga porositas yang terjadi karena nilai porositas berbanding terbalik dengan densitas.

Kata Kunci : Material, Komposit, keramik

## Abstract

The availability of conventional materials with limited quantity and quality has led to the idea of developing new materials consisting of two or more combinations of different materials, which are called composite materials. One material that can be a composite is Aluminum Sulfate as a matrix and Silicon Carbide with Magnesium as a reinforce. This research aims to determine variations in the composition of ceramic matrix composites reinforced with Silicon Carbide and Magnesium, including testing Density, Hardness, Thermal Conductivity and SEM observations. The benefits of this research provide new insights about composite based materials. The results of the density test highest value is found in the composition matrix  $Al_2(SO_4)_3$  70% reinforced by 10% SiCw and 20% Magnesium. The results of the thermal conductivity test, highest value is found in the composition matrix  $Al_2(SO_4)_3$  70% reinforced by 10% SiCw and 20% Magnesium. SEM Observation using 1000x magnification of the image with the aim to clarify the porosity cavity that occurs because the density value is inversely proportional to density.

Keyword : Material, Composite, Ceramic

## 1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan pada bidang material di tahun ini menunjukkan inovasi yang luar biasa terutama material maju (*advanced materials*). Suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya atau yang lebih dikenal dengan nama bahan komposit. Salah satu jenis komposit yang banyak menarik perhatian adalah komposit matriks keramik (*Composite Matrix Ceramics/CMC*) karena sifatnya tahan terhadap suhu yang tinggi. Inovasi pada komposit bermetrik keramik menguat dikarenakan munculnya tantangan-tantangan dalam penggunaan material keramik, seperti yang kita ketahui bahwa keramik mempunyai keunggulan seperti tahan suhu yang tinggi, tahan terhadap aus serta berat jenis yang jauh lebih ringan jika dibandingkan dengan material lainnya seperti logam dan polimer. Kajian yang meneliti tentang kekuatan mekanis pada keramik masih sangat jarang dilakukan karena dalam produksi

keramik belum menjadi perhatian yang utama. Kekerasan keramik kaolin semakin naik seiring dengan naiknya suhu sinter dan tekanan kompaksi [1].

Dalam penelitian ini ada dua permasalahan yang akan dikaji:

- Bagaimana pengaruh variasi komposisi  $Al_2(SO_4)_3$  - SiCw/Mg melalui proses *powder metalurgy*, meliputi: uji densitas, uji konduktivitas termal dan pengamatan SEM?
- Bagaimana morfologi dari *Ceramic Matrix Composite* (CMC) diperkuat SiCw dan Mg diamati menggunakan SEM (*Scanning Electronic Microscope*)?

Adapun batasan yang akan ditetapkan dalam penelitian:

- Temperatur ruangan pada saat dilakukan proses pengujian menggunakan temperatur kamar.
- Proses kompaksi dilakukan dengan gaya tekan 25 kN dengan waktu tekan 15 menit pada tekanan atmosfer (1 Atm)

- Pengujian yang dilakukan diantaranya uji densitas dan uji konduktivitas termal.

## 2. Dasar Teori

Komposit dapat didefinisikan suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya [2]. Material komposit mempunyai sifat material dari konvensional pada umumnya dari proses pembuatannya melalui campuran yang tidak homogen, sehingga leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang diinginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit tersusun dari dua komponen yakni pengikat (*matriks*) dan penguat (*reinforcement*) atau sering juga disebut *filler*. *Filler* ini didapat berupa partikel ataupun serat. Suatu bahan yang berupa potongan-potongan yang membentuk jaringan memanjang yang berfungsi untuk memperkuat matriks disebut dengan serat.

Kata alum (aluminium sulfat) berasal dari bahasa latin Alumen. Alum lebih dikenal di masyarakat dengan sebutan tawas. Aluminium sulfat memiliki sifat sebagai koagulan, yaitu bahan kimia yang dibutuhkan air untuk membantu proses pengendapan partikel - partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya [3].

Dalam pembuatan komposit, magnesium (Mg) digunakan sebagai penguat matriks komposit dikarenakan magnesium dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada kondisi perlakuan panas.

*Whisker* adalah kristal tunggal yang diperpanjang (*elongated single crystal*) dan memiliki kekuatan yang sangat tinggi karena bebas dari dislokasi. Penguatan dengan menggunakan *whisker* (*whisker reinforcement*) adalah satu dari tiga cara penguatan dalam teknologi bahan komposit disamping penguatan dengan *particulate* dan penguatan serat atau *fibers* [4.]

Proses yang digunakan adalah metalurgi serbuk (*Powder Metallurgy*) merupakan suatu kegiatan yang mencakup pembuatan benda komersial, baik yang jadi atau masih setengah jadi dari serbuk logam melalui penekanan. Produk yang dihasilkan melalui metalurgi serbuk dapat terdiri dari produk campuran serbuk berbagai logam atau dapat pula terdiri dari campuran bahan bukan logam untuk meningkatkan ikatan partikel dan mutu benda secara keseluruhan.

Proses pengompaksian serbuk bertujuan untuk mengkonsolidasikan serbuk ke dalam bentuk yang diinginkan dan memberi kekuatan yang memadai untuk penanganan atau pengerjaan berikutnya. Melalui proses ini terjadi berbagai perubahan fisis akibat tekanan yang diberikan. Secara makro, pengaruh utama dalam proses ini adalah adanya pembentukan suatu massa koheren yang makin

rapat dan keras pada tekanan yang lebih tinggi. Proses pengompaksian besar gaya antara serbuk pada tekanan tertentu dapat memberikan karakteristik produk yang tergantung pula pada kondisi peralatan seperti dimensi, dan tekanan maksimum yang diperbolehkan.

### 2.1. Pengujian Material Komposit

Pengujian yang dilakukan pada material komposit  $Al_2(SO_4)_3$  - SiCw/Mg yaitu Densitas, Konduktivitas Termal 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 [5].

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

Dimana:

$\rho$  = Densitas Material (gr/cm<sup>3</sup>)

$m_s$  = Massa kering (gr)

$m_g$  = Massa material digantung dalam air (gr)

$m_b$  = Massa material setelah direndam dengan air (gr)

$m_k$  = Massa kawat

$\rho_{H_2O}$  = Massa jenis air (1 gr/cm<sup>3</sup>)

#### b. Pengujian Konduktivitas Termal

Nilai konduktivitas thermal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Perpindahan panas secara konduksi dapat berlangsung pada benda padat, umumnya logam.

$$\dot{q} = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

Dimana:

$\dot{q}$  = Laju perpindahan panas (W)

$k$  = Konduktivitas termal (W/m°C)

$A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

$\partial T / \partial x$  = Gradien suhu, yaitu laju perubahan suhu  $T$  dalam arah aliran  $x$  (°C/m)

#### c. Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengamatan morfologi dilakukan pada permukaan spesimen dengan menggunakan SEM. Pancaran berkas electron yang ditembakkan pada spesimen akan berinteraksi dengan atom - atom atau electron dari spesimen dan menghasilkan objek gambar. SEM menggunakan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sebesar  $4 \times 10^{-3}$  nm, atau sekitar 100.000 kali lebih pendek dari panjang gelombang cahaya yang tampak. Hal ini yang menyebabkan SEM dapat digunakan untuk menganalisa objek - objek yang ukurannya sangat kecil yang tidak dapat dipisahkan oleh mikroskop bias. Detektor yang digunakan pada SEM ini adalah secondary electron.

### 3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini penulis membuat material keramik matrik komposit dengan matrik aluminium sulfat, berpenguat serbuk SiCw/Mg. Penelitian ini menggunakan proses metalurgi serbuk. Kemudian dianalisa karakteristik menggunakan uji densitas, kekerasan dan konduktivitas termal serta pengamatan SEM. Dalam pembuatan komposit matrik Aluminium sulfat Berpenguat SiCw/Mg menggunakan metode metalurgi serbuk yang dibuat berbentuk silinder berdiameter 3 cm dan dengan tinggi 2 cm jadi volume komposit yang dihasilkan 14,13 cm<sup>3</sup>. Bahan yang digunakan yaitu Aluminium Sulfat ( $\rho = 2,6 \text{ gr/cm}^3$ ), SiCw ( $\rho = 3,2 \text{ gr/cm}^3$ ), dan Magnesium ( $\rho = 1,7 \text{ gr/cm}^3$ ) dengan variasi perbandingan yaitu Komposisi I Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (80%) – SiCw (15%, 10%, dan 5%) – Mg (5%, 10%, dan 15%), Komposisi II Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (70%) – SiCw (20%, 15% dan 10%) – Mg (10%, 15% dan 20%), Komposisi III Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (60%) – SiCw (30%, 20% dan 10%) – Mg (10%, 20% dan 30%).

### 4. Hasil dan Pembahasan

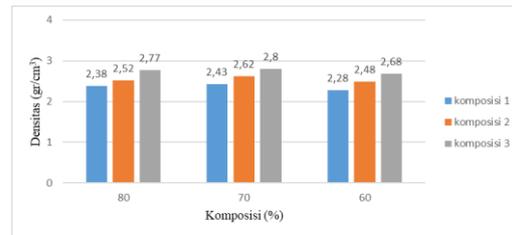
#### 4.1. Data Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan pada tiga komposisi matrik, terdapat tiga sampel pada setiap komposisi yang akan dilakukan tiga kali pengujian kemudian dicari rata-ratanya. Pengujian densitas dilakukan dengan cara penimbangan specimen. Spesimen 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

Variasi	densitas (g/cm <sup>3</sup> )	rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )
A80% + B15% + C5%	2,28	2,38
	2,33	
	2,54	
	2,57	
A80% + B10% + C10%	2,45	2,52
	2,56	
	2,57	
	2,57	
A80% + B5% + C10%	2,80	2,77
	2,76	
	2,76	
	2,76	
A70% + B20% + C10%	2,62	2,56
	2,53	
	2,52	
	2,63	
A70% + B15% + C15%	2,66	2,62
	2,58	
	2,75	
	2,92	
A70% + B10% + C20%	2,74	2,80
	2,31	
	2,28	
	2,26	
A60% + B30% + C10%	2,48	2,28
	2,50	
	2,47	
	2,69	
A60% + B20% + C20%	2,69	2,48
	2,69	
	2,65	
	2,65	

Untuk mempermudah membaca data hasil pengujian densitas, maka akan digambarkan pada grafik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pengaruh Komposisi Terhadap Densitas

Berdasarkan grafik uji densitas pada gambar 1. terlihat bahwa matriks 80%, 70%, dan 60% mengalami peningkatan. Nilai densitas paling tinggi terdapat pada matriks dengan variasi persentase matriks 70% dengan penguat SiCw 10% dan Mg 20%. Hal ini disebabkan oleh komposisi persentase penguat magnesium yang memberikan pengaruh terhadap sifat fisik yaitu densitas meningkat. Sedangkan nilai densitas terendah terdapat pada specimen matriks 60% dengan penguat SiCw 30% dan Mg 10%, ini disebabkan oleh komposisi persentase penguat SiCw yang cenderung terlalu banyak menyebabkan porositas meningkat.

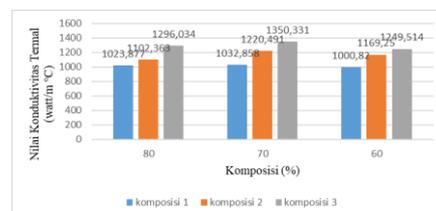
#### 4.2. Data Pengujian Konduktivitas Termal

Data hasil pengujian konduktivitas termal didapat menggunakan prosedur penelitian yang sudah dirancang, yang pengolahan datanya berpedoman dengan *Instruction Manual Book*. Setelah penelitian dilakukan, maka didapatlah data yang akan ditabelkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Uji Konduktivitas Termal

Variasi	Konduktivitas termal (Watt/m °C)
A80% + B15% + C5%	1023,877
A80% + B10% + C10%	1102,363
A80% + B5% + C10%	1296,034
A70% + B20% + C10%	1032,858
A70% + B15% + C15%	1220,491
A70% + B10% + C20%	1350,331
A60% + B30% + C10%	1000,820
A60% + B20% + C20%	1169,250
A60% + B10% + C30%	1249,514

Dari data pengujian konduktivitas termal yang telah didapat, maka selanjutnya akan diterjemahkan melalui grafik yang tertuang dalam gambar 2.

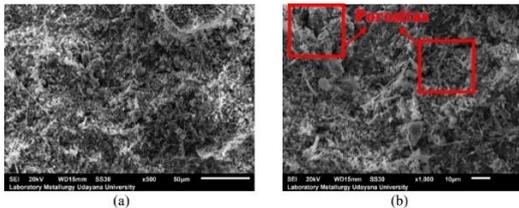


Gambar 2. Grafik Pengaruh Komposisi Terhadap Konduktivitas Termal

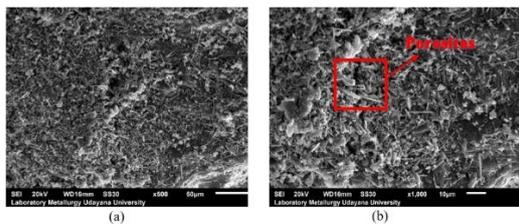
Berdasarkan hasil uji konduktivitas termal yang dilakukan, komposisi matrik 80%, 70% dan 60% mengalami peningkatan karena hasil pengujian ini tidak terlepas dari hasil pengujian densitas yang dilakukan sebelumnya. Nilai konduktivitas termal

paling tinggi terdapat pada spesimen yang memiliki nilai densitas paling tinggi. Hal ini dikarenakan spesimen yang memiliki densitas paling tinggi memiliki kerapatan bahan yang baik didalamnya sehingga laju aliran panas berlangsung secara maksimal. Berbeda dengan spesimen yang memiliki nilai densitas paling rendah, hal ini dikarenakan banyaknya rongga – rongga yang menyebabkan aliran panas terjebak dan menghambat laju aliran panas.

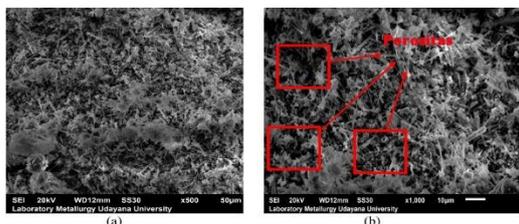
#### 4.3. Hasil Pengamatan Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)



**Gambar 3. Komposisi Matrik 80% Pembesaran 500x dan 1000x Menggunakan SEM**



**Gambar 4. Komposisi Matrik 70% Pebesaran 500x dan 1000x Menggunakan SEM**



**Gambar 5. Komposisi Matrik 80% Pembesaran 500x dan 1000x Menggunakan SEM**

Berdasarkan gambar dari hasil pengamatan menggunakan SEM membuktikan dan menguatkan hasil dari pengujian sebelumnya. Pada gambar 3, gambar 4, dan gambar 5 hasil analisa SEM menunjukkan bahwa porositas pada komposit menurun dari komposisi 80% hingga komposisi 70% dan pada komposisi 60% meningkat dengan signifikan. Ini ditunjukkan oleh keberadaan lubang-lubang hitam pada gambar spesimen. Porositas dominan terjadi diantara partikel penguat dengan matrik yang disebabkan oleh kurangnya beban kompaksi. Komposit yang memiliki porositas paling rendah yaitu pada komposit komposisi 70% sedangkan porositas paling banyak dimiliki oleh komposit komposisi 60%. Dari sini dapat

disimpulkan bahwa semakin banyak kandungan SiCw mengakibatkan porositas yang semakin banyak.

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengaruh variasi komposisi pada *ceramic matrix composite* berpenguat sicw/mg, terhadap densitas, kekerasan dan konduktivitas termal memperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Pengaruh variasi komposisi  $Al_2(SO_4)_3$  berpenguat SiCw/Mg melalui proses metalurgi serbuk pada komposisi matriks 80%, 70% dan 60% mengalami peningkatan terhadap densitas dan konduktivitas termal. Hal ini disebabkan karena komposisi persentase penguat magnesium yang meningkat dan kadar SiCw yang menurun maka densitas semakin meningkat. Spesimen yang memiliki densitas paling tinggi memiliki kerapatan bahan yang baik didalamnya sehingga laju aliran panas berlangsung secara maksimal.
- Pengamatan morfologi dari CMC berpenguat SiCw/Mg menggunakan SEM menggunakan pembesaran 500x dan 1000x. Morfologi ini dilakukan dengan pembesaran gambar sebesar 1000x dengan tujuan untuk memperjelas rongga porositas yang terjadi karena nilai porositas berbanding terbalik dengan densitas.

#### Daftar Pustaka

- [1] Amin,M & Irawan,B., 2010, *Pengaruh Tekanan Kompaksi Dan Suhu Sintering Terhadap Densitas Keramik Lumpur Lapindo*, Prosiding Seminar Nasional Unimus.
- [2] Fransiska, 2008, *Feasibility of real-time detection of abnormality in inter layer dielectric slurry durin chemical mechanical planarization using frictional analysis, Thin Solid Films*. doi: 10.1016/j.tsf.2008.02.047.
- [3] Nurcahyo,W., 2014, *Pembuatan Aluminium Sulfat Dari Clay*. Momentum, Vol. 10, No. 1, April 2014, Hal. 29-33.
- [4] Dowling,N.E., 1993, *Mechanical Behavior of Materials*, Prentice Hall, New Jersey.
- [5] Birkeland., 1984, *Soil and Geomorphology*, Oxford, University Press New York.



**I Made Arie Agni Wira Putra** telah menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada Program Studi Teknik Mesin, pada tahun 2020.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan material dan komposit.