

Pengaruh Variasi Komposisi Pada Ceramic Matrix Composite Berpenguat Al_2O_3/Mg Terhadap Porositas, Kekerasan Dan Konduktivitas Termal

I Dewa Made Budi Dharma, I Ketut Suarsana dan I Gusti Ngurah Priambadi
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Perkembangan teknologi yang begitu pesat mengakibatkan pada pengembangan material komposit. Salah satu jenis komposit yaitu Ceramic Matrix Composite (CMC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi pada komposit $Al_2(SO_4)_3$ berpenguat Al_2O_3/Mg menggunakan powder metallurgy yang terukur dari hasil pengujian meliputi uji porositas, uji kekerasan, uji konduktivitas termal dan mengamati morfologi menggunakan SEM (Scanning Electronic Microscope). Komposisi matriks yang digunakan adalah 80%, 70%, 60% $Al_2(SO_4)_3$. Hasil pengujian porositas tertinggi terdapat pada matriks $Al_2(SO_4)_3$ 80% berpenguat Al_2O_3 5% dan Mg 15% dikarenakan penguat Al_2O_3 menurun. Sementara uji kekerasan tertinggi terdapat pada matriks $Al_2(SO_4)_3$ 60% berpenguat Al_2O_3 30% dan Mg 10% karena penambahan Al_2O_3 sehingga tekstur spesimen semakin padat. Hasil Uji konduktivitas termal tertinggi terdapat pada matriks 60% $Al_2(SO_4)_3$ berpenguat Al_2O_3 30% dan Mg 10% dikarenakan terdapat porositas yang sangat kecil dan kekerasan yang sangat tinggi mengakibatkan laju aliran yang sangat baik. Pada pengamatan morfologis SEM, nilai porositas tertinggi terdapat pada matriks $Al_2(SO_4)_3$ 80% dengan penguat Al_2O_3 sebesar 15% dan Magnesium 5%. Morfologi ini dilakukan dengan pembesaran gambar sebesar 500x dengan tujuan untuk memperjelas rongga porositas yang terjadi.

Kata kunci: CMC, material, komposit, morfologi SEM

Abstract

The rapid development of technology resulted in the development of composite materials. One of the composite types is the Ceramic Matrix composite (CMC). The study aims to determine the influence of composition variations on composite $al_2(SO_4)_3$ reagent al_2O_3/Mg using the measured powder Metallurgy of the test results including porosity test, hardness test, thermal conductivity test and morphological monitoring using SEM (Scanning Electronic Microscope). The matrix composition used is 80%, 70%, 60% $Al_2(SO_4)_3$. The test results of the highest porosity found in the matrix $Al_2(SO_4)_3$ 80% of the reagent al_2O_3 5% and Mg 15% as the reagent Al_2O_3 decreases. While the highest hardness test is found on the matrix $Al_2(SO_4)_3$ 60% reagent Al_2O_3 30% and Mg 10% due to the addition of Al_2O_3 so that the specimen texture is increasingly dense. The highest thermal conductivity test results are found in the matrix 60% $Al_2(SO_4)_3$ of the reagent Al_2O_3 30% and Mg 10% as there is very small porosity and very high hardness resulting in a very good flow rate. On the morphological observation of SEM, the highest value of porosity found in matrix $Al_2(SO_4)_3$ 80% with the reagent Al_2O_3 by 15% and Magnesium 5%. This morphology was done with an enlarged image of 500x with the intention to clarify the cavity of porosity occurring.

Keywords: CMC, material, composite, morphology of SEM

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi dalam kehidupan manusia yang begitu pesat mengarah pada pengembangan material komposit. Komposit merupakan suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya [1]. CMC merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai penguat dan 1 fasa sebagai matrik yang terbuat dari keramik [2]. Penyusun CMC pada penelitian ini menggunakan aluminium sulfat sebagai matriks dan diperkuat dengan alumina beserta magnesium. Pengujian pada matriks komposit meliputi pengujian porositas, kekerasan, konduktivitas termal dan pengamatan SEM.

Pengujian porositas adalah suatu pengujian perbandingan antara jumlah volume ruang kosong

(rongga pori) pada saat pengaplikasian material [3], uji kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan bahan terhadap penetrasi atau terhadap deformasi dari permukaan bahan [4], nilai konduktivitas termal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan [5]. Pengujian ini dilakukan dikarenakan pengaplikasian material komposit harus bisa menerima panas yang cukup baik dikarenakan pengaplikasian ini akan sering menerima suatu gesekan yang tak menentu. Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan untuk analisa permukaan material [6].

Agar penelitian ini memperoleh hasil yang maksimal dan lebih terarah maka perlu kiranya membatasi masalah, adapun batasan – batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Temperatur ruangan pada saat dilakukan proses pengujian menggunakan temperatur kamar.
2. Gaya tekan yang digunakan pada proses kompaksi spesimen sebesar 25 kN.
3. Pengujian yang dilakukan adalah uji porositas, kekerasan serta konduktivitas termal.

2. Dasar Teori

Ceramic Matrix Composite (CMC) merupakan bahan yang menggunakan keramik sebagai matriks dan diperkuat dengan serat pendek. Keuntungan dari CMC ini sendiri yaitu memiliki dimensi yang lebih stabil dari pada logam, mempunyai karakteristik daya tahan terhadap kimia yang tinggi dan tahan terhadap korosi [7]. Aluminium sulfat adalah senyawa dengan rumus molekul $Al_2(SO_4)_3$. Zat ini dapat dihasilkan dari reaksi antara asam sulfat dengan aluminium atau mineralnya [8].

Penambahan penguat alumina bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan dan ketahanan material komposit [9]. Aplikasi senyawa Magnesium digunakan sebagai bahan tahan api dalam lapisan dapur api untuk menghasilkan logam, kaca, dan semen. Metalurgi serbuk (*Powder Metallurgy*) merupakan suatu kegiatan yang mencakup pembuatan benda komersial, baik yang jadi atau masih setengah jadi (disebut *kompak mentah*). Proses pertama yang dilaksanakan pada metalurgi serbuk yaitu pembuatan serbuk, kemudian pencampuran serbuk (*mixing*). Selanjutnya proses *Compaction* bertujuan untuk mengkonsolidasikan serbuk ke dalam bentuk yang diinginkan dan memberi kekuatan yang memadai untuk penanganan atau pengerjaan berikutnya.

Terakhir proses finishing porositas pada fully sintered masih signifikan (4-15%). Untuk meningkatkan properties pada serbuk diperlukan resintering, dan *heat treatment*. Dalam penelitian ini dilakukan tiga proses pengujian yaitu sifat Porositas, sifat Kekerasan dan konduktivitas thermal. Pengamatan morfologi matriks menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) yang merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi dibandingkan cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai tingkat resolusi 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi hingga 0,1-0,2 nm.

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode eksperimen yaitu penelitian yang dilakukan merancang *ceramic matrix composite* dan melakukan analisa karakteristik menggunakan uji pendukung antara lain: Sifat Porositas, sifat Kekerasan, sifat konduktivitas termal serta *scanning electron microscope* (SEM).

Variabel-variabel yang diamati pada penelitian ini ada dua jenis variabel yaitu variabel terikat dan

variabel bebas. Variabel terikat merupakan variabel yang muncul dan besarnya dipengaruhi oleh variabel bebas yang ditentukan. Adapun variabel yang dicari pada penelitian ini adalah nilai porositas, nilai uji kekerasan dan nilai uji konduktivitas termal. Variabel Bebas adalah variabel yang ditentukan berdasarkan latar belakang yang telah dibuat oleh peneliti dan besarnya variabel tersebut ditentukan sebelum penelitian dilakukan.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah:

1. Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) 80% dengan penguat Al_2O_3 (15%, 10% dan 5%) dan Mg (5%, 10% dan 15%).
2. Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) 70% dengan penguat Al_2O_3 (20%, 15% dan 10%) dan Mg (10%, 15% dan 20%).
3. Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) 60% dengan penguat Al_2O_3 (30%, 20% dan 10%) dan Mg (10%, 20% dan 30%).

Porositas juga dapat di definisikan sebagai perbandingan antara jumlah massa ruang kosong (rongga pori) yang dimiliki oleh zat padat terhadap jumlah dari massa zat padat itu sendiri.

$$P = \frac{m_b - m_s}{m_b - (m_g - m_k)} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

P = Porositas bahan (%)

m_s = massa sampel setelah dikeringkan di dalam oven (g)

m_b = massa sampel setelah direndam didalam air/ jenuh (g)

m_g = massa sampel yang digantung di dalam air (g)

m_k = massa kawat penggantung sampel (g)

Pada pengujian kekerasan dibagi menjadi 3 titik agar mendapatkan data yang lebih akurat.

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

Dimana:

VHN = Vickers hardness number

P = Beban yang diberikan (kgf)

d^2 = Panjang diagonal rata – rata hasil indentasi

Nilai konduktivitas termal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan.

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (3)$$

Dimana:

q = Laju perpindahan panas (W)

k = Konduktivitas termal (W/m °C)

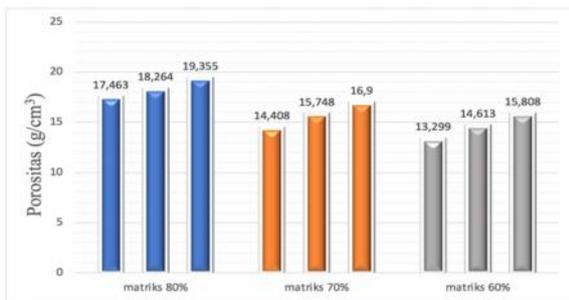
A = Luas penampang (m^2)

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

Pengamatan morfologi dilakukan pada permukaan spesimen dengan menggunakan SEM. Pancaran berkas elektron yang ditembakkan pada spesimen akan berinteraksi dengan atom - atom atau elektron dari spesimen dan menghasilkan objek gambar.

4. Data Hasil Pengujian Porositas

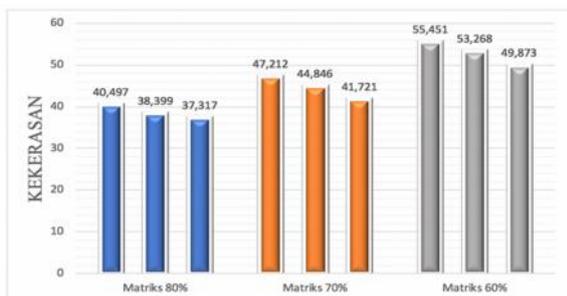
Data hasil pengujian porositas dengan Variasi persentase $AL_2(SO_4)_3$ berpenguat AL_2O_3/Mg . Nilai porositas paling tinggi terdapat pada matriks dengan variasi persentase matriks 80% dengan penguat AL_2O_3 5% dan Magnesium 15%. Terjadinya peningkatan nilai porositas dikarenakan penguat alumina (AL_2O_3) menurun.



Gambar 1. Grafik Uji Porositas

4.1. Data Hasil Pengujian Kekerasan

Variasi persentase $AL_2(SO_4)_3$ dapat mempengaruhi nilai kekerasan terlihat pada matriks yang memiliki nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada matriks dengan variasi persentase matriks 60% dengan berpenguat AL_2O_3 30% dan magnesium 10%. Meningkatnya nilai kekerasan pada spesimen uji diakibatkan oleh penambahan campuran AL_2O_3 sehingga membuat tekstur spesimen semakin padat.

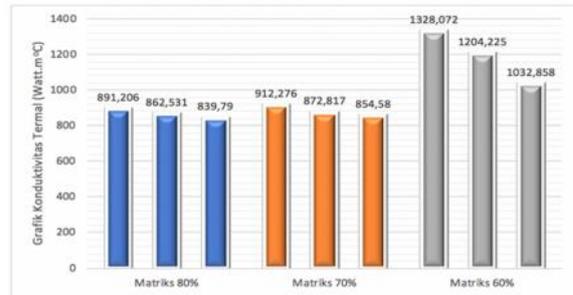


Gambar 2. Grafik Uji Kekerasan

4.2. Data Hasil Pengujian Konduktivitas Termal

Data hasil pengujian konduktivitas termal meliputi deskripsi material dan termokopel T1 - T7 dan jarak sensor pembaca dari tiap termokopel. Pengujian dilakukan pada masing - masing spesimen dengan variasi komposisi yang berbeda. Hasil pengujian konduktivitas termal nilai K tertinggi

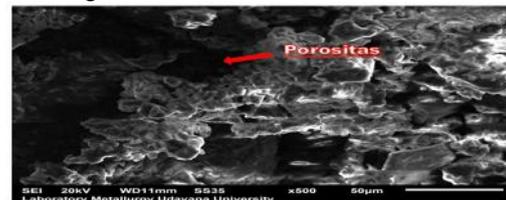
terjadi pada komposisi matriks 60% A, yaitu sebesar 1328,072 Watt/m.K. Hasil uji konduktivitas termal tertinggi terdapat pada komposisi matriks 60% A dikarenakan tingkat porositasnya terkecil dan tingkat kekerasannya tertinggi.



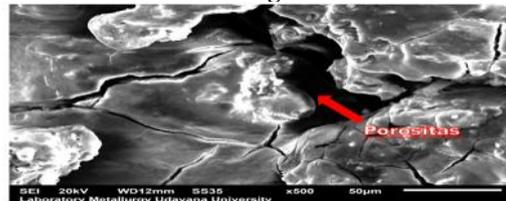
Gambar 3. Grafik Uji Konduktivitas Termal

4.3. Data Hasil Pengamatan SEM

Hasil dari pengamatan morfologi SEM terlihat bahwa spesimen matriks 80% sangat memiliki tingkat porositas yang luas dan pada spesimen matriks 60% memiliki tingkat porositas yang kecil. Penyebab terjadinya porositas dikarenakan tingkat persentase pada percampuran AL_2O_3 yang tidak sesuai dengan matriks.



Gambar 4. Hasil Pengamatan SEM 80%



Gambar 5. Hasil Pengamatan SEM 60%

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan seluruh tahapan penelitian yang telah dilakukan dari pengaruh variasi komposisi $AL_2(SO_4)_3$ berpenguat $AL_2O_3/Magnesium$ terhadap porositas, kekerasan dan konduktivitas termal adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi komposisi $AL_2(SO_4)_3$ berpenguat AL_2O_3/Mg melalui proses *powder metallurgy* yang didapatkan dari hasil pengujian data, hasil penelitian setiap komposisi matriks pada hasil pengujian porositas terlihat bahwa komposisi matriks $AL_2(SO_4)_3$ 80% berpenguat AL_2O_3 5% dan Magnesium 15% memiliki tingkat porositas yang tertinggi dan nilai terendah pada matriks komposisi $AL_2(SO_4)_3$ 60% berpenguat AL_2O_3 30% dan Magnesium 10%. Pada hasil uji kekerasan nilai tertinggi terdapat pada matriks

komposisi $Al_2(SO_4)_3$ 60% berpenguat Al_2O_3 30% dan Magnesium 10%, sedangkan nilai terendah pada matriks $Al_2(SO_4)_3$ 80% berpenguat Al_2O_3 5% dan Magnesium 15%. Nilai 2Konduktivitas Termal terendah terdapat pada matriks komposisi $Al_2(SO_4)_3$ 80% berpenguat Al_2O_3 5% dan Magnesium 15%, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada matriks komposisi $Al_2(SO_4)_3$ 60% berpenguat Al_2O_3 30% dan Magnesium 10%.

2. Pengamatan morfologi dari CMC berpenguat Al_2O_3/Mg menggunakan SEM dimulai dari pembesaran 50x, 200x dan 500x. Pada pengamatan morfologis SEM, nilai porositas tertinggi terdapat pada matriks 80% dengan penguat Al_2O_3 sebesar 5% dan Magnesium 15%. Morfologi ini dilakukan dengan pembesaran gambar sebesar 500x dengan tujuan untuk memperjelas rongga porositas yang terjadi.

Daftar Pustaka

- [1] Ratna, S. *et al*, 2011, **Teknologi Material Komposit**, Jurnal Engineering – F, Universitas Pancasakti Tegal.
- [2] Porwonto, D. A, Johar, L, 2016, **Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri**, Surabaya: Jurusan Teknik Fisika FTI ITS Surabaya.
- [3] Birkeland, P, 1984, **Soil and Geomorphology**, Oxford: University Press New York.
- [4] Prabowo, A. S, Triyono, T, Yaningsih, I, 2016, **Analisa Pengaruh Penambahan Mg Pada Komposit Matrik Aluminium Remelting Piston Berpenguat SiO_2 Menggunakan Metode Stir Casting Terhadap Kekerasan Dan Densitas**, Mekanika Universitas Sebelas Mare.
- [5] Suarsana, K, Astika, I. M. and Suprpto, L, 2018, **Karakterisasi Konduktivitas Termal dan Kekerasan Komposit Alumunium Matrik Penguat Hibrid $SiCw/AL_2O_3$** , Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan.
- [6] Cahn, R. w, Haasen. P, Kramer. E. J, 1993, **Material Science And Technology**, A Comprehensive Treatment, Characterisation of Material Part 1. Eric Lifshin. V.H, New York.
- [7] Fransisca, 2008, **Feasibility of real-time detection of abnormality in inter layer dielectric slurry during chemical mechanical planarization using frictional analysis**, Thin Solid Films.
- [8] Nurcahyo, W., Sumantri, I. and Kurnisari, L, 2014, **Pembuatan Aluminium Sulfat Dari Clay**, Jurnal Momentum UNWAHAS.

- [9] Lee, Rainforth, 1994, **Ceramic Microstructures**, s.l.: Kluwer Academic Publisher, P280.



I Dewa Made Budi Dharma 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.