

Pengaruh Penguat Hibrid SiCw/Al₂O₃ Pada Komposit Aluminium Matrik Terhadap Sifat Konduktivitas Termal

Ketut Suarsana, I Made Astika, Lega Suprpto

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sifat komponen mesin kuat, ringan dan murah merupakan persyaratan utama dalam dunia industri mesin. Persyaratan ini memunculkan inovasi dalam pembuatan komposit menggunakan matrik berbasis Aluminium diperkuat Silicon Carbon whisker dan alumina partikel (Al₂O₃p). Karakteristik komposit dipengaruhi oleh komposisi bahan matrik dengan penguatnya, serta pengaruh temperatur dan perlakuan sintering. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan karakteristik komposit baru aluminium matrik composite (AMC) dari bahan Al fine powder sebagai matrik diperkuat dengan gabungan hibrid silicon carbon whiskers (SiCw) dan alumina partikel (Al₂O₃p), melalui metode powder metalurgi pada perlakuan setelah sintering. Metode pembuatan komposit dengan cara metalurgi serbuk (powder metallurgy) yaitu ketiga variasi bahan dimasukkan dalam cetakan kemudian diberi gaya tekan 2,5 ton dengan waktu penahanan 15 menit. Variasi komposisi bahan adalah Al : (SiCw/Al₂O₃) pada komposisi I, komposisi II dan komposisi III. Setelah terbentuk spesimen material komposit dikenakan perlakuan sintering dengan variasi suhu adalah: 500°C, 550°C dan 600°C dan holding time : 1 jam, 3 jam dan 6 jam. Spesimen uji dibuat sebanyak 27 buah dengan masing-masing 3 buah spesimen untuk setiap kombinasi perlakuan temperatur dan holding time. Dari penelitian konduktivitas termal yang dilakukan didapat hasil tertinggi adalah 455.111 k(W/m.°C) pada temperatur 600°C dengan waktu 6 jam dan terendah didapat 34.874 k(W/m.°C) pada perlakuan sintering 500°C dengan holding time 1 jam, jadi komposisi mempengaruhi konduktivitas termal komposit.

Kata kunci : Karakteristik termal, hibrid SiCw dan Al₂O₃.

Abstract

The properties of strong, lightweight and cheap engine components are a key requirement in the world of machine industry. This requirement led to innovations in the manufacture of composites using an Aluminum-based matrix reinforced Silicon Carbon whisker and particle alumina (Al₂O₃p). The composite characteristic is influenced by the matrix material composition with the hardness, and the influence of temperature and sintering treatment. The purpose of this study was to obtain the new composite aluminum matrix composite (AMC) composite characteristic of Al fine powder material as a matrix reinforced with hybrid silicon carbon whiskers (SiCw) and aluminum particles (Al₂O₃p), via metallurgical powder method in treatment after sintering. The method of making composite by means of powder metallurgy (powder metallurgy) is the three variations of ingredients included in the mold and then given a pressure of 2.5 tons with a holding time of 15 minutes. The material composition variation is Al: (SiCw / Al₂O₃) in composition I, composition II and composition III. After forming the specimens of composite materials subjected to sintering treatment with temperature variations are: 500°C, 550°C and 600°C and holding time: 1 hour, 3 hours and 6 hours. The test specimens were made of 27 pieces with each of 3 specimens for each combination of temperature treatment and holding time. From the thermal conductivity research, the highest result was 455.111k (W / m.°C) at 600°C with time of 6 hours and the lowest was 34,874k (W / m.°C) at sintering treatment 500°C with holding time 1 hour, so the composition affecting thermal conductivity composite.

Keywords: Thermal characteristics, SiCw and Al₂O₃ hybrids.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang begitu pesat memerlukan material teknik dan cara produksi yang tepat untuk mewujudkan sebuah produk berkualitas, harga relatif murah. Material teknik yang memiliki sifat-sifat seperti ringan, tahan aus, kuat, keras, murah dan mudah diproduksi, sangat memungkinkan sebagai material alternatif untuk menggantikan fungsi material logam berat seperti besi atau baja. Salah satu bahan yang memenuhi sebagian sifat-sifat tersebut adalah material berbahan matrik aluminium, karena aluminium merupakan logam yang ringan, murah dan mudah diproduksi. Untuk mendapatkan material yang kuat, sifat keras, densitas rendah, ketahanan abrasi, ketahanan aus, tahan korosi dan

penghantar panas yang baik, bisa didapat dengan mengkombinasikan beberapa jenis material konvensional dengan logam untuk dikembangkan menjadi material komposit. Material komposit dikembangkan untuk meningkatkan kualitas sifat mekanik, fisik, maupun ketahanan aus serta muai termal yang baik. Silicon carbide (SiC) memiliki sifat-sifat seperti kekerasan tinggi dan tahan terhadap temperatur tinggi serta mampu dibasahi cukup baik oleh Al sehingga memungkinkan untuk dipadukan. Persentase berat Al-SiC yang diperkuat 20% partikel SiC lebih ringan 57% dibanding berat baja, serta ketahanan aus dan konduktivitas termalnya tinggi [2]. Kompaktibilitas komposit Isotropik Al/Al₂O₃ yang dibuat dari aluminium sebagai matrik dan Al/Al₂O₃

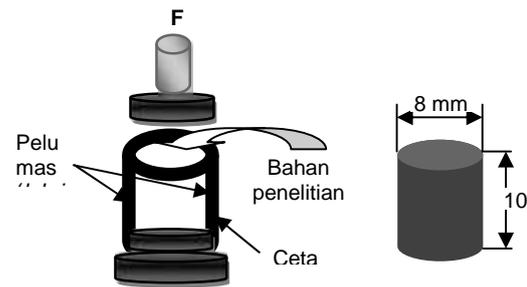
sebagai penguat dengan variabel fraksi volume penguat yang digunakan adalah 10%, 20%, 30% dan 40%. Temperatur sintering 600°C dan gaya tekan kompaksi 15 kN. Hasil yang diperoleh adalah kompaktibilitas komposit Al/Al₂O₃ mencapai nilai optimum saat waktu tahan sintering 2 jam. Sepanjang proses sintering, fasa baru yang terbentuk adalah alumina tidak stabil. Fraksi volum penguat terbaik adalah 40% dan waktu tahan sintering optimum adalah 2 jam [1]. Mengacu dari hasil-hasil penelitian sebelumnya, terlihat disini belum ada yang meneliti karakteristik konduktivitas termal pada material komposit Al/(SiCw+Al₂O₃), hal ini perlu selain material kuat juga bagaimana kemampuan sifat penghantar panas.

2. Metode Penelitian

Bahan penelitian

Aluminium *fine powder* dipilih sebagai bahan matriks dengan kemurnian di atas 90% (90% p.a Merck), densitas (ρ) = 2,7 gr/cm³ dan kekerasan 75-95 Hv, dengan ukuran butir 32 sampai 45 μ m. Serat SiCw komersial dengan diameter (d) = 0,45-0,65 μ m, panjang (l) = 5-80 μ m, kerapatan (ρ) = 3,2 gr/cm³, kekerasan = 2400 Hv. Bahan serbuk Al₂O₃p dengan densitas (ρ) = 3,8 gr/cm³, ukuran butir 1 sampai 5 μ m, kekerasan = 1800 Hv digunakan sebagai penguat. Selain itu larutan 96% Ethanol (CH₃COOH) digunakan sebagai media pencampur serta Vaseline sebagai pelumas pada dinding cetak tekan. Material komposit dari aluminium matrik komposit dibuat dengan teknik metalurgi serbuk menggunakan bahan baku serbuk yaitu Al *fine powder*, serat SiC whisker komersial dan alumina partikel (Al₂O₃). Proses pencampuran aluminium matrik dengan penguat SiCw dan Al₂O₃ dilakukan pencampuran basah (*wet mixing*). Bahan aluminium serbuk halus dengan penguat (SiC+Al₂O₃) dimasukkan ke dalam gelas *beaker* dengan menambahkan pelarut polar berupa ethanol. Perbandingan volume antara serbuk Al-SiC/Al₂O₃ terhadap larutan ethanol adalah 1 : 2. Kemudian pengadukan dilakukan dengan alat *magnetic stirrer* dilengkapi dengan *hot plate* pada suhu 50°C, selama 30 menit sampai tercampur merata. Selanjutnya campuran serbuk ini dikeringkan dalam *furnace* pada suhu 100°C selama 60 menit guna menguapkan sisa larutan ethanol sampai kering sempurna (Ryuichiro, 2013). Kemudian campuran tersebut dimasukkan kedalam cetakan bentuk silinder yang sebelumnya dinding cetakan telah diolesi vaselin sebagai pelumas. Proses penekanan dilakukan dengan alat *hydraulic press "Carver"* pada temperatur kamar yaitu *cold compactions*. Tekanan yang digunakan sebesar 25 N dan ditahan selama 5 menit agar distribusi tegangan merata dan menghindari terbentuknya oksidasi pada komposit matrik aluminium. Cetakan berbentuk silendris, sehingga spesimen didapat berbentuk silinder dengan

dimensi : tinggi 1 cm, diameter 0,8 cm, volume total komposit $\pm 0,5 \text{ cm}^3$.



Gambar 1. Spesimen Uji

Penentuan porositas.

Pengukuran porositas material komposit Al/(SiCw+Al₂O₃) mengacu pada ASTM C. 373-88. Prosedur pengukuran porositas dari material komposit Al+(SiCw+Al₂O₃) dilakukan dengan tahapan sebagai berikut [3] :

1. Sampel dikeringkan di dalam dapur pemanas dengan suhu 100°C dengan waktu pengeringan selama 2 jam, kemudian timbang massanya dengan neraca digital, disebut massa kering (m_s).
2. Timbang massa kawat penggantung menggunakan neraca digital (m_k).
3. Timbang massa sampel dan penggantungnya (menggunakan kawat) didalam air dengan menggunakan neraca digital (m_g).
4. Sampel dicelupkan dalam air hingga massa benda dalam keadaan jenuh, kemudian lap permukaannya dengan kain, dan timbang massanya dengan menggunakan neraca digital (m_b).

Data porositas material komposit Al/(SiCw+Al₂O₃) dinyatakan sebagai porositas terbuka atau *apparent porosity*, dan dapat d dengan persamaan [4] .

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

dengan : p = porositas bahan (%), m_s = massa sampel setelah dikeringkan di dalam oven, m_b = massa sampel setelah direndam didalam air sampai jenuh, m_g = massa sampel yang digantung di dalam air m_k = massa kawat penggantung sampel .

Konduktivitas Termal

Nilai konduktivitas termal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Konduktivitas thermal kebanyakan bahan merupakan fungsi suhu, dan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering kali diabaikan. Jika nilai konduktivitas termal suatu bahan makin besar, maka makin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Karena itu, bahan yang harga *k*-nya besar adalah penghantar panas yang baik, sedangkan bila *k*-

nya kecil bahan itu kurang menghantar atau merupakan isolator [5].



Gambar 2. Alat uji konduktivitas termal

Sumber : lab. Universitas brawijaya malang

Untuk menentukan konduktivitas termal melalui rumus :

$$= \frac{L_b L_a}{L_b L_a} \quad a = \frac{\Delta t R}{\Delta t a} \cdot \frac{L_a}{L R} \cdot \lambda R \quad b = \frac{\Delta t R}{\Delta t b} \cdot \frac{L_b}{L R} \cdot \lambda R \quad (2).$$

dimana L_a = tebal sampel/spesimen yang diuji, dan L_b = tebal tembaga uji

3. Hasil Dan Pembahasan

Pengaruh Penguat (SiCw + Al_2O_3 p) pada Aluminium terhadap Porositas

Porositas dapat terjadi akibat terjebaknya lubrikan, gas dan terjadinya proses perlakuan partikel yang tidak terjadi secara sempurna. Prediksi secara tepat kekuatan mekanik material porus dapat dilakukan dengan mempertimbangkan bentuk, orientasi dan volume porositas. Analisa porositas pada umumnya hanya mempertimbangkan efek fraksi volume porositas dalam kaitannya dengan kekuatan komposit porus [6]. Persyaratan dasar kekuatan komposit terletak pada kualitas kekuatan antarmuka matrik dan penguat. Ikatan antarmuka inilah yang menjadi jembatan transmisi tegangan luar yang diberikan dari matrik menuju partikel penguat. Jika ikatan yang terjadi antara matrik dengan penguat dengan baik maka transmisi tegangan ini dapat berlangsung dengan baik dan kuat. Keberadaan porus yang terletak pada daerah antarmuka antar serbuk matrik dan penguat menyebabkan terhalangnya pembentukan ikatan antar partikel penguat sepanjang proses kompaksi maupun pembentukan sepanjang proses sintering. Porositas juga merupakan pusat konsentrasi tegangan eksternal yang dapat menurunkan kemampuan material dalam menahan beban eksternal.

Pada komposit $Al/(SiC+Al_2O_3p)$ porositas terjadi pada daerah antar muka matrik dan penguat. Keberadaan porositas menyebabkan penurunan sifat mekanik komposit. Pada umumnya total porositas banyak dipengaruhi oleh serat SiCw yang orientasinya secara acak atau random pada komposit. Hal ini berakibat ikatan antarmuka serbuk aluminium

dengan serat SiCw menimbulkan pori lebih banyak dibandingkan dengan serbuk Al dipadukan dengan alumina partikel. Selain itu porositas sangat berhubungan erat dengan kompaktibilitas, semakin kecil ukuran serbuk maka luas kontak permukaan antar butir semakin luas [7]. Bila porositas semakin kecil maka sifat kompaktibilitas bahan semakin tinggi. Porositas bahan dapat ditentukan dengan pengukuran densitas bahan, semakin tinggi densitas sintering maka porositas menurun.

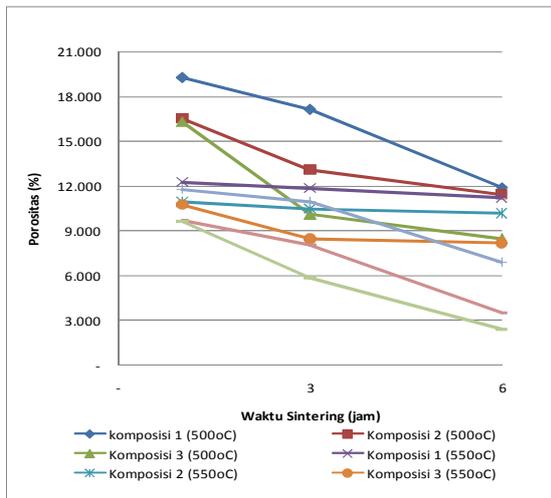
Tabel 1. Data hasil uji porositas

| Komposisi | | | 500 oC | | |
|-----------|---------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Al (%) | SiC (%) | Al_2O_3 (%) | 1 Jam (%) | 3 Jam (%) | 6 Jam (%) |
| | 17 | 3 | 19.246 | 17.120 | 11.901 |
| | 14 | 6 | 16.508 | 13.087 | 11.434 |
| | 11 | 9 | 16.335 | 10.108 | 8.448 |
| | | | 550 oC | | |
| | | | 1 Jam (%) | 3 Jam (%) | 6 Jam (%) |
| 80 | 17 | 3 | 12.266 | 11.842 | 11.198 |
| | 14 | 6 | 10.922 | 10.488 | 10.165 |
| | 11 | 9 | 10.766 | 8.448 | 8.168 |
| | | | 600 oC | | |
| | | | 1 Jam (%) | 3 Jam (%) | 6 Jam (%) |
| | 17 | 3 | 11.775 | 10.942 | 6.892 |
| | 14 | 6 | 9.740 | 8.034 | 3.551 |
| | 11 | 9 | 9.657 | 5.885 | 2.439 |

Dari tabel 1 terlihat bahwa hasil pengujian porositas Aluminium matrix composite (AMC) dengan matrik Al diperkuat SiCw aditif Al_2O_3 . Keberadaan porositas yang terletak pada daerah antarmuka antara serbuk matrik dan penguat menyebabkan terhalangnya pembentukan ikatan antar partikel penguat sepanjang proses kompaksi maupun pembentukan sepanjang proses sintering terlihat pada tabel 1 semakin naiknya Al_2O_3 yang bersifat sebagai pengisi yang halus sehingga bisa mengisi rongga-rongga dari komposit sehingga porositas semakin mengecil.

Tabel 2. Komposisi komposit $Al/(SiC+Al_2O_3p)$

| Proses Pencampuran | | | |
|--------------------|-----------|------|-----------|
| Komposisi | Al Powder | SiCw | Al_2O_3 |
| 1 | 80% | 17% | 3% |
| 2 | 80% | 14% | 6% |
| 3 | 80% | 11% | 9% |



Gambar 3. Grafik hubungan antara porositas dengan waktu sintering

Pada Gambar 3 dapat dilihat semakin tinggi prosentase SiCw semakin tinggi pula porositas dari komposit, dan semakin naiknya suhu dan waktu tahan sintering semakin menurunkan sifat porositas. Porositas tertinggi terdapat pada 80% Al + (17%SiCw +3%Al₂O₃) dengan 1 jam.

Pengujian Konduktivitas Termal

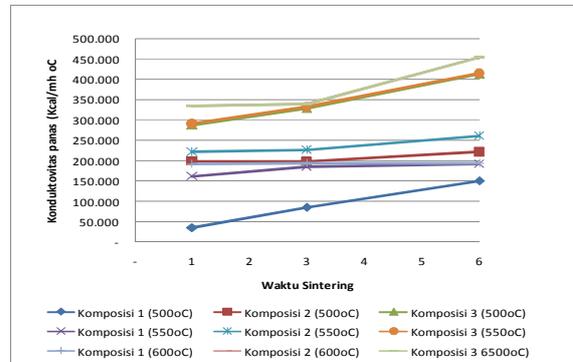
Dari data-data pengujian dan analisis data, menunjukkan distribusi nilai pada setiap temperatur dan waktu yang berbeda mendapatkan nilai yang berbeda pula. Dari tabel ditunjukkan dari prosentase, suhu dan waktu sintering yang berbeda dari pengukuran T1, - T11. Pada pengujian konduktivitas termal dengan pemberian sumber kalor 100 Watt yang menjadi pusat penelitian yaitu dari T4 ke T5 yaitu letak dari benda uji, berapa tinggi pengantar panas dari pada komposit. Dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data hasil uji Konduktivitas panas

| Komposisi | | | 500 oC | | |
|-----------|---------|------------------------------------|------------|------------|------------|
| Al (%) | SiC (%) | Al ₂ O ₃ (%) | 1 Jam | 3 Jam | 6 Jam |
| | 17 | 3 | 34.874 | 85.495 | 150.528 |
| | 14 | 6 | 198.396 | 198.397 | 221.426 |
| | 11 | 9 | 287.675 | 328.407 | 412.971 |
| | | | 550 oC | | |
| | | | 1 Jam | 3 Jam | 6 Jam |
| | | | Kcal/mh oC | Kcal/mh oC | Kcal/mh oC |
| 80 | 17 | 3 | 161.389 | 185.597 | 191.783 |
| | 14 | 6 | 221.426 | 226.575 | 261.386 |
| | 11 | 9 | 290.907 | 332.139 | 414.887 |
| | | | 600 oC | | |
| | | | 1 Jam | 3 Jam | 6 Jam |
| | | | Kcal/mh oC | Kcal/mh oC | Kcal/mh oC |
| | 17 | 3 | 191.783 | 193.937 | 193.939 |
| | 14 | 6 | 232.199 | 237.628 | 282.239 |
| | 11 | 9 | 335.956 | 339.863 | 455.111 |

Nilai konduktivitas termal pada masing-masing spesimen dengan variasi yang berbeda sesuai Gambar 4, dimana semakin meningkatnya temperatur suhu sintering dan prosentase Al₂O₃ nilai konduktivitas termalnya semakin meningkat pula pada peningkatan waktu (1 jam, 3 jam dan 6 jam) dengan nilai tertinggi pada Al 80%, SiC 11%, Al₂O₃

9% yaitu berturut-turut (500°C) adalah 412.971 kcal/mh °C, (550°C) adalah 414.887 kcal/mh °C dan tertinggi di temperatur (600°C) adalah 455.111 kcal/mh °C. Hubungan antara konduktivitas termal dengan waktu sintering yang diteliti tampak jelas kelihatan peningkatan konduktivitas panas dengan meningkatnya perlakuan temperatur dan waktu tahan sintering.



Gambar 4. Grafik hubungan antara konduktivitas termal dengan waktu sintering

4. Kesimpulan

1. Karakteristik komposisi persentase berat (% wt) penguat pada komposit Al+(SiC+Al₂O₃) memberikan efek terhadap sifat fisik porositas menurun dengan peningkatan penguat dari alumina, porositas terendah didapat (=3.155 gr/cm³). Sifat porositas menurun disetiap peningkatan Al₂O₃.
2. Sifat konduktivitas termal pada komposit Al/(SiC+Al₂O₃) terjadi peningkatan dengan meningkatnya komposisi penguat Al₂O₃ pada temperatur dan waktu sintering dimana paling baik terdapat pada Al/(11%SiC+9%Al₂O₃) pada waktu sintering 6 jam dan di suhu 600°C dengan hasil adalah 455.111 kcal/mh °C.

Daftar Pustaka

[1] Widyastuti, et al. 2008. Kompaktibilitas Komposit Isotropik Al/Al₂O₃ dengan Variabel Waktu Tahan Sinter. Departemen Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

[2] Zainuri, N.A., Nopiah, Z.M., Razali, N., Asshaari, I. & Othman, H. (2009). The study on the weaknesses of mathematical foundation in the first year engineering students, UKM, *Prosiding Seminar Pendidikan Kejuruteraan & Alam Bina (PeKA09)*, 226-233.

[3] Ahmad, K. R. 2005. The Influence of Alumina Particle Size on Sintered Density and Hardness of Discontinuous Reinforced Aluminum Metal Matrix Composites, *Jurnal Teknologi* 42 (A), University Teknologi Malaysia.

- [4] Froyen, B. Verlinden 1994. Aluminium Matrix Composites Materials. Talat 1402. Belgium. European Aluminium Associations (EAA).
- [5] Garnier, V., Fantozzi, G., Nguyen, D., Dubois, J. and Thollet, G. 2005. Influence of SiC whisker Morphology and Nature of SiC / Al₂O₃ Interface on Thermo Mechanical Properties of SiC Reinforced Al₂O₃ Composites. Journal of the European Ceramic Society, 25, 3485-3493. doi : 10.1016/j.jeurceramsoc.2004.09.026
- [6] Gibson Ronald, F. 1994. Principles of Composite Material Mechanics. Singapore : McGraw-Hill.
- [7] Suarsana, Putu Wijaya Sunu, (2015). Studi Eksperimen Pembuatan Komposit Metal Matrik Aluminium Penguat SiC Wisker dan Al₂O₃ Partikel sebagai Material Alaternatif. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana Bukit Jimbaran Bali, Indonesia.