

EFEK KOMPOSISI DAN PERLAKUAN SINTERING PADA KOMPOSIT Al/(SiCw+Al₂O₃) TERHADAP SIFAT FISIK DAN KEAUSAN

I Wayan Lega Suprpto¹, Ketut Suarsana², Nitya Santhiarsa³

¹Jurusan Teknik Mesin, Program Magister, Universitas Udayana Denpasar Bali
legasuprpto71@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana Denpasar Bali
ktsuarsana@yahoo.com

³Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana Denpasar Bali
santhiarsa@yahoo.com

ABSTRAK

Pengembangan material komposit berbasis logam pada dunia industri cukup potensial untuk memenuhi akan komponen-komponen permesinan. Dengan adanya perkembangan bahan yang sangat pesat, maka dituntut untuk menghasilkan bahan ringan dan murah yang merupakan persyaratan utama dalam dunia industri pembuatan komponen-komponen mesin. Hal ini memunculkan inovasi baru dalam pembuatan Aluminium Matrix Composite (AMC) yang berbasis matrik Aluminium dengan penguat Silicon Carbon dan Al₂O₃ partikel. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah dengan proses powder metalurgi dan variasi komposisi penguat komposit. Awal proses komposit dibuat dengan variasi komposisi matrik Aluminium dengan penguat SiC+Al₂O₃ dalam komposit. Komposisi Aluminium : 80% wt dengan variasi penguat 20% wt. Pembuatan material uji dilakukan dengan proses metalurgi serbuk dimana gaya tekan 25 N. Variasi perlakuan waktu sintering adalah 1 jam dan 3 jam pada temperatur 500°C, 550°C dan 600°C. Pengujian karakteristik dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik komposit. Hasil penelitian adalah dengan penambahan komposisi persen berat SiC dan Alumina (Al₂O₃) memberikan pengaruh pada sifat fisik dan mekanik komposit. Dimana densitas dan keausan meningkat terjadi pada setiap penambahan Alumina (Al₂O₃) itu sendiri. Sebaliknya porositas menurun dengan meningkatnya komposisi penguat. Hubungan antara sifat fisik dan mekanik dari masing-masing komposisi penguat SiCw dan Al₂O₃ pembentuk komposit yang dibuat, memberikan densitas 2.589 gr/cm³ dan keausan yang terjadi 0,005 gr pada perlakuan sintering 600°C dengan waktu tahan 3 jam.

Kata Kunci : Matrik Aluminium, SiC dan Al₂O₃ partikel.

1. PENDAHULUAN

Peradaban kehidupan manusia semakin berkembang maka kebutuhan akan teknologi bahan juga semakin meningkat dan beragam dalam berbagai aplikasi penggunaannya. Ketersediaan material konvensional yang kuantitas dan kualitasnya terbatas memunculkan pemikiran untuk pengembangan bahan melalui pengembangan proses pembuatan material dengan cara perlakuan permukaan, penambahan penguat material lain maupun rekayasa strukturalnya. Pengembangan komposit matriks aluminium dalam skala besar sudah banyak dilakukan dalam penelitian. Dimana didukung oleh tersedianya serat karbon, boron dan whisker. Bahan dari *Aluminium Matrix Composites (AMC)* mempunyai prospek karena menjanjikan karakteristik kekuatan dan ketahanan deformasi termal yang baik. Penguat serat kontinu satu arah menghasilkan perbaikan sifat mekanik yang menonjol dibandingkan dengan material matrik tanpa penguatan maupun yang diskontinu (Beatty, at, al. 1987). Komposit adalah perpaduan dari beberapa bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusunnya untuk menghasilkan material baru dan unik dengan ikatan antara masing-masing material penyusun sebagai matrik dan penguat. Material Al alloy digabungkan dengan keramik SiCw tergolong dalam jenis material komposit *Aluminium Matrix Composite (AMC)*. Pada proses perekayasaan material *Aluminium Matrix Composites (AMC)* dapat menggunakan logam aluminium alloy sebagai matrik dengan keramik SiC dan alumina sebagai bahan penguat/pengisi. Perbedaan dari material penyusun komposit, antara matrik dan pengisi (*filler*), agar berikatan dengan kuat, maka perlu penambahan aditif atau penguat (Sciti, D., at, al. 2002). Model penguatan dengan

menggunakan jenis penguat merupakan pengembangan dari perlakuan permukaan pada material dasar, tapi sebelumnya umum dilakukan dengan rekayasa perlakuan panas (*heat treatment*) pada permukaan material komposit. Penggabungan aditif atau penguat yang berbeda karakteristiknya, selama ini dilakukan dengan metode bonding diffusion yaitu penggabungan dilakukan dengan pemanasan temperatur tinggi dengan tegangan mekanik yang besar. Metode ini juga mempunyai kelemahan yaitu bentuk produk yang terbatas dan biaya produksi tinggi. Penggabungan aditif pada temperatur dingin dengan rekayasa permukaan lapisan melalui proses manufaktur metalurgi serbuk, merupakan alternatif yang dapat dikembangkan (Widyastuti, et al. 2008). Salah satu metoda pembentukan logam yang memungkinkan adanya kontrol terhadap setiap variabel prosesnya dapat dilakukan dalam proses fase padat. Ketelitian dalam kontrol dan rekayasa variabel proses merupakan hal yang menjadi penentu kualitas hasil produk. Pencampuran serbuk logam dengan partikel keramik untuk membuat *Metal Matrix Composites (MMC)* perlu adanya variabel yang jelas. Setelah proses pencampuran ini biasanya diikuti dengan *cold compaction*, *degassing* dan perlakuan panas seperti *hot isostatic pressing (HIP)* maupun sintering. Proses penekanan adalah memadatkan serbuk atau konsolidasi dari serbuk kedalam bentuk yang diinginkan, agar diperoleh dimensi presisi, serta material tidak mudah hancur. Kajian yang telah dilakukan sebelumnya dalam bidang *Metal Matrix Composites (MMC)* terutama aluminium sebagai matrik dan Silikon carbon sebagai penguat, adalah bertujuan untuk meningkatkan karakteristik fisik dan mekaniknya. Pelapisan alumina (Al₂O₃) pada permukaan SiC partikel cenderung meningkatkan karakteristik karena lebih merata dan menyebabkan ikatan interfasial antara penguat SiC dengan matrik Aluminium menjadi lebih baik (Zainuri, et al. 2008). Dalam penelitian sebelumnya komposit berbasis matrik Al diperkuat oleh SiC itu sendiri atau alumina (Al₂O₃) telah banyak diteliti. Namun penguat gabungan SiC bersama alumina partikulat (Al₂O₃) pada aluminium matrik disebut komposit Al/(SiC+ Al₂O₃), dan dengan variasi persentase berat belum ada meneliti. Dalam hal ini dipandang perlu untuk membuat material baru dengan komposisi tertentu untuk mendapatkan sifat material yang kekuatannya tinggi serta sebagai bahan alternatif untuk aplikasi penggunaannya. Oleh karena itu fokus penelitian adalah pengaruh komposisi penguat gabungan SiC ditambah alumina partikulat (Al₂O₃) dengan aluminium sebagai matrik terhadap karakteristik komposit terutama densitas, porositas dan keausan yang dimiliki komposit baru.

2. METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian berupa serbuk dan serat berupa Aluminium Matrik, Al₂O₃ partikel serta SiC *whisker*. Pembuatan spesimen dengan teknik metalurgi serbuk menggunakan bahan baku yaitu Al *fine powder* ($\geq 90\%$) p.a Merck dan serat SiC *whisker* komersial diameter ($d \approx 0.5 \mu\text{m}$), panjang ($l \approx 40 \mu\text{m}$). Sebagai bahan tambahan digunakan serbuk Al₂O₃ partikel dan Etanol 96% (CH₃COOH) sebagai media pencampur. Untuk grafit (C) dari arang dan Vasiline sebagai pelumas pada dinding cetak tekan.

Alat Penelitian

Adapun alat penelitian :

- Timbangan Digital, berfungsi untuk penimbangan massa bahan.
- Alat Uji Microhardness Tester
- Mortar, wadah untuk proses pencampuran
- Beker glass dan gelas ukur
- Alat kompaksi CARVER dengan kapasitas 10 ton

- Mesin magnetic stirrer, mesin ini berfungsi untuk mencampur dan mengaduk Al dengan SiC dan bahan wetting agen.
- Furnace , sebagai alat pemanas
- Cetakan/die, alat yang digunakan untuk mencetak Al dengan SiC dan bahan wetting agen

Penentuan persen berat (%wt) antara matrik dengan penguat

Aluminium matrix Composite (AMC) dibuat dari pencampuran matrik dengan penguat, dimana matrik adalah Aluminium *fine powder* dengan penguat SiC yang diperkuat dengan bahan aditif. Proses pembuatan komposit ini dilakukan dengan proses metalurgi serbuk. Sampel komposit *AMC* yang dibuat berbentuk silindris dengan diameter 0,8 cm dan tinggi 1 cm. Sehingga, volume total komposit yang harus dihasilkan $\pm 0,5 \text{ cm}^3$. Bahan yang digunakan adalah Aluminium ($\rho_m = 2,7 \text{ gr/cm}^3$), SiC ($\rho_f = 3,2 \text{ gr/cm}^3$) dan Al_2O_3 ($\rho_f = 3,8 \text{ gr/cm}^3$) dengan perbandingan persen berat (% wt) masing-masing sebagai berikut. Tabel 1 komposisi matriks Al dan penguat ($\text{SiC} + \text{Al}_2\text{O}_3$).

Tabel 1 Komposisi komposit al/(SiCw+Al₂O₃)

Al Powder (%wt)	SiC (%wt)	Al ₂ O ₃ (%wt)
80%	17%	3%
	14%	6%
	11%	9%

Penentuan Karakteristik Komposit

1. Penentuan Densitas

Densitas merupakan besaran fisis yaitu perbandingan massa (m) dengan volume benda (V), (*Birkeland, P.W., 1984*).

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

dengan : Densitas bulk (ρ) (gram/cm^3), massa sampel setelah dikeringkan di dalam oven (m_s) (gr), massa sampel yang digantung di dalam air (mg)(gram), massa kawat penggantung sampel (m_k)(gram), massa sampel setelah direndam didalam air/jenuh (m_b)(gr), massa jenis air (ρ_{H_2O})= 1 gr/cm^3

2. Penentuan Porositas

Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka atau *Apparent porosity*, dan dapat dinyatakan dengan persamaan standar ASTM C 373 - 88. (*Birkeland, P.W., 1984*)[5]

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

3. Penentuan Keausan

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode *Ogoshi* dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan, maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji dengan pembebanan 10 N (Sulardjaka, dkk., 2015).

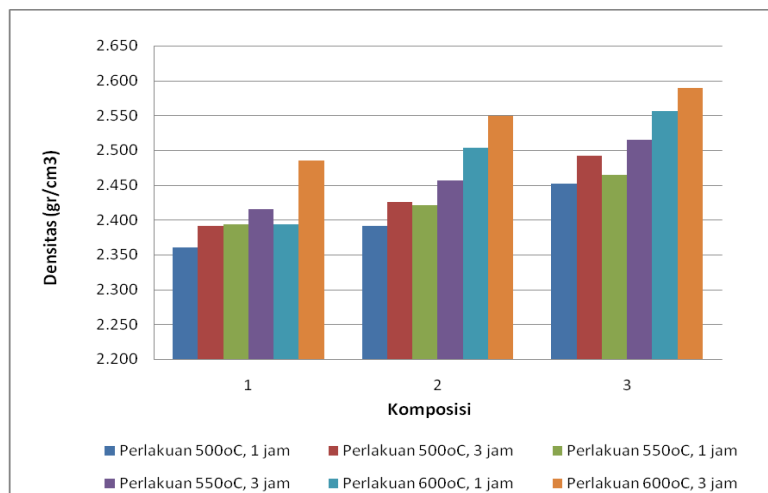
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh temperatur dan waktu tahan sintering terhadap densitas komposit

Sifat fisik densitas dari komposit sangat dipengaruhi oleh temperatur maupun waktu tahan sinter. Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap proses sinter adalah ukuran partikel, bentuk, struktur, densitas, temperatur dan waktu. Penurunan ukuran partikel akan meningkatkan difusi, hal ini disebabkan peningkatan perbandingan luas area terhadap volume akan menyebabkan peningkatan gaya penggerak yang lebih tinggi, sedangkan bentuk partikel akan meningkatkan luas kontak antar partikel, sehingga meningkatkan kecepatan difusi. Permukaan partikel yang kasar, mempunyai luas kontak yang rendah dibandingkan partikel yang halus. Struktur kristalin pada serbuk sangat signifikan pengaruhnya terhadap proses sinter. Nilai densitas bakalan yang tinggi menyebabkan sifat akhir komposit lebih baik seperti ketahanan aus, penghantar panas dan kerapatan komposit. Peningkatan nilai densitas bakalan mempengaruhi luas kontak permukaan antar partikel. Peningkatan temperatur dan waktu pada proses sinter akan dapat meningkatkan kecepatan sinter, yang berhubungan secara signifikan. Struktur polikristalin cenderung mempunyai ukuran butir yang lebih kecil, dan memiliki sifat mekanik seperti tegangan tarik, ukuran butiran dan dimensi yang lebih stabil. Struktur butir yang lebih halus memiliki transpor material yang lebih baik, sehingga menyebabkan kecepatan difusi tinggi. Setelah proses sinter, ukuran butir cenderung menghilangkan butir kecil karena terjadi pertumbuhan butir. Struktur kristalin serbuk pada saat proses sinter lebih stabil, selama gaya penggerak utama untuk terjadinya rekristalisasi (penurunan dislokasi), tidak terjadi di dalam serbuk. Struktur yang mempunyai cacat yang cukup besar, seperti dislokasi akan meningkatkan proses difusi. Komposisi partikel seperti oksidasi pada permukaan partikel akan menurunkan energi permukaan dan dapat menghalangi terjadinya mekanisme transpor permukaan, sehingga dapat menurunkan keefektifan dari proses difusi sepanjang proses sinter. Sepanjang proses sinter temperatur akan menjadi gaya dorong difusi antarmuka partikel. Sehingga semakin tinggi temperatur dan semakin lama waktu tahan sinter, densitas komposit akan semakin meningkat (Suarsana, dkk. 2015). Dari hasil pengujian terlihat pada gambar 1 yang menunjukkan pengaruh perlakuan sintering.

Tabel 2 Data hasil pengujian Densitas *Aluminium matrix composite (AMC)* dengan Al matrik diperkuat SiC dan Al₂O₃

Komposisi			500°C	
Al (%)	SiC(%)	Al ₂ O ₃ (%)	1 Jam	3 Jam
			ρ(gr/cm ³)	ρ(gr/cm ³)
80	17	3	2.360 ± 0.02023	2.391 ± 0.05686
	14	6	2.391 ± 0.01012	2.426 ± 0.02156
	11	9	2.452 ± 0.07520	2.492 ± 0.05761
			550°C	
			1 Jam	3 Jam
			ρ(gr/cm ³)	ρ(gr/cm ³)
	17	3	2.393 ± 0.02245	2.415 ± 0.04301
	14	6	2.421 ± 0.02043	2.457 ± 0.01400
	11	9	2.465 ± 0.03095	2.515 ± 0.04180
			600°C	
			1 Jam	3 Jam
			ρ(gr/cm ³)	ρ(gr/cm ³)
	17	3	2.464 ± 0.0320	2.485 ± 0.0525
	14	6	2.503 ± 0.0135	2.549 ± 0.0657
	11	9	2.556 ± 0.0909	2.589 ± 0.0449



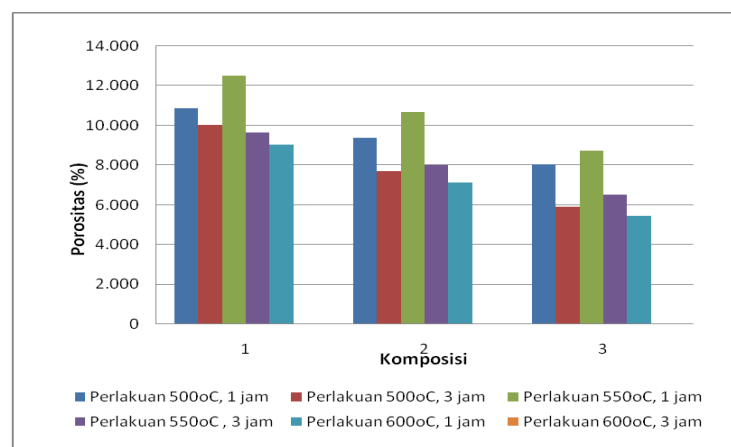
Gambar 1. Grafik hubungan komposisi dengan densitas

Pengaruh temperatur dan waktu tahan sintering terhadap porositas

Secara ekperimental pengaruh temperatur dan waktu tahan (*holding time*) sintering terhadap porositas dapat diketahui dari pengamatan data penelitian pada tabel 3 dan gambar 2. Pada Tabel 3 ditunjukkan data hasil pengujian porositas *Aluminium matrix composite (AMC)* dengan Al *fine powder* sebagai matrik diperkuat SiC dan Al₂O₃ setelah perlakuan sintering. Perlakuan sintering yang dikenakan pada komposit Al-(SiC+Al₂O₃) adalah dengan variasi temperatur dan *holding time*, pada temperatur sintering : 500°C, 550°C dan 600°C, dengan *holding time* berturut-turut : 1 jam dan 3 jam. Untuk perhitungan dan pengujian penentuan porositas terlihat pada tabel 3. Garafik hubungan komposisi dengan porositas terlihat pada gambar 2.

Tabel 3 Data hasil pengujian porositas *aluminium matrix composite (AMC)* dengan Al sebagai matrik diperkuat SiC dan Al₂O₃, setelah proses sinter.

Komposisi			500°C	
Al (%)	SiC (%)	Al ₂ O ₃ (%)	1 Jam p(%)	3 Jam p(%)
	17	3	10.851 ± 0.87732	10.029 ± 1.76810
	14	6	9.356 ± 1.01289	7.696 ± 1.06899
	11	9	8.049 ± 2.45656	5.902 ± 0.86203
			550°C	
			1 Jam p(%)	3 Jam p(%)
80	17	3	12.508 ± 1.21037	9.655 ± 0.91232
	14	6	10.668 ± 0.86439	7.997 ± 0.95604
	11	9	8.711 ± 1.66446	6.517 ± 1.09402
			600°C	
			1 Jam p(%)	3 Jam p(%)
	17	3	9.036 ± 0.09372	6.998 ± 1.63185
	14	6	7.111 ± 1.83290	6.020 ± 2.07385
	11	9	5.426 ± 0.20759	4.311 ± 1.16856



Gambar 2 Grafik hubungan komposisi dengan porositas

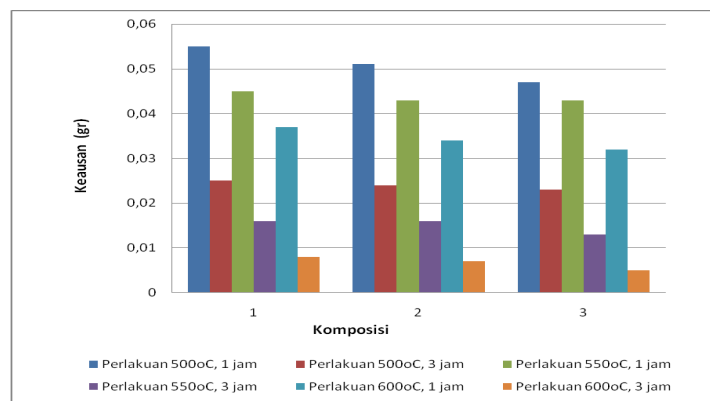
Pengaruh Komposisi Penguat SiC dan Al₂O₃ terhadap Keausan

Pada gambar 3 menunjukkan hubungan antara komposisi persentase berat dari komposit Al-(SiC+Al₂O₃) dengan keausan. Hal ini dapat dilihat bahwa setiap peningkatan komposisi gabungan penguat SiC dan Al₂O₃ dengan komposisi matriks Aluminium, menyebabkan peningkatan sifat fisik. Temuan ini mirip dengan penelitian sebelumnya (Widyastuti, et al. 2008). Hipotesa penelitian menyatakan peningkatan perlakuan komposisi persentase berat (%wt) pada komposit Al+(SiC+Al₂O₃), menjadikan semakin meningkat sifat mekanik dari komposit. Pada penelitian ini untuk setiap komposisi matrik dan peningkatan persentase berat penguat Al₂O₃ sendiri, menyebabkan meningkatnya ketahanan aus dan konduktivitas termal komposit. Hal ini terjadi karena partikel Al₂O₃ yang memiliki ukuran lebih kecil daripada matriks aluminium itu sendiri, memungkinkan mereka untuk menyebar secara merata. Partikel Al₂O₃ itu sendiri mempunyai nilai kekerasan lebih tinggi dari aluminium matrik, bila ditingkatkan

penambahan Al_2O_3 sehingga menyebabkan kekerasan meningkat. Selanjutnya, setiap pengurangan SiC dari gabungan penguatan ($SiC+Al_2O_3$) juga menyebabkan ketahanan aus. Ini bisa terjadi karena serat SiC acak, lebih kecil dari partikel serbuk aluminium matriks dan kekerasannya tinggi. Dengan orientasi serat acak dari SiC dapat meningkatkan pembentukan jumlah pori-pori pada komposit. Pada penelitian sebelumnya matrik paduan aluminium diperkuat dengan partikel silikon karbida dengan dan tanpa dilapisi menunjukkan bahwa lapisan partikel dan ukuran partikel memberikan efek secara signifikan terhadap sifat-sifat mekanis pada permukaan komposit.

Tabel 4 Data hasil pengujian keausan komposit aluminium matrix diperkuat SiC dan Al_2O_3 .

Komposisi			Suhu					
Al Powder (%wt)	SiC Wiker (%)	Al_2O_3 (%)	500 °C		550 °C		600 °C	
			waktu sintering		waktu sintering		waktu sintering	
			1 jam	3 Jam	1 jam	3 Jam	1 jam	3 Jam
80	17	3	0,055	0,025	0,045	0,016	0,037	0,008
	14	6	0,051	0,024	0,043	0,016	0,034	0,007
	11	9	0,047	0,023	0,043	0,013	0,032	0,005



Gambar 3 Grafik hubungan komposisi dengan keausan

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian komposit $Al/(SiC+Al_2O_3)$ yang terdiri dari aluminium *fine powder* sebagai matrik dengan *Silicon Carbon whisker* (SiC) digabung alumina partikel (Al_2O_3) sebagai penguat, juga berdasarkan analisa dan pengamatan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Komposisi persentase berat (%wt) penguat pada komposit $Al+(SiC+Al_2O_3)$ memberikan pengaruh terhadap densitas meningkat dan porositas menurun dengan peningkatan penguat dari alumina, dimana densitas tertinggi adalah ($\rho = 2,589 \text{ gr/cm}^3$) dan porositas terendah didapat pada $p = 4,311 \%$.
2. Porositas menurun dengan peningkatan penguat dari alumina, dimana porositas tertinggi adalah $p = 21,546 \%$ dan porositas terendah didapat $p = 4,311 \%$. Sedangkan sifat mekanik dimana nilai densitas berbanding terbalik dengan nilai porositas.
3. Sifat mekanik yaitu keausan meningkat pada komposit $Al+(SiC+ Al_2O_3)$ disetiap peningkatan persentase berat dari alumina partikel (3%wt Al_2O_3 , 6%wt Al_2O_3 dan 9%wt Al_2O_3).

Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Terimakasih kepada Kepala Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kepala Laboratorium Metalurgi Institut Teknologi (ITN) Malang dan Kepala Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- Beatty, R. L. and Wyman, F. H., 1987, Continuous Silicon Carbide Whisker Production, United state Patent, No. 4,637, 924.
- Birkeland, P. W., 1984. Soil dan Geomorphologi, Oxford, University Press New York, halaman 14-15.
- Sciti, D., and Bellosi, A., 2002. Microstructure and Properties of Alumina- SiC nanocomposites Prepared from Ultrafine Powders, Journal of Material Science 37, Kluwer Academic Publishers.
- 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.
- Sulardjaka dkk 2015. Karakteristik laju keausan komposit AlSiB/SiC dan AlSiMg/SiC. Jurusan Teknik Mesin, FT-UNDIP, Kampus UNDIP Tembalang-Semarang. Indonesia.
- Gibson Ronald, F., 1994. Principles of Composite Material Mechanics. Singapore : McGraw- Hill.
- Widyastuti, Eddy, S., Siradj, Dedi Priadi, and Anne Zulfia., 2008. Compactibility Al/Al₂O₃ Composites with Variable Hold Time Sintering, Makara, Sains, Vol.12, No. 2, November (2008), 113-119.
- Zainuri, M., Siradj, E. S., Priadi, D., dan Zulfia, A., 2008. Pengaruh Pelapisan Permukaan Partikel SiC dengan Oksida Metal terhadap Modulus Elastisitas Komposit Al/SiC. Matrix, 12 (2), 126- 133.
- 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.