

Pengaruh Variasi Gaya Tekan Pada Komposit Al/(SiC/Alumina/Magnesium) Terhadap Konduktivitas Termal dan Keausan

Rudi Prasetyo R.W.S, K.Suarsana, Nitya Santhiarsa

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstraksi

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan yang berkembang dalam kehidupan manusia saat ini, memungkinkan terciptanya material – material yang unggul. Hal ini telah mendorong berkembangnya material baru komposit matrik logam, yaitu Aluminium Metal Matrik Composite. Pada penelitian ini, komposit menggunakan serbuk aluminium akan ditambahkan serbuk SiCw, Al₂O₃ dan Magnesium dengan tujuan untuk memperbaiki sifat aluminium. Proses membuat komposit dengan metode metalurgi serbuk, dimana akan dibuat tiga variasi kompaksi yaitu 20, 25, dan 30 kN lalu dilakukan sintering dengan suhu 550 °C selama 4 jam. Pengujian yang dilakukan meliputi Uji Konduktivitas Termal dan Scanning Electron microscope (SEM). Hasil yang diperoleh adalah nilai konduktivitas termal mengalami kenaikan pada setiap penambahan tekanan kompaksi, tertinggi pada kompaksi 30 kN sebesar 7,275E-04 kkal/ms °C sedangkan nilai laju keausan setiap spesimen mengalami penurunan seiring penambahan tekanan kompaksi pada spesimen tersebut, Nilai keausan terendah terjadi pada kompaksi 30 kN sebesar 2,38889E-05 gr.

Kata kunci: kompaksi, konduktivitas termal, keausan, aluminium matrik komposit, metalurgi serbuk

Abstract

The development of technology and science that developed in human life today, enabling the creation of materials that are superior. This has prompted the development of new metal matrix composite materials, namely Aluminium Metal Matrix Composite. In this study, composites using aluminium powder will be added SiCw, Al₂O₃ and Magnesium powders in order to improve the properties of aluminium. The process of making composites by powder metallurgy method, which will be made three variations of compaction that is 20, 25, and 30 kN then sintered with temperature 550 °C for 4 hours. Tests conducted are Thermal Conductivity Tests and Scanning Electron microscope (SEM). The result obtained is that the thermal conductivity value increases in each addition of compaction pressure, the highest at 30 kN compaction is 7,275E-04 kkal/ms °C whereas the rate of wear rate of each specimen decreases as the addition of compaction pressure to the specimen, The lowest wear rate occurs in the compaction 30 kN in the amount of 2,38889E-05 gr/s.

Keywords: compaction, thermal conductivity, wear, aluminium composite matrix, powder metallurgy

1. Pendahuluan

Seiring dengan kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan yang berkembang pesat dalam kehidupan manusia saat ini, memungkinkan terciptanya material baru yang memiliki sifat – sifat unggul. Material yang ada diharuskan memiliki ketentuan tertentu untuk memenuhi kebutuhan manusia. Sering terjadi material yang ada tidak bisa memenuhi permintaan yang diinginkan karena sifat mekanik dan karakteristik dari material tersebut tidak sesuai.

Hal ini telah mendorong berkembangnya material baru komposit matrik logam, yaitu Aluminium Metal Matrik Composite. Logam aluminium disini berfungsi sebagai matrik. Material komposit berbasis logam Metal Matrix Composite memiliki banyak keunggulan, diantaranya kombinasi kekuatan dan modulus elastisitas yang baik serta berat jenis yang cenderung lebih rendah. Proses rekayasa material Aluminium dilakukan dengan tujuan untuk memperbaiki sifat aluminium, terutama kekerasan dan ketahanan aus.

Disamping hal tersebut, industri otomotif di Indonesia berkembang dengan pesat, sehingga diperlukan penyediaan suku cadang yang berkualitas

baik dengan harga yang murah. Penggunaan bagian otomotif berbasis baja memang memiliki sifat mekanis yang baik, namun memiliki ketahanan korosi yang kurang baik. Untuk itu diperlukan material yang memiliki sifat mekanis dan ketahanan korosi yang baik. Fabrikasi komposit dengan menggunakan matrik aluminium ditambah dengan magnesium, alumina, dan penguat silicon karbon wiskers merupakan solusi yang tepat.

Material komposit adalah kombinasi makroskopik dari dua jenis material atau lebih yang berbeda fase menjadi sebuah material baru yang memiliki sifat berupa gabungan keunggulan-keunggulan dari material-material penyusunnya. Salah satu jenis aplikasinya adalah pada komposit matrik aluminium.

Tahun 2017 dilakukan penelitian terhadap Aluminium Matrix Composite (AMC) yang berbasis matrik aluminium dengan penguat Silicon Carbida dan alumina partikel. Pembuatan material uji dilakukan dengan proses metalurgi serbuk dengan gaya tekan 25 kN. Variasi perlakuan waktu sintering adalah 1 jam dan 3 jam pada temperatur 500, 550 dan 600 °C. Hasil yang diperoleh dari peningkatan komposisi penguat Al₂O₃

meningkatkan densitas dan keausan, dimana hasil densitas $2,589 \text{ gr/cm}^3$ dan keausan yang terjadi $0,005 \text{ gr}$ pada perlakuan sintering $600 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan waktu tahan 3 jam [1].

Permasalahan yang akan dibahas, yaitu bagaimana pengaruh variasi gaya tekan pada komposit matrik aluminium berpenguat SiCw, Al_2O_3 dan Mg dengan proses metalurgi serbuk. Dimana pengujian yang telah dilakukan meliputi: uji konduktivitas termal, uji keausan serta pengamatan bahan melalui *Scanning Electronic Microscope*. Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi : temperatur yang digunakan pada saat pembuatan spesimen adalah temperatur ruangan, Komposisi dari komposit Al/(SiC / Mg / Al_2O_3) adalah : 65% Al ; 15%SiC ; 15% Al_2O_3 dan 5%Mg.

2. Dasar Teori

Material komposit merupakan material hasil kombinasi secara makro yang terdiri dari dua atau lebih bahan, dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya bertujuan untuk mendapatkan material yang lebih baik dari bahan penyusunnya. Berdasarkan bahan matrik yang digunakan, komposit dibagi menjadi tiga kelompok, salah satunya adalah komposit matrik logam.

Komposit matrik logam adalah komposit yang menggunakan kombinasi dari dua material atau lebih dengan matrik logam. Berdasarkan bentuk partikel penguatnya, komposit matrik logam dibagi menjadi dua, yaitu: Continuous merupakan komposit yang menggunakan bahan fiber sebagai penguat. Komposit dengan penguat fiber digunakan jika komponen yang akan dibuat lebih mengutamakan kekuatan tarik yang baik. Sedangkan Discontinuous digunakan untuk aplikasi yang pembebanannya diterima merata di seluruh material komposit, karena beban akan disalurkan ke semua penguat melalui matrik sehingga penyebarannya akan merata dan tidak terpusat seperti serat continuous [2]. Dengan penguat jenis ini, memungkinkan untuk membuat material komposit secara metalurgi serbuk. Pada penelitian ini, bahan komposit yang digunakan adalah jenis Discontinuous, yang memiliki empat bahan pada saat proses pembuatan yaitu, serbuk logam aluminium sebagai matrik, serbuk SiCw dan alumina sebagai penguat, dan magnesium sebagai wetting agent.

Aluminium banyak digunakan sebagai material teknik karena bobotnya cukup ringan, konduktor listrik, penghantar panas yang baik, dan tidak mudah terjadi korosi. Silikon karbida (SiC) merupakan salah satu jenis keramik yang sering digunakan sebagai penguat dalam komposit. Silikon karbida whisker memiliki kekerasan yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan sifat mekanis pada komposit [3]. Alumina merupakan salah satu jenis keramik oksida yang keras, penambahan alumina bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan dan ketahanan

material komposit [4]. 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 [5]. Pembuatan komposit ini menggunakan proses metalurgi serbuk, yaitu dengan pencampuran serbuk material menjadi satu dengan komposisi yang telah ditentukan dan memasukan campuran kedalam mesin sintering untuk proses peleburan. Jika material sudah siap digunakan barulah kita mulai proses pengujian bahan dengan uji konduktivitas termal dan uji keausan dengan memvariasikan gaya penekanan pada spesimen saat proses pembuatan.

2.1. Pengujian Spesimen

Dalam penelitian ini yang akan dicari dari material komposit tersebut meliputi: uji konduktivitas termal, uji keausan dan pengamatan struktur mikro dengan menggunakan SEM.

2.1.1 Uji Konduktivitas Termal

Perpindahan panas adalah proses berpindahnyapanas karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, panas akan berpindah dari temperatur yang lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai adakesetimbangantemperatur yang terjadi pada kedua media tersebut. Nilai konduktivitas termal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan.

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

q = laju perpindahan kalor (Btu/h atau W)

A = luas bidang tempat berlangsungnya perpindahan kalor (ft^2 atau m^2)

$\frac{dT}{dx}$ = gradien atau landaian suhu (Temperatur gradient) dalam arah perpindahan kalor ($^\circ\text{F}/\text{ft}$ atau $^\circ\text{C}/\text{m}$)

k = konduktivitas termal (Btu/h.ft. $^\circ\text{F}$ atau W/m. $^\circ\text{C}$)



Gambar 1. Alat Uji Konduktivitas Termal

2.1.2 Uji Keausan

Keausan didefinisikan sebagai rusak/ hilangnya sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan antara permukaan padatan dengan benda lain. Definisi gesekan itu sendiri adalah gaya tahan yang menahan gerakan antara 2 permukaan solid yang bersentuhan maupun solid dengan liquid. Keausan pada dasarnya memiliki berberapa mekanisme, yaitu Abrasi, Erosi, Adhesi, Fatik dan Korosi.

$$k' = \frac{w_0 - w_1}{t} = \frac{w}{t} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- k' = laju keausan (gr/s)
- w_0 = berat awal spesimen (gr)
- w_1 = berat akhir spesimen (gr)
- t = waktu / lama pengausan (s)
- w = selisih berat goresan yang hilang (gr)

2.1.3 Pengamatan dengan SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis [7]. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda / material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi.



Gambar 2. Alat Uji *Scanning Electron Microscope*

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini penulis membuat material komposit dengan aluminium sebagai matrik komposit berpenguat serbuk SiC *Whisker*, Al₂O₃ Partikel dan menggunakan Mg sebagai *wetting agent*. Adapun alat – alat penelitian sebagai berikut yaitu, timbangan digital, mortal, gelas ukur, alat kompaksi, magnetic stirrer, cetakan/die, tabung pemanas. Pembuatan spesimen pada penelitian ini menggunakan proses metalurgi serbuk. Kemudian dianalisa karakteristik menggunakan uji konduktivitas termal dengan

diikuti pengamatan SEM. Dalam penelitian ini, terdapat variabel yang dibagi menjadi dua yaitu variabel yang ditentukan meliputi komposisi Aluminium, SiC *whisker*, Al₂O₃ partikel dan magnesium dengan penekanan pada spesimen menggunakan gaya tekan 20, 25 dan 30 kN lalu ditahan selama 20 menit. Sedangkan variabel yang dicari meliputi nilai konduktivitas termal dan pengamatan struktur mikro. Sampel komposit yang dibuat berbentuk silinder pejal dengan diameter 1 cm dan tinggi 1 cm, sehingga volume total komposit yang harus dihasilkan 0,7 cm³, dengan massa spesimen 2,24 gram.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data hasil penelitian dapat dilakukan setelah proses sintering selesai. Proses pembuatan dimulai dari pencampuran serbuk aluminium, Silicon Carbon *Whisker*, Alumina dan Magnesium. kemudian dimasukan ke dalam cetakan dengan variasi tekanan kompaksi yaitu 20,25 dan 30 kN. Selanjutnya dilakukan proses sintering ke dalam tungku pemanas, total waktu selama 4 jam dengan temperature 550°C. Setelah proses sintering selesai dilakukan, dilanjutkan dengan pengujian uji konduktivitas termal, keausan dan pengamatan melalui *Scanning Electron Microscope*.

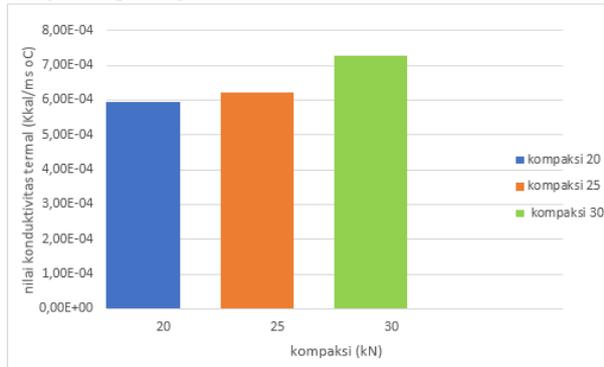
4.1 Data Hasil Pengujian Konduktivitas Termal

Hasil daripengujian konduktivitas termal pada spesimen yang telah melalui proses sintering. Data hasil pengujian konduktivitas termal didapat menggunakan prosedur penelitian yang sudah dirancang, dengan pengolahan datanya berpedoman pada Instruction Manual Book. Pengujian konduktivitas termal ini dilakukan di Lab. Phenomena Dasar Universitas Brawijaya Malang.. Penguiian konduktivitas termal dilakukan pada 9 sampel, terdapat masing-masing 3 sampel pada setiap gaya tekan kompaksi, kemudian dicari rata-ratanya. Setelah penelitian dilakukan sesuai dengan rancangan penelitian, diperoleh data hasil uji konduktivitas termal yang di tunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Uji Konduktivitas Termal

Komposisi	Kompaksi	Kkal/ms ² C
65% Al + 15% SiCw + 15% Al ₂ O ₃ + 5% Mg	20 kN	4,936E-04
		5,199E-04
		7,727E-04
	Rata – rata	5,954E-04
	25 kN	5,808E-04
		5,852E-04
		6,95E-04
	Rata – rata	6,203E-04
	30 kN	5,413E-04
		6,969E-04
		9,444E-04
	Rata – rata	7,275E-04

Tabel pengujian konduktivitas termal yang telah didapat, selanjutnya akan ditampilkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Nilai Konduktivitas Termal dengan Tekanan Kompaksi

Berdasarkan grafik pada Gambar 1, terlihat adanya peningkatan nilai konduktivitas termal. Peningkatan nilai konduktivitas termal pada gaya tekan 20kN sebesar 5,954E-04 Kkal/ms °C pada gaya tekan 25kN meningkat lagi sebesar 6,203E-04 Kkal/ms °C dan nilai konduktivitas termal tertinggi pada gaya tekan 30 kN sebesar 7,275E-04 Kkal/ms °C.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi gaya tekan (kompaksi) yang diberikan maka semakin tinggi pula nilai konduktivitas termal yang diperoleh. Perbedaan gaya tekan yang diberikan sangat berpengaruh terhadap nilai konduktivitas termal pada spesimen. Peningkatan nilai konduktivitas termal sebanding dengan peningkatan gaya tekan yang diberikan. Nilai konduktivitas termal terjadi akibat adanya kerapatan yang makin meningkat antar spesimen di dalamnya akibat dari variasi penambahan tekanan kompaksi tersebut, sehingga penyaluran panas yang terjadi pada spesimen dapat maksimal.

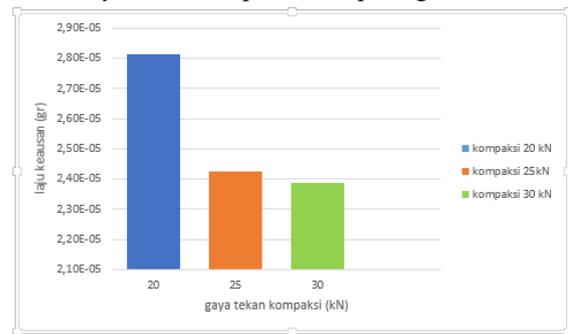
4.2 Uji keausan

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui nilai keausan dari material tersebut. Pengujian keausan ini dilakukan di laboratorium proses produksi Teknik Mesin Universitas Udayana. Pada pengujian keausan tersebut beban yang digunakan sebesar 2.5 kg, jarak lintasan 100 m, bola baja 8 mm dan putaran mesin 140 rpm. Bahan yang digunakan adalah komposit Al/(SiC + Mg + Al₂O₃) didapat hasil yang ditunjukkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.2 Pengujian Keausan

komposisi	Kompaksi	Wo(gr)	Wt(gr)	Laju keausan(gr)
65% Al + 15% SiCw + 15% Al ₂ O ₃ + 5% Mg	20 kN	2,24	2,185	2,81481E-05
		2,24	2,19	
		2,24	2,193	
	Rata – rata	2,24	2,189333333	
	25 kN	2,24	2,195	2,42593E-05
		2,24	2,197	
2,24		2,197		
Rata – rata	2,24	2,196333333		
30kN	30kN	2,24	2,196	2,38889E-05
		2,24	2,197	
		2,24	2,198	
	Rata - rata	2,24	2,197	

Data hasil uji keausan yang telah ditabelkan dapat dibuat dalam bentuk grafik untuk mempermudah pembacaannya dan menunjukkan hubungan antara gaya tekan kompaksi terhadap laju keausannya. Grafik dapat dilihat pada gambar 4.



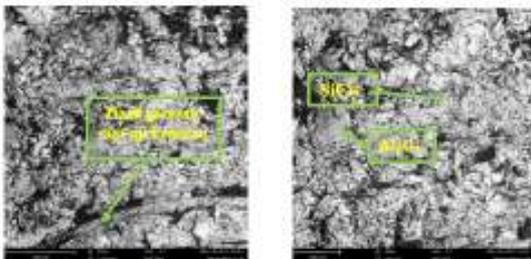
Gambar 4. Grafik hubungan antara Uji Keausan dengan variasi kompaksi

Berdasarkan data pengujian keausan pada grafik gambar 4.2 menunjukkan nilai keausan dari komposit Al/(SiC + Mg + Al₂O₃) menunjukkan penambahan tekanan kompaksi menyebabkan penurunan nilai keausan pada material komposit. Semakin besar penekanan kompaksi semakin kecil nilai keausannya. Pengujian keausan adalah pengurangan ketebalan permukaan akibat gesekan dan pembebanan yang terjadi karena bergesekan dengan material yang lebih keras.

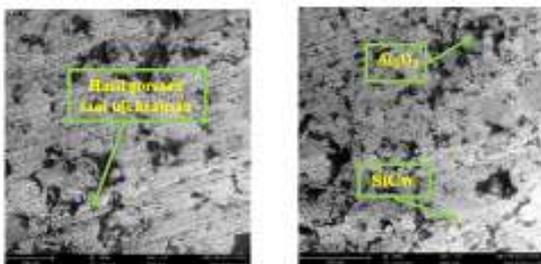
Nilai keausan pada komposit ini, tertinggi dimiliki oleh kompaksi 20 kN sebesar 2,81481E-05 gr, lalu mengalami penurunan laju keausan pada kompaksi 25 kN sebesar 2,42593E-05 gr dan laju keausan terendah terjadi pada kompaksi 30 kN sebesar 2,38889E-05 gr. Hasil nilai keausan terendah pada kompaksi 30 kN, hal ini disebabkan karena adanya peningkatan kerapatan antara partikel matrik dengan penguat di dalamnya sehingga rongga pada komposit berkurang dengan semakin naiknya tekanan kompaksi. hal itu juga yang menyebabkan goresan

pada permukaan spesimen itu menjadi semakin sedikit seiring bertambahnya tekanan kompaksi.

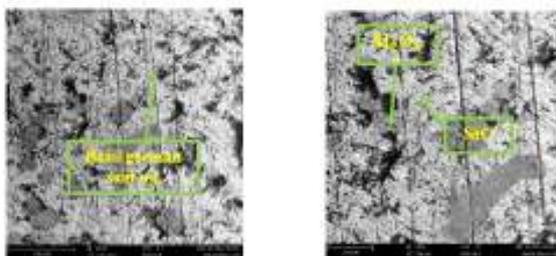
4.3 Hasil Pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM)



Gambar 5. SEM pada Spesimen 20 kN Perbesaran 250x dan 500x



Gambar 6. SEM pada Spesimen 25 kN Perbesaran 250x dan 500x



Gambar 7. SEM pada Spesimen 30 kN Perbesaran 250x dan 500x

Melalui gambar hasil pengamatan menggunakan SEM dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin meningkatnya gaya tekan yang diberikan, semakin sedikit terlihat lubang pada permukaan spesimen tersebut. Ini juga yang mengakibatkan nilai konduktivitas termal semakin naik. Hal ini dikarenakan pada proses kompaksi partikel – partikel di dalam spesimen tersebut semakin rapat seiring dengan bertambahnya tekanan kompaksi sehingga spesimen tidak mudah tergores saat terjadi gesekan dan lebih maksimal untuk menghantarkan panas.

5. Kesimpulan

Data dari hasil penelitian pengaruh variasi gaya tekan pada komposit $Al/(SiC / Al_2O_3 / Mg)$ terhadap konduktivitas termal dan pengamatan melalui SEM, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

Pada pengujian konduktivitas termal ini, nilai konduktivitas termal mengalami kenaikan pada setiap penambahan tekanan kompaksi. Nilai konduktivitas termal terendah pada tekanan kompaksi 20 kN sebesar $5,954E-04$ Kkal/ms $^{\circ}C$, lalu mengalami kenaikan pada tekanan kompaksi 25 kN sebesar $6,203E-04$ Kkal/ms $^{\circ}C$, dan tertinggi pada kompaksi 30 kN sebesar $7,275E-04$ Kkal/ms $^{\circ}C$. Dari hasil pengamatan SEM, dapat terlihat bahwa kerapatan yang baik antar partikel di dalam spesimen tersebut yang membuat nilai konduktivitas termal bahan naik seiring penambahan tekanan kompaksi.

Pada pengujian keausan, nilai laju keausan setiap spesimen mengalami penurunan seiring penambahan tekanan kompaksi pada spesimen tersebut. Nilai laju keausan tertinggi pada tekanan kompaksi 20 kN sebesar $2,81481E-05$ gr, lalu mengalami penurunan lagi saat tekanan kompaksi 25 kN sebesar $2,42593E-05$ gr dan terendah berada pada tekanan kompaksi 30 kN sebesar $2,38889E-05$ gr. Nilai keausan terendah terjadi pada kompaksi 30 kN sebesar $2,38889E-05$ gr. Dari hasil pengamatan SEM, dapat terlihat dengan jelas goresan saat uji keausan yang terjadi pada tekanan kompaksi 20 kN sampai 30 kN. Nilai laju keausan mengalami penurunan seiring dengan naiknya tekan kompasi. Hal ini disebabkan karena adanya peningkatan kerapatan antara partikel matrik dengan penguat di dalamnya sehingga rongga pada komposit berkurang dengan semakin naiknya tekanan kompaksi.

Daftar Pustaka

- [1] I Wyn Lega Suprpto., 2017, *Efek komposisi dan perlakuan sintering pada komposit $Al/(SiCw+Al_2O_3)$ terhadap densitas, porositas dan keausan*. Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bali
- [2] Matthew, F.L and R.D Rawlijns., 1994, *Composite Material: Engineering & Science*. Chapman & Hall, London
- [3] Beatty, R. L. and Wyman, F. H., 1987, *Continious Silicon Carbide Whisker Production*, United state Patent, No. 4,637, 924.
- [4] 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.
- [5] Andhika Insan Adiyatma. 2010. *Pengaruh Magnesium Terhadap Proses Electroless Plating Pada Partikel Penguat Al_2O_3* . Fakultas Teknik Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Depok

- [6] Ristic, M. M., 1977, *Sintering New Developments, Material Science Monographs, vol 4, Proceeding of 4th International Round Table Conference on Sintering*, Dubrovnik, Yugoslavia, September 5 – 10, 1979, Elsevier Scientif Publishing Company, Amsterdam-Oxford, New York.
- [7] Nugroho, H. 2011. *Scanning Electron Microscope*. Bandung, Sarastika