

# Pengaruh Temperatur Sintering Al Matrik dengan Penguat SiCw+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Terhadap Sifat Porositas dan Keausan

Made Briannala, I Ketut Suarsana, I G.N.NityaSanthiarsa  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai pengaruh variasi temperatur sintering terhadap komposit matrik aluminium berpenguat SiC whisker dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap sifat porositas dan keausan dan menggunakan Scanning Electronic Microscope untuk mengamati morfologi hasil pengujian porositas dan keausan. Variasi yang digunakan adalah proses sintering pada suhu 400°C, 500°C, 600°C, kemudian dilanjutkan dengan pengujian porositas dan juga uji keausan. Hasil pengujian nilai porositas berdasarkan pengaruh variasi temperatur yang diberikan adalah pada temperatur 400°C nilai porositas sebesar 3,31 %, 500°C memiliki nilai porositas 3,05 % dan 600°C memiliki nilai porositas 2,53 %, pada temperature 600°C yang menunjukkan bahwa pori-pori mulai mengecil dan komposit semakin homogen. Peningkatan temperatur juga berpengaruh terhadap sifat keausan, hal ini disebabkan adanya faktor kerapatan material yang dihasilkan cenderung menurun yaitu pada temperatur 400°C yang memiliki tingkat keausan sebesar 0.049, temperatur 500°C memiliki tingkat keausan sebesar 0.025, dan temperatur 600°C yang memiliki tingkat keausan sebesar 0.006.

Kata kunci: porositas, keausan, SiC whisker, komposit, sintering.

## Abstract

Composites are materials made of two or more materials which remain separate and different in macroscopic level while forming a single component so that a composite material is produced which has mechanical properties and different characteristics from its constituent material. In this research we will discuss the effect of variations in sintering temperature on 80% Al + 14% SiCw + 6% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on porosity and wear properties and using Scanning Electronic Microscope to observe the morphology of the results of porosity and wear tests. Variation of sintering process at a temperature of 400°C, 500°C, 600°C, then continued with porosity testing and wear tests. The test results of porosity values based on the influence of temperature variations given are at a temperature of 400°C porosity value of 3.31%, 500°C has a porosity value of 3.05% and 600°C has a porosity value of 2.53%, at a temperature of 600°C which indicates that the pores begin shrinks and composites are more homogeneous. The increase in temperature also affects the wear properties, this is due to the density of the material produced tends to decrease at 400°C which has a wear rate of 0.049, a temperature of 500°C has a wear rate of 0.025, and a temperature of 600°C which has a wear rate of 0.006.

Keywords: porosity, wear, SiC whisker, composite, sintering.

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan perubahan zaman dan perkembangan teknologi yang sudah sangat maju, maka diperlukan suatu material yang mempunyai kriteria spesifik seperti ringan, kuat, keras dan tahan aus dan harga yang murah, menimbulkan material dengan perlakuan permukaan, penambahan material penguat, atau rekayasa struktur mikro, salah satu pengembangannya adalah komposit. Material komposit didefinisikan sebagai perpaduan dalam skala makroskopis dari dua atau lebih material yang memiliki fasa berbeda, dipilih berdasarkan kombinasi fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan dengan sifat dasar material, sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara material penyusun. Salah satu jenis dari komposit adalah komposit berbasis logam. Beberapa bidang industri di Indonesia yang menggunakan komposit matrik logam (seperti: komponen kendaraan bermotor, komponen pesawat, komponen mesin pembangkitan), selain itu Indonesia memiliki sumber

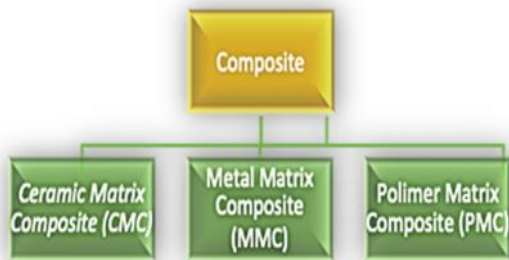
aluminium yang melimpah sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan industri dan bahan dasar dari pembuatan komposit aluminium. Aluminium bila dilihat dari sifat mekanik, seperti nilai kekerasan sangat rendah. Kelebihan dari logam Al, antara lain memiliki bobot yang ringan, tahan terhadap korosi dan mudah dibentuk. Gabungan antara material Al dengan keramik SiC, tergolong dalam jenis material komposit. Pada proses perekayasaan logam Al sebagai matrik dan keramik SiC sebagai bahan pengisi. Senyawa SiC mudah berikatan dan tidak menyebabkan oksidasi pada logam Al. Bahan keramik SiC memang tidak tersedia secara langsung di alam tetapi SiC bisa dibuat dengan proses pencampuran secara *carbothermal* dari abu sekam padi atau dengan pasir silica sebagai sumber Si dan juga sebagai sumber karbon (C) dari arang batok kelapa atau dari arang serbuk kayu jati melalui proses *sintering* dan *milling* yang pada akhirnya akan menghasilkan SiC [1]. Semakin banyak fraksi penguat SiC dalam komposit aluminium, maka *revolving disk* akan semakin sering

bertemu dengan SiC yang memiliki kekerasan jauh diatas *revolving disk* tersebut sehingga laju aus aluminium berkurang [2]. Menurut [3] Penambahan komposisi persen berat SiC dan Alumina memberikan pengaruh pada sifat fisik dan mekanik komposit, dimana densitas keausan meningkat terjadi pada setiap penambahan Alumina itu sendiri. Berdasarkan latar belakang, penulis bermaksud melakukan variasi temperatur pada komposit matrik aluminium dengan penguat SiC whisker dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan pengaruhnya terhadap sifat porositas dan keausan, dengan menggunakan metode metalurgi serbuk (*powder metallurgy*).

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Material Komposit

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu *Polymer Matrix Composite* (PMC), *Metal Matrix Composite* (MMC), dan *Ceramic Matrix Composite* (CMC) seperti yang ditunjukkan pada Gambar .



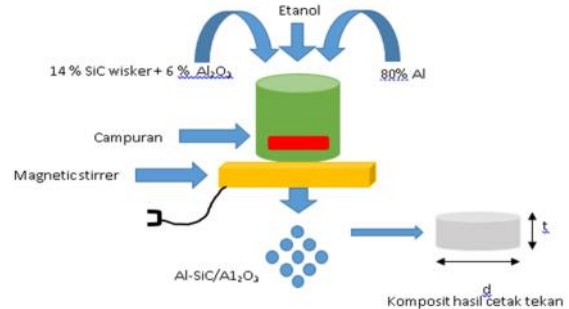
**Gambar 1.** Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriksnya.

1. Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrix Composites – PMC).
2. Komposit jenis ini terdiri dari polimer sebagai matriks baik itu *thermoplastic* maupun jenis *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas.
3. Komposit Matrik Logam (Metal Matrix Composites – MMC).
4. *Metal Matrix composites* adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Komposit ini menggunakan suatu logam seperti aluminium sebagai matrik dan penguatnya dengan serat seperti *silikon karbida*.
5. Komposit Matrik Keramik (Ceramic Matrix Composites–CMC).
6. CMC merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai *reinforcement* dan 1 fasa sebagai matriks, dimana matriksnya terbuat dari keramik. *Reinforcement* yang umum digunakan pada CMC adalah *oksida*, *carbide*, dan *nitrid*. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX*, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi

leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah *filler* [4].

### 2.2. Metode Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk merupakan salah satu teknik produksi dengan menggunakan serbuk sebagai material awal sebelum proses pembentukan. Prinsip ini adalah memadatkan serbuk logam menjadi bentuk yang diinginkan dan kemudian memanaskannya di bawah temperatur leleh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



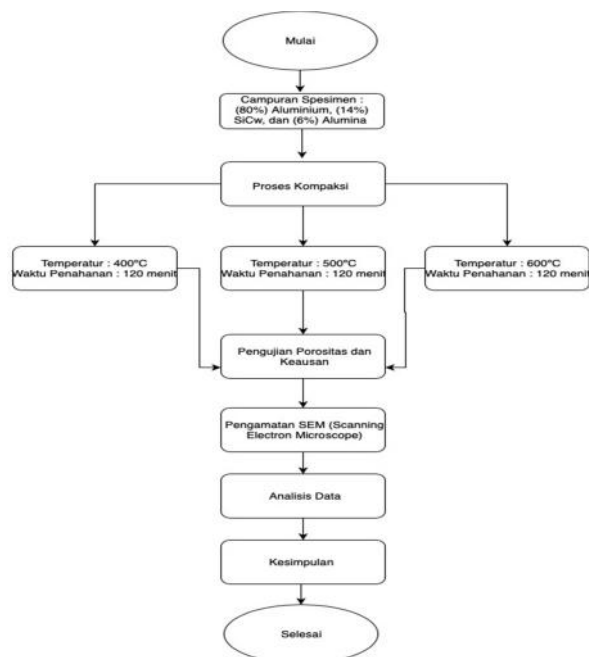
**Gambar 2.** Skema Proses Metalurgi Serbuk.

Metode metalurgi serbuk (*Powder Metallurgy*) memberikan kontrol yang teliti terhadap komposisi dan penggunaan campuran yang tidak dapat difabrikasi dengan proses lain. Sebagai ukuran ditentukan oleh cetakan dan penyelesaian akhir (*finishing touch*).

## 3. Metode Penelitian

### 3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada Gambar 3 bertujuan untuk menentukan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mendapatkan hasil yang maksimal.



**Gambar 3.** Diagram Alir Penelitian.

### 3.2 Alat Penelitian

Adapun alat penelitian :

1. Timbangan Digital, berfungsi untuk penimbangan massa bahan.
2. *Mortar*, wadah untuk proses pencampuran
3. *Beker glass* dan gelas ukur.
4. Alat kompaksi *carver* dengan kapasitas 10 ton
5. Mesin *magnetic stirrer*, mesin ini berfungsi untuk mencampur dan mengaduk Aldengan SiC dan bahan wetting agen.
6. *Furnace*, sebagai alat pemanas.
7. Cetakan, alat yang digunakan untuk mencetak komposit.

### 3.3. Penentuan Karakteristik Komposit

#### 3.3.1. Perhitungan Porositas

Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka atau *Apparent porosity*, dan dapat dinyatakan dengan persamaan standar ASTM C 373 – 88 [5].

$$P = \frac{mb - ms}{(mb - mg)} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan :

- P = porositas bahan (%)
- $m_s$  = massa sampel setelah dikeringkan (gr)
- $m_g$  = massa sampel digantung dengan kawat dalam air (gr)
- $m_k$  = massa kawat penggantung sampel (gr)
- $m_b$  = massa sampel setelah direndam didalam air/jenuh (gr)

#### 3.3.2. Perhitungan 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 [6].

$$WR = \frac{X1 - X2}{T} \quad (2)$$

Dengan :

- WR = Keausan
- X1 = Tebal awal (mm)
- X2 = Tebal akhir (mm)
- T = Waktu (jam)

Uji keausan merupakan suatu uji karakteristik fisik yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keausan benda (permukaan benda) terhadap gesekan atau goresan

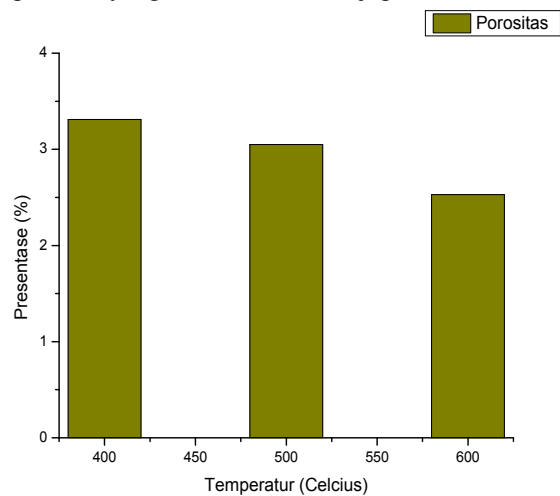
### 4. Hasil dan Pembahasan

Proses pengambilan data dan perhitungan data melalui proses sintering dilakukan dengan proses pengikatan secara halus antar partikel dalam benda

uji, sehingga kekuatan dan sifat-sifat fisis yang lainnya meningkat. Metode yang digunakan adalah metode metalurgi serbuk (*powder metalurgy*) dan hasil yang dibahas pada penelitian ini menyangkut sifatporositas dan keausan. Uji porositas diperoleh dari proses pengujian yang dilakukan menggunakan metode Archimedes untuk pengambilan data. Sedangkan, uji keausan dilakukan dengan metode mengurangi massa spesimen sebelum dan setelah di uji menggunakan *revolving disk*. Pada penelitian ini, spesimen yang digunakan berupa komposisi aluminium sebagai matriks dengan variasi 80% Al + 14% SiCw + 6% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sedangkan variasi temperatur sintering yang diberikan sebesar 400°C, 500°C, dan 600°C. Pengambilan data pada tiap variasi dilakukan sebanyak tiga kali yang bertujuan untuk melihat aspek pengaruh temperatur yang diberikan terhadap spesimen.

#### 4.1. Pengaruh Temperatur Sintering pada Nilai Porositas

Spesimen yang digunakan pada penelitian ini yaitu aluminium dengan variasi 80% Al + 14 % SiCw + 6 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan variasi temperatur sebesar 400°C, 500°C, dan 600°C dan memiliki waktu penahanan selama 120 menit dengan melakukan tiga kali pengambilan data. Sehingga data yang diperoleh dapat digunakan sebagai analisa porositas dengan korelasi penggunaan hukum Archimedes untuk mengetahui pengaruh variasi tempertaur terhadap spesimen yang diberikan ketika uji porositas.



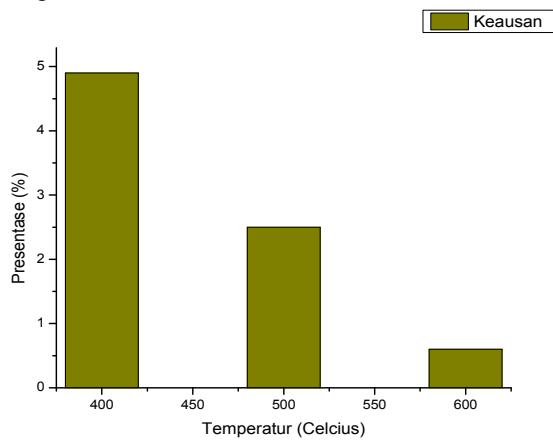
Gambar 4. Grafik Uji Porositas.

Setelah dilakukan analisa dan perhitungan data pada tiap variasi temperatur pada spesimen 80% Al + 14 % SiCw + 6 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> maka pada tiap pengujian akan dilakukan presentase total terhadap tiap variasi temperatur yang diberikan. Gambar 4. menunjukkan presentase total porositas yang dihasilkan berdasarkan peningkatan temperatur sintering, dimana semakin meningkat temperatur yang diberikan membuat presentase nilai porositas yang dihasilkan semakin turun. Penurunan presentase nilai porositas dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk dimensi ukuran, jenis spesimen, dan waktu *heat treatment* yang dilakukan, namun pada

penelitian ini, aspek tersebut diabaikan, dengan kata lain spesimen dan dimensi yang digunakan sama. Dari gambar 3 juga memperlihatkan material komposit yang digunakan yaitu 80% Al + 14 % SiCw + 6%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih efektif dalam memproduksi nilai porositas yang tinggi pada temperatur rendah.

**4.2. Pengaruh Temperatur Sintering pada Nilai Keausan**

Pengujian keausan dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui karakteristik fisik yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keausan material (permukaan material) terhadap gesekan atau goresan. Seperti halnya uji porositas, uji keausan yang dilakukan berdasarkan tahapan pengujian menggunakan perbedaan temperatur sintering yang diberikan pada meterial komposit 80% Al + 14 % SiCw + 6%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Uji keausan dilakukan dengan cara menghitung lebar keausan dari sampel. Pengujian yang dilakukan menggunakan alat uji *revolving disk* yang digunakan untuk mengetahui lamanya waktu abrasi dan daya tahan aus permukaan, sehingga nantinya pengaruh temperatur pada proses sintering dapat memperlihatkan besaran spesimen tersebut mengalami keausan dengan cara membandingkan massa awal spesimen dengan massa setelah spesimen mengalami perlakuan keausan. Pengujian keausan dilakukan dengan variasi temperatur sebesar 400°C, 500°C, dan 600°C.

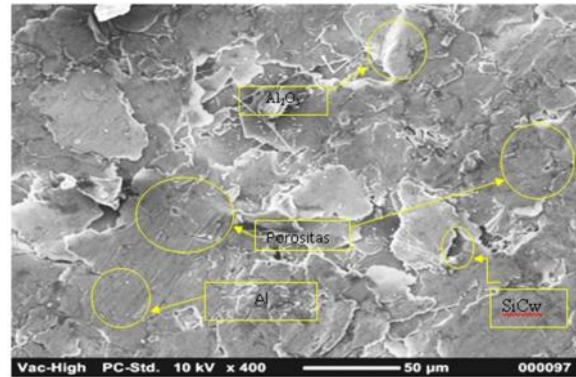


**Gambar 5.** Pengaruh Temperatur Terhadap Nilai Keausan.

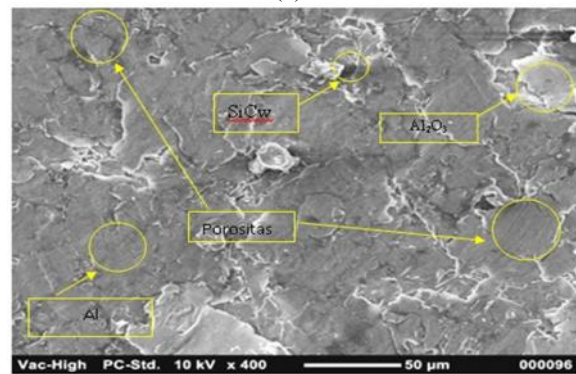
Berdasarkan perhitungan nilai rata-rata jumlah pengujian terhadap pengaruh temperatur pada 80% Al + 14 % SiCw + 6 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, menunjukan tren signifikan terhadap penurunan tingkat keausan pada peningkatan temperatur ditunjukkan pada Gambar 5. Fenomena ini disebabkan adanya faktor kerapatan material yang dihasilkan pada peningkatan temperatur, sehingga jika presentase spesimen ketika mengalami proses keausan akan rendah akibat dari *reability* spesiemen yang tinggi untuk mempertahankan permukaan atau massa spesimen dalam proses gradasi massa yang membuat spesimen mengalami abrasi, tren yang dihasilkan cenderung menurun,yaitu pada temperatur 400°C

memiliki tingkat keausan sebesar 0.049, temperatur 500°C memiliki tingkat keausan 0.025, dan temperatur 600°C memilik tingkat keausan sebesar 0.006.

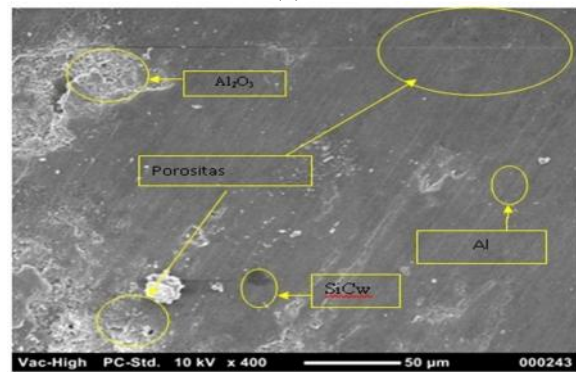
**4.3. Hasil Pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM)**



(a)



(b)



(c)

**Gambar 6.** Hasil SEM Variasi Temperatur 400°C (a), 500°C (b), dan 600°C(c).

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada Gambar 6, membuktikan dan menguatkan hasil dari pengujian yang dilakukan sebelumnya. Bahwa spesimen 80% Al + 14 % SiCw + 6 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki tingkat porositas paling tinggi, hal ini diperlihatkan pada gambar dengan jumlah pori-pori yang memiliki bentuk besar dan penyebarannya merata sepanjang permukaan spesimen. SEM yang diperoleh pada pengujian temperatur sintering 400°C, memiliki permukaan yang kasar pada spesimen, sehingga permukaan kasar menutupi

beberapa bagian porositas pada spesimen, namun jika dilihat pada gambar, kemungkinan dari penyebaran porositas sepanjang permukaan rendah. Sedangkan berdasarkan pengamatan SEM terhadap faktor keausan memperlihatkan gradasi massa yang diberikan tinggi pada permukaan spesimen sehingga selain faktor pemotongan juga terdapat faktor pengikisan atau kehilangan massa yang diberikan dan membuat porositas yang dihasilkan rendah akibat dari pengikisan permukaan pada spesimen dan penipisan pori-pori akibat temperatur uji yang rendah, sedangkan untuk variasi temperatur sintering 500 °C, nilai keausan yang dialami oleh spesimen lebih rendah, terlihat dari karakteristik SEM yang dihasilkan dengan tingkat kekasaran dan abrasi yang lebih rendah dari pengujian sebelumnya. Sedangkan pada pengujian sample terakhir pada SEM yaitu 80% Al + 14 % SiCw + 6 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan temperatur sintering sebesar 600°C, menunjukkan permukaan yang halus sepanjang spesimen, hal ini diakibatkan semakin homogenya komposit pada suhu tinggi. Terlihat bahwa diameter pori-pori yang dihasilkan lebih kecil dari pengujian sebelumnya dan partikel komposit SiCw dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sudah mulai menyatu( homogen) dan tidak seperti pengujian sebelumnya.

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada spesimen 80% Al + 14 % SiCw + 6 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan metrik pengujian berupa variasi temperatur terhadap nilai porositas dan keausan, maka ditarik kesimpulan bahwa :

1. Terjadi penurunan nilai porositas berdasarkan pengaruh variasi temperatur sintering yang diberikan, hal ini dibuktikan pada temperatur 400°C nilai porositas sebesar 3,31%, 500°C memiliki nilai porositas 3,05% dan 600°C memiliki nilai porositas 2,53%. Hal ini disebabkan semakin tinggi temperatur sintering yang diberikan pada spesimen maka semakin meningkat proses penyusutan membran pada partikel spesimen, sehingga berbeding lurus dengan pengecilan pori-pori yang dihasilkan pada spesimen dan ikatan keterhubungan antar partikel serbuk semakin merata yang cenderung bersifat homogen pada saat proses sintering, sehingga presentase porositas semakin berkurang seiring dengan peningkatan temperatur
2. Metrik pengujian temperatur berpengaruh terhadap sifat keausan, hal ini disebabkan adanya faktor kerapatan material yang dihasilkan cenderung menurun yaitu pada temperatur 400°C yang memiliki tingkat keausan sebesar 0.049, temperatur 500°C memiliki tingkat keausan sebesar 0.025, dan temperatur 600°C yang memiliki tingkat keausan sebesar 0.006.
3. Hasil pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), membuktikan dan menguatkan hasil dari pengujian yang dilakukan

sebelumnya. Bahwa spesimen 80% Al + 14 % SiCw + 6 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki tingkat porositas paling tinggi, dimana pengujian temperatur sintering sebesar 400°C dan 500°C, nilai porositas yang dihasilkan hampir sama namun pori-pori yang dihasilkan lebih kecil, akibat dari peningkatan temperatur yang diberikan, sedangkan metrik pengujian temperatur sintering 600°C, menunjukkan permukaan yang halus sepanjang spesimen, hal ini diakibatkan semakin homogenya komposit pada suhu tinggi

### Daftar Pustaka

- [1] Bayu Setiadi, 2013, *Kajian Sifat Fisis dan Mekanis Material Komposit dengan Matrik AlSiMg diperkuat Serbuk SiC*, Universitas Muria Kudus : Semarang.
- [2] Ketut Suarsana, 2015, *Efek Temperatur Sintering pada Penambahan Penguat SiCw dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap Aluminium Matrik Komposit*. Udayana : Denpasar
- [3] Khairul Sakti, 2009, *Pembuatan Komposit Metal Al Alloy nano Keramik dan Karakteristiknya*, USU: Medan.
- [4] Kriskiantoro, 2009, *Pengaruh Lebar Spesimen pada Pengujian Ketangguhan Retak dengan metode Essential Work of Fracture bahan Komposit Fiberglass Epoxy*, Skripsi, UNS: Surakarta.
- [5] Syahru Ramadhonal, 2010, *Pembuatan Komposit Matrik Logam Berpenguat Keramik (Al/SiC) dicampur Kayu dengan Metode Metalurgi Serbuk*, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- [6] Samuel, Yosia, 2012, *Karakteristik Komposit Aluminium AC8H/SiC dengan Proses Stir Casting*, Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia: Depok.



**Made Briannala** menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, pada tahun 2019 dengan topik “Pengaruh Temperatur Sintering Al Matrik dengan Penguat SiCw + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Terhadap Sifat Porositas dan Keausan”. Saat ini penulis terhitung sebagai pegawai di PT PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Bali

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