

PENGARUH FRAKSI VOLUME SiC-FLY ASH PADA KOMPOSIT ALUMINIUM TERHADAP SIFAT KEKERASAN, DENSITAS, POROSITAS DAN STRUKTUR MIKRO

Qomarul Hadi^{1*} dan Muhammad Sutan Al Zacky¹

¹ Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: qoma2007@unsri.ac.id

ABSTRAK: Aluminium menjadi salah satu yang sering digunakan pada saat ini, dikarenakan sifat unggul dari material aluminium itu sendiri. Namun aluminium sendiri masih memiliki beberapa kekurangan seperti terbatasnya kekuatan dan kekakuan. Salah satu pengembangan dari aluminium untuk meningkatkan sifatnya yakni dengan pembuatan material komposit. Penelitian ini bertujuan mengvariasikan fraksi volume untuk menganalisa pengaruh variasi fraksi volume silikon karbida dan fly ash terhadap sifat mekanik dan sifat fisik dari komposit aluminium. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan material komposit aluminium dengan variasi fraksi volume penguat (SiC 2,5%/FA 10%), (SiC 5%/FA 7,5%), (SiC 7,5%/FA 5%), dan (SiC 10%/FA 2,5%) menggunakan metode metalurgi serbuk. Pada proses pencampuran, serbuk material dilakukan wet mixing dan ball milling. Serbuk kemudian dikompaksi dan dilanjutkan dengan proses sinter. Dari data hasil penelitian, pengujian densitas menggunakan teori Archimedes, sampel dengan fraksi SiC 10% – fly ash 2,5% memiliki nilai densitas eksperimen rata-rata tertinggi sebesar 2,53688 g/cm³, dan persentase pengujian porositas terendah didapat pada fraksi SiC 10% - fly ash 2,5% sebesar 7,1539%. Pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan sampel komposit berkisar antara 26,540 HVN - 43,384 HVN. Pengamatan struktur mikro komposit menggunakan scanning electron microscope (SEM) menunjukkan adanya pori-pori pada permukaan komposit dengan rentang ukuran 2,37 µm sampai 13,47 µm

Kata Kunci: Komposit, Aluminium, Silikon Karbida, Fly Ash, Metalurgi Serbuk

ABSTRACT: Aluminum is one of the most commonly used materials today, due to its superior properties. However, aluminum itself still has some shortcomings, such as limited strength and stiffness. One of the developments of aluminum to improve its properties is by making composite materials. This study aims to vary the volume fraction to analyze the effect of varying the volume fraction of silicon carbide and fly ash on the mechanical properties and physical properties of aluminum composites. In this study, aluminum composite materials were made with variations in the volume fraction of reinforcement (SiC 2.5%/FA 10%), (SiC 5%/FA 7.5%), (SiC 7.5%/FA 5%), and (SiC 10%/FA 2.5%) using the powder metallurgy method. In the mixing process, the powder material was subjected to wet mixing and ball milling. The powder was then compressed and continued with the sintering process. From the research data, density testing using Archimedes theory, samples with 10% SiC fraction - 2.5% fly ash have the highest average experimental density value of 2.53688 g/cm³, and the lowest porosity testing percentage is obtained at 10% SiC fraction - 2.5% fly ash of 7.1539%. Hardness testing obtained hardness values of composite samples ranging from 26.540 HVN - 43.384 HVN. Observation of the composite microstructure using a scanning electron microscope (SEM) shows the presence of pores on the composite surface with a size range of 2.37 µm to 13.47 µm.

Keywords: Composite, Aluminum, Silicon Carbide, Fly Ash, Powder Metallurgy

PENDAHULUAN

Logam merupakan komponen yang sering kita jumpai pada saat ini, terutama di perkembangan teknologi dan industri. Salah satu logam yang paling sering digunakan dalam perkembangan teknologi di industri ialah aluminium. Aluminium menjadi salah satu material logam *non-ferrous* yang sering digunakan pada teknologi

saat ini, dikarenakan sifat unggul dari material aluminium itu sendiri. Aluminium memiliki sifat tahan korosi dan kemampuan terhadap suhu yang tinggi, serta memiliki massa yang ringan (Guler and Bagci, 2020), namun aluminium sendiri masih memiliki beberapa kekurangan seperti terbatasnya kekuatan dan sifat mekaniknya. Dikarenakan hal tersebut, penelitian terhadap material aluminium terus dikembangkan, salah satu

pengembangan dari aluminium untuk meningkatkan sifatnya yakni dengan menggabungkan material aluminium dengan material lainnya atau yang kita kenal dengan material komposit. Material komposit berdasarkan matriks nya dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu, *Polymer Matrix Composite* (PMC), *Metal Matrix Composite* (MMC), dan *Ceramic Metal Composite* (CMC).

Metal Matrix Composite (MMC) menggunakan logam sebagai matriks dari komposit yang dikombinasikan dengan material lain sebagai penguat dari komposit untuk mendapatkan keunggulan dari material penyusunnya, Bahkan penggunaan dari komposit matriks logam sudah sangat luas diantaranya digunakan pada industri otomotif, industri medikal, industri militer, sektor kedirgantaraan dan industri olahraga (Shukla et al., 2018). Aluminium merupakan salah satu logam yang sering digunakan sebagai matriks dari komposit. Penggunaan aluminium sebagai matriks pada komposit memiliki beberapa kelebihan daripada material aluminium yang tidak diberi penguat. Pada sifat mekaniknya, komposit matriks aluminium memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih baik serta modulus spesifik yang tinggi. Selain itu, komposit matriks aluminium memiliki koefisien termal yang rendah dan konduktivitas termal yang tinggi (Rahman and Al Rashed, 2014).

Penguat dari komposit matriks logam umumnya berasal dari material seperti keramik, polimer, dan sebagainya. Beberapa penelitian yang telah dilakukan, pembuatan komposit dapat dilakukan dengan penambahan penguat seperti periklas dan alumina. Selain material tersebut, salah satu material yang dapat dijadikan sebagai penguat pada *Metal Matrix Composite* adalah silikon karbida (SiC). Penambahan silikon karbida pada komposit aluminium dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan impak dari komposit (Pawar and Utpat, 2014; Singla et al., 2009) sehingga material komposit ini sangat cocok untuk digunakan pada benda yang dikenai beban secara terus menerus. Selain itu, *fly ash* (abu terbang) merupakan salah satu penguat komposit yang dapat ditemui dengan mudah dan tersedia dalam jumlah besar. *Fly ash* merupakan limbah yang berasal dari hasil pembakaran batubara yang dapat mencemari lingkungan, penggunaan *fly ash* pada komposit menjadi salah satu cara pemanfaatan dari limbah tersebut. Penambahan *fly ash* yang dipadukan dengan penguat lain dapat meningkatkan nilai kekerasan dan sifat mekanik seperti ketahanan aus dari material komposit (Hadi et al., 2021; Reddy and Srinivas, 2018).

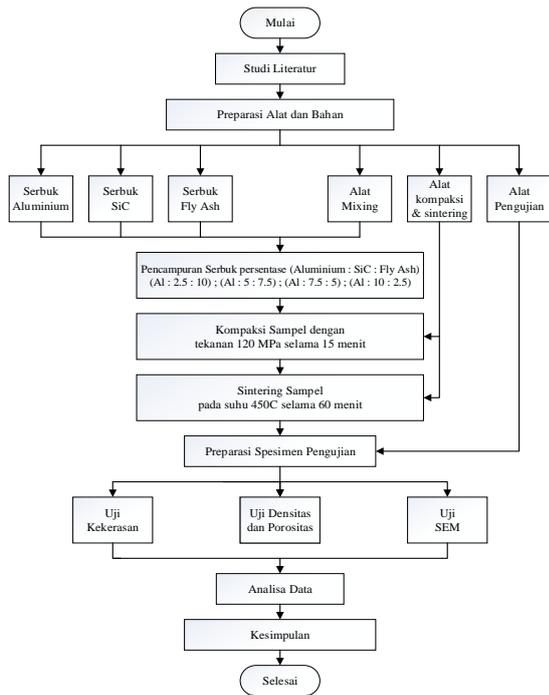
Secara umum, fabrikasi dari komposit matriks aluminium ini diklasifikasikan secara luas menjadi banyak jenis, diantaranya *solid phase processes* seperti metalurgi serbuk, serta *liquid phase processes* seperti

pegecoran dengan pengadukan. Metode pembuatan ini menentukan struktur mikro dan kondisi ikatan antarmuka antara penguat dan matriks (Sijo and Jayadevan, 2016). Proses metalurgi serbuk merupakan salah satu proses pembuatan komposit dengan mencampurkan serbuk dan dipadatkan dalam suatu cetakan. Proses metalurgi serbuk memiliki keuntungan dimana komposisi bahan yang dapat disesuaikan secara langsung (Rusianto, 2009) dan kuantitas material yang dapat dikontrol. Banyak penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode metalurgi serbuk utamanya variasi fraksi volume penguat komposit. Maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit dengan menggunakan metode metalurgi serbuk dengan variasi pada fraksi volume penguatnya. Dengan membandingkan variasi fraksi dari penguatnya diharapkan dapat ditentukannya karakteristik komposit matriks aluminium murni 99,7% yang diperkuat silikon karbida dan *fly ash* dengan sifat mekanik yang lebih baik.

METODOLOGI

Persiapan serbuk dimulai dengan melakukan *pre-treatment* serbuk *fly ash* yang dilakukan pemanasan selama 1 jam dengan temperatur 200°C. Proses *pre-treatment* dilakukan untuk menghilangkan kotoran yang terdapat didalam serbuk *fly ash*. Selanjutnya, serbuk aluminium, serbuk silikon karbida, dan serbuk *fly ash* dilakukan pengayakan secara terpisah pada ukuran 100 mesh hingga ukuran 200 mesh. Langkah selanjutnya dilakukan penimbangan bahan baku pembentuk komposit menggunakan timbangan digital dengan perbandingan fraksi volume antara aluminium : silikon karbida : *fly ash* (87,5% : 2,5% : 10%), (87,5% : 5% ; 7,5%), (87,5% : 7,5% : 5%) dan (87,5% : 10% : 2,5%).

Selanjutnya dilakukan pencampuran serbuk aluminium yang merupakan bahan baku dari matriks komposit dengan bahan penguat dari komposit yakni serbuk silikon karbida dan serbuk *fly ash*. Pencampuran serbuk dilakukan dengan metode *wet mixing*, yaitu dilakukan dengan cara memasukkan ketiga serbuk tersebut kedalam gelas beaker dan ditambahkan larutan etanol dengan kepekatan 10% hingga material terendam. Larutan serbuk tersebut kemudian diaduk menggunakan *jar test machine* selama 60 menit dengan kecepatan 250 rpm. Material hasil pengadukan dilanjutkan penyaringan dengan kertas saring dengan tujuan menghilangkan kandungan air atau cairan yang ada di material. Serbuk kemudian dilakukan proses *ball mill* selama 60 menit, untuk mendapatkan campuran yang lebih homogen dan adanya pelapisan aluminium pada serbuk silikon dan *fly ash*.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Proses penekanan serbuk pada penelitian ini dilakukan dengan penekanan satu arah. Sebelum dilakukan proses penekanan, dinding cetakan atau *dies* dioleskan terlebih dahulu menggunakan *zinc stearat*, tujuan pengolesan *zinc stearat* pada dinding cetakan yakni untuk menghindari serbuk material menempel pada cetakan dan mereduksi gesekan antara serbuk logam dengan dinding cetakan. Serbuk yang telah digiling pada proses *ball milling*, kemudian dimasukkan kedalam cetakan atau *dies*. Selanjutnya, dilakukan penekanan serbuk satu arah menggunakan alat press hidrolis dengan tekanan berkisar 120 MPa dengan lama penekanan selama 15 menit, kemudian sampel yang telah dikompaksi dimasukkan ke dalam *furnace* untuk proses sintering.

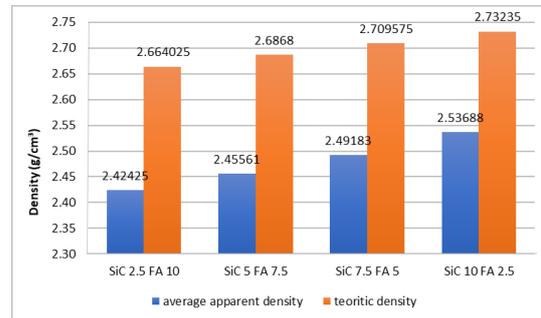
Material serbuk tersebut kemudian dilakukan pemanasan atau dilakukan proses sinter. Pemanasan dilakukan pada suhu 450°C selama 60 menit dengan laju kenaikan temperatur sekitar 14°C/menit. Proses pemanasan sampel dilakukan dengan menggunakan *furnace*. Proses sintering bertujuan untuk mengikat partikel-partikel serbuk logam menjadi satu kesatuan yang solid serta meningkatkan kepadatan dan terbentuknya ikatan antar-partikel, sehingga diharapkan material hasil sintering memiliki kekuatan mekanis yang lebih baik.

Setelah pembuatan sampel komposit selesai, dilakukan beberapa pengujian dan analisa data untuk mengetahui karakteristiknya. Pada penelitian ini, pengujian sampel yang dilakukan meliputi: pengujian kekerasan, pengujian densitas, pengujian porositas, serta

analisis uji mikrostruktur menggunakan SEM (*Scanning Electric Microscope*).

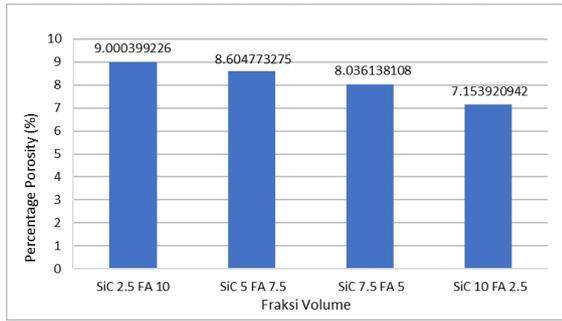
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa densitas rata-rata dari sampel material komposit aluminium yang diperkuat silikon karbida dan *fly ash* sebagai penguat menghasilkan densitas *apparent* bervariasi mulai dari 2,42 g/cm³ sampai 2,53 g/cm³. Dari hasil pengujian densitas ini terlihat sampel dengan densitas tertinggi didapatkan pada fraksi volume SiC 10% dan *fly ash* 2,5%. Dari grafik pada Gambar 2, nilai densitas semakin naik di saat komposisi silikon karbida meningkat dan nilai densitas cenderung menurun di saat komposisi silikon karbida dikurangi. Pada pembuatan komposit tersebut, didapat nilai densitas *apparent* tertinggi yaitu pada komposit aluminium dengan variasi fraksi volume silikon karbida 10% dan *fly ash* 2,5% dengan nilai rata - rata sebesar 2,53688 g/cm³. Sedangkan variasi dengan nilai densitas terendah yaitu pada komposit aluminium dengan variasi fraksi volume silikon karbida 2,5% dan *fly ash* 10% dengan nilai rata – rata densitas *apparent* sebesar 2,42425 g/cm³.



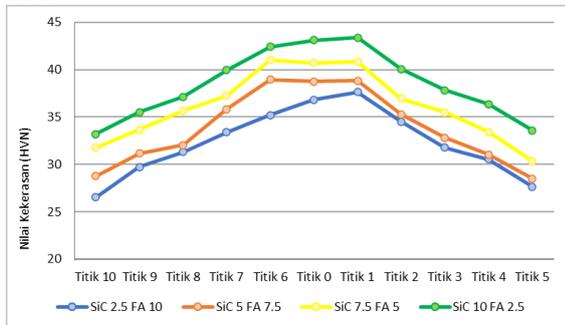
Gambar 2. Grafik Perbandingan Densitas Apparent dan Densitas Teoritis

Hasil pengujian porositas menunjukkan nilai porositas semakin naik di saat komposisi *fly ash* meningkat dan nilai densitas menurun di saat komposisi *fly ash* dikurangi seperti yang ditampilkan pada Gambar 3. Nilai porositas dengan rata-rata tertinggi yaitu pada komposit aluminium dengan variasi fraksi volume silikon karbida 2,5% dan *fly ash* 10% dengan nilai rata - rata 9,0003%. Sedangkan nilai porositas rata - rata terendah didapatkan pada komposit aluminium dengan variasi fraksi volume silikon karbida 10% dan *fly ash* 2,5% dengan nilai rata - rata 7,1539%.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Porositas Sampel

Pada pengujian kekerasan yang dilakukan, nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada sampel komposit dengan fraksi volume silikon karbida 10% dan *fly ash* 2,5% dengan nilai kekerasan sebesar 43,384 VHN. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh komposisi silikon karbida sebagai penguat dari komposit, dimana semakin meningkatnya komposisi silikon karbida pada material komposit, maka nilai kekerasan juga meningkat. Pada komposit dengan fraksi volume silikon karbida 7,5% dan *fly ash* 5%, nilai kekerasan tertinggi didapatkan dengan nilai kekerasan sebesar 41,042 VHN. Nilai kekerasan tertinggi yang didapatkan pada komposit dengan fraksi volume silikon karbida 5% dan *fly ash* 7,5% sebesar 38,965 VHN. Sedangkan nilai kekerasan tertinggi pada komposit dengan fraksi volume silikon karbida 2,5% dan *fly ash* 10% didapatkan nilai kekerasan sebesar 37,642 VHN.

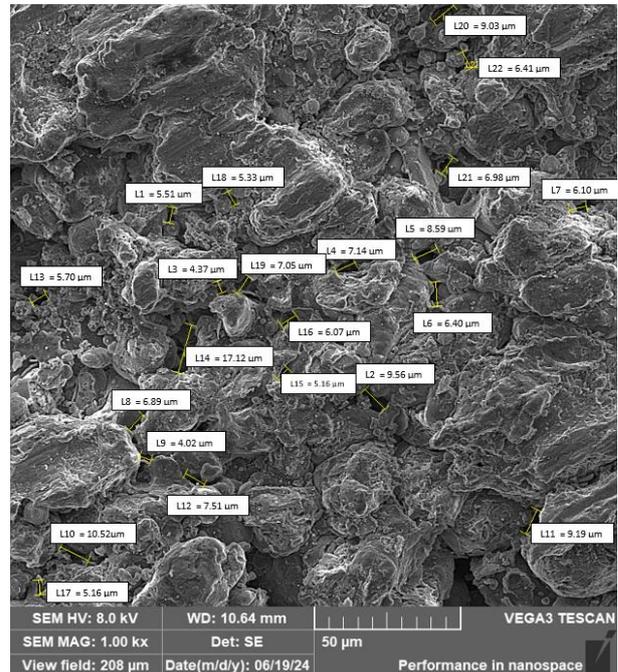


Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan Vickers

Berdasarkan Gambar 4 yang menunjukkan grafik hasil pengujian kekerasan material komposit aluminium dengan penguat silikon karbida dan *fly ash*, nilai kekerasan umumnya terjadi pada daerah titik 0, titik 1 dan titik 6 atau di bagian tengah dari sampel komposit. Hal tersebut disebabkan karena adanya gesekan antara partikel serbuk pada tepi sampel dengan cetakan (*dies*) yang mengakibatkan densitas yang kurang homogen sehingga nilai kekerasan bagian tepi sampel komposit menurun.

Pengamatan struktur mikro terhadap komposit dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk melihat bentuk pori-pori yang ada pada sampel komposit. Untuk sampel yang digunakan pada

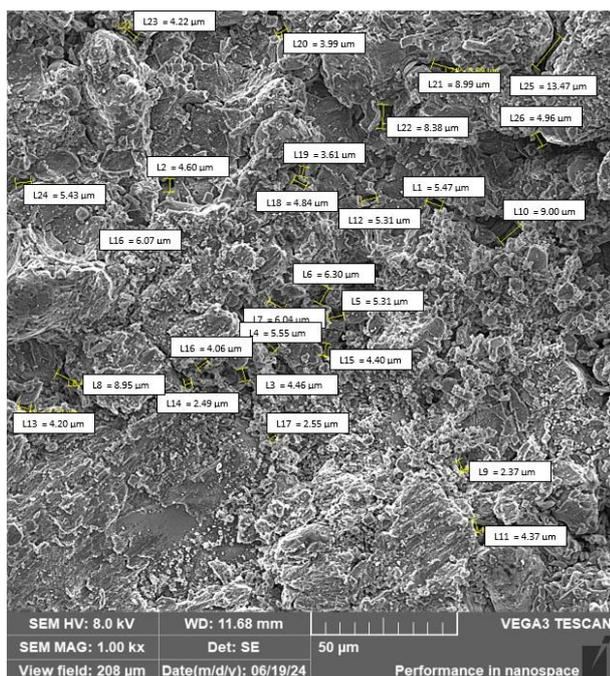
pengamatan SEM, dipilih sampel komposit dengan fraksi volume SiC 2,5% - *fly ash* 10% dan fraksi volume SiC 10% - *fly ash* 2,5%.



Gambar 5. Hasil Pengamatan SEM SiC 2,5% - Fly ash 10% perbesaran 1000x

Hasil pengamatan SEM yang telah dilakukan, pada Gambar 5 yang merupakan gambar struktur mikro spesimen komposit dengan variasi fraksi volume SiC 2,5% - *fly ash* 10% dengan perbesaran 1000x menunjukkan adanya lubang pori - pori yang menandakan porositas dengan ukuran mikron hampir terjadi diseluruh permukaan komposit. Dari gambar yang ditunjukkan, rentang ukuran pori-pori sampel komposit dengan fraksi volume SiC 2,5% - *fly ash* 10% berkisar diantara ukuran 4.02 µm hingga 22.5 µm.

Selanjutnya pada Gambar 6 yang merupakan gambar struktur mikro spesimen komposit dengan variasi fraksi volume SiC 10% - *fly ash* 2,5% dilakukan pengamatan dengan perbesaran yang sama. Dari gambar yang ditunjukkan, struktur permukaan dari spesimen tersebut juga masih terdapat lubang pori - pori pada permukaannya namun jumlahnya lebih sedikit dan ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan variasi fraksi volume SiC 2,5% - *fly ash* 10%, dimana rentang ukuran pori-porinya berkisar diantara ukuran 2.37 µm hingga 13.47 µm.



Gambar 6. Hasil Pengamatan SEM SiC 10% - *Fly ash* 2,5% perbesaran 1000x

Dari hal tersebut menunjukkan spesimen dengan variasi fraksi volume SiC 10% - *fly ash* 2,5% memiliki nilai porositas yang lebih rendah. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian densitas dan porositas yang dilakukan sebelumnya, dimana nilai porositas sampel variasi fraksi volume SiC 2,5% - *fly ash* 10% lebih besar daripada sampel dengan variasi fraksi volume SiC 10% - *fly ash* 2,5%.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam identifikasi nilai kekerasan yang dilakukan, nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada komposit dengan fraksi volume silikon karbida 10% dan *fly ash* 2,5% sebesar 43,384 VHN. Sedangkan variasi dengan kekerasan terendah didapatkan pada komposit dengan variasi fraksi volume silikon karbida 2,5% dan *fly ash* 10% dengan nilai kekerasan tertingginya sebesar 37,642 VHN. Hal ini menunjukkan, jika fraksi volume silikon karbida meningkat, maka nilai kekerasan semakin meningkat.
2. Analisa perubahan densitas komposit terhadap pengaruh variasi fraksi volume silikon karbida dan *fly ash* menunjukkan nilai densitas apparent tertinggi didapatkan pada material komposit dengan fraksi volume silikon karbida 10% dan *fly ash* 2,5% dengan nilai rata – rata sebesar 2,53688 g/cm³. Sedangkan variasi dengan nilai densitas *apparent* terendah didapatkan pada komposit dengan variasi fraksi

volume silikon karbida 2,5% dan *fly ash* 10% dengan nilai rata – rata 2,42425 g/cm³.

3. Kajian terhadap nilai porositas pada penelitian ini menunjukkan nilai porositas dengan rata-rata tertinggi yaitu pada komposit aluminium dengan variasi fraksi volume silikon karbida 2,5% dan *fly ash* 10% dengan nilai rata - rata 9,0003%. Sedangkan nilai porositas rata - rata terendah didapatkan pada komposit aluminium dengan variasi fraksi volume silikon karbida 10% dan *fly ash* 2,5% dengan nilai rata - rata 7,1539%.
4. Analisa struktur mikro yang dilakukan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) menunjukkan komposit dengan fraksi volume silikon karbida 10% dan *fly ash* 2,5% memiliki struktur mikro yang lebih baik dimana rentang ukuran pori – porinya berkisar diantara ukuran 2.37 µm hingga 13.47 µm dibandingkan dengan komposit dengan variasi fraksi volume silikon karbida 2,5% dan *fly ash* 10% dengan ukuran pori – pori yang terbentuk berkisar diantara ukuran 4.02 µm hingga 22.5 µm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Teknisi Laboratorium Material Teknik dan Teknisi Laboratorium Mekanika Desain dan Terapan Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya serta Teknisi Laboratorium Forensik Kepolisian Daerah Sumatera Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Guler, O., Bagci, N., 2020. A short review on mechanical properties of graphene reinforced metal matrix composites. *J. Mater. Res. Technol.* 9, 6808–6833. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.01.077>
- Hadi, Q., Alian, H., Ramadhan, R., Hardiyanto, D., 2021. Pemanfaatan Abu Terbang Pada Pembuatan Kampas Rem Otomotive Terhadap Keausan Dan Densitas. *Apl. Innov. Eng. Sci. Res.* 27–28.
- Pawar, P.B., Utpat, A.A., 2014. Development of Aluminium Based Silicon Carbide Particulate Metal Matrix Composite for Spur Gear. *Procedia Mater. Sci.* 6, 1150–1156. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.187>
- Rahman, M.H., Al Rashed, H.M.M., 2014. Characterization of silicon carbide reinforced aluminum matrix Composites. *Procedia Eng.* 90, 103–109. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.821>
- Reddy, B.R., Srinivas, C., 2018. Fabrication and Characterization of Silicon Carbide and Fly Ash Reinforced Aluminium Metal Matrix Hybrid

- Composites. *Mater. Today Proc.* 5, 8374–8381.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.531>
- Rusianto, T., 2009. Hot Pressing Metalurgi Serbuk Aluminium Dengan Variasi Suhu Pemanasan. *J. Teknol.* 2, 89–95.
- Shukla, M., Dhakad, S.K., Agarwal, P., Pradhan, M.K., 2018. Characteristic behaviour of aluminium metal matrix composites: A review. *Mater. Today Proc.* 5, 5830–5836.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.180>
- Sijo, M.T., Jayadevan, K.R., 2016. Analysis of Stir Cast Aluminium Silicon Carbide Metal Matrix Composite: A Comprehensive Review. *Procedia Technol.* 24, 379–385.
<https://doi.org/10.1016/j.protecy.2016.05.052>
- Singla, M., Dwivedi, D.D., Singh, L., Chawla, V., 2009. Development of Aluminium Based Silicon Carbide Particulate Metal Matrix Composite. *J. Miner. Mater. Charact. Eng.* 08, 455–467.
<https://doi.org/10.4236/jmmce.2009.86040>