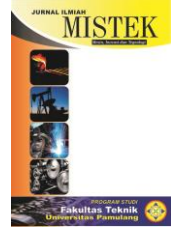




JURNAL MISTEK

# JURNAL TEKNIK MESIN MISTEK

MESIN INOVASI DAN TEKNOLOGI



## ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI PENAMBAHAN Al PADA PROSES SINTERING SiC TERHADAP DENSITAS, KEKERASAN, KUAT TEKAN DAN STRUKTUR KRISTAL

Arahman Hidayat<sup>1</sup>, Sunardi<sup>2</sup>, Mulyadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, <sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Teknik Mesin,  
Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : [arahmanhidayat01@gmail.com](mailto:arahmanhidayat01@gmail.com)<sup>1</sup>, [dosen00029@unpam.ac.id](mailto:dosen00029@unpam.ac.id)<sup>2</sup>, [dosen01545@unpam.ac.id](mailto:dosen01545@unpam.ac.id)<sup>3</sup>

Masuk : 01 September 2020

Direvisi : 02 Oktober 2020

Disetujui : 28 Oktober 2020

**Abstrak:** Material SiC tergolong material keramik yang keras dan memiliki kekuatan mekanik yang tinggi serta suhu lebur yang tinggi mendekati 1800°C. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh komposisi penambahan Al pada proses sintering keramik SiC terhadap densitas, kekerasan, kuat tekan dan struktur kristal keramik SiC. Proses preparasi sampel dilakukan menggunakan metalurgi serbuk yaitu menggunakan bahan baku serbuk partikel SiC dan serbuk Al. Komposisi penambahan serbuk Al divariasikan yaitu : 10% berat Al, 20% berat Al, 30% berat Al dan 40% berat Al. Kedua bahan baku selanjutnya di campur menggunakan *hand mortar* sampai homogen, kemudian dilanjutkan pembentukan pelet diameter 12 mm dan ketebalan 6 mm menggunakan cetak tekan dengan gaya tekan sebesar 10 Tonf. Pelet yang dihasilkan selanjutnya di sintering menggunakan tungku *vacuum* listrik pada suhu 1000°C dan ditahan pada suhu tersebut selama satu jam. Sampel pelet yang telah disintering dilakukan pengukuran densitas, kekerasan, kuat tekan serta struktur kristal menggunakan XRD. Hasil pengujian diperoleh bahwa pada komposisi 40% berat Al diperoleh nilai densitas tertinggi adalah = 3,11 g/cm<sup>3</sup>, nilai kekerasan tertinggi = 59 HD dan nilai kuat tekan tertinggi = 65 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil analisa XRD diperoleh dua fasa yaitu fasa SiC dan fasa Al pada semua sampel.

Kata kunci: keramik SiC, logam Al, metalurgi serbuk, sintering, densitas, kekerasan, kuat tekan, struktur kristal

**Abstract:** SiC material is classified as a hard ceramic material with high mechanical strength and high melting temperature approaching 1800°C. The purpose of this study was to determine the effect of the addition of Al in the SiC ceramic sintering process on the density, hardness, compressive strength and crystal structure of the SiC ceramics. The sample preparation process is carried out using powder metallurgy, namely using raw materials of powder SiC particles and powder Al. The composition of the addition of Al powder was varied, namely: 10% by weight Al, 20% by weight Al, 30% by weight Al and 40% by weight Al. The two raw materials were then mixed using hand mortar until homogeneous, then continued to form pellets with a diameter of 12 mm and a thickness of 6 mm using a press with a compressive force of 10 Tonf. The pellets produced are then sintered using an electric vacuum furnace at a temperature of 1000°C and held at that temperature for one hour. Samples of sintered pellets were measured for density, hardness, compressive strength and crystal structure using XRD. The test results showed that the composition of 40% by weight Al obtained the highest density value = 3.11 g / cm<sup>3</sup>, the highest hardness value = 59 HD and the value the highest compressive strength = 65 kg / cm<sup>2</sup>. The XRD analysis showed that there are two phases such as SiC phase and the Al phase in the all sample .

**Keywords:** ceramic SiC, metals Al, powder metallurgy, sintering, density, hardness, compressive strength, crystal structure.

## PENDAHULUAN

Silikon karbida (SiC) tergolong material keramik non oksida yang memiliki sifat mekanik yang tinggi, dan tergolong material yang keras dan tahan keausan dan tahan suhu tinggi hingga 1800°C [1]. Kelemahan dari keramik SiC adalah bersifat getas, tidak tahan oksidasi, karena dengan adanya oksigen maka material SiC akan terurai menjadi SiO<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> [2]. Materi SiC terdiri dari satu atom karbon dan satu atom silikon yang membentuk ikatan kimia yang kuat pada kisi kristalnya yaitu ikatan kovalen [3]. Berdasarkan sifat kimia dan fisik serta sifat mekaniknya maka keramik SiC dapat diaplikasikan sebagai material yang dipakai pada suhu tinggi, misalnya sebagai dinding pelapis tungku pembakaran, sebagai alat pemotong (*cutting tools*), *mechanical seals*, komponen pada otomotif [4].

Permasalahan utama pada manufaktur keramik SiC adalah ditahapan proses pemadatan pada suhu tinggi yang disebut dengan proses sintering. Proses sintering umumnya titik lebur material, sedangkan SiC memiliki titik lebur 2800°K [5]. Oleh karena itu untuk melakukan sintering SiC diperlukan tungku suhu sangat tinggi mendekati 2000°C dan disamping itu diperlukan konsumsi energi yang sangat besar untuk bisa mencapai densitas teoritis 3,12 g/cm<sup>3</sup> [5]. Xingzhong Guo dkk telah melakukan proses sintering pada suhu 2160°C selama satu jam, diperoleh nilai densitas hanya sekitar 3,0 – 3,1 g/cm<sup>3</sup> [6]. Suhu sintering dan waktu sintering dapat diturunkan melalui beberapa cara antara lain : digunakan nya serbuk yang lebih halus, penambahan bahan aditif yang memiliki titik lebur yang lebih rendah ( SiO<sub>2</sub>, glasss, Al, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and *clays*) [7].

Pada penelitian yang dilakukan ini digunakan logam aluminium (Al) sebagai bahan aditif yang dapat menurunkan suhu sintering, karena logam Al memiliki suhu lebur yang rendah yaitu sekitar 657°C dan material Al tergolong material yang sangat berlimpah sebagai material bahan alam [8]. Aluminium yang mempunyai sifat yang ulet, sedangkan keramik SiC tergolong material yang getas. Sehingga dengan menggabungkan kedua sifat material tersebut maka diharapkan dapat memperbaiki sifat kegetasan dari keramik SiC. Hal ini dapat terjadi apabila adanya keterikatan antar permukaan erbuk Al dan SiC.

Pada penelitian ini dibahas pengaruh komposisi aditif sintering yaitu logam Al terhadap densitas, kekerasan, kuat tekan dan struktur kristal keramik SiC yang disintering pada suhu 1000°C.

## METODOLOGI

Proses preparasi sampel dilakukan menggunakan metoda metalurgi serbuk yaitu menggunakan bahan baku serbuk partikel SiC komersial dan serbuk Al murni dari E-merck. Komposisi penambahan serbuk Al divariasikan yaitu : 10% berat Al, 20% beart Al, 30% berat Al dan 40% beart Al. Kedua bahan baku selanjutnya ditimbang sesuai dengan komposisi dan di campur menggunakan *hand mortar* sampai homogen. Kemudian dilanjutkan pembentukan pelet diameter 12 mm dan ketebalan 6 mm menggunakan cetak tekan dengan gaya tekan sebesar 10 Tonf. Pelet yang dihasilkan selanjutnya di sintering menggunakan tungku *vacuum* listrik pada suhu 1000°C dan ditahan pada suhu tersebut selama satu jam.

Sampel pelet yang telah disintering selanjutnya dilakukan pengukuran densitas, kekerasan, kuat tekan serta struktur kristal menggunakan XRD. Pengukuran densitas dilakukan dengan menggunakan metoda Archimedes, nilai massa jenis (*bulk density*) dari sampel uji dihitung dengan menggunakan persamaan [9] :

$$\rho = \frac{ms}{(ms - mg)} \times \rho_{H_2O} \quad (1)$$

dimana  $\rho$  adalah *bulk density* (g/cm<sup>3</sup>), ms adalah massa sampel tergantung di udara (g), mg

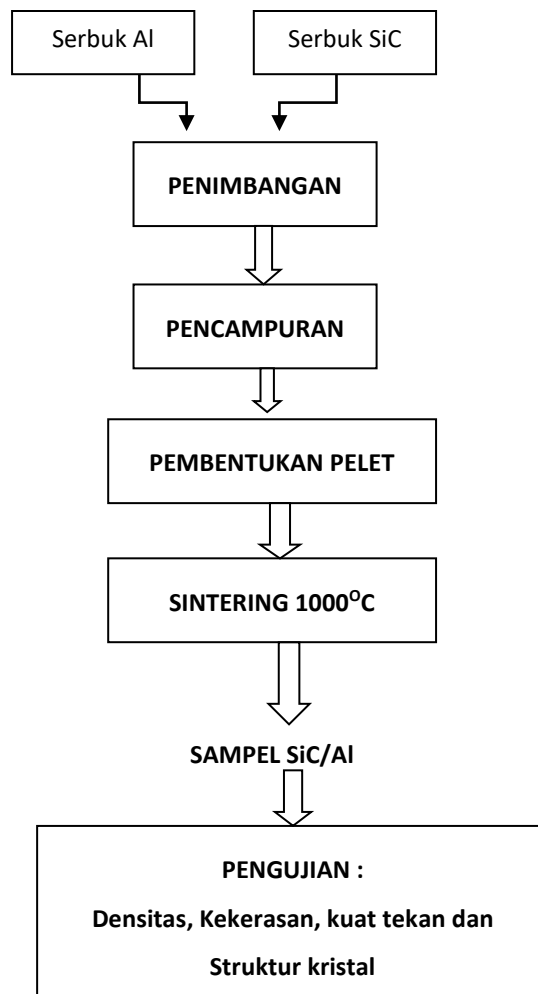
adalah massa sampel tergantung di dalam air (g) dan  $\rho_{H_2O}$  adalah massa jenis air ( $g/cm^3$ ). Pengukuran kekerasan sampel uji dilakukan menggunakan microhardness tester dengan pembantuan sebesar 300gf, sedangkan pengukuran kuat tekan digunakan *Universal Testing Machine* dan nilai kuat tekan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{F}{A} = \text{Kuattekan} \quad \text{kgf/cm}^2 \quad (2)$$

Dimana F adalah gaya tekan (kgf) dan A adalah luas penampang sampel uji ( $cm^2$ ).

Analisa struktur kristal digunakan difraksi sinar X Rigaku dengan target Cu-alpha serta dilakukan pada rentang sudut difraksi (2 theta) 0-90°.

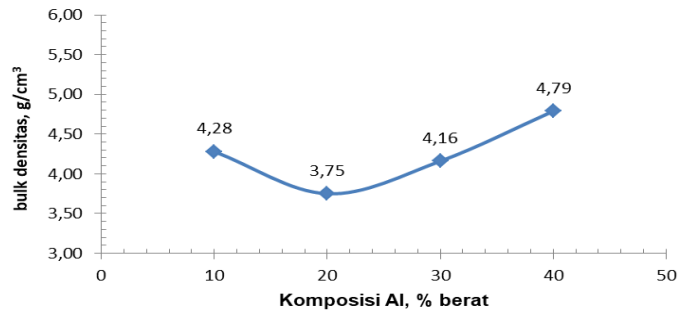
Diagram alir preparasi sampel melalui metoda metalurgi serbuk diperlihatkan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram alir preparasi sampel SiC/Al

## HASIL DAN PEMBAHASAN

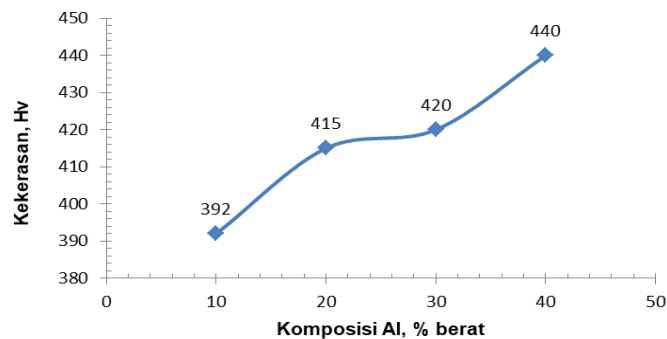
Hasil pengukuran densitas (bulk densitas) dari sampel yang telah sinterring 1000°C diperlihatkan pada Gambar 1. Pada Gambar 1 terlihat bahwa nilai densitas cenderung menurun dari komposisi Al 10 % ke komposisi 20 % , hal ini kemungkinan disebabkan adanya cacat didalam sampel uji.



Gambar 1. Kurva hubungan bulk densitas dengan komposisi Al

Nilai bulk densitas meningkat kembali dari komposisi 20% Al ke komposisi 40% Al, hal ini sesuai dengan teori sinterring, dimana logam Al pada suhu 1000°C meleleh dan mengisi rongga didalam sampel sehingga densitas meningkat. Densitas tertinggi dicapai pada sampel dengan komposisi 40% Al yaitu dengan nilai densitas sebesar 4,79 g/cm<sup>3</sup>.

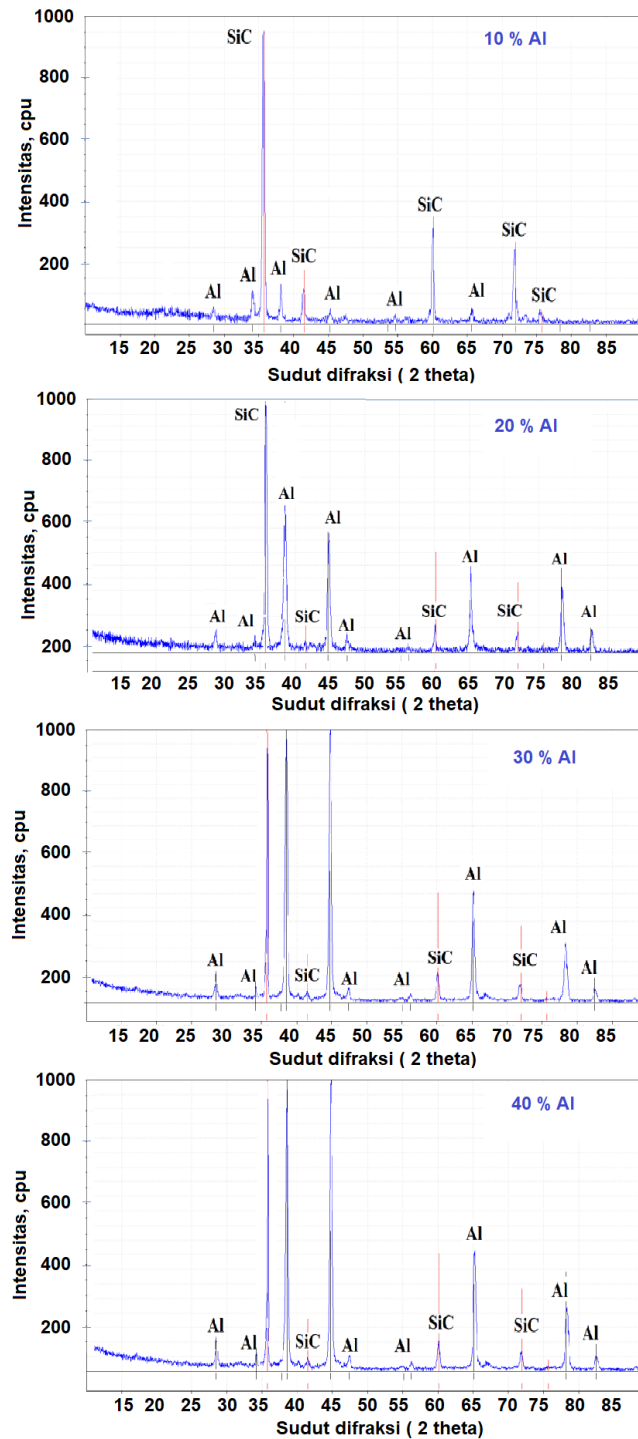
Hasil nilai kekerasan dari sampel yang telah disinterring 1000°C diperlihatkan pada Gambar 2, nilai kekerasan cenderung meningkat dengan meningkatnya komposisi penambahan Al, karena semakin banyak prosentase penambahan Al maka nilai kekerasan cenderung meningkat. Hal ini berkaitan dengan semakin tinggi nilai densitasnya maka sampel cenderung semakin padat.



Gambar 2. Kurva hubungan kekerasan dengan komposisi Al

Nilai kekerasan tertinggi dicapai pada sampel dengan penambahan 40% Al yaitu sebesar 440 Hv, dan nilai terendah pada sampel dengan komposisi 10% Al yaitu sebesar 393 Hv.

Hasil analisis struktur kristal menggunakan difraksi sinar X (XRD) diperlihatkan pada Gambar 3 untuk sampel dengan 10%, 20%, 30% dan 40% Al yang telah disinterring pada suhu 1000°C.



Gambar 3. Pola difraksi sinar X sampel dengan 10%, 20%, 30% dan 40% Al yang telah disintering pada suhu 1000°C.

Berdasarkan hasil pencocokan puncak-puncak difraksi sinar X hasil pengukuran dengan pola difraksi standar kartu JCPDS no 96-901-1682 untuk SiC dan standar kartu JCPDS no 96-901-2429 untuk Al seperti terlihat pada Gambar 3 menunjukkan bahwa sampel dengan penambahan 10% sampai dengan 40% Al terbentuk dua fasa yaitu fasa SiC dan fasa Al. Dalam hal ini tidak terbentuk fasa baru, maka dapat dikatakan aditif Al tidak terjadi reaksi dengan material utamanya yaitu SiC.

## **KESIMPULAN**

Material keramik SiC dengan penambahan logam Al dari 10% sampai 40% berat berhasil dibuat dengan metode metalurgi serbuk serta disintering pada suhu 1000°C. Komposisi penambahan logam Al memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kenaikan nilai densitas, kekerasan dan kuat tekan. Hasil pengujian diperoleh bahwa pada sampel dengan komposisi 40% berat Al diperoleh nilai densitas tertinggi adalah = 3,11 g/cm<sup>3</sup>, nilai kekerasan tertinggi = 59 HD dan nilai kuat tekan tertinggi = 65 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil analisa XRD mengindikasikan adanya dua fasa yaitu fasa SiC dan fasa Al pada semua sampel, serta tidak menunjukkan adanya reaksi antara logam Al dengan keramik SiC.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] G. MAGNANI, S. GALVAGNO, G. SICO, S. PORTOFINO, C. FREDA, E. BURRESI (2016). "Sintering and mechanical properties of  $\beta$ -SiC powder obtained from waste tires". *Journal of Advanced Ceramics* 5(1): 40–46
- [2] Kierstin Daviau\* and Kanani K. M. Lee (2017). "Decomposition of silicon carbide at high pressures and temperatures". *PHYSICAL REVIEW B* 96, 174102
- [3] V. A. Izhevskiy1, L. A. Genova, J. C. Bressiani, A. H. A. Bressiani (2000). "Review article: Silicon Carbide. Structure, Properties and Processing". *Cerâmica* vol.46 n.297 São Paulo.
- [4] Weiguang Chi\*, Dongliang Jiang, Zhengren Huang, Shouhong Tan (2004). "Sintering behavior of porous SiC ceramics". *Ceramics International* 30 869–874.
- [5] Sakiko Kawanishi, Takeshi Yoshikawa and Toshihiro Tanaka (2009). "Equilibrium Phase Relationship between SiC and a Liquid Phase in the Fe-Si-C System at 1523–1723 K". *Materials Transactions*, Vol. 50, No. 4 pp. 806 to 813.
- [6] Y. Ahmed and M. Alaalam (2015). "The influence of Sintering Temperature and Silicon Carbide Percent on The Compression Properties". *AIP Conference Proceedings* 1653, 020006
- [7] S MANDAL, A SEAL, S K DALUI, A K DEY, S GHATAK and A K MUKHOPADHYAY (2001). "Mechanical characteristics of microwave sintered silicon carbide". *Bull. Mater. Sci.*, Vol. 24, No. 2, pp. 121–124.
- [8] Mulyadi, Djuhana, Sunardi, Kusdi Priyono, (2019). "Analysis of Mechanical Properties and Microstructure of Al-SiCp Metal Matrix Composite" *Politeknik & Kolej Komuniti Journal of Engineering and Technology*, Vol.4, No. 1, hal 116-122.
- [9] Suprapedi, Muljadi, Priyo Sardjono, (2017). "The characterization of ceramic alumina prepared by using additive glass beads". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.