

## Karakterisasi Komposit Aluminium Berpenguat $Al_2O_3$ Nanokristalin Hasil Kopresipitasi

\*<sup>a</sup> Noer Af'idah, <sup>a</sup> Oktaffi Arinna Manasikana, <sup>b</sup> Elly Indahwati

<sup>a</sup> Pendidikan IPA, Fakultas Ilmu Pendidikan; <sup>b</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari, Indonesia

\*Corresponding email: [noerafidah1985@gmail.com](mailto:noerafidah1985@gmail.com)

Received: April 2022, Accepted: May 2022, Published: June 2022

### Abstrak

Pada saat ini kebutuhan terhadap komponen yang memiliki kemampuan struktural yang baik tetapi ringan telah mendorong perkembangan rekayasa material komposit bermatrik logam, salah satunya adalah komposit bermatrik aluminium. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penguat  $Al_2O_3$  nanokristalin hasil kopresipitasi terhadap sifat mekanik dan densitas dari komposit bermatrik aluminium. Berdasarkan hasil XRD (*X-Ray Diffractometer*) menunjukkan bahwa serbuk  $Al_2O_3$  (alumina) yang disintesis dengan menggunakan metode kopresipitasi mempunyai ukuran kristal di bawah 100 nm. Selanjutnya serbuk alumina hasil kopresipitasi ini digunakan sebagai penguat (*filler*) dalam fabrikasi komposit bermatrik aluminium. Komposit difabrikasi dengan menggunakan metode metalurgi serbuk dan metode pencampuran basah (*wet mixing*) dengan media pencampur etanol. Campuran serbuk komposit dimasukkan dalam cetakan dengan diberi gaya tekan sebesar 15 KN selama 15 menit. Tahap pemanasan dilakukan dua kali yaitu pre-sintering pada suhu 200°C dan 400°C masing-masing 20 menit serta tahap sintering pada suhu 500°C selama 1 jam. Komposit aluminium dengan penguat alumina mikrokristalin juga dibuat sebagai pembandingan. Hasil pengukuran densitas nanokomposit menunjukkan adanya peningkatan sebesar 1,74% dari mikrokomposit, sedangkan dari hasil uji kekerasan menggunakan *microhardness tester* menunjukkan peningkatan sebesar 37,98% dari mikrokomposit sebagai sampel pembandingan.

**Kata kunci:** Komposit Al- $Al_2O_3$ ; Nanokomposit; Kopresipitasi; Metalurgi serbuk

### *Characterization of Coprecipitation Nanocrystalline $Al_2O_3$ Reinforced Aluminum Composite*

#### *Abstract*

*At this time, the need for components with good structural capabilities but are light in weight has encouraged the development of metal matrix composite material engineering, one of which is aluminum matrix composites. The purpose of this research was to determine the effect of coprecipitation nanocrystalline  $Al_2O_3$  reinforcement on the mechanical properties and density of aluminum matrix composites. Based on the results of XRD (X-Ray Diffractometer) showed that  $Al_2O_3$  (alumina) powder synthesized using the coprecipitation method had a crystal size below 100 nm. Furthermore, the coprecipitation alumina powder is used as a filler to fabricate aluminum matrix composites. This aluminum matrix composite was fabricated using the powder metallurgy method and wet mixing method with ethanol mixing media. The composite powder mixture was put into the mold with a compressive force of 15 KN for 15 minutes. The heating stage was carried out twice, namely pre-sintering at a temperature of 200°C and 400°C each for 20 minutes and the sintering stage at 500°C for 1 hour. An aluminum composite with microcrystalline alumina reinforcement was also made for comparison. The results of the measurement of the density of the nanocomposite showed an increase of 1.74% from the micro composite, while the hardness test using the microhardness tester showed an increase of 37.98% from the micro composite as a comparison sample.*

**Keywords:** Al- $Al_2O_3$  Composite; Nanocomposite; Coprecipitation; Powder metallurgy

**How to cite:** Afidah, N., Manasikana, O., & Indahwati, E. (2022). Karakterisasi Komposit Aluminium Berpenguat  $Al_2O_3$  Nanokristalin Hasil Kopresipitasi. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 10(1), 8-15. doi:<https://doi.org/10.33394/j.lkf.v10i1.5361>

## PENDAHULUAN

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini disebabkan karena aluminium mempunyai karakter yang ringan, tahan korosi, mempunyai nilai kelenturan (*ductile*) yang cukup baik, dan mudah dibentuk (*decorative*). Akan tetapi dalam penggunaan aluminium sebagai material monolitik mempunyai kelemahan terutama dari aspek kekuatan mekaniknya (Hanafi et al., 2016). Oleh sebab itu dibutuhkan rekayasa material untuk menghasilkan material aluminium dengan sifat yang lebih baik sesuai dengan kebutuhan. Salah satu metode rekayasa material untuk memperbaiki sifat aluminium ini adalah dengan teknik komposit.

Komposit adalah teknik rekayasa material yang dilakukan dengan menggabungkan atau mengkombinasikan dua material atau lebih secara makroskopik dengan tujuan untuk memperoleh material baru yang memiliki sifat yang lebih baik daripada sifat material penyusunnya (Iswandi et

al., 2019). *Metal Matrix Composites* (MMC) adalah jenis komposit yang menggunakan matriks dari bahan logam. *Aluminium Metal Matrix Composite* (AMC) yaitu salah satu jenis komposit yang bermatriks logam aluminium. Penelitian komposit jenis ini mempunyai prospek yang sangat menjanjikan, karena material yang dihasilkan mempunyai karakteristik kekuatan dan ketahanan *deformasi termal* yang baik. AMC banyak difabrikasi dengan menambahkan material penguat dari keramik, seperti alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), periklas ( $\text{MgO}$ ), silika ( $\text{SiO}_2$ ), silikon karbida ( $\text{SiC}$ ), dan spinel ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ). Penggunaan penguat (*filler*) bahan keramik alumina, silikon karbida, dan periklas pada komposit bermatriks aluminium, akan meningkatkan sifat mekanik dan kekerasan aluminium (Kheder et al., 2011). Demikian pula ketika aluminium dipadukan dengan silika ( $\text{SiO}_2$ ) komersial dan pasir silika berukuran mikron, maka sifat mekanik dan kekerasan aluminium akan meningkat (Sayuti et al., 2012).

Metalurgi serbuk merupakan salah satu teknik untuk menghasilkan komposit bermatriks logam. MMC dapat diproduksi dengan komposisi matriks dan penguat yang bervariasi dengan efisiensi bahan baku yang sangat baik. Teknik metalurgi serbuk telah banyak dilakukan dalam proses pembuatan komposit MMC untuk aplikasi otomotif, misalnya *cylinder liner*, *brake disc/drum*, dan *engine piston* (Widyastuti et al., 2010). Komposit bermatriks aluminium yang dihasilkan dengan menggunakan teknik metalurgi serbuk akan mempunyai kemampuan struktural yang dibutuhkan oleh komponen otomotif. Kemampuan struktural ini berkaitan dengan tingkat kompabilitas material penyusun komposit. Kompabilitas adalah nilai yang menunjukkan kualitas ikatan yang terbentuk antara matriks dengan penguat. Semakin tinggi tingkat kompabilitas komposit, maka semakin bagus sifat mekanik dari bahan komposit yang dihasilkan. Tingkat kompabilitas komposit sangat dipengaruhi oleh jenis material penguat, ukuran dan bentuk partikel penguat, fraksi volume penguat, dan lamanya waktu sintering.

Komposit Al- $\text{Al}_2\text{O}_3$  adalah komposit bermatriks aluminium dengan penguat alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Komposit ini merupakan jenis komposit isotropik, yaitu komposit yang mempunyai efek penguatan ke segala arah. Sehingga seluruh pengaruh tegangan maupun regangan dari luar akan mempunyai nilai kekuatan yang sama. Pembuatan komposit dengan memvariasikan prosentase fraksi volume penguat dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap efek penguatan pada komposit yang dihasilkan. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Widyastuti et al. (2010) menunjukkan adanya peningkatan kompabilitas komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3$  seiring dengan peningkatan fraksi volume penguat. Demikian pula penelitian yang dilakukan oleh Suprpto et al. (2017) menyatakan bahwa penambahan prosentase berat penguat pada komposit memberikan pengaruh terhadap sifat fisik komposit yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan densitas komposit yang dihasilkan.

Dalam beberapa dekade terakhir, penelitian dalam bidang nano teknologi telah berkembang dengan sangat pesat dalam berbagai bidang aplikasi. Dalam pengembangan material telah banyak dilakukan penelitian tentang sintesis serbuk keramik nanokristalin. Metode kopresipitasi telah dilakukan untuk menghasilkan serbuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  yang berukuran di bawah 100 nm (Kamariyah, 2007). Penelitian tentang pembuatan atau fabrikasi komposit dengan menggunakan penguat serbuk keramik nanokristalin menarik untuk dilakukan. Penggunaan penguat berukuran nanokristalin diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik dari komposit yang dihasilkan.

Nanokomposit adalah jenis komposit yang menggunakan penguat berukuran nanometer. Nanokomposit memiliki keistimewaan dibandingkan dengan komposit biasa (komposit dengan penguat berukuran mikro), yaitu bahwa penguat nanokristalin mempunyai pengaruh yang lebih besar untuk meningkatkan kinerja sebuah komposit. Nanopartikel mempunyai luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan mikropartikel. Semakin besar luas permukaan, maka semakin besar ikatan antar muka (*interface*) antara matriks dengan penguatnya. Semakin besar ikatan antar muka, semakin besar pula kompabilitas komposit yang dihasilkan.

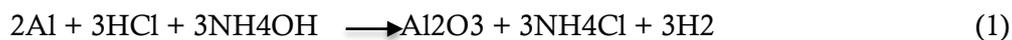
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan penguat serbuk keramik alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) nanokristalin terhadap sifat mekanik dan densitas dari nanokomposit yang dihasilkan. Selain itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi dan tingkat keefektifan serbuk alumina nanokristalin dibandingkan dengan alumina mikrokristalin dalam memperbaiki kinerja komposit. Dalam penelitian ini serbuk alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) nanokristalin sebagai penguat yang dihasilkan dengan menggunakan metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi dengan

menggunakan pasangan asam-basa HCl sebagai pelarut dan NH<sub>4</sub>OH sebagai media pengendapnya telah menghasilkan serbuk keramik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan ukuran kristal kurang dari 100 nm. Penggunaan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanokristalin sebagai bahan penguat dalam komposit diharapkan dapat memperbaiki sifat material komposit secara optimal. Karena semakin kecil ukuran kristal, maka luas permukaannya semakin besar sehingga meningkatkan ikatan antara matriks dan penguat dari bahan komposit.

## METODE

### Sintesis Serbuk alumina dengan Kopresipitasi

Dalam penelitian ini, komposit difabrikasi dengan menggunakan penguat alumina nanokristalin yang sintesis dengan metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi dilakukan dengan menggunakan media pasangan asam-basa HCl 12,063 M yang berperan sebagai pelarut dan NH<sub>4</sub>OH 6,5 M sebagai media pengendapnya, sesuai dengan reaksi kimia berikut:



Sisa HCl dan NH<sub>4</sub>OH yang menjadi pengotor dapat dihilangkan dengan menggunakan aquades. Prekursor alumina yang berupa endapan kemudian disaring menggunakan kertas saring, selanjutnya dikeringkan pada suhu 100<sup>0</sup>C. Setelah kering, prekursor alumina dipanaskan pada suhu 500<sup>0</sup>C untuk mendapatkan alumina dengan kemurnian tinggi. Langkah selanjutnya dilakukan uji difraksi sinar-X untuk mengetahui bahwa serbuk keramik alumina yang dihasilkan memiliki tingkat kemurnian fasa yang tinggi, selain itu dari FWHM dapat dihitung ukuran kristal elementernya. Sedangkan untuk mengukur densitas serbuk (*apparent density*) alumina hasil kopresipitasi dapat dilakukan dengan menggunakan *pycnometer*. Densitas serbuk alumina dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m_3 - m_1}{(m_2 - m_1) - (m_4 - m_3)} \rho^* \quad (2)$$

dengan:

$\rho$  : densitas serbuk

$\rho^*$  : densitas pelarut

m<sub>1</sub>: massa pycnometer kosong dan tutupnya

m<sub>2</sub>: massa pycnometer, tutup, dan pelarut

m<sub>3</sub>: massa pycnometer, tutup, dan serbuk

m<sub>4</sub>: massa pycnometer, tutup, serbuk, dan pelarut

### Fabrikasi Komposit Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan Metalurgi Serbuk

Fabrikasi komposit Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dilakukan dengan metode metalurgi serbuk. Metode metalurgi serbuk dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu: tahap pencampuran, penekanan, dan pemanasan. Adapun dalam fabrikasi komposit ini, digunakan serbuk aluminium dengan kemurnian di atas 90% sebagai matriks (densitas 2,7 gram/cm<sup>3</sup>), serbuk alumina hasil kopresipitasi sebagai penguat, *zinc stearat* berupa serbuk yang berfungsi sebagai pelumas pada cetakan, dan larutan etanol 99% sebagai pelarut pada saat proses pencampuran basah (*wet mixing*) bahan penyusun komposit. Sebelum dilakukan tahap pencampuran, maka terlebih dulu harus ditentukan massa dari matrik dan penguat sesuai dengan prosentase volume yang diinginkan.

### Tahap Penentuan Massa Matrik dan Penguat Komposit

Dalam penelitian ini komposit Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dibuat dengan variasi fraksi volume penguat (filler) sebesar 10%, 20%, dan 30%. Adapun penentuan massa penguat ( $m_f$ ) maupun massa matrik ( $m_m$ ) menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V_f &= \frac{v_f}{v_c}; & V_m &= \frac{v_m}{v_c} \\ \rho_f &= \frac{m_f}{v_f}; & \rho_m &= \frac{m_m}{v_m} \end{aligned}$$

$$v_f = \frac{m_f}{\rho_f}; \quad v_m = \frac{m_m}{\rho_m}$$

$$m_f = V_f \times v_c \times \rho_f \quad (3)$$

$$m_m = V_m \times v_c \times \rho_m \quad (4)$$

dengan:

$V_f$ : fraksi volume penguat (%)

$V_m$ : fraksi volume matrik (%)

$v_f$ : volume penguat (cm<sup>3</sup>)

$v_m$ : volume matrik (cm<sup>3</sup>)

$m_f$ : massa penguat (gram)

$m_m$ : massa matrik (gram)

$\rho_f$ : densitas penguat (gram/cm<sup>3</sup>)

$\rho_m$ : densitas matrik (gram/cm<sup>3</sup>)

Komposit dibuat dengan cetakan berupa silinder dengan ukuran dimensi tinggi dan jari-jari masing-masing 1,4 cm dan 7 cm. Sehingga volume komposit dapat dihitung sebagai berikut:

$$v_c = \pi \times r^2 \times t$$

$$v_c = 3,14 \times 7^2 \times 1,4$$

$$v_c = 2,154 \text{ cm}^3$$

Selanjutnya massa matrik Al dan penguat alumina dapat kita hitung sebagai berikut:

Misalnya untuk Komposit dengan fraksi volume 70% Al – 30% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

$$m_m = 70\% \times 2,154 \text{ cm}^3 \times 2,77 \text{ gram/cm}^3 = 4,176 \text{ gram}$$

$$m_f = 30\% \times 2,154 \text{ cm}^3 \times 3,2 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3} = 2,06 \text{ gram}$$

Perhitungan massa matrik dan penguat sesuai dengan fraksi volume penguat 10%, 20%, dan 30% dapat dilakukan dengan langkah yang sama, dapat dilihat hasilnya pada tabel berikut:

**Tabel 1** Data massa penguat dan matrik komposit

$V_f$	$V_m$	$m_f$ (gram)	$m_m$ (gram)
10%	90%	0,69	5,369
20%	80%	1,39	4,773
30%	70%	2,09	4,177
30% (S)	70%	2,06	4,177

### Tahap Pencampuran Matrik dan Penguat (*Mixing*)

Dalam pencampuran matrik dan penguat komposit, digunakan media pencampur berupa etanol. Serbuk aluminium dan alumina yang telah ditimbang massanya sesuai dengan prosentase volume yang diinginkan, dicampur dengan larutan etanol. Penggunaan etanol ini selain untuk menghindari adanya oksidasi antara aluminium dengan oksigen, juga agar penyusun komposit mudah terdistribusi secara merata. Larutan etanol, aluminium, dan alumina diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 15 menit. Selanjutnya dipanaskan pada suhu 60°C selama 1 jam agar sisa etanol menguap dan serbuk campuran penyusun komposit dapat kering dengan mudah.

### Tahap Penekanan (*Kompaksi*)

Tahap penekanan dilakukan dengan memberikan gaya tekan sebesar 15 KN selama 15 menit pada campuran serbuk komposit yang telah diletakkan dalam cetakan yang telah diberi pelumas zinc stearate. Penggunaan pelumas ini agar tidak terjadi penempelan serbuk komposit pada dinding cetakan.

### Tahap Sintering

Setelah komposit dikeluarkan dari cetakan, maka langkah selanjutnya adalah tahap pemanasan (sintering). Tahap sintering ini dilakukan dalam ruang hampa (vakum furnace) dengan tujuan untuk mengurangi reaksi oksidasi antara aluminium dengan oksigen. Proses sintering diawali dengan pre-sintering pada suhu 200°C selanjutnya dinaikkan suhunya menjadi 400°C masing-masing dengan *holding time* selama 15 menit. Adapun sintering dilakukan pada suhu 500°C selama 1 jam.

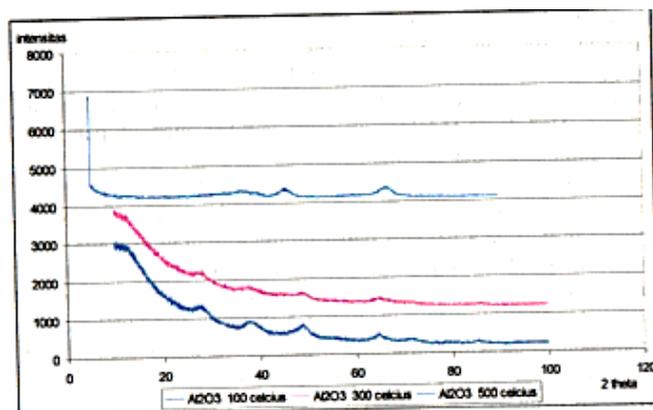
### Karakterisasi Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Komposit

Pengukuran densitas komposit setelah proses sintering dilakukan dengan menggunakan prinsip Archimedes, yaitu volume benda yang dipindahkan sama dengan volume benda yang dimasukkan ke dalam fluida. Karakterisasi struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik (MOP), sedangkan untuk sifat mekanik dilakukan dengan uji kekerasan (VHN), hal ini dilakukan karena ukuran sampel yang kecil sehingga tidak memungkinkan dilakukan uji tarik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Serbuk Alumina Hasil Kopresipitasi

Serbuk keramik alumina yang dihasilkan dari serbuk aluminium dengan melalui kopresipitasi memiliki kemurnian tinggi dan mempunyai ukuran kristal di bawah 100 nm (Kamariyah, 2007). Untuk memastikan ukuran Kristal dari serbuk alumina hasil kopresipitasi, maka dilakukan uji difraksi sinar-X. Dari data FWHM dapat dihitung ukuran kristal-kristal elementer alumina hasil kopresipitasi. Sebenarnya dalam sintesis serbuk alumina ini dilakukan proses pemanasan pada tiga temperatur yang berbeda, yaitu pada suhu 100°C, 300°C, dan 500°C. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pada temperatur berapa alumina terbentuk. Dari analisis data difraksi sinar-X dengan menggunakan *software Rietica* menunjukkan bahwa pada pemanasan 100°C dan 300°C belum terbentuk fasa alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) melainkan masih dalam bentuk oksidanya, yaitu fasa  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{AlO}(\text{OH})$  yang merupakan prekursor  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Sedangkan untuk hasil kopresipitasi yang dipanaskan pada temperatur 500°C menunjukkan telah terbentuk fasa  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Gambar 1 berikut menunjukkan pola puncak hasil uji difraksi sinar-X serbuk alumina hasil sintesis dengan metode kopresipitasi. Sedangkan Tabel 2 menunjukkan perbedaan prosentase fasa yang terbentuk dan ukuran Kristal untuk alumina dan hidroksidanya pada pemanasan yang berbeda.



**Gambar 1.** Pola difraksi sinar-X pada serbuk alumina hasil kopresipitasi

**Tabel 2.** Prosentase kandungan fasa dan ukuran Kristal serbuk alumina dan hidroksidanya

Temperatur (°C)	Fasa	%	D (nm)
100	Gibbsite	17,65	3,23
	Diaspore	35,29	
	Boehmite	17,65	
	Bayerite	29,41	
300	Gibbsite	11,76	3,73
	Diaspore	23,52	
	Boehmite	23,52	
	Bayerite	35,29	
	$\eta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$	5,9	
500	Diaspore	20	2,55
	Boehmite	40	
	$\eta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$	20	
	X- $\text{Al}_2\text{O}_3$	20	

Berikut adalah hasil pengukuran densitas serbuk keramik alumina (*apparent density*) menggunakan *pycnometer*:

**Tabel 2** Data densitas serbuk alumina

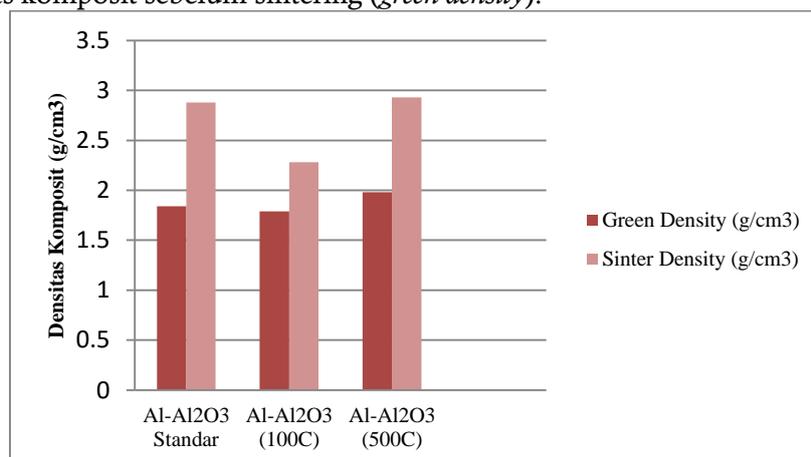
Serbuk	Densitas (gram/cm <sup>3</sup> )
Alumina Standart	3,20
Alumina 100	3,56
Alumina 500	3,24

### Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Komposit Pengaruh Temperatur Sintering terhadap Densitas Komposit

Partikel penyusun komposit dapat saling menempel dan saling berikatan satu sama lain setelah mengalami kompaksi, hal ini terjadi karena adanya gaya adhesi-koheisi antar partikel. Untuk meningkatkan ikatan antar permukaan partikel yang berdekatan adalah dengan memberikan proses sintering. Sintering adalah proses perlakuan termal pada partikel serbuk komposit yang telah dikompaksi dengan pemanasan pada suhu di bawah titik lelehnya, yaitu sekitar 2/3 dari titik lelehnya. Meningkatnya ikatan antar muka partikel matrik dan penguatnya, diharapkan akan meningkatkan nilai densitas atau kerapatan material komposit yang dihasilkan.

Selama proses sintering, material komposit diletakkan di dalam *furnace* dan divakumkan untuk menghindari terjadinya reaksi oksidasi selama pemanasan berlangsung. Unsur-unsur atmosfer seperti oksigen, hydrogen, dan nitrogen yang berada pada lingkungan sangat reaktif dengan partikel penyusun komposit terutama aluminium. Reaksi oksidasi antara unsur-unsur yang ada di udara dengan partikel penyusun komposit dapat menghalangi terjadinya kontak antar permukaan matrik dan penguatnya. Bila kontak antar permukaan diperbesar maka porositas pada komposit dapat diminimalisir.

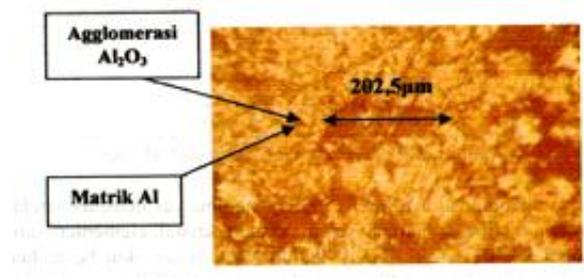
Sebelum sintering dilakukan, diawali presinter pada temperatur 200°C dan 400°C masing-masing selama 15 menit. Presinter dilakukan untuk menghilangkan pelumas *zinc stearate* yang menguap pada suhu 125°C, sehingga dapat menghindari terjebaknya pelumas di dalam komposit yang dapat memecahkan ikatan antar muka partikel penyusun komposit. Selain itu presinter juga dilakukan untuk menghindari *shock thermal* dan *internal stress* pada bahan. Sintering yang dilakukan tanpa diawali presinter, maka pada saat sintering gas-gas atau udara di dalam komposit belum sempat keluar dan terjebak di dalam komposit. *Trapping gas* atau gas-gas yang terjebak di dalam komposit akan mendesak ke segala arah berusaha keluar sehingga akan menimbulkan *crack* atau retakan pada sampel komposit. Selanjutnya proses sintering dilakukan untuk meningkatkan ikatan antar permukaan partikel serbuk matrik dan penguatnya. Semakin kuat ikatan antar permukaan maka densitas komposit setelah sintering (*sinter density*) akan semakin meningkat dibandingkan dengan densitas komposit sebelum sintering (*green density*).



**Gambar 2.** Densitas Komposit sebelum dan setelah sintering

Gambar 2 menunjukkan adanya kenaikan densitas komposit setelah proses sintering. Pada saat proses sintering berlangsung, maka akan terjadi proses penyusutan porositas (*shrinkage*), penyusutan porositas diiringi dengan naiknya densitas komposit setelah proses sintering

(Widyastuti et al., 2010). Selain itu dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai densitas komposit dengan penguat alumina hasil kopresipitasi yang dipanaskan pada suhu 500°C mempunyai nilai yang paling tinggi dibandingkan yang lain. Terdapat kenaikan nilai densitas sebesar 1,74% dibandingkan dengan komposit berpenguat alumina standar (mikrokristalin). Peningkatan nilai densitas nanokomposit yang tidak terlalu besar dibandingkan dengan nilai densitas mikromposit. Hal ini terjadi karena adanya agglomerasi partikel-partikel alumina nanokristalin di daerah sekitar butir. Partikel penguat orde nano cenderung mengalami agglomerasi (Hanafi et al., 2016). Agglomerasi partikel penguat akan menyebabkan distribusi penguat tidak merata di sepanjang matrik, melainkan berkumpul di daerah tertentu. Agglomerasi partikel penguat akan menyebabkan meningkatnya porositas pada komposit yang dihasilkan dibandingkan jika partikel penguatnya terdistribusi merata di sepanjang matrik. Ukuran agglomerasi partikel alumina nanokristalin (500°C) berkisar antara 40,6 – 202,5 µm, dapat kita lihat pada Gambar 3 berikut. Ukuran ini hampir menyamai ukuran diameter partikel alumina mikrokristalin yang digunakan sebagai penguat komposit standar yaitu 221,8 µm.



**Gambar 3.** Komposit Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (500°C) Mikroskop Optik dengan perbesaran 300x

#### *Analisis Sifat Mekanik Komposit*

Salah satu sifat mekanik sebuah material komposit adalah seberapa besar ketahanan material tersebut melawan deformasi plastis. Untuk mengetahui ketahanan material komposit terhadap deformasi plastis, maka dilakukan uji kekerasan. Distribusi penguat dalam matrik akan sangat mempengaruhi sifat mekanik komposit yang terbentuk. Dalam komposit, penguat berperan sebagai transmisi tegangan pada saat komposit mendapatkan tegangan/tekanan/gaya dari luar. Penguat dengan ukuran kristal nanometer akan mempunyai luas kontak permukaan yang lebih besar, sehingga diharapkan akan menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik pada komposit. Akan tetapi nanopartikel mempunyai kecenderungan untuk beragglomerasi, sehingga menyebabkan distribusi partikel penguat tidak merata. Hal ini tentunya akan berpengaruh terhadap sifat mekanik bahan, karena transmisi tegangan tidak merata di sepanjang komposit.

**Tabel 3.** Nilai kekerasan vickers komposit

<b>Komposit Al berpenguat</b>	<b>VHN</b>	<b>VHN rata-rata</b>
Alumina standart	17,9	17,85
	17,5	
	18,2	
Alumina (100°C)	18,3	20,07
	19,5	
	22,4	
Alumina (500°C)	24,4	24,63
	25,2	
	14,3	

Tabel 3 menunjukkan nilai kekerasan komposit. Pengujian kekerasan diulang sebanyak tiga kali dengan titik yang berbeda, hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai rata-rata kekerasan komposit. Dari tabel dapat dilihat bahwa komposit dengan penguat alumina 500°C mempunyai nilai kekerasan tertinggi yaitu 24,63. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan nilai kekerasan pada komposit berpenguat aluminan nano kristalin 500°C sebesar 37,98% dibandingkan komposit standart. Sedangkan untuk komposit dengan penguat alumina hasil kopresipitasi yang dipanaskan

pada 100°C mempunyai nilai kekerasan yang lebih kecil bila dibandingkan komposit berpenguat alumina 500°C, hal ini karena pada saat sintering selain terjadi eliminasi porositas dan peningkatan ikatan permukaan antara matrik dan penguat juga terjadi proses transformasi fasa (Suprpto et al., 2017). Hal ini akan berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan.

## KESIMPULAN

Nanokomposit dengan penguat alumina hasil kopresipitasi yang dipanaskan pada 500°C mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan mikrokompisit. Hal ini dapat dilihat dengan adanya peningkatan nilai densitas sebesar 1,74% dan nilai kekerasan sebesar 37,98% dibandingkan mikrokompisit. Adanya kecenderungan penguat berukuran nano untuk beragglomerasi menyebabkan distribusi penguat tidak merata di sepanjang matrik, sehingga berpengaruh terhadap komposit yang dihasilkan.

## SARAN

Dalam proses pencampuran bahan penyusun komposit perlu diperhatikan metode pencampuran dan lamanya waktu pencampuran, karena hal ini akan berpengaruh terhadap kehomogenan distribusi partikel penyusun komposit. Kecenderungan agglomerasi pada partikel penguat nano yang menyebabkan tidak meratanya distribusi partikel penguat dapat diminimalisir dengan menambahkan surfaktan selama proses pencampuran. Sebagai data penunjang, sebaiknya dilakukan pengujian lebih lanjut, seperti uji tekan, SEM (*Scanning Electron Microscope*), maupun AFM (*Atomic Force Microscope*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Hanafi, H., Munasir, M., & Zainuri, M. (2016). Studi Sifat Mekanik Komposit Isotropik Al/SiO<sub>2</sub> Hasil Fabrikasi dengan Metalurgi Serbuk. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 12(2), 61–65. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v12i2.1331>
- Iswandi, Sulong, A. B., & Sahari, J. (2019). Effect Of Graphite /Polipropilene On The Electrical Conductivity Of Manufactured Bipolar Plate. *Malaysian Journal of Analytical Science*, 23(2), 355–361. <https://doi.org/10.17576/mjas-2019-2302-19>
- Kamariyah, E. I. N. (2007). Sintesis Serbuk Nanokristalin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO dan MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan Metode Kopresipitasi. *Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*.
- Kheder, A. R. I., Marahleh, G. S., & Al-Jamea, D. M. K. (2011). Strengthening of Aluminum by SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and MgO. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 5(6), 533–541.
- Sayuti, M., Sulaiman, S., Vijayaram, T. R., Baharudin, B. T. H. T., & Arifi, M. K. A. (2012). Manufacturing and Properties of Quartz (SiO<sub>2</sub>) Particulate Reinforced Al-11.8%Si Matrix Composites. In N. Hu (Ed.), *Composites and Their Properties*. InTech. <https://doi.org/10.5772/48095>
- Suprpto, I. W. L., Suarsana, K., & Santhiarsa, I. G. N. N. (2017). Efek Komposisi Dan Perlakuan Sintering Pada Komposit Al/(SiCw+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Terhadap Sifat Fisik, Dan Keausan. *Jurnal Mettek: Jurnal Ilmiah Nasional Dalam Bidang Ilmu Teknik Mesin*, 3(1), 36–43.
- Widyastuti, Siradj, E. S., Priadi, D., & Zulfia, A. (2010). Kompaktibilitas Komposit Isotropik Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dengan Variabel Waktu Tahan Sinter. *Makara Journal of Science*. <https://doi.org/10.7454/mss.v12i2.502>