

# Karakterisasi Bentuk Partikel SiC yang Dilapisi dengan $MgAl_2O_4$ Berdasarkan Variabel Konsentrasi Ion Logam

Halley henriono dan M. Zainuri  
Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arif Rahman Hakim, Surabaya 60111  
E-mail: zainuri@physics.its.ac.id

**Abstrak** – Penelitian tentang karakteristik bentuk partikel SiC yang dilapisi dengan ( $MgAl_2O_4$ ) berdasarkan variabel konsentrasi ion logam telah dilakukan. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ion logam pada permukaan SiC dan mengetahui bentuk permukaan SiC yang sudah terlapisi dengan spinel. Dalam penelitian ini menggunakan metode kopresipitasi dan menggunakan perbedaan konsentrasi Mg 0.6 gram, 1.2 gram, dan 3 gram. Karakterisasi dan identifikasi partikel SiC menggunakan XRD, SEM, dan EDX. Berdasarkan hasil penelitian bahwa penambahan konsentrasi meningkatkan kekasaran permukaan dan luas kontak permukaan tetapi tidak mempengaruhi kesimetrian dari partikel SiC sehingga wettability partikel SiC ketika dipergunakan pada komposit akan meningkat.

**Kata kunci:** bulkines faktor, fasa spinel  $MgAl_2O_4$ , metode kopresipitasi.

## I. PENDAHULUAN

SPINEL merupakan suatu subyek yang menarik untuk bahan penelitian maupun aplikasi industri. salah satu contoh spinel adalah  $MgAl_2O_4$ . Material ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti jendela kaca untuk tekanan tinggi dan anti peluru pada kendaraan, material alternatif untuk menggantikan karbon anoda dalam selektrolit aluminium [1]. Dan material ini juga mempunyai kekuatan mekanik yang baik, titik lebur tinggi, dan juga mempunyai sifat termal, kimia, dan optik.

Disamping itu kemajuan teknologi kini telah meningkatkan dalam permintaan terhadap bahan komposit. Perkembangan bidang sains dan teknologi mulai menyulitkan bahan konvensional seperti logam untuk memenuhi keperluan aplikasi baru dalam berbagai bidang seperti bidang angkasa lepas, perkapalan, automobile dan industri pengangkutan merupakan contoh aplikasi yang memerlukan bahan-bahan yang berdensitas rendah, tahan karat, kuat, kokoh dan tegar. Material komposit merupakan kombinasi dua atau lebih material yang berbeda, dengan syarat adanya ikatan permukaan antara kedua material tersebut. Dalam penggunaannya komposit tidak hanya digunakan pada sifat strukturalnya saja tapi juga dapat dimanfaatkan pada sifat yang lainnya seperti sifat listrik, panas, atau material yang memperhatikan aspek lingkungan [2].

Keramik adalah senyawa dari unsur – unsur logam dan bukan logam. Istilah keramik (dari kata Yunani keramos, yang berarti pembuat barang tembikar tanah liat, dan keramikos artinya produk tanah liat). Keramik dapat dibagi menjadi dua bagian secara umum, yaitu :

keramik tradisional misalnya unbin, batu bata, keramik, dan roda pengasah dan keramik industri, misalnya turbin, otomotif, dan komponen kedirgantaraan. Ikatan dalam struktur kristal keramik umumnya ikatan ion kovalen. Ikatan ini jauh lebih kuat dibandingkan dengan ikatan logam. Akibatnya sifat-sifat seperti kekerasan dan ketahanan panas jauh lebih tinggi dibandingkan dengan logam. Keramik juga dapat berikatan kristal tunggal atau dalam bentuk polikristalin. Ukuran butir juga mempengaruhi terhadap kekuatan dan sifat-sifat keramik, sehingga ukuran butir yang halus akan semakin tinggi kekuatan dan ketangguhannya..

Material keramik merupakan campuran antara logam dengan non logam. Dan keramik mempunyai sifat yang keras dan rapuh, karena ini adalah sifat umum dari bahan keramik. Namun, keramik juga tahan terhadap suhu tinggi dibandingkan dengan bahan logam dan polimer. Contoh dari bahan keramik adalah semen, gelas, bahan isolasi busi hingga bahan-bahan nuklir  $UO_2$ . Sesuai dengan sifat dasar pembentuk material keramik yaitu logam dengan non logam, unsur logam melepaskan elektron kulit terluar dan kemudian di ikat oleh atom non logam. Hal ini menyebabkan elektron-elektron tersebut tidak dapat bergerak sehingga material keramik bersifat isolator yang baik dan penyerap panas yang baik [3].

SiC termasuk material keramik. Dan diketahui bahwa keramik mempunyai ikatan ionik yang tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi sehingga material keramik mempunyai sifat yang kuat dan rapuh. Pada bahan SiC ditunjukkan mempunyai ketahanan terhadap suhu 2200 – 2700 °C. Pada suhu 1000 °C akan terbentuk lapisan  $SiO_2$ . Silikon Karbida dengan formula SiC tergolong jenis material keramik non oksida. SiC membentuk struktur tetrahedral dari ikatan Si dengan C. Material SiC ini tergolong material yang keras dan tahan terhadap abrasive. Serbuk SiC dapat digolongkan berdasarkan bentuknya menjadi dua macam yaitu particular dan serabut (*whisker*). Material ini tidak mudah melebur pada berbagai kondisi dengan tekanan yang kuat dan relatif tahan terhadap bahan kimia. Silikon Karbida (SiC) mempunyai hampir 70 bentuk Kristal dan yang paling terkenal adalah bentuk kristal heksagonal dengan komponen alpha silikon karbida ( $\alpha$ -SiC) dan material ini mulai terbentuk pada suhu sekitar 2000°C. Selain *alpha* silikon karbida ( $\alpha$ -SiC) yang paling terkenal adalah *beta* silikon karbida ( $\beta$ -SiC) dan material ini mulai terbentuk pada suhu di bawah 2000°C. Material beta silikon karbida

( $\beta$ -SiC) merupakan material yang banyak dijual dipasaran [4].

Spinel  $MgAl_2O_4$  merupakan material keramik oksida yang paling sering dipergunakan dalam industri dibandingkan dengan material spinel lainnya dan digolongkan sebagai salah satu pelopor material keramik rekayasa modern. Sifat dari material ini adalah mempunyai kekuatan mekanik yang baik, mempunyai titik lebur yang tinggi, bersifat termal, kimia dan optik yang baik. Spinel  $MgAl_2O_4$  banyak dipergunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti metalurgi, kimia, katalis, dan elektronik [5].

Memperoleh spinel  $MgAl_2O_4$  murni sangat dipengaruhi oleh cara sintesisnya. Beberapa cara sintesis  $MgAl_2O_4$  yang terkenal adalah teknik hidrotermal, dekomposisi plasma spray dari oksida, sol gel, pembakaran logam nitrat dan urea, pengeringan udara dari sulfat, metode aerosol, kopresipitasi, dan modifikasi sol gel oleh kombinasi gelas dan proses kopresipitasi.

Dengan adanya lapisan tipis spinel hasil reaksi antarmuka atau *interfacial bonding* yang *intergranular* pada *interface* logam–keramik memiliki peran penting dalam penggabungan atau pengikatan antara keramik–logam. Hal ini berperan penting dalam perkembangan mikrostruktur juga mempengaruhi sifat kekerasan dari komposit yang terbentuk [6].

Metode kopresipitasi (pengendapan) adalah suatu metode fabrikasi dengan cara kimia. Dalam pembuatan spinel cara–cara dan kondisi yang dipergunakan akan mempengaruhi hasil dari matriel yang terbentuk dan sifat material yang terbentuk.

Dalam metode basah, garam–garam yang diperlukan sebagai bahan dasar dilarutkan bersama dengan pelarutnya misalnya dengan menggunakan asam. Dalam larutan yang sudah diaduk hingga homogen ditambahkan dengan larutan pengendap sedemikian rupa sehingga endapan yang dihasilkan akan mempunyai sifat homogenitas yang tinggi.

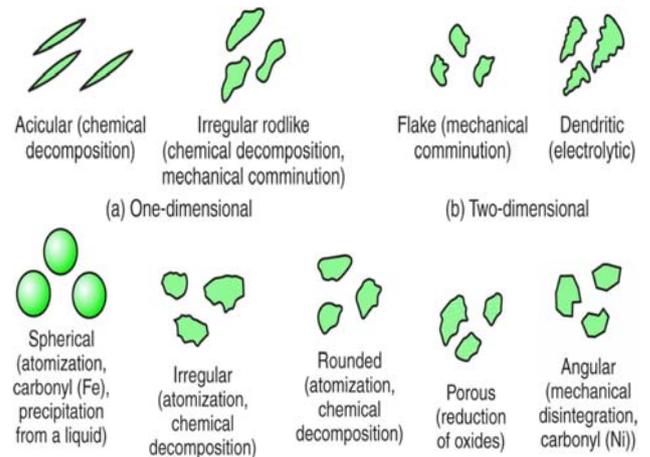
Senyawa–senyawa yang biasanya dapat dipergunakan sebagai bahan pengendap adalah senyawa–senyawa karbonat, misalnya NaOH. Akan tetapi mempunyai kerugian yaitu kation–kation  $Na^+$  dapat diabsorpsi oleh endapan hidroksida, sedangkan pencucian untuk menghilangkan endapan dari kation–kation  $Na^+$  sangat susah untuk dilakukan. Pengotoran seperti inilah yang bisa menurunkan kualitas dari mutu spinel yang dihasilkan. Selain dengan menggunakan NaOH bisa dilakukan dengan menggunakan  $NH_4OH$ . Penggunaan  $NH_4OH$  lebih menguntungkan karena sisa  $NH_4OH$  yang mengotori endapan dapat dihilangkan dengan lebih mudah dengan jalan memanaskan endapan. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam proses pengendapan yaitu :

- a. Pengendapan harus dilakukan dengan larutan yang encer. Hal ini bertujuan untuk memperkecil kesalahan akibat kopresipitasi.
- b. Pencampuran pereaksi dilakukan dengan cara perlahan–lahan dengan pengadukan yang tetap. Hal ini berguna untuk pertumbuhan kristal yang teratur. Dan untuk kesempurnaan reaksi, pereaksi harus berlebih serta urutan pencampuran harus teratur dan sama.

- c. Pada saat pengendapan sebaiknya dilakukan pada kondisi larutan panas. Hal ini karena kelarutan akan meningkat seiring dengan bertambahnya temperatur.
- d. Endapan kristal akan terbentuk dalam waktu yang lama.
- e. Endapan harus di cuci dengan larutan yang encer dan berulang–ulang agar pengotor pada material benar–benar hilang dari material spinel.

Dengan menggunakan metode kopresipitasi ini memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode–metode konvensional lainnya, yaitu : memiliki tingkat kemurnian yang tinggi, proses pengendapannya lebih sederhana sehingga mempermudah dalam proses pemisahannya antara material pengotor dengan spinel hanya dengan temperatur yang rendah, waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan spinel relatif lebih cepat, peralatan yang dipergunakan juga sederhana, dan tidak membutuhkan biaya yang mahal. Kelarutan zat diharapkan dapat melewati masa larutan jenuh dimana konsentrasi zat terlarut lebih besar dibandingkan dengan keadaan kesetimbangan system yang akan menghasilkan pembentuk inti kristal. Proses ini juga memungkinkan untuk dapat menghasilkan serbuk dengan ukuran kristal. [5].

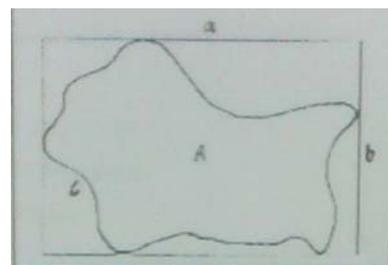
Serbuk partikel mempunyai bentuk yang berbagai macam yang disebabkan akibat prose fabrikasinya. Bentuk–bentuk serbuk dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Bentuk – bentuk partikel [2].

Faktor – faktor untuk mengidentifikasi serbuk adalah sebagai berikut :

1. Faktor perpanjangan.
2. Faktor *bulk*.
3. Faktor permukaan.



Gambar 2. Bentuk Pengukuran Partikel [7].

Identifikasi serbuk pada gambar 2 dapat dilakukan dengan tiga macam pendekatan yaitu :

#### 1. Faktor Perpanjangan

Nilai dari faktor perpanjangan dapat didefinisikan dengan menggunakan persamaan 1 :

$$x = a/b \quad \dots(1)$$

Dengan : a = sisi panjang ( $\mu\text{m}$ ).

b = sisi pendek ( $\mu\text{m}$ ).

#### 2. Faktor Bulk

Nilai dari faktor bulk dapat didefinisikan dengan menggunakan persamaan 2 :

$$y = A/a.b \quad \dots(2)$$

dengan : A = luas dimensi serbuk

#### 3. Faktor Permukaan

$$K_s = (A/V)D_s \quad \dots(3)$$

dimana:

- $K_s$  : Shape factor
- A : Luas Permukaan
- V : Volume kubus
- $D_s$  : Diameter partikel

## II. Metode Penelitian

Pelapisan SiC oleh  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ . Proses pembuatannya adalah sebagai berikut : Magnesium 0,6 gram dicampur dengan aluminium 1,6 gram dan HCl 38 ml, dengan menggunakan pengaduk magnetic sampai dihasilkan larutan yang jernih berwarna hijau kekuning-kuningan. SiC dimasukkan kedalam larutan elektrolit dan di aduk dengan menggunakan pengaduk magnetik lalu ditetesi dengan  $\text{NH}_4\text{OH}$  23 ml. SiC yang sudah tercampur selanjutnya di bersihkan dengan menggunakan aquades hingga bersih dan di furnace pada suhu  $300^\circ\text{C}$  selama 2 jam.

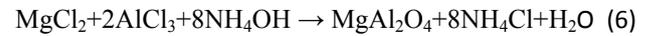
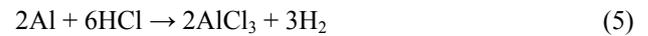
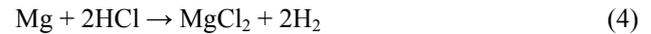
**Karakteristik spinel.** Untuk menganalisa mikrostruktur, dan kualitas interfasial pada komposit isotropik Al/SiC menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Identifikasi fase-fase yang terbentuk setelah proses sintering pada komposit Al/SiC, dianalisis menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*.

## III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

**Pelapisan SiC dengan Spinel ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ )** SiC merupakan bahan keramik yang bersifat sangat sulit disatukan dengan material lain, oleh karena itu dibutuhkan penambahan dopan atau pembentukan lapisan pada permukaan keramik. Pada permukaan partikel keramik (SiC) dilapisi dengan spinel ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) menggunakan metode kopresipitasi (pengendapan). Metode kopresipitasi merupakan metode fabrikasi yang melibatkan reaksi kimia dan digunakan dalam pembentukan spinel ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ). Pelapisan ini diharapkan dapat memperkuat kekuatan tarik-menarik antar partikel, misalnya dalam pembuatan material komposit SiC dengan Al.

Lapisan spinel ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) dibuat dengan cara metode kopresipitasi yaitu melarutkan serbuk Al dan Mg

menggunakan HCl, kemudian direaksikan dengan menggunakan larutan basah  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Reaksi – reaksi yang terbentuk adalah sebagai berikut :

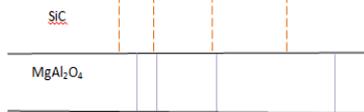
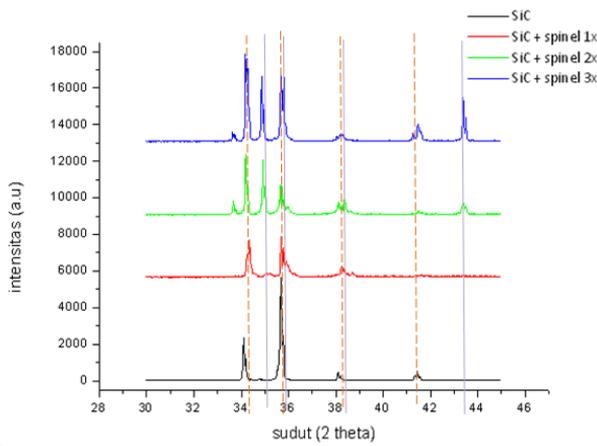


Larutan hasil pencampuran antara serbuk Al dengan serbuk Mg akan berwarna kuning jernih seperti terdapat pada gambar 3.

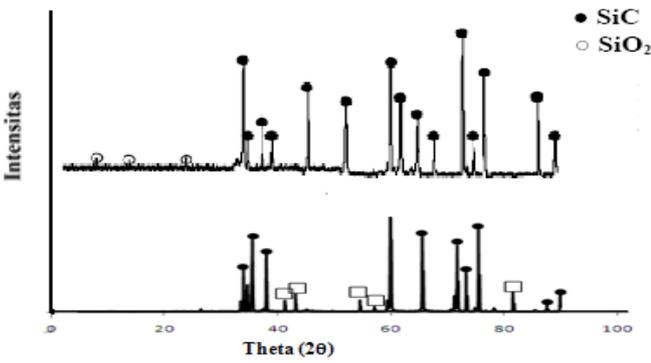


Gambar 3. Larutan hasil campuran Mg dengan Al

Setelah berwarna kuning jernih serbuk SiC ditambahkan ke dalam campuran larutan tersebut. Kemudian ditetesi dengan  $\text{NH}_4\text{OH}$  sedikit demi sedikit dan tetap di aduk hingga semua larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  selesai dicampurkan. Pemberian  $\text{NH}_4\text{OH}$  sedikit demi sedikit bertujuan untuk menghasikan endapan dengan homogenitas tinggi karena metode kopresipitasi ini sangatlah bergantung pada cara pencampuran pereaksi yang perlahan-lahan dengan pengadukan yang tetap. Setelah selesai pemberian  $\text{NH}_4\text{OH}$  maka larutan di endapkan hingga mengendap semua. Apabila semua sudah mengendap maka larutan di cuci hingga semua sisa – sisa dari  $\text{NH}_4\text{OH}$  yang mengotori bahan tersebut hilang. Selanjutnya hasil dari pencucian tadi dipanaskan dengan suhu  $300^\circ\text{C}$  selama 2 jam untuk membentuk spinel ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ). Pembentukan lapisan spinel ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) pada permukaan SiC dapat ditunjukkan pada hasil XRD.

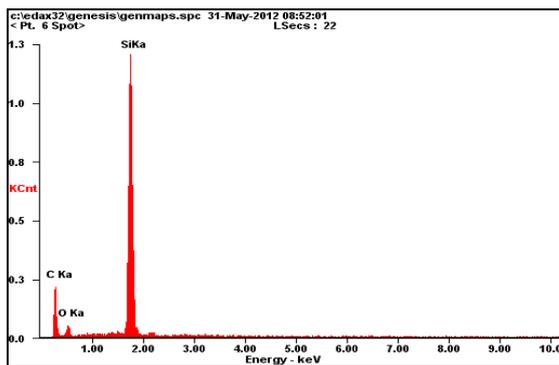


Gambar 4. Hasil XRD SiC tanpa spinel ( $MgAl_2O_4$ ) dan SiC dengan spinel ( $MgAl_2O_4$ ).



Gambar 5. Hasil XRD SiC tanpa spinel ( $MgAl_2O_4$ ) dan SiC dengan spinel ( $MgAl_2O_4$ ) (Ayu, 2010).

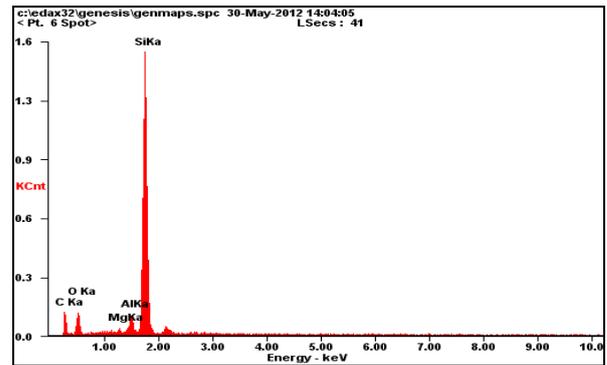
**Analisa Hasil EDAX**



Gambar 6. Grafik EDAX SiC murni.

Tabel 1. Hasil EDAX SiC murni.

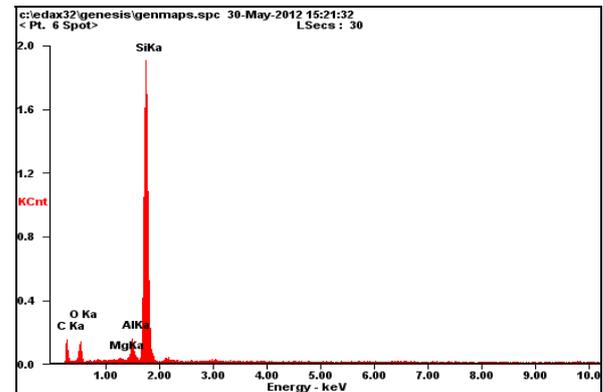
Element	Wt%	At%
CK	56.04	73.48
OK	04.42	04.35
SiK	39.54	22.17
Matrix	Correction	ZAF



Gambar 7. Grafik EDAX SiC terlapis spinel dengan Mg 0.6 gram.

Tabel 2. Hasil EDAX SiC terlapis spinel dengan Mg 0.6 gram.

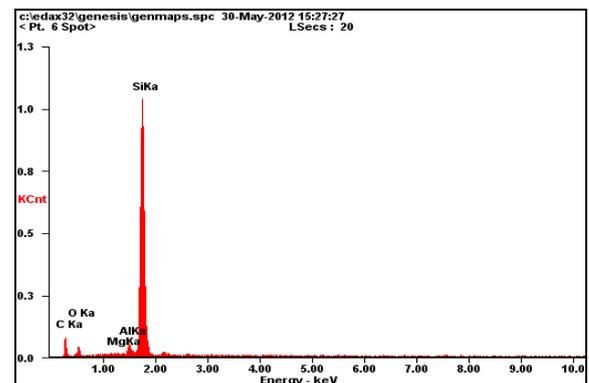
Element	Wt%	At%
CK	36.83	54.63
OK	10.83	12.06
MgK	00.23	00.17
AlK	02.96	01.95
SiK	49.15	31.18
Matrix	Correction	ZAF



Gambar 8. Grafik EDAX SiC terlapis spinel dengan Mg 1.2 gram.

Tabel 3. Hasil EDAX SiC terlapis spinel dengan Mg 1.2 gram.

Element	Wt%	At%
CK	40.57	58.14
OK	11.55	12.42
MgK	00.26	00.19
AlK	02.85	01.82
SiK	44.77	27.44
Matrix	Correction	ZAF



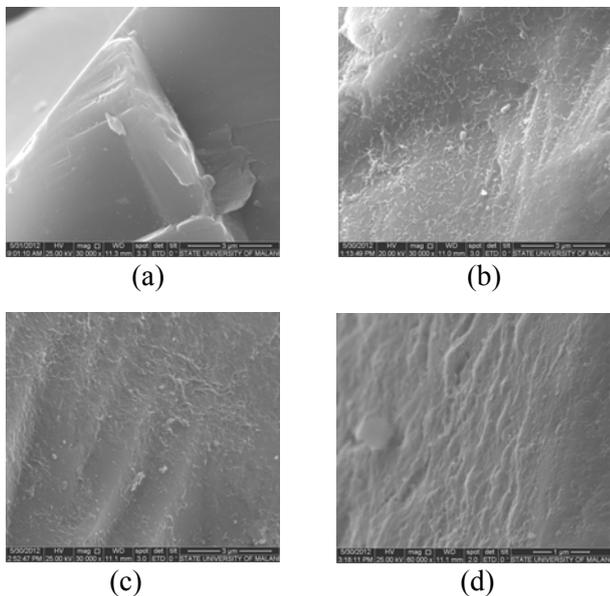
Gambar 9. Grafik EDAX SiC terlapis spinel dengan Mg 3 gram.

Tabel 4. Hasil EDAX SiC terlapisi spinel dengan Mg 3 gram.

Element	Wt%	At%
CK	45.69	64.09
OK	07.18	07.56
MgK	00.40	00.28
AlK	01.67	01.04
SiK	45.07	27.04
Matrix	Correction	ZAF

Keseluruhan hasil EDAX pada material SiC menunjukkan adanya peningkatan nilai konsentrasi Mg yang terkandung dalam SiC terlapisi spinel yaitu SiC dengan konsentrasi Mg 0,6 gram memiliki berat 0,23%, Mg 1,2 gram memiliki berat 0,26%, dan Mg dengan konsentrasi 3 gram memiliki berat 0,4%. Sehingga semakin banyak konsentrasi Mg yang diberikan maka akan semakin memperbanyak spinel yang terbentuk pada permukaan SiC.

**Analisis Mikrostruktur SiC yang Terlapisi Spinel**



Gambar 10 (a) SiC tanpa spinel, (b) SiC dengan spinel Mg 0,6 gram, (c) SiC dengan spinel Mg 1,2 gram, (d) SiC dengan spinel Mg 3 gram.

Pada gambar 10(b), 10(c), dan 10(d) spinel tanpa pelapisan terlihat bahwa struktur permukaannya sangatlah rata dibandingkan dengan yang terlapisi oleh spinel ( $MgAl_2O_4$ ) Dan pada pelapisan spinel dengan konsentrasi lebih besar struktur permukaan SiC akan jauh lebih kasar dibandingkan dengan konsentrasi yang lebih sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi Mg pada material SiC akan sangat berpengaruh terhadap struktur permukaan SiC. Semakin banyak konsentrasi Ion Mg yang diberikan maka akan semakin tampak kasar permukaan dari SiC tersebut. Sehingga dengan permukaan yang kasar akan meningkatkan ikatan permukaan ketika dipergunakan untuk pembuatan komposit.

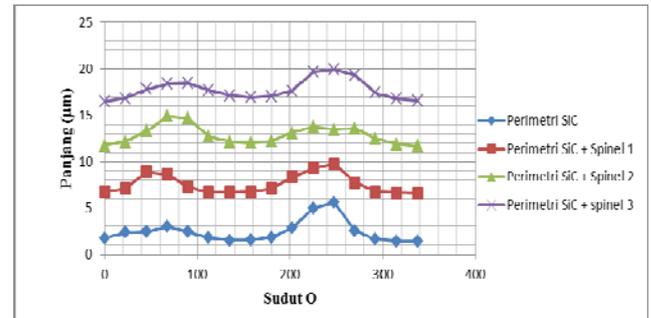
**Karakterisasi Bentuk Permukaan SiC** Pembuatan SiC dengan variasi konsentrasi Mg akan mempengaruhi bentuk partikelnya dan mempengaruhi peningkatan ikatan antarmuka karena ikatan antar muka sangat dipengaruhi oleh luas permukaan partikel. Karena luas permukaan partikel merupakan penentu nilai dari *bulkiness factor*-

nya atau nilai kekasaran pada permukaan. Nilai *bulkiness* untuk SiC dengan spinel dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Nilai *bulkiness factor* ( $B_f$ ).

Material	Nilai <i>bulkiness factor</i> ( $B_f$ )
SiC tanpa spinel	0.4377
SiC terlapisi spinel konsentrasi Mg 0.6 gram	0.4448
SiC terlapisi spinel konsentrasi Mg 1.2 gram	0.5234
SiC terlapisi spinel konsentrasi Mg 3 gram	0.5403

Berdasarkan bentuk permukaan material atau kekasaran bentuk material SiC nilai dari perimetrinya dapat dicari pusat massa terlebih dahulu dan membuat jari-jari dari pusat lingkaran ke permukaan material. Dan nilai-nilai perbandingan antara sudut dan jari-jari pusat lingkaran dapat dibuat grafik perimetri yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 11. Grafik Perimetri SiC tanpa Spinel dan SiC terlapisi Spinel.

Dari nilai *shape factor* yang ditunjukkan pada tabel 6 terlihat bahwa material tersebut mempunyai nilai *shape factor* yang sama hal ini menunjukkan bahwa bentuk dari partikel ini hampir sama. Tetapi memiliki nilai kekasaran yang berbeda yang bisa dilihat pada tabel 5.

**IV. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada partikel SiC yang dilapisi dengan  $MgAl_2O_4$  berdasarkan variable konsentrasi ion logam dapat di ambil kesimpulan bahwa konsentrasi ion logam sangat mempengaruhi kekasaran permukaan dari SiC yang dapat terlihat dari hasil foto SEM, nilai *bulkiness* faktornya, dan perimetrinya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Ji-Guang Li, et all. 2000. "A wet-chemical process yielding reactive magnesium aluminate spinel ( $MgAl_2O_4$ ) powder". Science Direct. Japan.
- [2] Zainuri, M. 2008. *Pengaruh Pelapisan Permukaan Partikel SiC Dengan Oksida Metal Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Al/SiC*. Makara Sains 12: 126-133
- [3] Mashuri. 2003. *Ilmu Bahan 1*. Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- [4] Kurniawati, Wahyu. 2011. *Pelapisan Spinel  $MgAl_2O_4$  dengan Metode Kopersipitasi pada Partikel SiC dan Variasi Waktu Sinter*

- dari Komposit Al/SiCp*. Tugas Akhir, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya
- [5] Kamariyah, El Indah Nia. 2007. *Sintesis Serbuk Nanokristalin  $Al_2O_3$ ,  $MgO$  dan  $MgAl_2O_4$  dengan Metode Kopersipitasi*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [6] Agustine, Yenny. 2009. *Karakteristik Difraksi Serbuk Nanokristal Spinel  $MgAl_2O_4$  Hasil Penggilingan*. Tesis, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- [7] Arifin, Achmad. 2002. *Pengaruh Variabel Farksi Volume  $Al_2O_3$  Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Al- $Al_2O_3$* . Tugas akhir, Jurusan Fisika FMIPA ITS. Surabaya.