



TUGAS AKHIR - SF 141501

**KARAKTERISASI BENTUK PARTIKEL SiC
YANG DILAPISI SPINEL (MgAl_2O_4) DENGAN
MENGUNAKAN METODE *ELECTROLESS
PLATTING***

**Ridlo Fajrittamam
NRP 1111 100 033**

**Dosen Pembimbing
Dr. Mochamad Zainuri, M.Si**

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - SF 141501

**CHARACTERIZATION OF SiC PARTICLE
COATED WITH SPINEL ($MgAl_2O_4$) USING
ELECTROLESS PLATING METHOD**

**Ridlo Fajrittamam
NRP 1111 100 033**

**Advisor
Dr. Mochamad Zainuri, M.Si**

**Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**KARAKTERISASI BENTUK PARTIKEL SiC YANG
DILAPISI SPINEL ($MgAl_2O_4$) DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *ELECTROLESS PLATTING***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Fisika Material
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIDLO FAJRITAMAM
NRP 1111100033

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dr. M. Zainuri, M.S.



Surabaya, Juli 2015

KARAKTERISASI BENTUK PARTIKEL SiC YANG DILAPISI SPINEL ($MgAl_2O_4$) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ELECTROLESS PLATTING*

Nama : Ridlo Fajrittamam
NRP : 1111100033
Jurusan : Fisika FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. Mochamad Zainuri, M. Si

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang karakterisasi bentuk partikel SiC yang dilapisi spinel ($MgAl_2O_4$) dengan menggunakan metode *electroless plating*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembentukan spinel pada permukaan partikel SiC melalui tahapan awal pembentukan lapisan SiO_2 serta mengidentifikasi parameter bentuk partikel. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu penahanan 2, 6, 10 dan 14 jam pada suhu pemanasan $1200^{\circ}C$. Karakterisasi yang digunakan untuk menganalisis material SiC yang telah dioksidasi maupun material SiC yang telah dilapisi dengan spinel yaitu XRD (X-ray Diffraction), SEM (Scanning Electron Microscopy) dan EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). Hasil analisis menunjukkan bahwa seiring peningkatan holding time, maka semakin tebal lapisan SiO_2 . Spinel yang terbentuk adalah semakin homogen di permukaan partikel SiC berdasarkan spektrum EDS. Pelapisan SiO_2 dan spinel akan mempengaruhi beberapa parameter bentuk partikel, yaitu menurunkan nilai Bulkiness Factor (B_f), menurunkan nilai Shape Factor (K_s) dan meningkatkan nilai perimetri.

Kata kunci : *electroless plating*, Bulkiness Factor (B_f), perimetri, Shape Factor (K_s), spinel ($MgAl_2O_4$)

CHARACTERIZATION OF SiC PARTICLE COATED WITH SPINEL ($MgAl_2O_4$) USING ELECTROLESS PLATTING METHOD

Name : Ridlo Fajrittamam
NRP : 1111100033
Major : Physics FMIPA-ITS
Advisor : Dr. Mochamad Zainuri, M. Si

Abstract

A research about characterization of particle shape SiC coated with spinel ($MgAl_2O_4$) using electroless plating has been completed. The purposes of the research are determining the spinel formation on the surface of SiC particles through the formation of the SiO_2 layer and identifying the parameters of particle shape. Variations that used in this research was holding time 2, 6, 10 and 14 hours in heating temperature $1200^{\circ}C$. Characterization were done using XRD (X-ray Diffraction), SEM (Scanning Electron Microscopy) and EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). The results showed that SiO_2 layer increased as the increasing of holding time. Spinel has formed homogeneously on the surface of SiC particles based on EDS spectrum. The coating of SiO_2 and spinel would affect the particle shape parameters, such as decreasing the value of Bulkines Factor (B_f), decreasing the value of Shape Factor (K_s) and increasing the value of perimetry.

Keywords : *electroless plating, Bulkines Factor (B_f), perimetry, Shape Factor (K_s), spinel ($MgAl_2O_4$)*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir di jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul :

“KARAKTERISASI BENTUK PARTIKEL SiC YANG DILAPISI SPINEL ($MgAl_2O_4$) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ELECTROLESS PLATTING*”

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluraga tercinta, Mama Isna Nur Aini, Papa Moch. Noer Ridlo dan Kakak M. Rohibur Rizqi yang telah memberikan semangat, didikan, nasehat, kasih sayang, dan do'a restunya bagi penulis.
2. Bapak Dr. M. Zainuri, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Endarko, M.Si, Ph.D dan Bapak Dr. Mashuri, M.Si selaku dosen penguji yang memberikan banyak masukan dan wawasan dalam ujian Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Yono Hadi P., M. Eng. dan Ibu Dr. Melania Suweni M., M.T., selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Mas Halley Henriono Utomo selalu memberikan bimbingan, masukan dan saran untuk kelancaran tugas akhir penulis.

6. Mbak Nur Aini Fauziyah yang telah membantu mengoperasikan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).
7. Dini Tri Mart yang telah membantu dan mengajarkan *software* AutoCad.
8. Teman satu bimbingan dan seperjuangan: Ainul Millah, Rahmania, Nofyantika, Astrid dan Yovanita, terima kasih atas semangat dan perjuangan yang kita lewati dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Segenap teman-teman Fisika FOTON 2011 yang telah memberikan *support* terbaik bagi penulis. Terima kasih FOTON atas pelajaran berharga yang membuat kami menjadi sebuah keluarga.
10. Sahabat Setiawan Abdillah, Kunti Nailazzulfa, Diva Madya, Ikka Dessyta, Razkia Nurjayanti yang selalu memberikan semangat dan menghibur penulis di saat jenuh.
11. Bapak Sholih selaku laboran Laboratorium Fisika Material yang senantiasa membantu penulis dalam memberikan fasilitas di Laboratorium Fisika Material.
12. Bapak Sukir sebagai laboran laboratorium Fisika Madya yang senantiasa mensupport dalam pengerjaan Tugas Akhir.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak. Amiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Keramik	5
2.2 Silikon Karbida	6
2.3 Spinel $MgAl_2O_4$	8
2.4 Metode Electroless Plating	9
2.5 Bentuk Partikel	12
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Bahan	15
3.2 Peralatan	15
3.3 Prosedur Kerja	15
3.3.1 Pembersihan Permukaan Serbuk SiC	15

3.3.2 Pembentukan Lapisan SiO ₂ pada Permukaan Serbuk SiC	15
3.3.3 Pembuatan Larutan Media Elektrolit	16
3.3.4 Proses Pelapisan partikel SiC	16
3.3.5 Proses Kalsinasi Spinel MgAl ₂ O ₄ pada Permukaan SiC	16
3.4 Diagram Alir Penelitian	17
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pelapisan oksida pada Permukaan SiC	19
4.1.1 Analisis Fasa berdasarkan Pola Difraksi sinar-X pada SiC	21
4.1.2 Analisis Morfologi pelapisan SiC	22
4.2 Pembentukan Spinel MgAl ₂ O ₄ pada Permukaan Serbuk SiC	25
4.2.1 Analisis Fasa berdasarkan Pola Difraksi sinar-X pada SiC yang telah dilapisi Spinel MgAl ₂ O ₄	27
4.2.2 Analisis Morfologi pada pada SiC yang telah dilapisi Spinel MgAl ₂ O ₄	28
4.3 Analisis Bentuk Permukaan Partikel SiC	31
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	43
BIOGRAFI PENULIS	113

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat-sifat keramik SiC	8
Tabel 2.2	Sifat dan Karakteristik fasa spinel $MgAl_2O_4$	9
Tabel 4.1	Prosentase komposisi atom pada SiC yang telah dioksidasi	24
Tabel 4.2	Prosentase komposisi atom pada SiC yang telah terlapisi Spinel	30
Tabel 4.3	Nilai <i>Bulkines Factor</i> (B_f) pada SiC yang telah dioksidasi	31
Tabel 4.4	Nilai <i>Bulkines Factor</i> (B_f) pada SiC yang telah terlapisi spinel ($MgAl_2O_4$)	32
Tabel 4.5	Nilai <i>Bulkines Factor</i> (B_f) pada beberapa bentuk partikel	33
Tabel 4.6	Nilai <i>Shape Factor</i> (K_s) pada SiC yang telah dioksidasi	33
Tabel 4.7	Nilai <i>Shape Factor</i> (K_s) pada SiC yang telah terlapisi spinel ($MgAl_2O_4$)	34
Tabel 4.8	Nilai <i>Shape Factor</i> (K_s) pada berbagai bentuk partikel	34
Tabel 4.9	Nilai tebal lapisan oksida (SiO_2) pada permukaan SiC	35
Tabel 4.10	Nilai panjang perimetri pada SiC yang telah dioksidasi	37
Tabel 4.11	Nilai panjang perimetri pada SiC yang telah terlapisi spinel ($MgAl_2O_4$)	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Foto SEM partikel SiC murni	7
Gambar 2.2	(a) struktur β -SiC, (b) struktur heksagonal α -SiC	7
Gambar 2.3	Mekanisme pelapisan $MgAl_2O_4$ pada permukaan penguat SiC	11
Gambar 2.4	Ilustrasi permukaan SiC yang telah terlapis $MgAl_2O_4$ (spinel)	12
Gambar 2.5	Bentuk – bentuk partikel.	12
Gambar 2.6	Bentuk pengukuran partikel	13
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	17
Gambar 4.1	Hasil DSC/TGA pada partikel SiC	19
Gambar 4.2	(a) SiC 1200°C, 2 jam (b) SiC 1200°C, 6 jam (c) SiC 1200°C, 10 jam (d) SiC 1200°C, 14 jam	20
Gambar 4.3	Analisa XRD pada partikel SiC yang telah teroksidasi	21
Gambar 4.4	Permukaan Partikel (a) SiC (b) SiC 1200°C, 2 jam (c) SiC 1200°C, 6 jam (d) SiC 1200°C, 10 jam (e) SiC 1200°C, 14 jam	23
Gambar 4.5	Larutan hasil campuran Mg dengan Al	26
Gambar 4.6	Analisa XRD pada partikel SiC yang telah terlapis spinel ($MgAl_2O_4$).	27
Gambar 4.7	(a) Spinel + SiC 1200°C, 2 jam (b) Spinel + SiC 1200°C, 6 jam (c) Spinel + SiC 1200°C, 10 jam (d) Spinel + SiC 1200°C, 14 jam	29
Gambar 4.8	Grafik perimetri SiC yang telah dioksidasi	36
Gambar 4.9	Grafik perimetri SiC yang telah terlapis Spinel	37

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Perhitungan Shape Factor, Bulkiness dan Perimetri	43
LAMPIRAN B	Hasil SEM-EDX (<i>Scanning Electro Microscope - Energy Dispersive X-Ray</i>)	83
LAMPIRAN C	Perhitungan ketebalan lapisan SiO ₂	97
LAMPIRAN D	Hasil Pengukuran Menggunakan PSA (<i>Particle Size Analyzer</i>)	107
LAMPIRAN E	Data Referensi Nomor PDF (<i>Powder Diffraction File</i>)	109

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi menyebabkan kebutuhan akan material juga semakin meningkat dan bervariasi. Salah satu material yang digunakan adalah material SiC, yang berperan sebagai material penguat pada komposit berbasis material logam, seperti Fe, Mg dan Al atau lebih dikenal sebagai *Metal Matrix Composite*, MMCs. Material serbuk SiC memiliki kemampuan kekuatan yang besar, seperti kekerasan tinggi, tahan aus serta tahan korosi. Selain memiliki keunggulan tersebut, material serbuk SiC juga dapat memperburuk kinerja komposit tersebut, karena kemampuan basahan partikel SiC tersebut rendah. Oleh karena itu perlu dilakukan rekayasa permukaan partikel SiC untuk meningkatkan gaya adhesif dan kohesifnya. Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan basahan (*wetability*) yaitu pembentukan lapisan oksida pada permukaan partikel SiC yang nantinya berperan sebagai pengikat (*binder*) antara material logam dengan partikel SiC. Penambahan lapisan SiO₂ secara terus-menerus dapat meningkatkan kemampuan basahan. Pembentukan oksida dapat dilakukan dengan memberi perlakuan panas pada partikel SiC, sehingga dapat menghasilkan lapisan silika pada permukaan SiC yang lebih reaktif {Urena, 2004}.

Oksida logam yang banyak digunakan sebagai pengikat (*binder*) harus mempunyai kesejajaran bidang antara SiC dan pengikat (*binder*). MgAl₂O₄ (spinel) merupakan material yang memiliki kesejajaran bidang dengan SiC sehingga sering digunakan. Material ini juga mempunyai kekuatan mekanik yang baik, titik lebur tinggi (2135°C), dan juga mempunyai sifat termal, kimia, dan optik (Zawrah, 2007). Pembentukan MgAl₂O₄ (spinel) dapat dihasilkan dari berbagai metode. Salah satu metode alternatif yang mudah dan tidak menggunakan temperatur tinggi untuk

membentuk oksida pada permukaan SiC yaitu metode *electroless plating*.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana pengaruh *holding time* terhadap pembentukan lapisan SiO₂ pada permukaan partikel SiC
- b. Bagaimana pengaruh lapisan SiO₂ terhadap pembentukan lapisan MgAl₂O₄ (spinel) pada permukaan partikel SiC
- c. Bagaimana bentuk permukaan SiC, dengan SiC yang sudah terlapisi dengan MgAl₂O₄ (spinel).

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah adalah metode yang digunakan untuk sintesis yaitu *electroless plating*. Selain itu perlakuan oksidasi serbuk SiC dalam furnace pada suhu 1200°C dengan variasi waktu *holding time* 2, 6, 10 dan 14 jam.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui pengaruh *holding time* terhadap pembentukan lapisan SiO₂ pada permukaan partikel SiC
- b. Untuk mengetahui pengaruh lapisan SiO₂ terhadap pembentukan lapisan MgAl₂O₄ (spinel) pada permukaan partikel SiC
- c. Untuk mengetahui bentuk permukaan SiC, dengan SiC yang sudah terlapisi dengan MgAl₂O₄ (spinel)

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai pelapisan MgAl₂O₄ (spinel) pada permukaan partikel SiC yang telah dioksidasi dengan variasi *holding time*.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir (TA) ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keramik

Keramik adalah senyawa dari unsur-unsur logam dan bukan logam. Kata keramik berasal dari kata Yunani *keramos* yang artinya seni dan pengetahuan membuat dan menggunakan bahan padat yang dibentuk dengan aksi panas dari bahan baku tanah (*earthy raw materials*). Dari pengertian ketramik tersebut, yang termasuk didalamnya tidak hanya bahan-bahan seperti gerabah, porselen, semen dan gelas, akan tetapi termasuk juga magnet non metal, feroelektrik, bahan kristal tunggal, superkonduktor dan bahan lain yang akan ditemukan pada saat yang akan mendatang. Karena variasi jenis bahan keramik banyak, maka didapat produk-produk keramik yang banyak pula variasinya. Dari ukuran mikroskopik whiskers, magnet yang tipis, substrat chips hingga ukuran dalam orde ton seperti blok-blok bahan tahan panas (*refractory*) tungku, demikian juga bahan transparan yang tidak berporositas seperti kristal dan gelas (Suasmoro, 2000).

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 (Prabowo, 2007).

Material keramik merupakan campuran antara logam dengan non logam. 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 (Mashuri, 2003).

2.2 Silikon Karbida

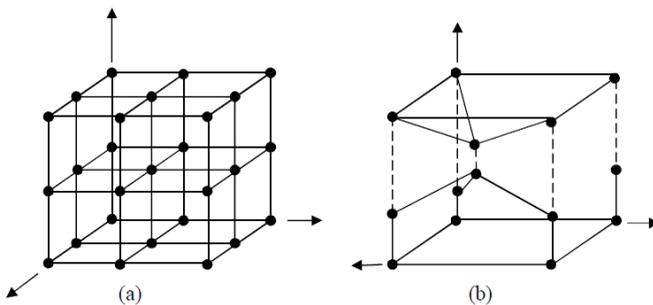
SiC termasuk material keramik dimana keramik memiliki ikatan ionik yang tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi sehingga material keramik mempunyai sifat yang kuat dan rapuh. Pada bahan SiC ditunjukkan mempunyai ketahanan terhadap suhu $2200 - 2700^\circ\text{C}$. Pada suhu 1200°C akan terbentuk lapisan SiO_2 pada permukaan partikel SiC akibat peristiwa oksidasi menggunakan *furnace* (Urena, 2004). 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 ($\alpha\text{-SiC}$) dan material ini mulai terbentuk pada suhu sekitar 2000°C . Selain alpha silikon karbida ($\alpha\text{-SiC}$) yang paling terkenal adalah beta silikon karbida ($\beta\text{-SiC}$) dan material ini mulai terbentuk pada suhu di bawah 2000°C . Material beta silikon

karbida (β -SiC) merupakan material yang banyak dijual dipasaran. (Wahyu, 2011)



Gambar 2.1 Foto SEM partikel SiC murni (Zainuri, 2008).

Silikon karbida SiC memiliki densitas sekitar 3.2 g/cm^3 , memiliki temperature sublimasi sekitar 2700°C sehingga banyak dipergunakan sebagai bearings dan sparepart untuk tungku. Silikon karbida tidak mudah melebur pada berbagai kondisi tekanan, dan relatif lebih tahan terhadap bahan kimia. Pada gambar di bawah diperlihatkan (a) struktur kubus β -SiC, dan (b) struktur heksagonal α -SiC (Surdia, T. dan Shinroku, S., 1995).



Gambar 2.2 (a) struktur β -SiC, (b) struktur heksagonal α -SiC (Surdia, T. dan shinroku, S., 1995).

Tabel 2.1 Sifat-sifat keramik SiC (Khairul sakti, 2009)

Composition	SiC
Grain Size	4 - 10 μm
Density	3.10 gr/cm^3
Hardness (Knoop)	2800 kg/mm^2
Maximum Service Temp.	1900°C

Keramik SiC memiliki kuat tekan sebesar 4600 Mpa, dan koefisien ekspansi termal yang relatif rendah, yaitu: 4.51 – 4.73 $\mu\text{m}/\text{m } ^\circ\text{C}$ (Zheng Ren dan Sammy Lap Ip Chan, 2000). Sifat-sifat SiC yang paling istimewa, antara lain: daya hantar panas tinggi, tahan pada temperatur tinggi, nilai kekerasan tinggi, tahan kejutan termal dan tahan terhadap korosi. Ketahanan SiC terhadap korosi ditunjukkan dengan adanya abu batubara, slag asam, dan slag netral pada saat material tersebut diaplikasikan. Ketahanan panas SiC ditunjukkan dari suhu pemakaian yang dapat mencapai 2200 – 2700°C. Pada 1000°C terbentuk lapisan oksidasi berupa SiO_2 . Material SiC mempunyai ketahanan oksidasi di udara terbuka mampu mencapai suhu 1700°C (Peter, T.B, 1990).

2.3 Spinel MgAl_2O_4

Spinel merupakan bentuk struktur hasil pengelompokan dari senyawa oksida yang memiliki struktur sangat mirip. Bentuk umum struktur spinel adalah AB_2O_4 dimana A mempresentasikan ion logam divalent seperti magnesium, besi, nikel dan seng sedangkan B mempresentasikan ion logam trivalent seperti aluminium, besi, krom dan mangan. (M. Sutarno)

Spinel MgAl_2O_4 dikenal sebagai material refractory yaitu material yang memiliki daya tahan terhadap temperature tinggi dengan titik leleh 2135 $^\circ\text{C}$, tahan korosi dan memiliki resistivitas listrik yang baik (Valdez dan Aquiler, 1997). Sifat dan karakteristik fasa spinel MgAl_2O_4 ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Sifat dan Karakteristik fasa spinel $MgAl_2O_4$ (Valdez dan Aquiler, 1997)

Structure	Cubic
Density	3,58 – 4,00 gr/cm ³
Hardness	7,50 – 8,00 Gpa
Fracture Toughness	1,94 – 1,87 Mpa m ^{1/2}
Fracture Energy	7,00 – 16,9 J/m ²
Melting Point	2135 °C

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 (Kamariyah, 2007)

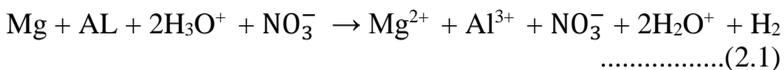
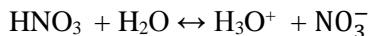
Dengan adanya lapisan tipis spinel hasil reaksi antarmuka atau *interfacial bonding* yang intergranular pada interface logam–keramik memiliki peran penting dalam penggabungan atau pengikatan antara keramik–logam. Hal ini berperan penting dalam perkembangan mikrostruktur juga mempengaruhi sifat kekerasan dari komposit yang terbentuk (Agustine, 2009).

2.4 Metode Electroless Plating

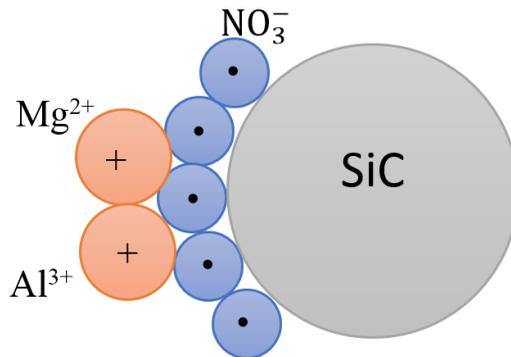
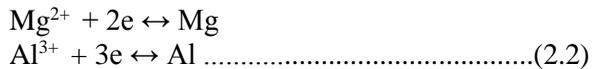
Electroless plating merupakan metode yang digunakan untuk membentuk oksida logam tipis, yang berperan sebagai pengikat. Pada komposit isotropik Al/SiC berbasis serbuk, permukaan partikel SiC dapat direkayasa tanpa menggunakan temperatur tinggi dengan menggunakan metode *electroless plating*. Pelapisan oksida logam metastabil pada permukaan partikel keramik seperti SiC, B_4C , Al_2O_3 atau materi keramik lainnya dapat meningkatkan keterbasahan dengan bahan logam. Selain meningkatkan keterbasahan permukaan SiC, dengan

penggunaan metode *electroless plating* juga dapat mengurangi terjadinya pengelompokan pada SiC. Penggunaan SiC sebagai penguat pada komposit cukup sulit, karena kecenderungan SiC untuk mengelompok sangat besar di saat digabungkan dengan substansi lain. Pengelompokan SiC bisa disebabkan oleh adanya gaya elektrostatis yang dibangun oleh muatan di sekeliling permukaan dari SiC itu sendiri, yaitu terbentuknya SiO yang terdapat pada permukaan SiC, hasil akhir dari SiO ini adalah terbentuknya SiOH. Yang mana akan menghasilkan terbentuknya ikatan hidrogen antar SiC dan hal inilah yang menyebabkan terjadinya pengelompokan pada SiC. Sehingga saat dipadukan dengan bahan lain terjadi penyebaran SiC yang tidak merata. (Widyastuti, 2009)

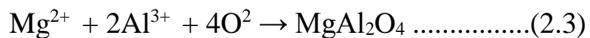
Pelapisan yang dilakukan pada partikel SiC adalah $MgAl_2O_4$ (Spinel) dengan menggunakan metode *electroless plating*. *Electroless plating* adalah salah satu metoda pelapisan dengan cara mendeposisikan logam pada sebuah substrat dengan medium larutan polar sebagai agen pereduksinya. Metode *electroless plating* mempunyai beberapa keunggulan dibanding dengan metoda pelapisan yang lain seperti evaporasi vakum, *sputtering* yaitu biaya yang relatif lebih murah, penggunaan temperatur rendah dalam proses pelapisannya mengurangi terjadinya oksidasi pada substrat, dan yang paling utama adalah proses pelapisannya tidak bergantung pada bentuk geometri spesimen substrat. Lapisan $MgAl_2O_4$ dibuat dengan cara melarutkan serbuk Mg dan Al ke dalam larutan polar HNO_3 . Konsentrasi Mg 0,01 gram dan Al 0,5 gram ke dalam larutan polar HNO_3 40 ml. Reaksi yang terjadi adalah



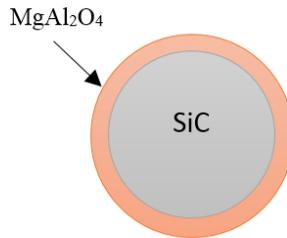
Dimana $H_{2(g)}$ akan menguap karena adanya faktor pemanasan dan $NO_{3(l)}$ adalah sisa asam. Dari sini akan terbentuk larutan elektrolit dengan ion Mg^{2+} dan Al^{3+} yang bergerak bebas. Selanjutnya, serbuk SiC dimasukkan ke dalam larutan elektrolit tersebut untuk mendeposisikan ion Mg dan Al, serbuk SiC yang bersifat inert yaitu tidak bereaksi atau larut dalam larutan asam maupun alkali akan termuati oleh sisa asam $NO_{3(l)}$, hal ini akan menyebabkan terjadinya gaya elektrostatis antar ion-ion Mg^{2+} , Al^{3+} dan SiC yang telah termuati, sebagaimana Gambar 2.3



Gambar 2.3 Mekanisme pelapisan $MgAl_2O_4$ pada permukaan penguat SiC (Hendro,2007)



Partikel SiC yang akhirnya terlapisi $MgAl_2O_4$ (spinel) pada permukaannya sebagaimana Gambar 2.2

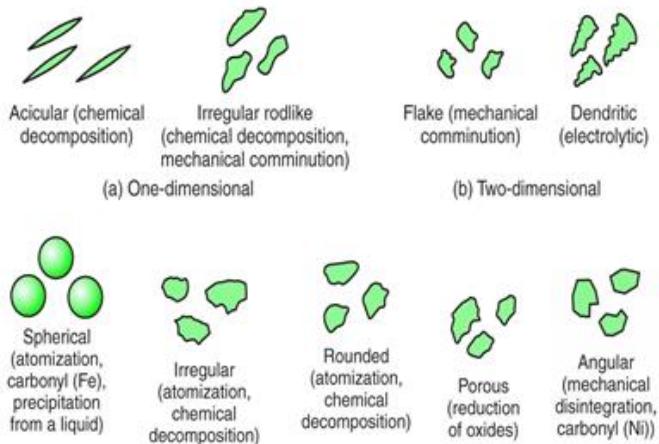


Gambar 2.4 Ilustrasi permukaan SiC yang telah terlapisi $MgAl_2O_4$ (spinel) (Hendro,2007)

Pelapisan Spinel juga dilakukan pada permukaan partikel Al_2O_3 dengan metode elektroless plating dan dapat meningkatkan kualitas ikatan antar matrik dan penguat pada sistem komposit isotropik Al/ Al_2O_3 .

2.5 Bentuk Partikel

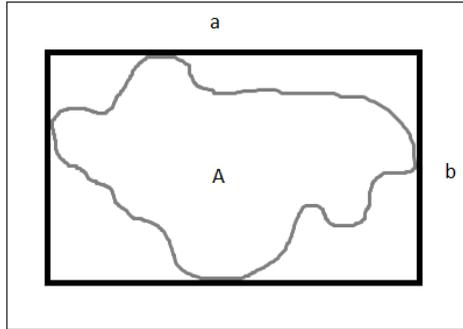
Serbuk partikel mempunyai bentuk berbagai macam yang disebabkan akibat proses fabrikasinya. Bentuk-bentuk serbuk dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.5 Bentuk – bentuk partikel (Zainuri, 2008).

Faktor–faktor untuk mengidentifikasi serbuk adalah sebagai berikut :

1. Faktor perpanjangan.
2. Faktor *Bulk*.
3. Faktor Permukaan.



Gambar 2.6 Bentuk pengukuran partikel (Arifin, 2002).

Identifikasi serbuk pada gambar 2.9 dapat dilakukan dengan tiga macam pendekatan sebagai berikut :

1. Faktor perpanjangan
 Nilai dari faktor perpanjangan dapat didefinisikan dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$x = a/b \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan : a = sisi panjang (μm),
 b = sisi pendek (μm).

2. Faktor *bulk*
 Nilai dari faktor *bulk* dapat didefinisikan dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$y = A/a.b \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan : A = luas dimensi serbuk.

3. Faktor Permukaan

$$K_s = (A/V)D_s \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan:

K_s : *shape factor*,

A : luas Permukaan,

V : volum kubus,

D_s : diameter partikel.

BAB III METODOLOGI

3.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serbuk Silika Karbida (SiC), serbuk Aluminium (Al), serbuk Magnesium (Mg), larutan Asam Nitrat (HNO₃) 65%, alkohol dan aquades.

3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beker 500ml, gelas ukur, mortar, timbangan digital OHAUS, *ultrasonic cleaner*, pengaduk magnet (*stirring magnetic*), *crucible*, oven, *furnace* Carbolite, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS)

3.3 Posedur Kerja

3.3.1 Pembersihan Permukaan Serbuk SiC

Serbuk SiC dibersihkan menggunakan *ultrasonic cleaner*. Alkohol 90% dituangkan pada gelas beaker 500ml, selanjutnya serbuk SiC dimasukkan ke dalam gelas beaker dan dilakukan pembersihan selama 60 menit. Pencucian SiC dilakukan hingga larutan alkohol bening. Setelah proses pembersihan serbuk SiC dikeringkan dalam oven temperatur 100°C sampai kering sempurna.

3.3.2 Pembentukan Lapisan SiO₂ pada Permukaan Serbuk SiC

Serbuk SiC yang telah dicuci bersih dan dikeringkan selanjutnya dioksidasi dengan perlakuan panas dalam *furnace* pada suhu 1200°C dengan variasi waktu *holding time* 2, 6, 10 dan 14 jam dengan laju pemanasan dan pendinginan sebesar 5°C/min.

3.3.3 Pembuatan Larutan Media Elektrolit

Larutan Media Elektrolit dibuat dengan mencampurkan Serbuk Al 0,5 gr dengan serbuk Mg 0,1 gr kedalam larutan HNO_3 konsentrasi 65% sebesar 40 ml. Pembuatan larutan ion Al dan ion Mg tersebut yaitu mencampurkan larutan HNO_3 dengan serbuk Al diaduk dengan *magnetik bar* sampai merata dengan *magnetic stirrer*, kemudian Mg dimasukkan secara perlahan sambil diaduk (keluar asap kecoklatan) sampai merata. Semakin banyak Mg, larutan akan cenderung coklat.

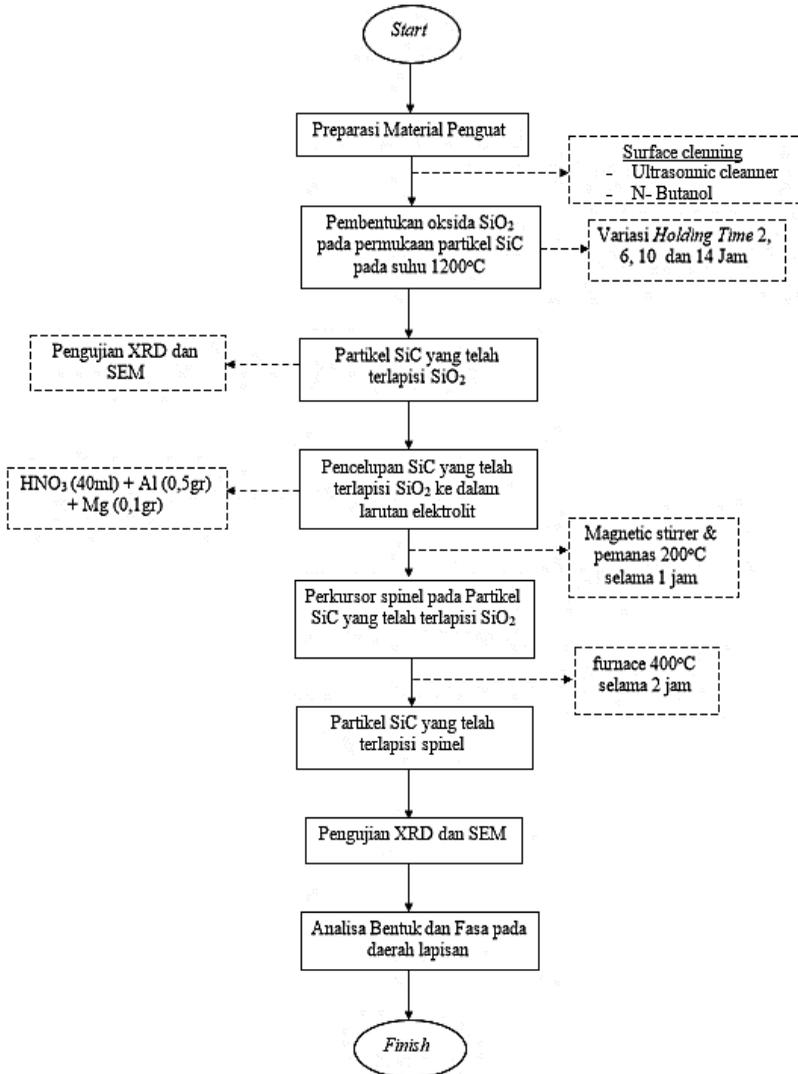
3.3.4 Proses Pelapisan Partikel SiC

Proses pelapisan menggunakan metode *electroless plating*, menggunakan larutan ion Al dan ion Mg yang terlarut dalam larutan HNO_3 . Serbuk SiC yang telah disiapkan lalu dimasukkan dalam larutan elektrolit yang telah disiapkan. Serbuk SiC dan larutan elektrolit diaduk dengan *magnetik stirrer* pada temperatur 100°C sekitar 1 jam sampai larutan agak mengering. Dan dilanjutkan pada suhu 200°C sekitar 1 jam untuk menghilangkan sisa asam NO_3^- .

3.3.5 Proses Kalsinasi Spinel MgAl_2O_4 pada Permukaan SiC

Serbuk SiC yang telah melalui proses *electroless plating* lalu dioksidasi dalam *furnace* pada suhu 400°C selama 2 jam, dengan tujuan membentuk fasa spinel MgAl_2O_4 pada permukaan SiC

3.4 Diagram Alir Penelitian



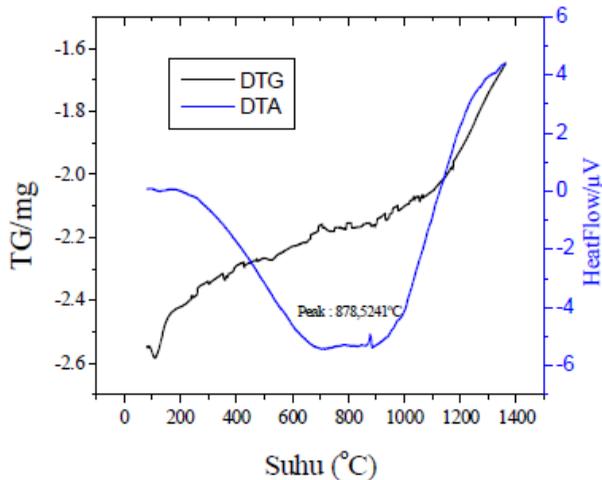
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pelapisan Oksida pada Permukaan SiC

Pembentukan lapisan oksida pada permukaan SiC dapat dilakukan dengan cara mengoksidasi serbuk SiC di dalam alat *furnace*. Sebelum dilakukan proses oksidasi, terlebih dahulu serbuk SiC dibersihkan menggunakan alat *ultrasonic cleaner* dengan menggunakan larutan alkohol. Pencucian dilakukan hingga didapatkan larutan yang berwarna bening. Pencucian ini dilakukan bertujuan untuk menghilangkan impuritas atau pengotor pada serbuk SiC. Selanjutnya serbuk SiC dikeringkan pada temperatur 100°C selama 1 jam. Proses pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan sisa alkohol. Untuk mengetahui fenomena perubahan yang terkait perubahan temperatur pada serbuk SiC digunakan DSC/TGA (*Differential Scanning Calorimetry/ Thermogravimetric Analysis*). Pengujian DSC/TGA pada serbuk SiC telah dilakukan pada penelitian sebelumnya, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut:

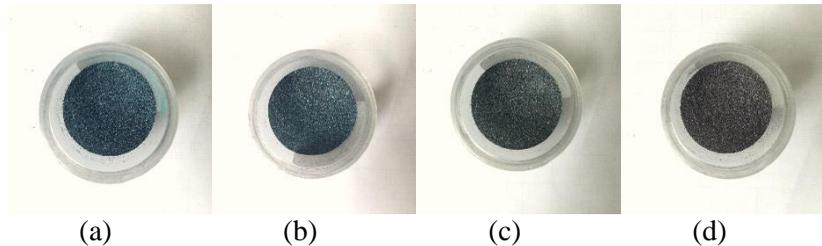


Gambar 4.1 hasil DSC/TGA pada partikel SiC (Saleh, 2009)

Setelah serbuk SiC telah selesai dibersihkan selanjutnya akan dioksidasi, dimana temperatur yang diberikan pada partikel SiC dilakukan berdasarkan transformasi fasa sesuai hasil DTA/DTG. Pada Gambar 4.1 merupakan hasil DTA/DTG yang menunjukkan bahwa di atas suhu 878,52°C telah terjadi penambahan massa pada permukaan partikel SiC, hal ini mengindikasikan bahwa telah terbentuk fasa baru, yaitu fasa SiO₂. Reaksi terbentuknya lapisan SiO₂ pada permukaan SiC ditunjukkan sesuai persamaan reaksi berikut ini (Saleh, 2009)



Pada penelitian ini ditentukan variasi *holding time* selama 2, 6, 10 dan 14 jam pada temperatur 1200°C yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh *holding time* terhadap pembentukan fasa SiO₂ pada permukaan partikel SiC. Secara kualitatif hasil pembentukan oksida pada permukaan SiC ditunjukkan pada Gambar 4.2.



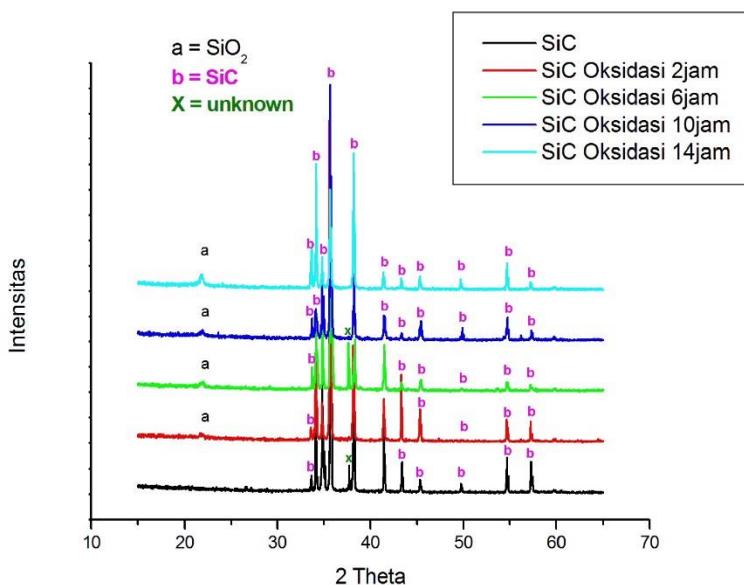
Gambar 4.2 (a) SiC 1200°C, 2 jam (b) SiC 1200°C, 6 jam (c) SiC 1200°C, 10 jam (d) SiC 1200°C, 14 jam.

Secara makroskopis, pada Gambar 4.2 terlihat adanya perubahan warna pada serbuk SiC dari berbagai variasi *holding time* pada saat kalsinasi. Dimana semakin besar temperatur kalsinasi yang diberikan pada serbuk SiC semakin gelap warna yang dihasilkan. Hal ini mengindikasikan adanya perubahan fasa yang terjadi. Untuk mengetahui adanya perubahan fasa dapat diidentifikasi lebih lanjut menggunakan pengujian difraksi sinar-x yang bertujuan untuk

mengetahui karakteristik material baik secara kuantitatif dan maupun kualitatif berdasarkan data difraksi sinar-x (Rietveld, 1969).

4.1.1 Analisis Fasa berdasarkan Pola Difraksi Sinar-X pada SiC

Metode difraksi sinar-x ini efektif digunakan untuk menentukan struktur kristal dimana dari struktur kristal tersebut dapat diketahui senyawa penyusunnya (Leng, 2008). Pengukuran ini dilakukan pada *scanning step* $0,016711^\circ$ dan sudut 2θ antara $15^\circ - 65^\circ$, menggunakan tegangan 40kV dan arus 30mA serta pola difraksi didapatkan dari sinar-x (target Cu, dari K-Alpha1 = $1,540598 \text{ \AA}$ dan K-Alpha2 = $1,544426 \text{ \AA}$). Sampel yang digunakan dalam pengujian ini berupa serbuk SiC yang telah dilakukan proses oksidasi dengan menggunakan variasi temperatur 1200°C dengan *holding time* 2 jam, 6 jam, 10 jam dan 14 jam.



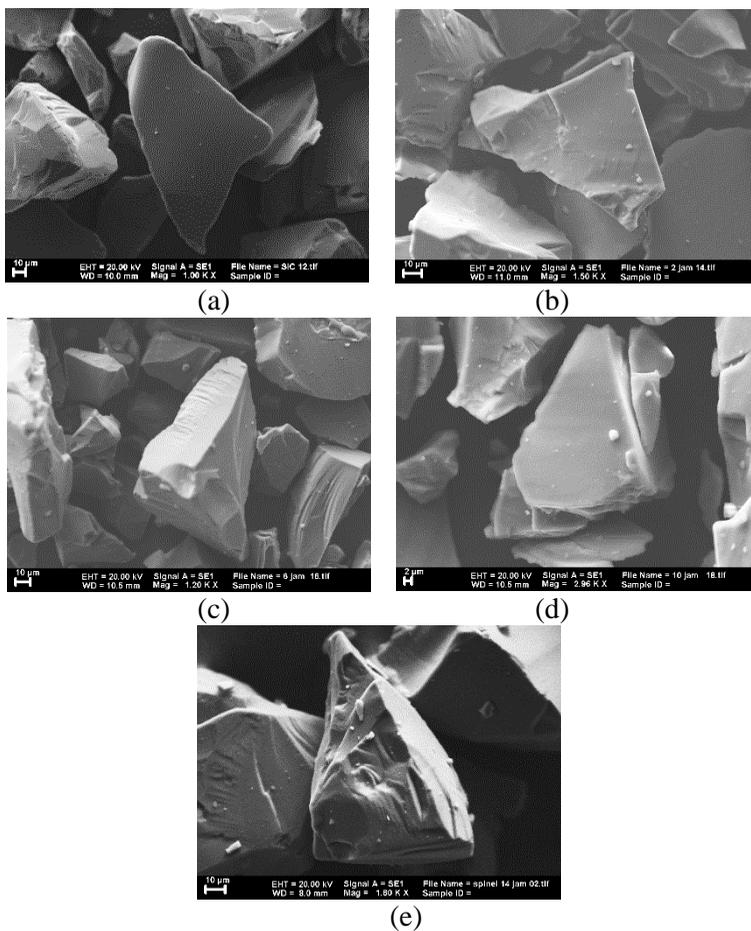
Gambar 4.3 Analisa XRD pada partikel SiC yang telah teroksidasi

Secara kualitatif hasil analisa XRD ditunjukkan pada Gambar 4.3 Untuk selanjutnya akan diidentifikasi fasa dari pola difraksi yang dihasilkan dengan mencocokkan data posisi-posisi puncak difraksi terukur dengan *database* dalam bentuk PDF (*Powder Diffraction File*) menggunakan software Match!. Pada Gambar 4.3 menunjukkan posisi puncak – puncak dari hasil serbuk SiC yang telah dilakukan proses oksidasi dengan menggunakan variasi temperatur 1200°C dengan *holding time* 2 jam, 6 jam, 10 jam dan 14 jam. Puncak – puncak yang teridentifikasi yaitu SiC dan SiO₂. Puncak – puncak SiC mengacu pada pola difraksi PDF : 01-0159 yang memiliki sistem kristal hexagonal, space group P63mc. Sedangkan puncak – puncak SiO₂ mengacu pada pola difraksi PDF : 00-9688 yang memiliki sistem kristal tetragonal, space group P41212.

Berdasarkan kenaikan *holding time* pada saat oksidasi dengan temperatur yang sama yaitu 1200 °C pada permukaan SiC terbentuk fasa baru yaitu SiO₂. Namun sebelum diberi perlakuan panas hanya terdeteksi fasa SiC saja. Fasa baru SiO₂ terdeteksi pada 2 θ sekitar 21,89°. Terjadinya transformasi fasa ini dikarenakan adanya perlakuan temperatur yaitu berupa oksidasi. Pemberian variasi *holding time* pada saat oksidasi menyebabkan kuantitas fasa SiO₂ meningkat yang artinya semakin tebal juga lapisan SiO₂ yang terbentuk pada permukaan partikel SiC. Secara umum bertambahnya *holding time* pada saat oksidasi menyebabkan kristalinitas meningkat, dimana hal ini bisa dilihat pada intensitas yang meningkat pada puncak-puncak SiC. Seperti pada puncak sekitar, 33,69°, 34,14°, 35,66°, 38,20°, 41,66°, 43,20°, 45,60°, 49,90°, 54,5° dan 57,34°.

4.1.2 Analisis Morfologi Pelapisan SiC

Untuk mengetahui morfologi pada material *Silica Carbida* (SiC), maka dilakukan pengujian dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Sampel yang digunakan dalam pengamatan ini adalah *Silica Carbida* (SiC) yang telah dikalsinasi. Selain melakukan analisis morfologi, untuk mengetahui komposisi elemen yang terkandung didalam serbuk digunakan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray*).



Gambar 4.4 Permukaan Partikel (a) SiC (b) SiC 1200°C, 2 jam (c) SiC 1200°C, 6 jam (d) SiC 1200°C, 10 jam (e) SiC 1200°C, 14 jam.

Hasil pengujian SEM dapat memperlihatkan struktur permukaan SiC dan permukaan SiC yang telah dioksidasi pada suhu 1200°C dengan variasi 2 jam, 6 jam, 10 jam dan 14 jam. Berdasarkan

Gambar 4.4 tampak terlihat permukaan SiC murni tekstur permukaannya rata. Namun permukaan SiC yang telah dioksidasi cenderung permukaannya sedikit kasar, hal ini mengindikasikan bahwa pada permukaan SiC telah terlapisi SiO₂.

Selain analisis kualitatif berdasarkan citra SEM, didapatkan pula analisis secara kuantitatif berdasarkan SEM-EDX. Selain mengetahui unsur yang terkandung didalamnya, SEM EDX juga mengidentifikasi prosentase komposisi atom (terlampir). Tabel 4.1 merupakan prosentase komposisi atom pada SiC yang telah dioksidasi

Tabel 4.1 Prosentase komposisi atom pada SiC yang telah dioksidasi

No	Sampel	Elemen (at.%)		
		Si	C	O
1	SiC	38,46	52,47	9,08
2	SiC oksidasi 1200°C, 2jam	35,15	23,55	41,31
3	SiC oksidasi 1200°C, 6jam	24,43	33,94	41,63
4	SiC oksidasi 1200°C, 10jam	27,42	22,06	50,51
5	SiC oksidasi 1200°C, 14jam	34,82	5,66	59,52

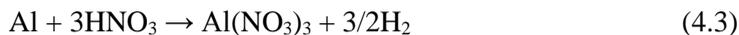
Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa prosentase atom diperoleh elemen O untuk masing-masing variasi. Secara keseluruhan hasil EDX menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi elemen O seiring peningkatan *holding time*. Konsentrasi elemen O untuk SiC tanpa perlakuan sebesar 9,08 at.%, konsentrasi elemen O untuk SiC dengan oksidasi 1200°C, 2 jam sebesar 41,31 at.%, konsentrasi elemen O untuk SiC dengan oksidasi 1200°C, 6 jam sebesar 41,63 at.%, konsentrasi elemen O untuk SiC dengan oksidasi 1200°C, 10 jam sebesar 50,51 at.% dan konsentrasi elemen O untuk SiC dengan oksidasi 1200°C, 14 jam sebesar 59,52 at.%.

4.2 Pembentukan Spinel ($MgAl_2O_4$) pada Permukaan Serbuk SiC

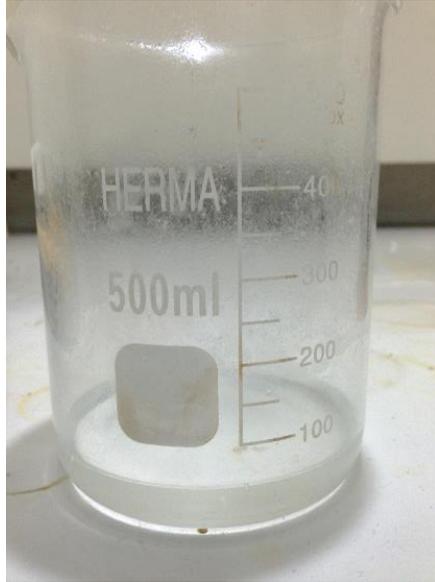
Pada umumnya ikatan antarmuka logam dan keramik kurang baik, yaitu kemampuan basahan (*wetability*) yang rendah. Sehingga nantinya hal ini dapat mempengaruhi material tersebut saat berupa material komposit, seperti densitas yang rendah. Silika Karbida (SiC) merupakan salah satu material keramik yang sering digunakan dimana berperan sebagai material penguat pada komposit berbasis material logam, seperti Fe, Mg dan Al atau lebih dikenal sebagai *Metal Matrix Composite*, MMCs. Salah satu upaya untuk meningkatkan pembasahan permukaan partikel keramik, SiC dapat dilakukan dengan pelapisan oksida logam dengan metode *electroless plating*.

Pada penelitian ini dilakukan proses *electroless plating* pada partikel SiC yang akan membentuk sebuah fasa baru, yaitu lapisan logam tipis yang berperan sebagai pengikat dan dapat menurunkan sudut kontak antara matriks dan penguat sehingga dapat meningkatkan keterbasahan. Pembentukan fasa spinel ($MgAl_2O_4$) disebabkan karena reaksi antara Al dan Mg pada lingkungan kaya oksigen yang datang dari permukaan SiO_2 yang terbentuk dari partikel SiC. Tujuan utama pelapisan partikel adalah untuk meningkatkan kebasahan sehingga reaksi antarmuka menjadi lebih baik. Teknik pelapisan permukaan partikel dengan metode *electroless plating* menyebabkan permukaan partikel lebih bersifat *hydrophilic*, yang permukaannya lebih luas dan kasar.

Lapisan $MgAl_2O_4$ dibuat dengan melarutkan serbuk Mg dan Al ke dalam larutan polar HNO_3 . Konsentrasi Mg 0,01 gram dan Al 0,5 gram ke dalam larutan polar HNO_3 40ml. Reaksi – reaksi yang terbentuk adalah sebagai berikut :



Proses pencampuran serbuk Al dan serbuk Mg dengan larutan HNO_3 untuk membuat larutan pelapis dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* hingga dihasilkan larutan yang bening dan jernih seperti terdapat pada Gambar 4.5.

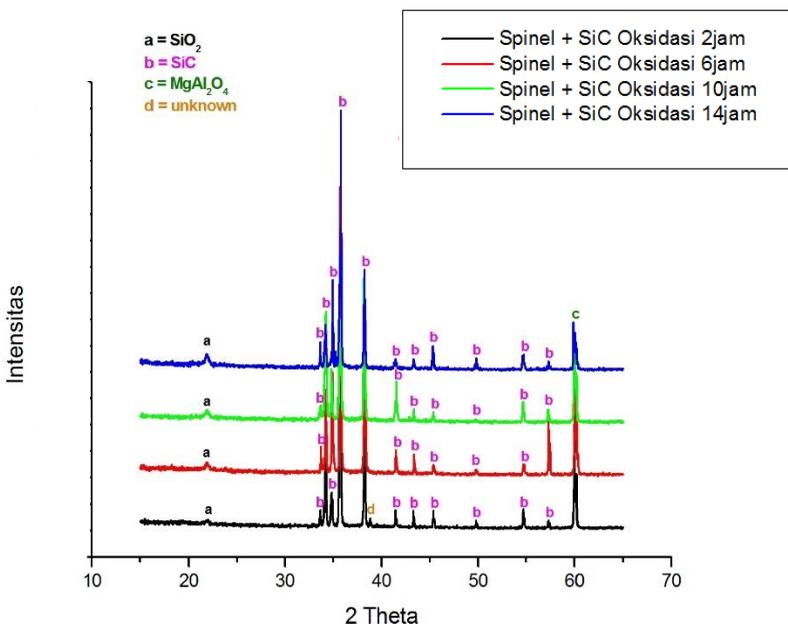


Gambar 4.5 Larutan hasil campuran Mg dengan Al

Larutan yang bening dan jernih dan bening ini mengindikasikan bahwa sudah terbentuk larutan elektrolit. Selanjutnya serbuk SiC ditambahkan kedalam larutan tersebut. Serbuk SiC dan larutan elektrolit diaduk dengan *magnetic stirrer* pada temperatur 100°C sekitar 1 jam hingga mengering. Selanjutnya dikeringkan pada temperatur 200°C sekitar 1 jam untuk menghilangkan sisa NO_3^- yang terdapat pada SiC dan terakhir dipanaskan kembali ke dalam furnace pada temperatur 400°C sekitar 2 jam untuk membentuk fasa metastabil MgAl_2O_4 .

4.2.1 Analisis Fasa berdasarkan Pola Difraksi Sinar-X pada SiC yang telah dilapisi Spinel ($MgAl_2O_4$)

Terbentuknya fasa metastabil $MgAl_2O_4$ dibuktikan dengan pengujian fasa dengan pehujian *X-Ray Duffraction* (XRD). Pada pengujian XRD untuk partikel SiC yang telah dilapisi, terbentuk adanya fasa spinel ($MgAl_2O_4$). Fasa spinel inilah yang nantinya dapat membantu meningkatkan kemampuan basahan (*wetability*) pada partikel SiC. Hasil pengujian XRD pada partikel SiC yang telah terlapisi spinel dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Analisa XRD pada partikel SiC yang telah terlapisi spinel ($MgAl_2O_4$).

Pada pengukuran partikel SiC yang telah dilapisi, dilakukan pada *scanning step* $0,016711^\circ$ dan sudut 2θ antara $15^\circ - 65^\circ$, menggunakan tegangan 40kV dan arus 30mA serta pola difraksi didapatkan dari

sinar-x (target Cu, dari K-Alpha1 = 1,540598 Å dan K-Alpha2 = 1,544426 Å). Sampel yang digunakan dalam pengujian ini berupa serbuk SiC dengan menggunakan variasi temperatur 1200°C dengan *holding time* 2 jam, 6 jam, 10 jam dan 14 jam yang telah telah terlapisi spinel (MgAl₂O₄).

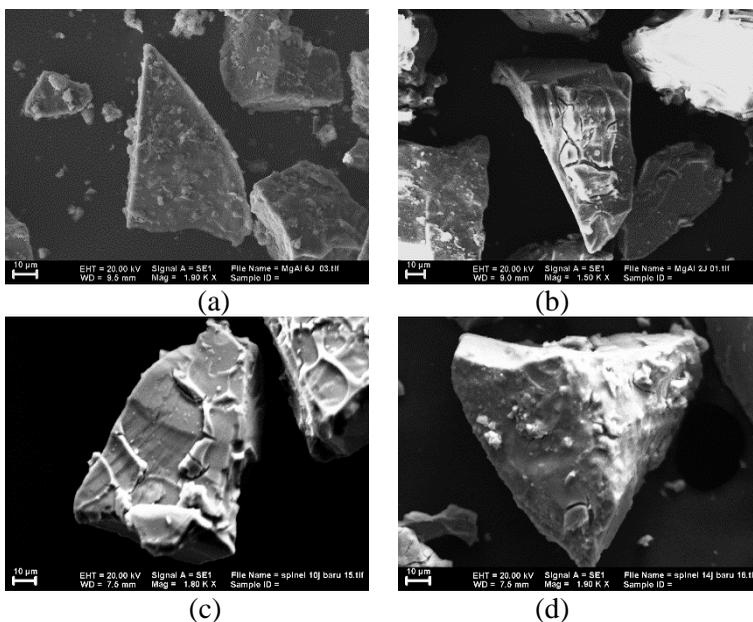
Pada Gambar 4.6s menunjukkan posisi puncak – puncak dari hasil serbuk SiC yang telah terlapisi spinel (MgAl₂O₄). Puncak – puncak SiC mengacu pada pola difraksi PDF : 01-0159 yang memiliki sistem kristal hexagonal, space group P63mc. Sedangkan puncak – puncak SiO₂ mengacu pada pola difraksi PDF : 00-9688 yang memiliki sistem kristal tetragonal, space group P41212. Sedangkan Puncak – puncak MgAl₂O₄ mengacu pada pola difraksi PDF : 01-0130 yang memiliki sistem kristal cubic, space group Fd-3m.

Setelah dilakukan pelapisan dengan metode *electroless plating* terbentuk fasa baru yaitu spinel (MgAl₂O₄). Namun sebelum diberi pelapisan terdeteksi fasa SiC dan fasa SiO₂. Pembentukan fasa baru ini terjadi akibat gaya elektrostatis antara serbuk SiC yang termuati sisa asam NO₃⁻ dengan ion-ion Mg²⁺ dan Al³⁺ pada larutan elektrolit. Selanjutnya dengan adanya pengikatan O²⁻ dari reaksi oksidasi oleh SiC berupa SiO₂ dapat membentuk fasa metastabil spinel (MgAl₂O₄). Secara umum bertambahnya *holding time* pada saat oksidasi menyebabkan kristalinitas spinel (MgAl₂O₄) meningkat. Pada puncak spinel yaitu pada sudut 2θ sekitar 59,99° intensitas yang meningkat karena semakin banyak pengikatan O²⁻ yang tersedia sehingga banyak fasa spinel (MgAl₂O₄) yang terbentuk.

4.2.2 Analisis Morfologi pada SiC yang telah dilapisi spinel (MgAl₂O₄)

Dari hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada material *Silica Carbida* (SiC) yang telah terlapisi spinel (MgAl₂O₄) dapat terlihat pada Gambar 4.7 Hasil pengujian SEM dapat memperlihatkan struktur permukaan SiC yang telah terlapisi spinel (MgAl₂O₄). Berdasarkan Gambar 4.7 (a) tampak terlihat permukaan SiC mulai terlapisi spinel, namun pelapisan spinel masih sangat tipis dan kurang merata. Gambar 4.7 (b) tampak terlihat permukaan SiC

mulai terlapisi spinel yang lebih tebal, namun pelapisan spinel kurang sempurna karena terlihat rekahan pada permukaannya. 4.7 (c) tampak terlihat permukaan SiC mulai terlapisi spinel yang lebih tebal lagi, namun pelapisan spinel juga kurang sempurna karena masih ada rekahan pada permukaannya. 4.7 (d) menunjukkan permukaan SiC mulai terlapisi spinel yang paling tebal dan lebih merata pada seluruh permukaan, sehingga permukaan SiC kasar. Secara keseluruhan terjadi peningkatan kualitas pelapisan spinel pada permukaan SiC. Dengan bertambahnya kekasaran pada permukaan SiC akan meningkatkan ikatan permukaan saat digunakan sebagai *filler* pada pembuatan material komposit.



Gambar 4.7 (a) Spinel + SiC 1200°C, 2 jam (b) Spinel + SiC 1200°C, 6 jam (c) Spinel + SiC 1200°C, 10 jam (d) Spinel + SiC 1200°C, 14 jam.

Selain analisis kualitatif berdasarkan citra SEM, didapatkan pula analisis secara kuantitatif berdasarkan SEM-EDX. Selain mengetahui unsur yang terkandung didalamnya, SEM EDX juga mengidentifikasi prosentase komposisi atom (terlampir).

Tabel 4.2 Prosentase komposisi atom pada SiC yang telah terlapisi Spinel

No	Sampel	Elemen (at.%)				
		Si	C	O	Mg	Al
1	Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 2jam	34,38	14,09	51,25	0,12	0,16
2	Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 6jam	11,85	44,40	40,33	0,85	2,59
3	Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 10jam	15,44	33,26	45,10	1,11	4,69
4	Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 14jam	10,94	30,28	53,28	0,76	4,75

Berdasarkan Tabel 4.2 diketahui bahwa prosentase atom diperoleh yaitu elemen Si, elemen C, elemen O, elemen Mg dan elemen Al, untuk masing-masing variasi. Elemen Mg dan elemen Al merupakan elemen penyusun terbentuknya spinel ($MgAl_2O_4$), sehingga semakin banyak elemen tersebut maka semakin banyak pula spinel ($MgAl_2O_4$) yang terlapisi pada permukaan SiC. Secara keseluruhan hasil EDX menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi spinel seiring peningkatan *holding time* pada partikel SiC. Pada pembuatan larutan spinel digunakan konsentrasi yang sama, namun terjadi peningkatan komposisi atom Mg dan Al. Hal ini dikarenakan semakin lama *holding time*, maka semakin banyak atom O pada permukaan SiC. Atom O inilah yang berperan untuk mengikat Mg dan Al hingga terbentuk Spinel ($MgAl_2O_4$). Apabila semakin sedikit atom

O, maka Spinel ($MgAl_2O_4$) semakin dikit yang terbentuk dan akan cenderung membentuk partikel MgO. Untuk SiC dengan oksidasi 1200°C, 2 jam didapatkan konsentrasi elemen Mg sebesar 0,12 at.% dan elemen Al sebesar 0,16 at.%. Untuk SiC dengan oksidasi 1200°C, 6 jam didapatkan konsentrasi elemen Mg sebesar 0,85 at.% dan elemen Al sebesar 2,59 at.%. Untuk SiC dengan oksidasi 1200°C, 10 jam didapatkan konsentrasi elemen Mg sebesar 1,11 at.% dan elemen Al sebesar 4,69 at.%. Untuk SiC dengan oksidasi 1200°C, 14 jam didapatkan konsentrasi elemen Mg sebesar 0,76 at.% dan elemen Al sebesar 4,75 at.%.

4.3 Analisis Bentuk Permukaan Partikel SiC

Pelakuan oksidasi serta pelapisan spinel ($MgAl_2O_4$) pada permukaan SiC dengan variasi *holding time* akan mempengaruhi bentuk partikel dan juga akan meningkatkan ikatan antar antarmuka, karena ikatan antarmuka dipengaruhi oleh luas permukaan partikel. Luas partikel menentukan dari *bulkiness factor* atau nilai kekasaran permukaan pada permukaan suatu partikel. Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 merupakan hasil perhitungan *bulkiness factor* untuk SiC yang telah dioksidasi dan SiC yang telah terlapis spinel ($MgAl_2O_4$)

Tabel 4.3 Nilai *Bulkiness Factor* (B_f) pada SiC yang telah dioksidasi

Sampel	Nilai <i>Bulkiness Factor</i> (B_f)
SiC	0,57
SiC oksidasi 1200°C, 2jam	0,50
SiC oksidasi 1200°C, 6jam	0,50
SiC oksidasi 1200°C, 10jam	0,50
SiC oksidasi 1200°C, 14jam	0,50

Tabel 4.4 Nilai *Bulkines Factor* (B_f) pada SiC yang telah terlapis spinel ($MgAl_2O_4$)

Sampel	Nilai <i>Bulkiness Factor</i> (B_f)
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 2jam	0,60
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 6jam	0,58
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 10jam	0,57
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 14jam	0,50

Pada tabel 4.3 dan Tabel 4.4 memperlihatkan bahwa nilai dari *Bulkines Factor* (B_f) semakin kecil seiring dengan meningkatnya *holding time*. *Bulkines Factor* (B_f) atau kekasaran permukaan partikel ini mengindikasikan besarnya *surface area contact*. Semakin banyak lapisan yang terbentuk pada permukaan SiC maka semakin banyak terjadi penumpukan partikel yang menyebabkan kekasaran permukaan partikel meningkat. Pada serbuk SiC nilai B_f sebesar 0,57. Namun setelah terlapis Spinel ($MgAl_2O_4$) nilai B_f menjadi sebesar 0,50.

Nilai B_f yang telah didapatkan untuk masing-masing sampel kemudian dapat dibandingkan dengan nilai *Shape Factor* (K_s) dari beberapa bentuk partikel yang besar nilainya ditunjukkan pada Tabel 4.5. Hasil menunjukkan bahwa semakin kasar bentuk permukaan partikel maka semakin besarnya *surface area contact* dan semakin kecil nilai dari *Bulkines Factor* (B_f).

Tabel 4.5 Nilai *Bulkiness Factor* (B_f) pada beberapa bentuk partikel

Bentuk Partikel	Nilai <i>Bulkiness Factor</i> (B_f)
	1,00
	0,87
	0,75

Selain Nilai *Bulkiness Factor* (B_f) juga akan dihitung nilai dari *shape factor* (K_s), yaitu bentuk dari partikel tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.6 Nilai *Shape Factor* (K_s) pada SiC yang telah dioksidasi

Sampel	Nilai <i>Shape Factor</i> (K_s)
SiC	7,55
SiC oksidasi 1200°C, 2jam	7,49
SiC oksidasi 1200°C, 6jam	7,49
SiC oksidasi 1200°C, 10jam	7,48
SiC oksidasi 1200°C, 14jam	7,48

Tabel 4.7 Nilai *Shape Factor* (K_s) pada SiC yang telah terlapisi spinel ($MgAl_2O_4$)

Sampel	Nilai <i>Shape Factor</i> (K_s)
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 2jam	7,59
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 6jam	7,59
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 10jam	7,48
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 14jam	7,46

Berdasarkan nilai *Shape Factor* (K_s) yang ditunjukkan pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 terlihat bahwa material SiC tersebut memiliki nilai *Shape Factor* (K_s) yang berbeda. Nilai K_s menurun seiring dengan bertambahnya *holding time* pada peristiwa oksidasi begitupun saat sesudah pelapisan spinel. Setelah didapatkan *Shape Factor* (K_s) untuk masing-masing sampel kemudian dicocokkan dengan nilai *Shape Factor* (K_s) dari beberapa bentuk partikel yang besar nilainya ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Nilai *Shape Factor* (K_s) pada berbagai bentuk partikel

Bentuk Partikel	Nilai <i>Shape Factor</i> (K_s)
Spherical	8,50
Irregular	7,88
Porous	7,83
Rounded	7,65
Dendritic	7,63
Flake	7,55
Irregular Rodlike	7,46
Anguler	7,10
Acicular	6,80

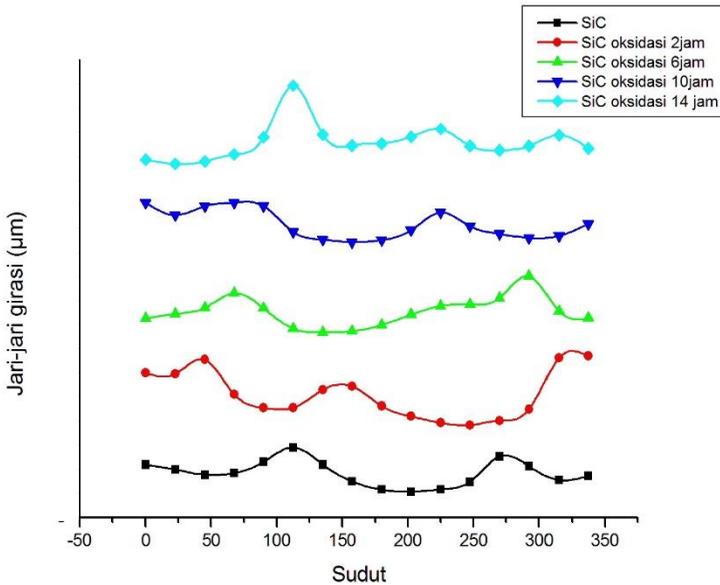
Pada Tabel 4.6 merupakan nilai *Shape Factor* (K_s) pada SiC yang telah dioksidasi, dimana semula SiC memiliki nilai K_s sebesar 7,5 yang merujuk ke bentuk partikel *flake*, namun setelah peristiwa oksidasi dan seiring bertambahnya *holding time* nilai K_s menjadi 7,48 dimana bentuk partikelnya berubah cenderung menyerupai *irregular rodlike*. Setelah SiC terlapisi spinel ($MgAl_2O_4$) didapatkan Nilai *Shape Factor* (K_s) yang ditunjukkan pada Tabel 4.7. Peristiwa pelapisan spinel ($MgAl_2O_4$) menyebabkan perubahan nilai K_s , dimana partikel cenderung memiliki bentuk partikel *irregular rodlike* dengan besar nilai K_s 7,46. Secara keseluruhan bentuk partikel SiC akan mengalami perubahan bentuk partikel karena adanya lapisan SiO_2 akibat peristiwa oksidasi maupun adanya lapisan spinel ($MgAl_2O_4$) akibat peristiwa *electroless plating*. Semula bentuk partikel SiC berbentuk *flake*, dan setelah beberapa perlakuan yang diberikan bentuk partikel SiC akan cenderung menyerupai bentuk *irregular rodlike*.

Selain analisa nilai *Bulkines Factor* (B_f) atau kekasaran partikel SiC akibat adanya pelapisan SiO_2 , juga dilakukan analisa data semi-analitik dari ketebalan lapisan SiO_2 yang terbentuk. Tabel 4.9 merupakan data tebal lapisan SiO_2 yang terbentuk pada permukaan SiC akibat adanya peristiwa oksidasi. Semakin lama *holding time* saat oksidasi maka akan semakin tebal lapisan SiO_2 . Saat serbuk SiC dioksidasi pada suhu $1200^\circ C$ dengan *holding time* 14jam didapatkan tebal paling maksimal yaitu sebesar 10,6 nm.

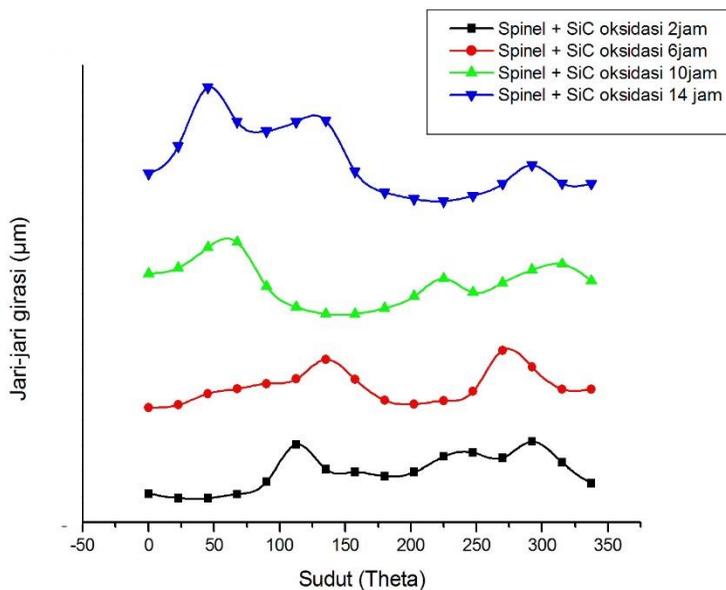
Tabel 4.9 Nilai tebal lapisan oksida (SiO_2) pada permukaan SiC

Sampel	Tebal lapisan (nm)
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 2jam	3,62
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 6jam	3,62
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 10jam	7,73
SiC oksidasi $1200^\circ C$, 14jam	10,6

Berdasarkan analisis bentuk permukaan dan kekasaran serbuk SiC maka dapat ditentukan nilai perimetrinya. Pertama mencari pusat massa partikel SiC, kemudian menentukan jari-jari dari pusat lingkaran ke tepi permukaan SiC. Selanjutnya dibuat grafik antara sudut dan nilai jari-jari dari pusat lingkaran ke tepi permukaan SiC. Maka grafik perimetri yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik perimetri SiC yang telah dioksidasi



Gambar 4.9 Grafik perimetri SiC yang telah terlapsi Spinel

Setelah diperoleh grafik seperti gambar diatas, kemudian dapat ditentukan nilai panjang perimetrinya yang hasilnya ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.10 Nilai panjang perimetri pada SiC yang telah dioksidasi

Sampel	Nilai Perimetri (unit satuan)
SiC	9,50
SiC oksidasi 1200°C, 2jam	10,00
SiC oksidasi 1200°C, 6jam	10,10
SiC oksidasi 1200°C, 10jam	10,70
SiC oksidasi 1200°C, 14jam	11,50

Tabel 4.11 Nilai panjang perimetri pada SiC yang telah terlapiasi spinel ($MgAl_2O_4$)

Sampel	Nilai Perimetri (unit satuan)
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 2jam	10,00
Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 6jam	10,20
Spinel + SiC oksidasi 1200°C,10jam	10,75
Spinel + SiC oksidasi 1200°C,14jam	11,60

Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 memperlihatkan nilai panjang grafik perimetri SiC setelah oksidasi dan SiC setelah terlapiasi spinel. Nilai panjang grafik perimetri yang diperoleh berbeda dan cenderung menunjukkan peningkatan. Nilai panjang grafik perimetri SiC setelah terlapiasi spinel lebih besar dari pada sebelum terlapiasi spinel. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk permukaan partikel SiC SiC terlapiasi spinel lebih kasar seiring meningkatnya *holding time* yang digunakan saat oksidasi.

Karakteristik bentuk partikel sangat berpengaruh pada pembuatan bahan komposit berbasis berbasis *powder metalurgy*. Nilai kekasaran atau *Bulkines Factor* (B_f) dari material serbuk sangat terkait dengan *surface area contact* antar partikel saat kompaksi dalam *green density*. Sedangkan geometri bentuk-bentuk partikel pada material serbuk sangat berpengaruh terhadap kehomogenan, dimensi dan bentuk porositas setelah *green density*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Karakterisasi Bentuk Partikel SiC yang Dilapisi Spinel (MgAl_2O_4) dengan Menggunakan Metode *Electroless Plating*” maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Lapisan SiO_2 yang terbentuk pada permukaan partikel SiC semakin meningkat sering dengan peningkatan *holding time*. Tebal lapisan yang terbentuk pada suhu 1200°C dengan variasi *holding time* 2, 6, 10 dan 14 jam secara beurut turut, 3,62 nm, 3,62 nm, 7,73 nm dan 10,6 nm.
2. Distribusi penyebaran spinel pada permukaan SiC berdasarkan spektrum EDS adalah semakin homogen seiring peningkatan variasi *holding time* saat oksidasi partikel SiC.
3. Pelapisan SiO_2 dan spinel (MgAl_2O_4) mempengaruhi beberapa parameter bentuk partikel, antara lain menurunkan nilai Bulkiness Factor (B_f) sebesar 12,28%, menurunkan nilai Shape Factor (K_s) sebesar 1,19% sehingga bentuk partikel cenderung seperti *irregular rodlike* dan meningkatkan nilai panjang perimetri sebesar 22,10%.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya agar dibebrikan variasi konsentrasi ion pembentuk spinel (MgAl_2O_4) .
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengamatan dimensi dan geometri partikel menggunakan TEM (*Transmission Electron Microscopy*) agar lebih presisi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Agustine, Yenny. 2009. "Karakteristik Difraksi Serbuk Nanokristal Spinel $MgAl_2O_4$ Hasil Penggilingan", Tesis, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- Arifin, Achmad. 2002. "Pengaruh Variabel Fraksi Volume Al_2O_3 Terhadap Modulus Elastisitas Komposit $Al-Al_2O_3$ ", Tugas akhir, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- Eni Ardyani. 2007. "Pengaruh Fraksi Volume dan Pelapisan $Al+Mg$ pada penguat Al_2O_3 terhadap Kompaksibilitas Komposit Isotropik Al/Al_2O_3 ", Tugas Akhir Jurusan Teknik Material, FTI ITS, [unpublish work].
- Hendro Haribowo. 2007. "Sifat Mekanik Komposit Al/SiC dengan Proses Pelapisan $MgAl_2O_4$ pada Penguat SiC dan Variasi Waktu Sintering", Tugas akhir Jurusan Fisika, FMIPA ITS, 2007 [unpublish work].
- Kamariyah, El Indah Nia. 2007. "Sintesis Serbuk Nanokristalin Al_2O_3 , MgO dan $MgAl_2O_4$ dengan Metode Kopresipitasi". Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Khairul, Sakti. 2009. "Pembuatan Komposit Metal Al Alloy Nano Keramik SiC dan Karakterisasinya", Tesis. Sekolah Pascasarjana. USU Medan.
- Kurniawati, Wahyu. 2011. "Pelapisan Spinel $MgAl_2O_4$ dengan Metode Kopresipitasi pada Partikel SiC dan Variasi Waktu Sinter dari Komposit $Al/SiCp$ ", Tugas Akhir, Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya
- Mashuri. 2003. "Ilmu Bahan 1". Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- Peter, T.B., 1990. "Engineering Properties of Carbides, Engineered Material Hand Book, vol 4, Ceramics and Glasses", Heather, L. F. and Nikki, W.D., ed., The Material Information Society.

- Saleh, M dan Zainuri, M. 2009. "Pengaruh pelapisan Oksida SiO₂ pada Permukaan Partikel SiC Terhadap Kualitas Ikatan Antarmuka Komposit Al-SiC", Seminar Nasional Pascasarjana IX, ITS
- Suasmoro. 2000. Fisika Keramik. Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- Surdia Tata dan Shinroku, S., 1995. "Pengetahuan Bahan Teknik", Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sutarno M. 2007. "Analisis Kehadiran Fasa Spinel MgAl₂O₄ pada Sistem Komposit Keramik Al₂O₃-MgO", Jurusan Pendidikan MIPA, FKIP UNIB.
- Urena, A., Martinez, E.E., Rodrigo, P., Gil, L., 2004. "Oxidation treatments for SiC particles used as reinforcement in aluminium matrix composites", Composites Science and Technology 64 (2004) 1843–1854.
- Valdez, Z dan Aquilar, J. 1997. "Influence of Al₂O₃ on the Production of MgAl₂O₄ with Microwaves", Journal of Microwaves Powder an Electromagnetic Energy, Universidad Autonoma, Mexico, 32 (2), 74-79.
- Widyastuti. 2009. "Rekayasa Proses Laminasi Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/Al₂O₃ dalam Fasa padat", Disertasi Jurusan Metalurgi dan Material, FT UI.
- Zainuri, M. 2008. "Pengaruh Pelapisan Permukaan Partikel SiC Dengan Oksida Metal Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Al/SiC", Makara Sains 12: 126-133
- Zheng Ren and Sammy Lap Ip Chan., 2000. "Mechanical Properties of Nanometric Particulate Reinforced Aluminium Composites", School of Material Sience and Engineering. UNSW.

LAMPIRAN A

Perhitungan Shape Factor, Bulkiness dan Perimetri

1. SiC Murni

- a. Faktor perpanjangan

Dengan menggunakan persamaan 2.1 didapatkan nilai perpanjangan :

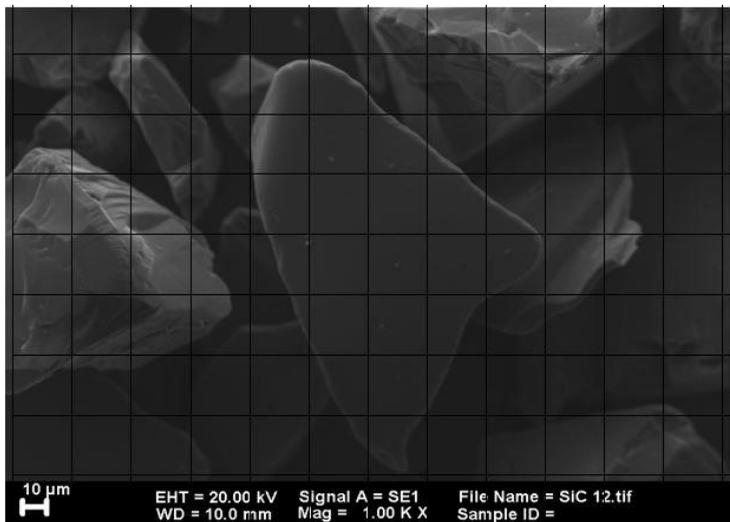
$$x = a/b = 7/5 = 1.4$$

- b. Shape Factor

$$K_s = (A/V)D_s$$

dimana:

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



Perhitungannya :

$$\begin{aligned} A &= 2 (pl + pt + lt) \\ &= 2 [(5 \times 5) + (5 \times 7) + (5 \times 7)] \end{aligned}$$

$$= 2 [25 + 35 + 35]$$

$$= 190$$

$$V = p \times l \times t$$

$$= 5 \times 5 \times 7$$

$$= 175$$

$$V = 0.52 D_s^3$$

$$D_s = (V/0.52)^{1/3}$$

$$= (175/0.52)^{1/3}$$

$$= 6,9557$$

$$K_s = (A/V)D_s$$

$$= (190/175) 6,9557$$

$$= 7,551903$$

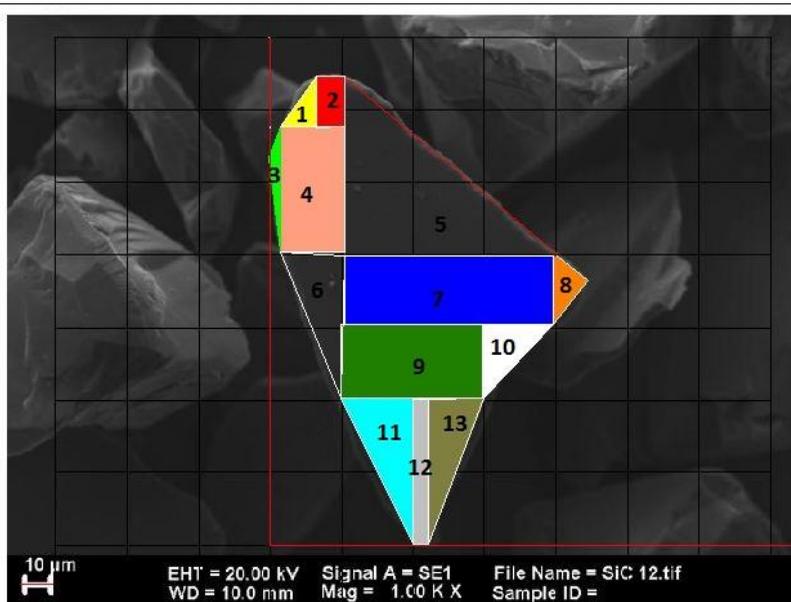
c. Bulkiness Factor

Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

$$B_f = A/a.b$$

$$= 20/35$$

$$= 0,57$$



Mencari pusat massa

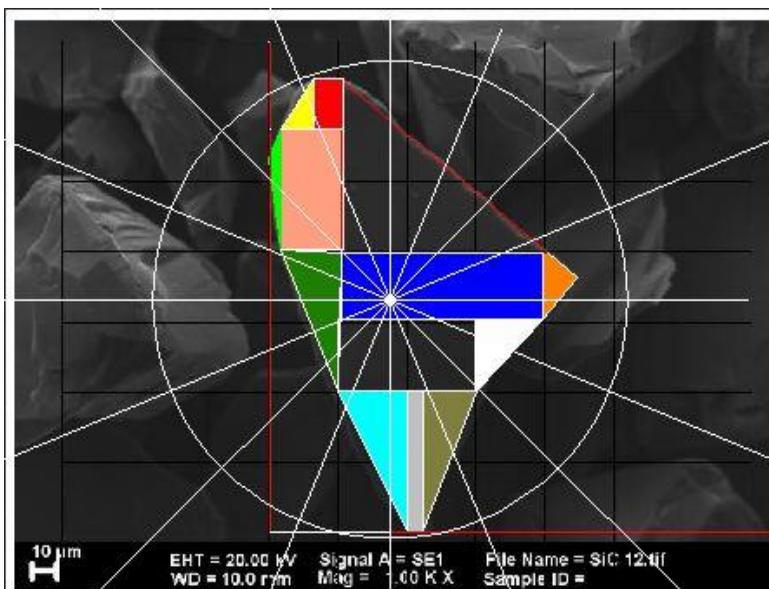
Contoh perhitungan pusat massa,

- Bidang 5 merupakan bentuk segitiga, sehingga
 $X = 1/3 \times 66,0177 = 22,0059 + 23,5153 = 45,5202$
 $Y = 1/3 \times 54,97783 = 18,3261 + 90,2235 = 108,55$
- Bidang 4 merupakan bentuk persegi, sehingga
 $X = 1/2 \times 19,9027 = 9,9513747 + 3,29166 = 13,243$
 $Y = 1/2 \times 39,5987 = 19,7994 + 89,8132 = 109,613$

Dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, maka semua bidang dihitung pusat massanya sehingga didapatkan nilai seperti tabel dibawah ini:

No Bidang	X	Y
1	7,138651	134,0811
2	27,71588	136,7063
3	1,237739	102,7048
4	13,24303	109,6125
5	45,52019	108,5496
6	10,2414	59,76604
7	56,52315	78,64765
8	91,34622	75,05855
9	44,87092	56,37677
10	73,15502	52,58445
11	29,25253	15,01228
12	46,74511	22,51843
13	54,95552	15,01228

Maka nilai pusat massanya adalah (38,6112 ; 74,3562)

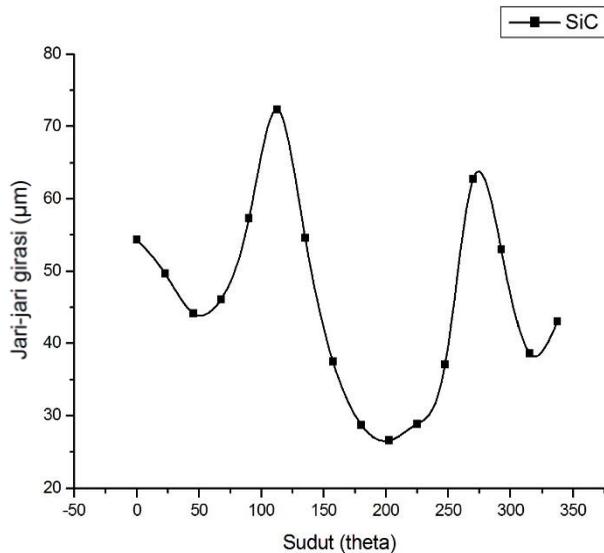


Selanjutnya parameternya dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini

Sudut	panjang (μm)
0	54,36893
22,5	49,6955
45	44,1947
67,5	46,11071
90	57,3228
112,5	72,36958
135	54,6044
157,5	37,5077
180	28,75501
202,5	26,59751
225	28,84442
247,5	37,1295

270	62,77201
292,5	53,00873
315	38,62227
337,5	43,09938

Grafik perimetrinya ditampilkan sebagai berikut:



2. SiC Oksidasi 2 jam

a. Faktor perpanjangan

Dengan menggunakan persamaan 2.1 didapatkan nilai perpanjangan :

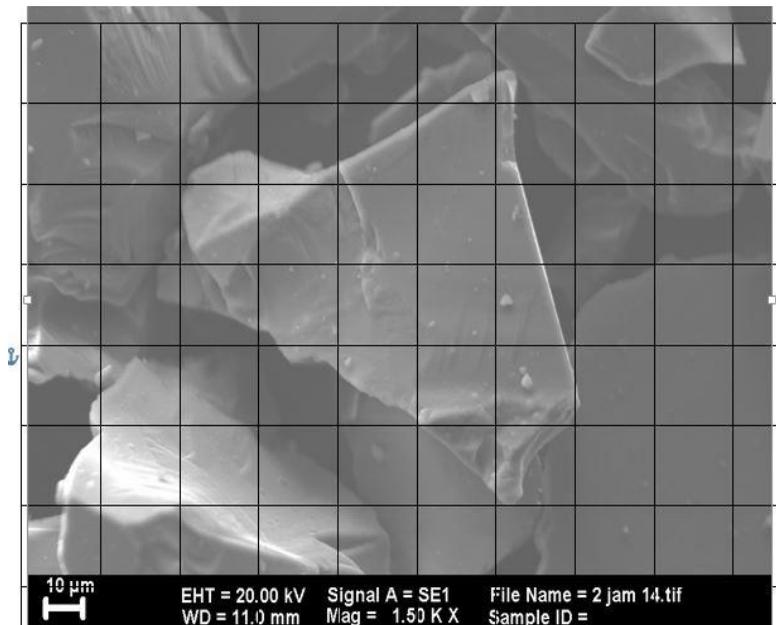
$$x = a/b = 6/5 = 1,2$$

b. Shape Factor

$$K_s = (A/V)D_s$$

dimana:

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



Perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 A &= 2 (p_l + p_t + l_t) \\
 &= 2 [(5 \times 5) + (5 \times 6) + (5 \times 6)] \\
 &= 2 [25 + 30 + 30] \\
 &= 170
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= p \times l \times t \\
 &= 5 \times 5 \times 6 \\
 &= 150
 \end{aligned}$$

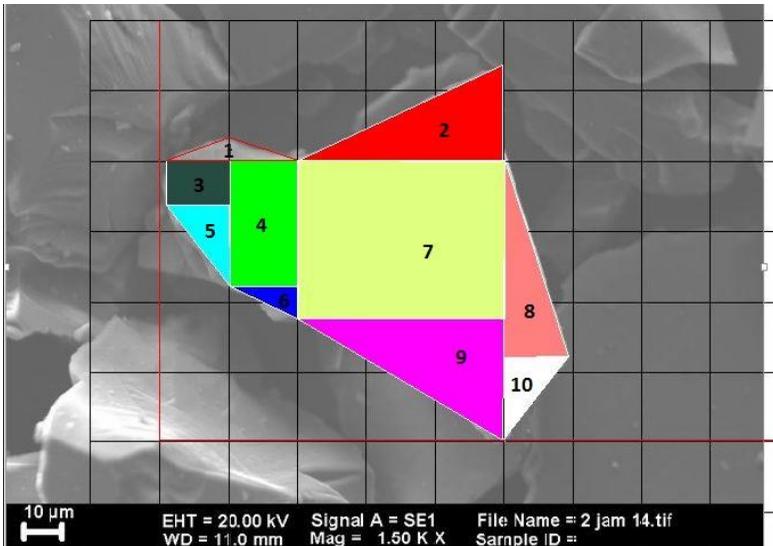
$$\begin{aligned}
 V &= 0.52 D_s^3 \\
 D_s &= (V/0.52)^{1/3} \\
 &= (150/0.52)^{1/3} \\
 &= 6,6073
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_s &= (A/V)D_s \\
 &= (170/150) 6,6073 \\
 &= 7,488273
 \end{aligned}$$

c. Bulkines Factor

Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

$$\begin{aligned} B_f &= A/a.b \\ &= 15/30 \\ &= 0,5 \end{aligned}$$



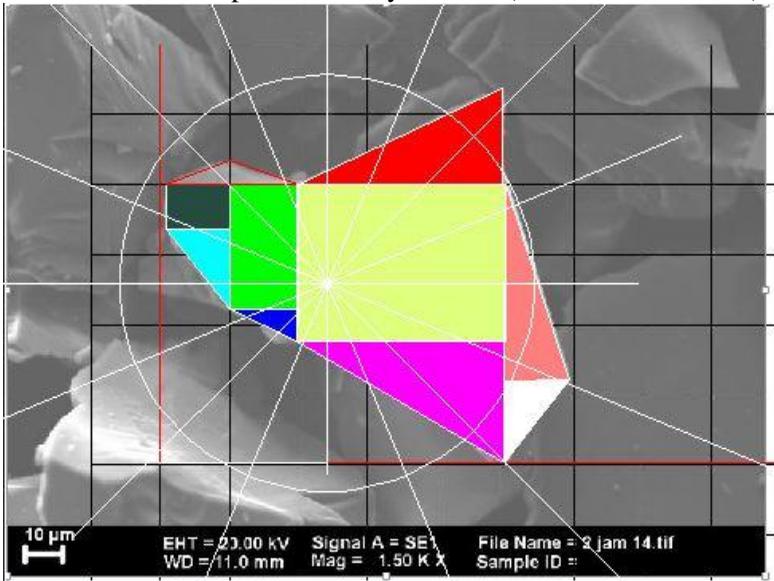
Mencari pusat massa

Dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, maka semua bidang dihitung pusat massanya sehingga didapatkan nilai seperti tabel dibawah ini:

No Bidang	X	Y
1	11,24417	63,48939
2	44,30034	68,80832
3	7,734881	56,85062
4	22,95179	47,87033
5	6,256157	40,00748
6	20,45778	29,21188
7	51,86691	44,29622

8	81,3695	32,81871
9	44,30034	8,949304
10	81,3695	6,100302

Maka nilai pusat massanya adalah (37,18514; 39,84026).

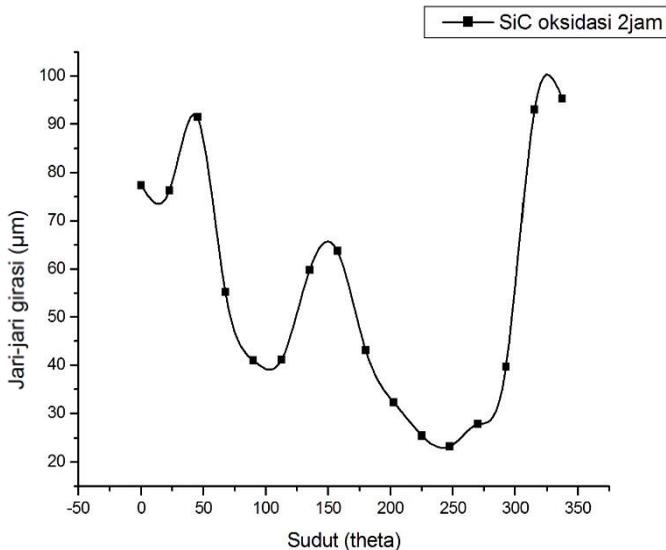


Selanjutnya perametrinya dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini:

sudut	panjang (μm)
0	77,41546
22.5	76,28219
45	91,47357
67.5	55,18908
90	41,03101
112.5	41,1974
135	59,82937
157.5	63,76456

180	43,14722
202.5	32,3533
225	25,47145
247.5	23,22976
270	27,75164
292.5	39,67015
315	93,07004
337.5	95,29102

Grafik perimetrinya ditampilkan sebagai berikut:



3. SiC Oksidasi 6 jam

a. Faktor perpanjangan

Dengan menggunakan persamaan 2.1 didapatkan nilai perpanjangan :

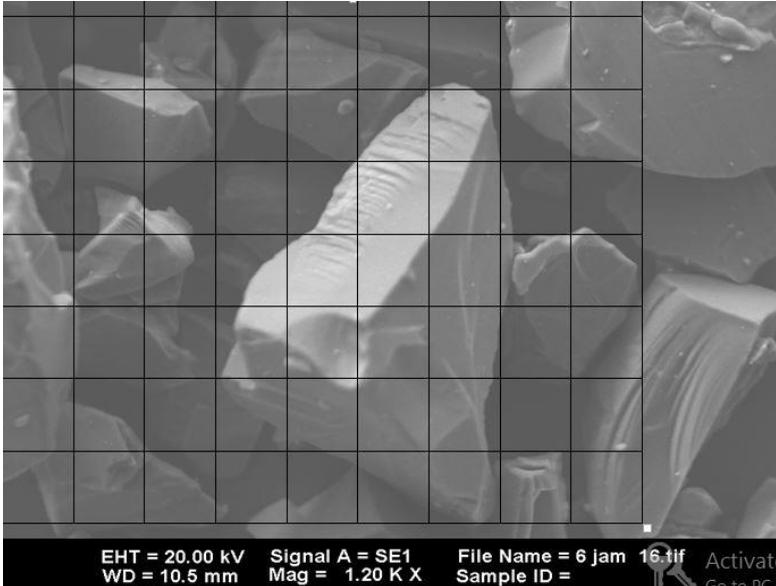
$$x = a/b = 6/5 = 1,2$$

b. Shape Factor

$$K_s = (A/V)D_s$$

dimana:

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



Perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 A &= 2 (p_l + p_t + l_t) \\
 &= 2 [(5 \times 5) + (5 \times 6) + (5 \times 6)] \\
 &= 2 [25 + 30 + 30] \\
 &= 170
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= p \times l \times t \\
 &= 5 \times 5 \times 6 \\
 &= 150
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= 0.52 D_s^3 \\
 D_s &= (V/0.52)^{1/3} \\
 &= (150/0.52)^{1/3} \\
 &= 6,6073
 \end{aligned}$$

$$K_s = (A/V)D_s$$

$$= (170/150) 6,6073$$

$$= 7,488273$$

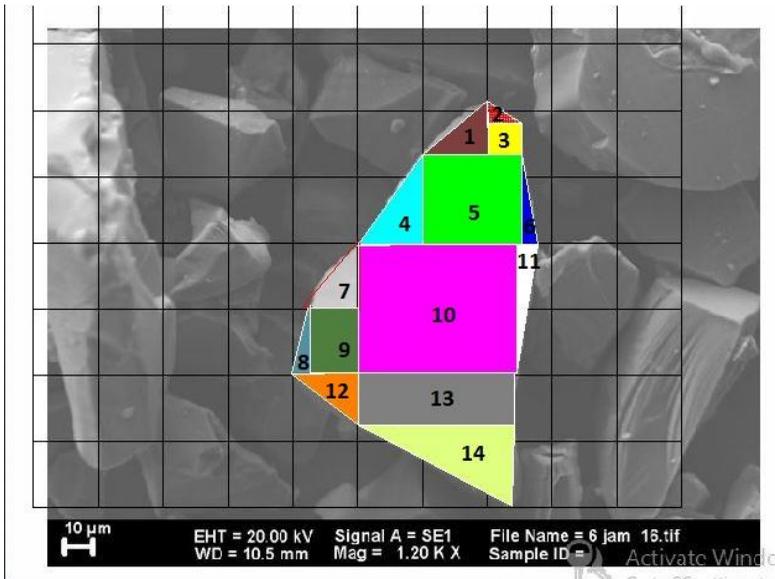
c. Bulkiness Factor

Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

$$B_f = A/a.b$$

$$= 15/30$$

$$= 0,5$$



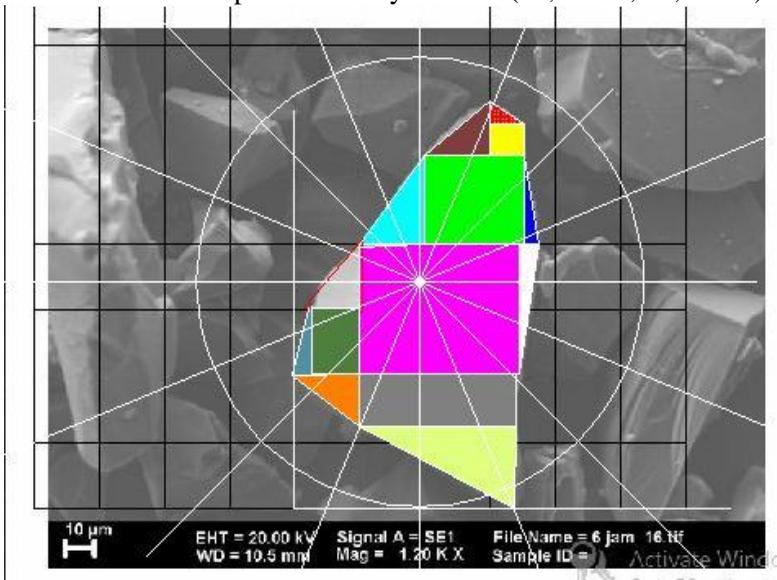
Mencari pusat massa

Dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, maka semua bidang dihitung pusat massanya sehingga didapatkan nilai seperti tabel dibawah ini:

No Bidang	X	Y
1	50,65651	125,2664
2	70,53722	132,4132
3	72,46707	124,628
4	29,76748	98,9065

5	61,55307	103,9969
6	80,23498	98,9065
7	9,080509	74,76928
8	1,968889	53,0081
9	14,07628	56,70384
10	49,47806	67,17121
11	79,08433	59,98635
12	7,542523	33,62298
13	49,85974	36,62139
14	40,78235	9,208716

Maka nilai pusat massanya adalah (44,07779; 76,80067)

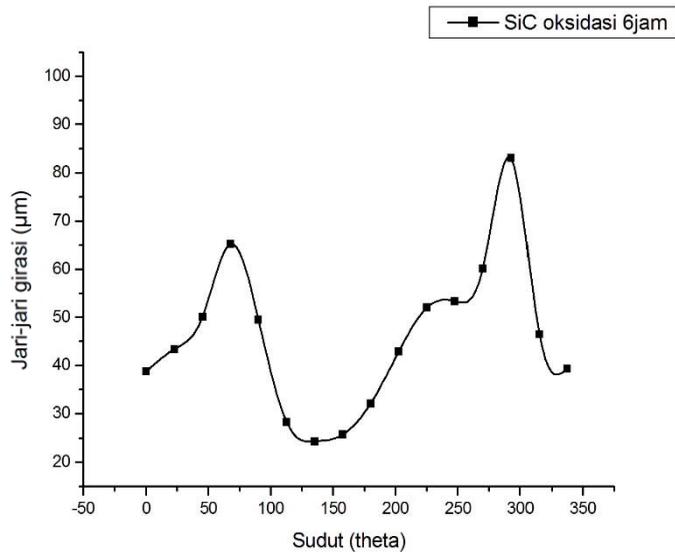


Selanjutnya parameternya dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini:

sudut	panjang (μm)
0	38,81404
22.5	43,45032

45	50,08065
67.5	65,28005
90	49,52577
112.5	28,2584
135	24,35408
157.5	25,66416
180	32,11475
202.5	42,92898
225	52,06282
247.5	53,37103
270	60,15104
292.5	83,11606
315	46,5258
337.5	39,36825

Grafik perimetrinya ditampilkan sebagai berikut:



4. SiC Oksidasi 10 jam

- a. Faktor perpanjangan

Dengan menggunakan persamaan 2.1 didapatkan nilai perpanjangan :

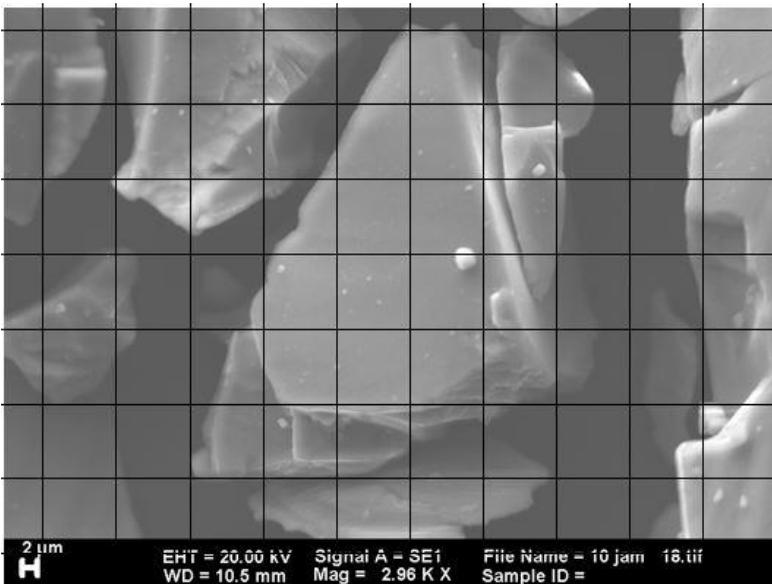
$$x = a/b = 6/5 = 1,2$$

- b. Shape Factor

$$K_s = (A/V)D_s$$

dimana:

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



Perhitungannya :

$$\begin{aligned} A &= 2 (p_l + p_t + l_t) \\ &= 2 [(5 \times 5) + (5 \times 6) + (5 \times 6)] \\ &= 2 [25 + 30 + 30] \\ &= 170 \end{aligned}$$

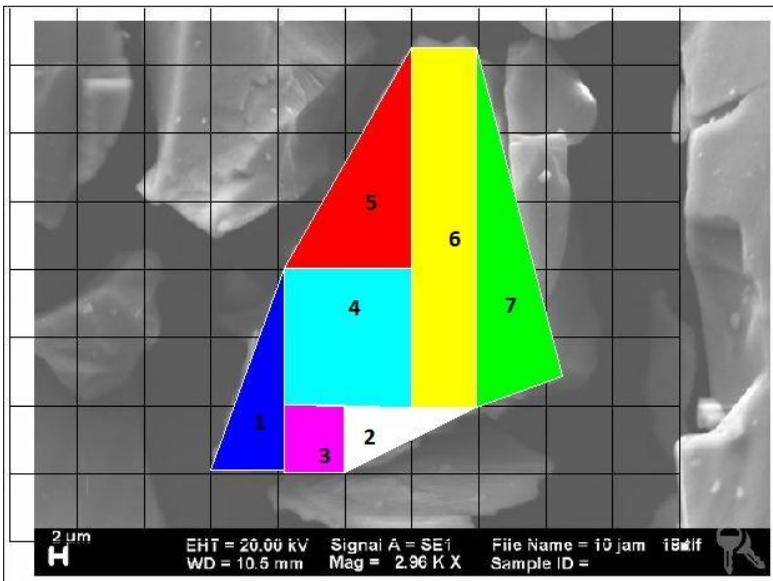
$$V = p \times l \times t$$

$$\begin{aligned}
 &= 5 \times 5 \times 6 \\
 &= 150 \\
 V &= 0.52 D_s^3 \\
 D_s &= (V/0.52)^{1/3} \\
 &= (150/0.52)^{1/3} \\
 &= 6,6073 \\
 K_s &= (A/V)D_s \\
 &= (170/150) 6,6073 \\
 &= 7,488273
 \end{aligned}$$

c. Bulkines Factor

Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

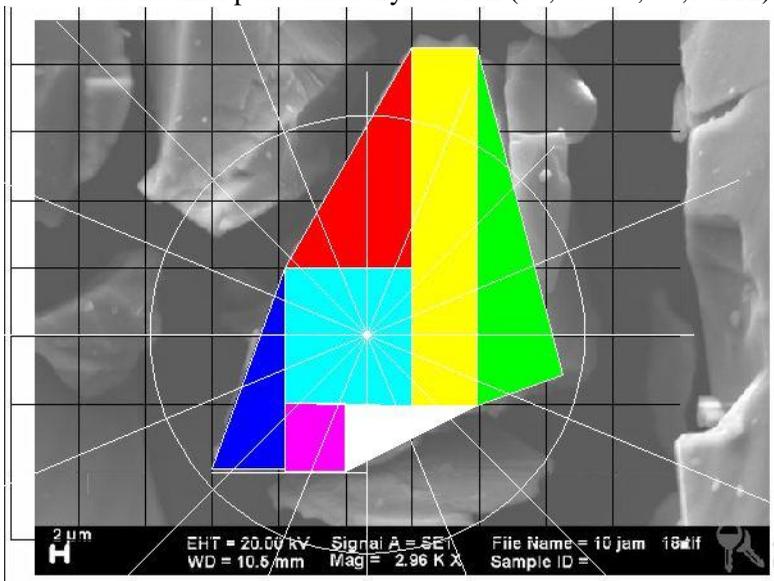
$$\begin{aligned}
 B_f &= A/a.b \\
 &= 15/30 \\
 &= 0,5
 \end{aligned}$$



Dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, maka semua bidang dihitung pusat massanya sehingga didapatkan nilai seperti tabel dibawah ini:

No Bidang	X	Y
1	8,590621	23,69766
2	62,64464	7,55999
3	36,2931	11,33999
4	48,08532	46,7732
5	40,66059	96,97077
6	81,71552	85,26796
7	103,8532	64,4053

Maka nilai pusat massanya adalah (54,54899 ; 48,00212)

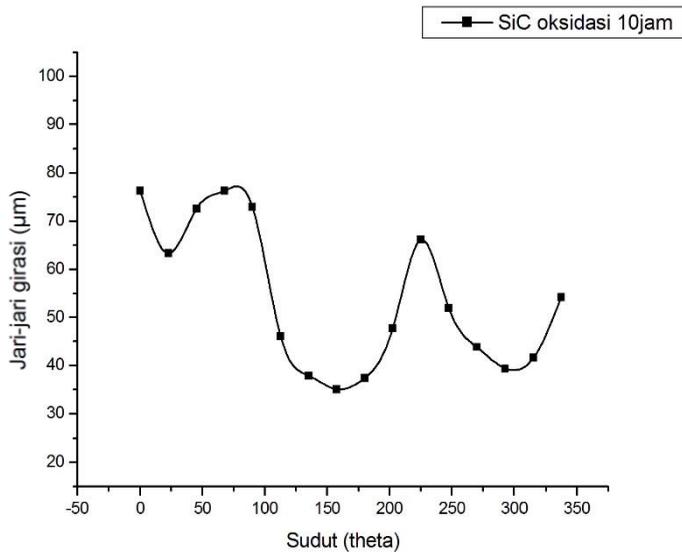


Selanjutnya parameternya dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini:

sudut	panjang (μm)
0	76,28219
22.5	63,32715

45	72,6263
67.5	76,28219
90	73,01025
112.5	46,11285
135	37,91664
157.5	35,11566
180	37,37393
202.5	47,70425
225	66,19028
247.5	51,95711
270	43,84643
292.5	39,45311
315	41,61903
337.5	54,28206

Grafik perimetrinya ditampilkan sebagai berikut:



5. SiC Oksidasi 14 jam

a. Faktor perpanjangan

Dengan menggunakan persamaan 2.1 didapatkan nilai perpanjangan :

$$x = a/b = 7/6 = 1,166667$$

b. Shape Factor

$$K_s = (A/V)D_s$$

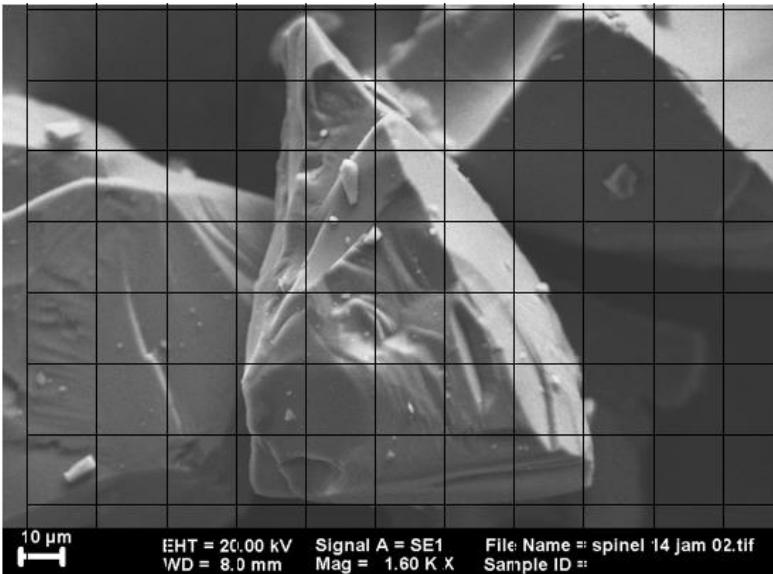
dimana:

K_s : Shape factor

A : Luas Permukaan

V : Volume kubus

D_s : Diameter partikel



Perhitungannya :

$$\begin{aligned} A &= 2 (p_l + p_t + l_t) \\ &= 2 [(6 \times 6) + (6 \times 7) + (6 \times 7)] \\ &= 2 [36 + 42 + 42] \\ &= 240 \end{aligned}$$

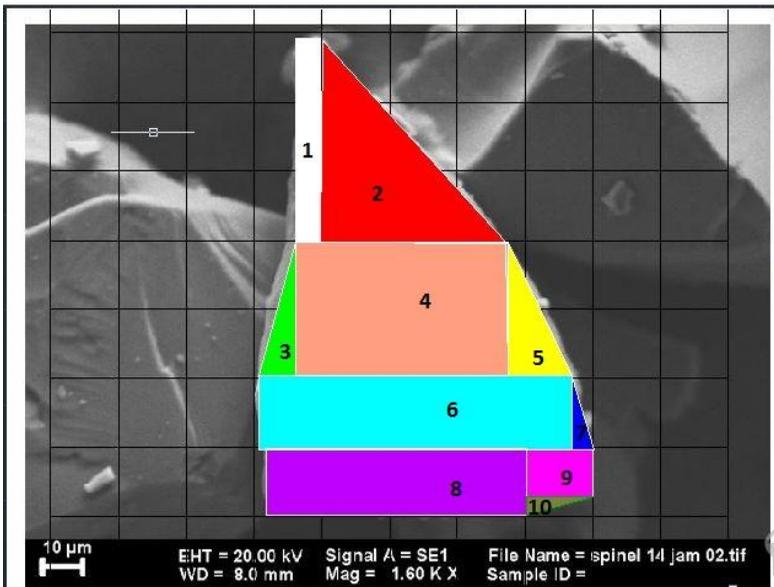
$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 6 \times 6 \times 7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 252 \\
 V &= 0.52 D_s^3 \\
 D_s &= (V/0.52)^{1/3} \\
 &= (252/0.52)^{1/3} \\
 &= 7,8547 \\
 K_s &= (A/V)D_s \\
 &= (240/252) 7,8547 \\
 &= 7,480667
 \end{aligned}$$

c. Bulkines Factor

Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

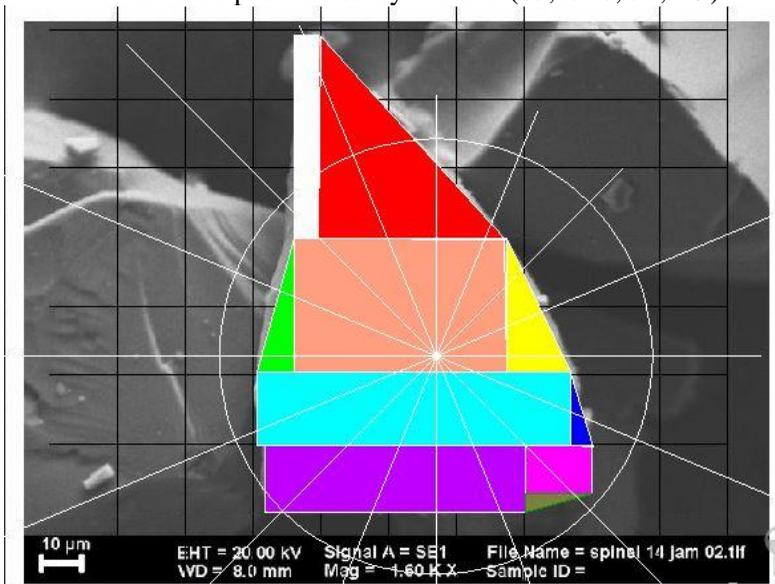
$$\begin{aligned}
 B_f &= A/a.b \\
 &= 21/42 \\
 &= 0,5
 \end{aligned}$$



Dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, maka semua bidang dihitung pusat massanya sehingga didapatkan nilai seperti tabel dibawah ini:

No Bidang	X	Y
1	19,16032	130,8772
2	45,09537	119,0073
3	4,363394	64,09776
4	37,53804	71,9004
5	97,05661	64,09776
6	55,24829	35,42014
7	112,9349	31,19085
8	49,9907	11,36614
9	107,5523	14,46594
10	103,6381	2,066536

Maka nilai pusat massanya adalah (63,2578; 54,449)

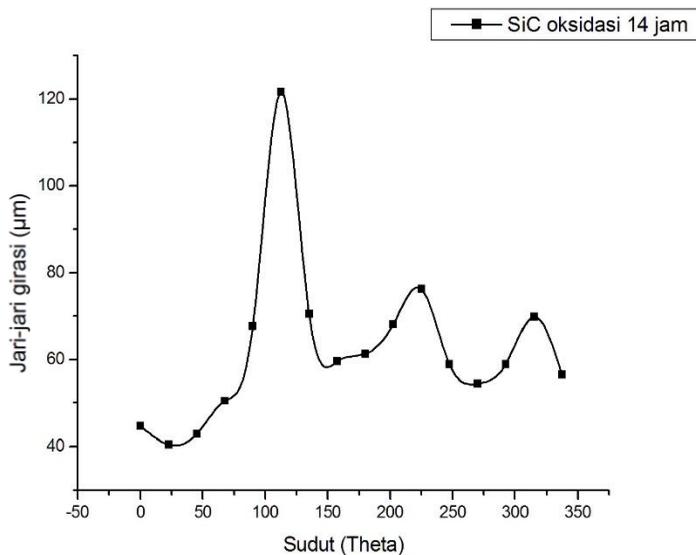


Selanjutnya parameternya dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini:

sudut	panjang (μm)
0	44,7735
22.5	40,49698

45	42,93246
67.5	50,4769
90	67,73731
112.5	121,6778
135	70,51945
157.5	59,54471
180	61,38348
202.5	68,14197
225	76,28219
247.5	58,93517
270	54,44898
292.5	58,93517
315	69,89695
337.5	56,52055

Grafik perimetrinya ditampilkan sebagai berikut:



6. Spinel + SiC Oksidasi 2 jam

a. Faktor perpanjangan

Dengan menggunakan persamaan 2.1 didapatkan nilai perpanjangan :

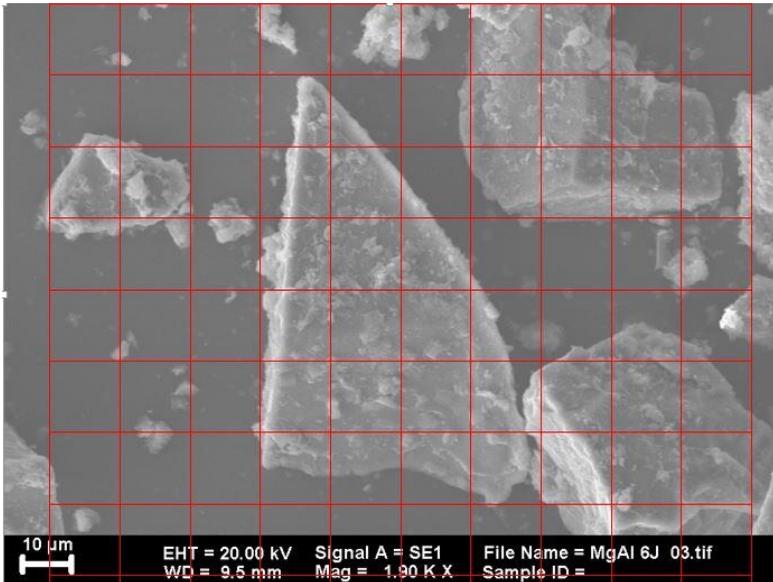
$$x = a/b = 6/4 = 1,5$$

b. Shape Factor

$$K_s = (A/V)D_s$$

dimana:

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



Perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 A &= 2 (pl + pt + lt) \\
 &= 2 [(4 \times 4) + (4 \times 6) + (4 \times 6)] \\
 &= 2 [16 + 24 + 24] \\
 &= 128
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= p \times l \times t \\
 &= 4 \times 4 \times 6
 \end{aligned}$$

$$= 96$$

$$V = 0.52 D_s^3$$

$$D_s = (V/0.52)^{1/3}$$

$$= (96/0.52)^{1/3}$$

$$= 5,694$$

$$K_s = (A/V)D_s$$

$$= (128/196) 5,694$$

$$= 7,592$$

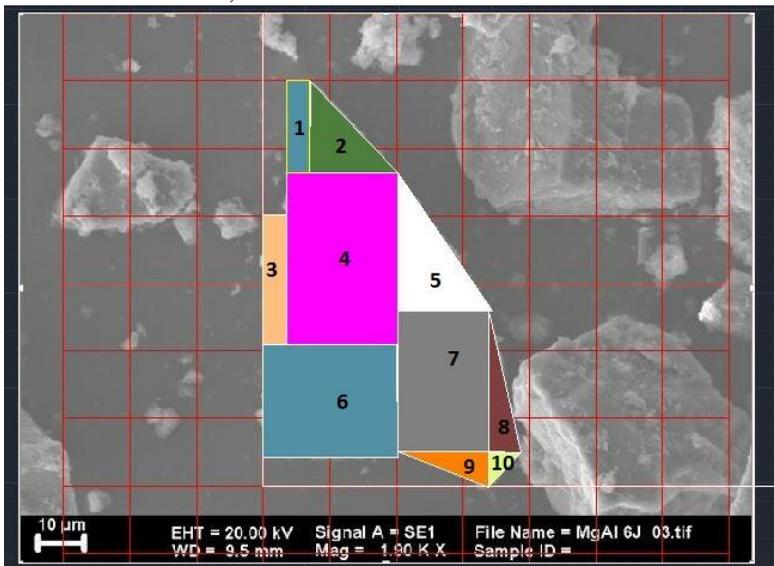
c. Bulkines Factor

Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

$$B_f = A/a.b$$

$$= 14,4/24$$

$$= 0,6$$

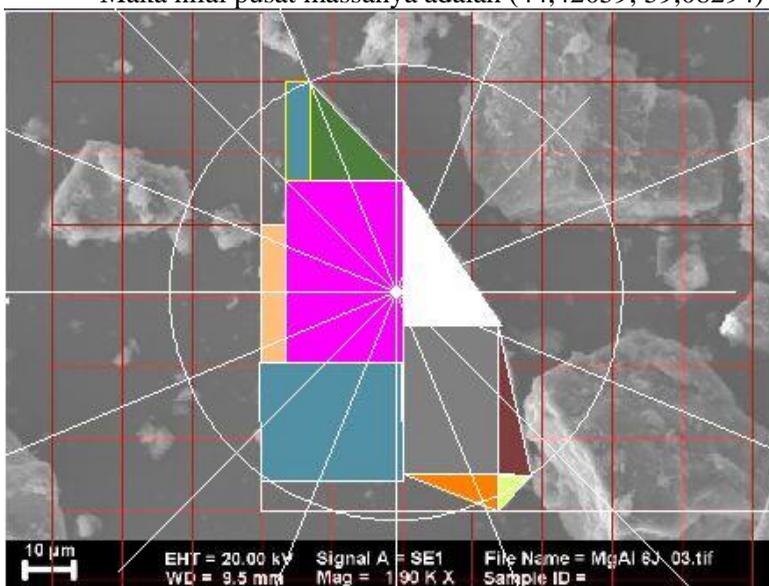


Dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, maka semua bidang dihitung pusat massanya sehingga didapatkan nilai seperti tabel dibawah ini:

No Bidang	X	Y
1	12,36155	128,6535
2	26,81797	123,1448

3	4,189514	74,47249
4	28,07239	81,79428
5	58,93793	78,09855
6	23,88288	31,588
7	63,89557	36,81785
8	83,76457	28,45013
9	58,51897	3,904903
10	83,76457	3,904903
11	12,36155	128,6535
12	26,81797	123,1448
13	4,189514	74,47249
14	28,07239	81,79428

Maka nilai pusat massanya adalah (44,42059; 59,08294)

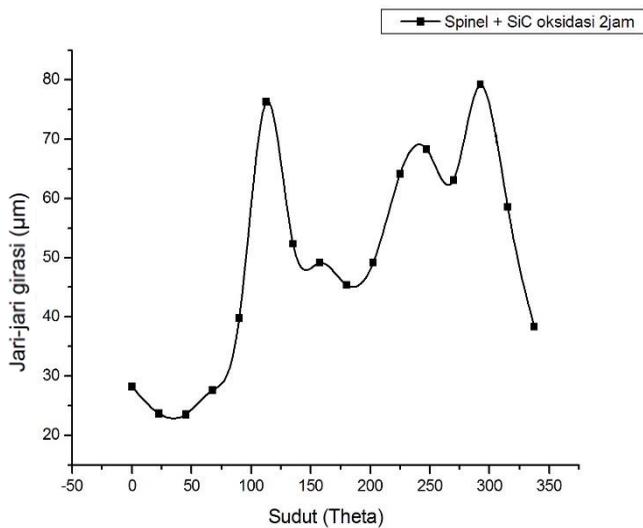


Selanjutnya parameternya dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini

sudut	panjang (μm)
0	28,11153

22.5	23,65968
45	23,51575
67.5	27,54115
90	39,76958
112.5	76,28219
135	52,34467
157.5	49,13247
180	45,39239
202.5	49,13247
225	64,19462
247.5	68,33829
270	63,13632
292.5	79,20679
315	58,58477
337.5	38,31182

Grafik perimetrinya ditampilkan sebagai berikut:



7. Spinel + SiC Oksidasi 6 jam

a. Faktor perpanjangan

Dengan menggunakan persamaan 2.1 didapatkan nilai perpanjangan :

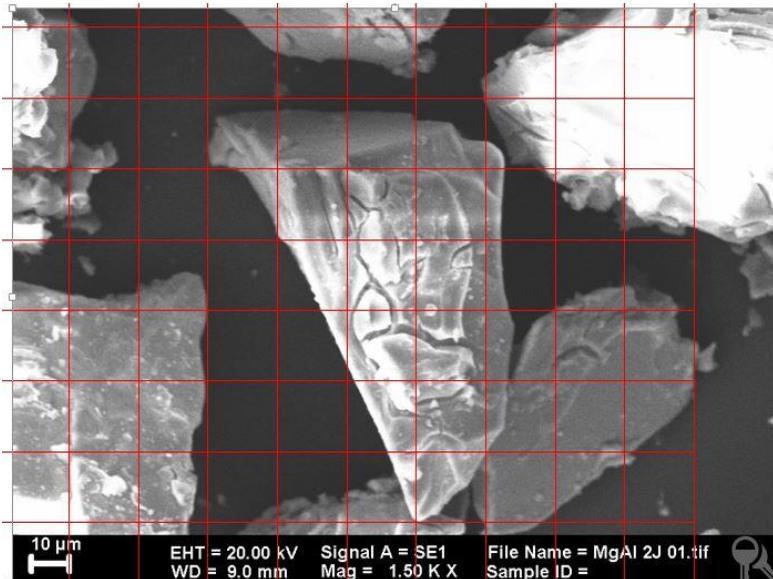
$$x = a/b = 6/4 = 1,5$$

b. Shape Factor

$$K_s = (A/V)D_s$$

dimana:

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



Perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 A &= 2 (p_l + p_t + l_t) \\
 &= 2 [(4 \times 4) + (4 \times 6) + (4 \times 6)] \\
 &= 2 [16 + 24 + 24] \\
 &= 128
 \end{aligned}$$

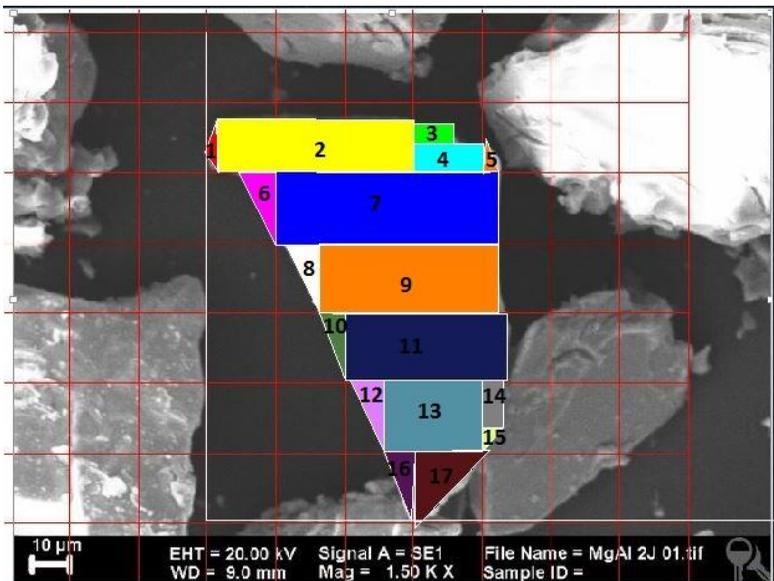
$$V = p \times l \times t$$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times 4 \times 6 \\
 &= 96 \\
 V &= 0.52 D_s^3 \\
 D_s &= (V/0.52)^{1/3} \\
 &= (96/0.52)^{1/3} \\
 &= 5,694 \\
 K_s &= (A/V)D_s \\
 &= (128/196) 5,694 \\
 &= 7,592
 \end{aligned}$$

c. Bulkines Factor

Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

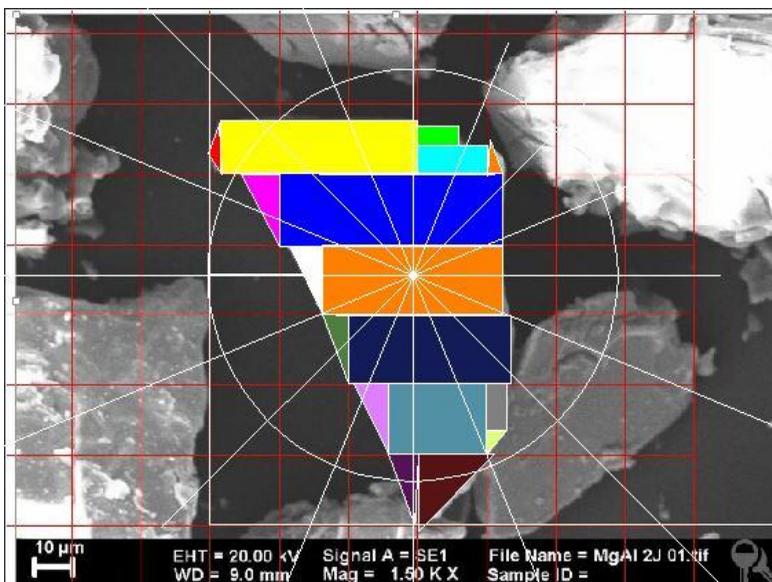
$$\begin{aligned}
 B_f &= A/a.b \\
 &= 14/24 \\
 &= 0,58
 \end{aligned}$$



Dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, maka semua bidang dihitung pusat massanya sehingga didapatkan nilai seperti tabel dibawah ini:

No Bidang	X	Y
1	1,376623	136,2286
2	40,78646	139,5129
3	85,12113	143,89
4	90,62761	134,9298
5	105,541	133,1732
6	16,6731	111,3936
7	67,68391	115,7665
8	34,26259	85,84522
9	75,71982	90,04583
10	45,42853	62,72423
11	82,13844	66,92484
12	58,277	34,52139
13	85,85772	38,95112
14	107,1471	43,30448
15	105,8469	28,42643
16	70,36068	8,553973
17	87,34028	8,553973

Maka nilai pusat massanya adalah (68,24641; 48, 81,33801)

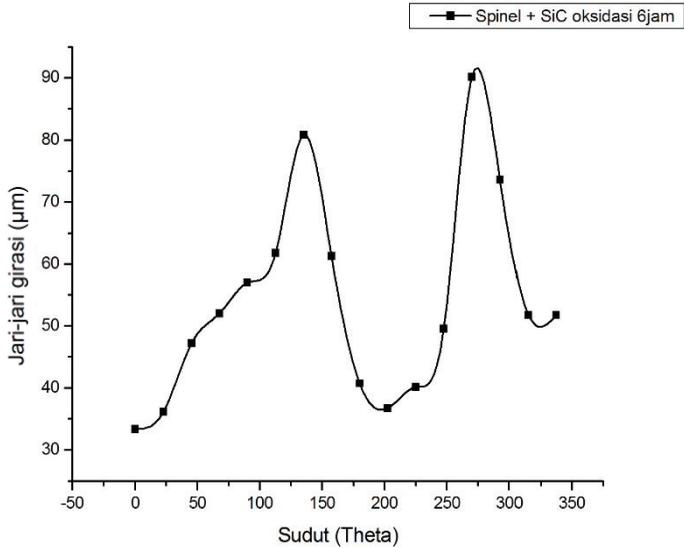


Selanjutnya parameternya dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini

sudut	panjang (μm)
0	33,36322
22.5	36,11209
45	47,18278
67.5	52,03542
90	57,01555
112.5	61,79309
135	80,88465
157.5	61,29381
180	40,7223
202.5	36,70666
225	40,15981
247.5	49,55451
270	90,1584

292.5	73,66055
315	51,72537
337.5	51,72537

Grafik perimetrinya ditampilkan sebagai berikut:



8. Spinel + SiC Oksidasi 10 jam

a. Faktor perpanjangan

Dengan menggunakan persamaan 2.1 didapatkan nilai perpanjangan :

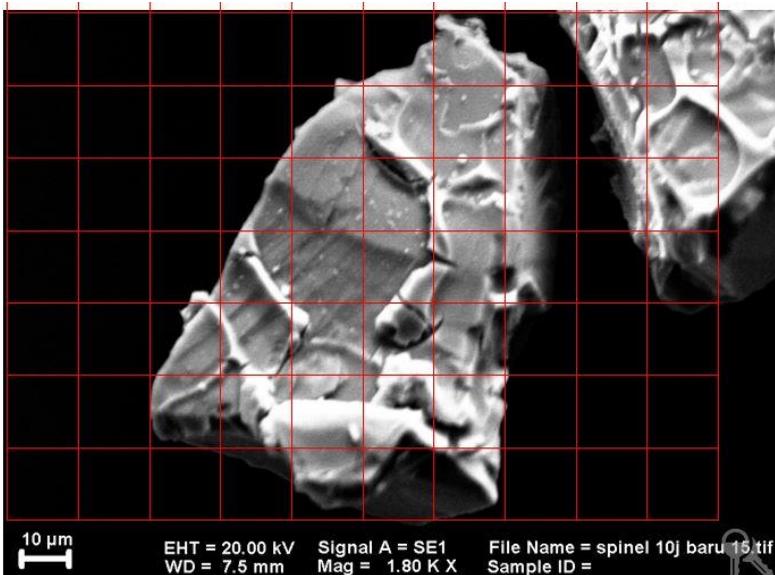
$$x = a/b = 7/6 = 1,166667$$

b. Shape Factor

$$K_s = (A/V)D_s$$

dimana:

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



Perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 A &= 2 (p_l + p_t + l_t) \\
 &= 2 [(6 \times 6) + (6 \times 7) + (6 \times 7)] \\
 &= 2 [36 + 42 + 42] \\
 &= 240
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= p \times l \times t \\
 &= 6 \times 6 \times 7 \\
 &= 252
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= 0.52 D_s^3 \\
 D_s &= (V/0.52)^{1/3} \\
 &= (252/0.52)^{1/3} \\
 &= 7,8547
 \end{aligned}$$

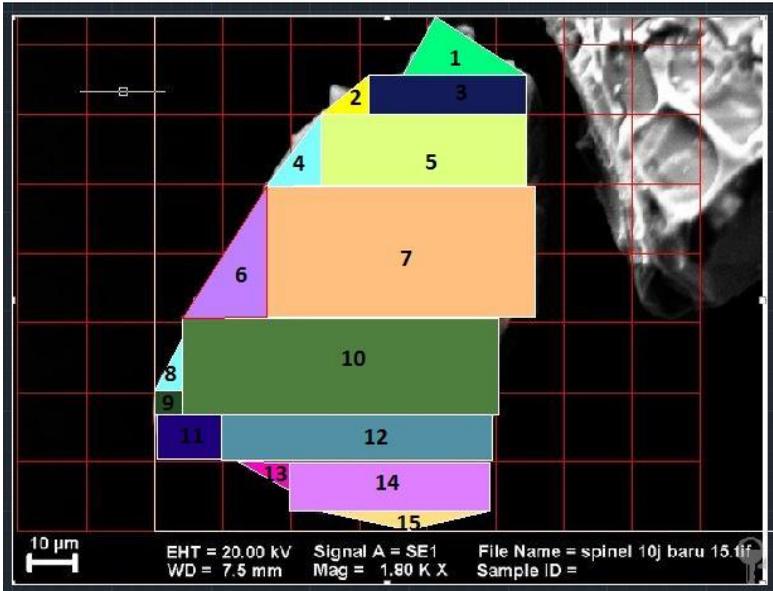
$$\begin{aligned}
 K_s &= (A/V)D_s \\
 &= (240/252) 7,8547 \\
 &= 7,480667
 \end{aligned}$$

c. Bulkiness Factor

Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

$$\begin{aligned}
 B_f &= A/a.b \\
 &= 24/42
 \end{aligned}$$

$$= 0,57$$

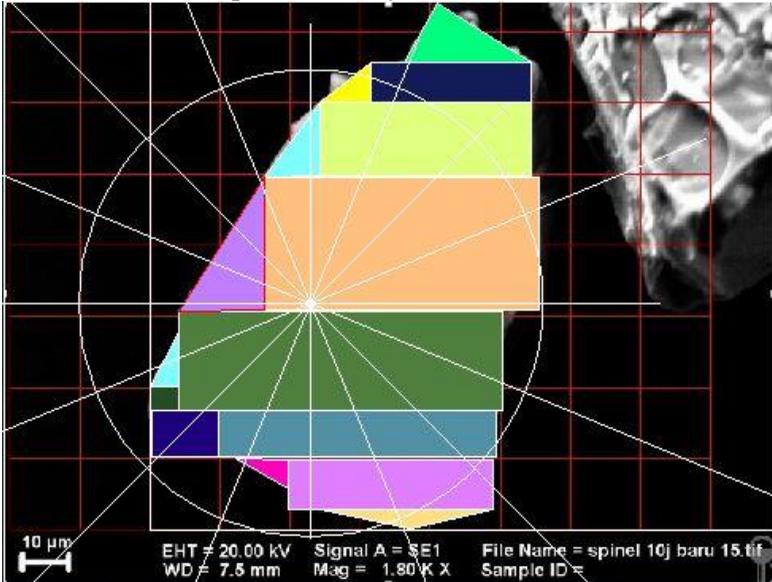


Dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, maka semua bidang dihitung pusat massanya sehingga didapatkan nilai seperti tabel dibawah ini:

No Bidang	X	Y
1	97,75229	158,5481
2	61,26013	143,1984
3	98,54725	145,4297
4	43,52115	122,8369
5	90,37764	126,8116
6	18,65941	85,87957
7	66,56376	85,87957
8	3,211974	52,96654
9	4,817961	43,13452
10	62,84351	55,26773
11	7,261922	29,11865

12	52,23031	29,11865
13	38,34897	19,36125
14	69,63354	13,49895
15	78,22925	2,733138

Maka nilai pusat massanya adalah (52,88394; 74,25222)

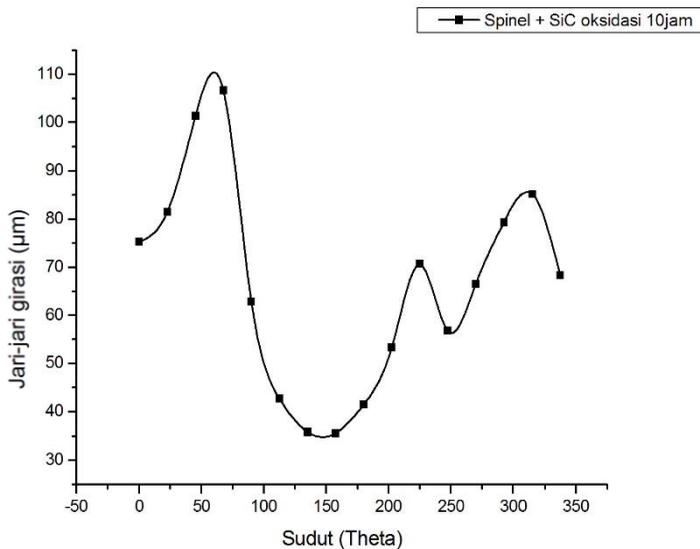


Selanjutnya parameternya dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini:

sudut	panjang (μm)
0	75,31703
22.5	81,52252
45	101,4079
67.5	106,6553
90	62,82052
112.5	42,66905
135	35,82409

157.5	35,53356
180	41,51747
202.5	53,34791
225	70,69051
247.5	56,82565
270	66,501
292.5	79,37972
315	85,18442
337.5	68,3717

Grafik perimetrinya ditampilkan sebagai berikut:



9. Spinel + SiC Oksidasi 14 jam

a. Faktor perpanjangan

Dengan menggunakan persamaan 2.1 didapatkan nilai perpanjangan :

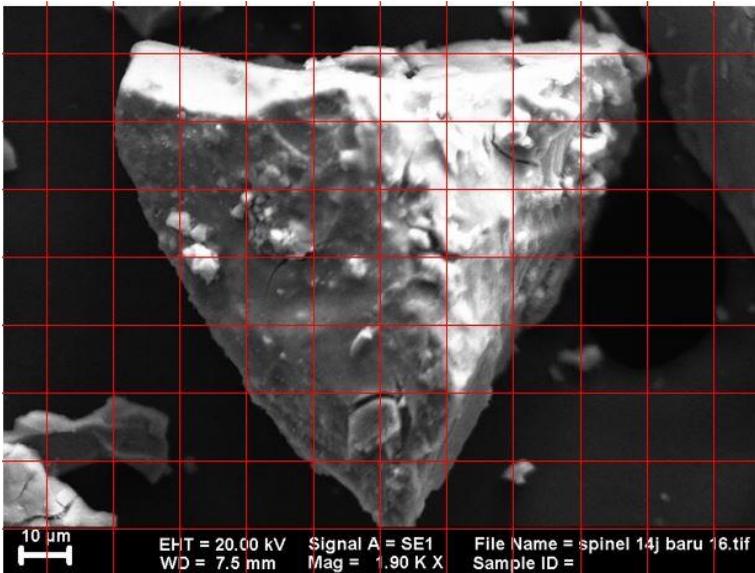
$$x = a/b = 8/8 = 1$$

b. Shape Factor

$$K_s = (A/V)D_s$$

dimana:

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



Perhitungannya :

$$\begin{aligned} A &= 2 (p_l + p_t + l_t) \\ &= 2 [(8 \times 8) + (8 \times 8) + (8 \times 8)] \\ &= 2 [64 + 64 + 64] \\ &= 384 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 8 \times 8 \times 8 \\ &= 512 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= 0.52 D_s^3 \\ D_s &= (V/0.52)^{1/3} \\ &= (512/0.52)^{1/3} \\ &= 9,9484 \end{aligned}$$

$$K_s = (A/V)D_s$$

$$= (384/512) 9,9484$$

$$= 7,4613$$

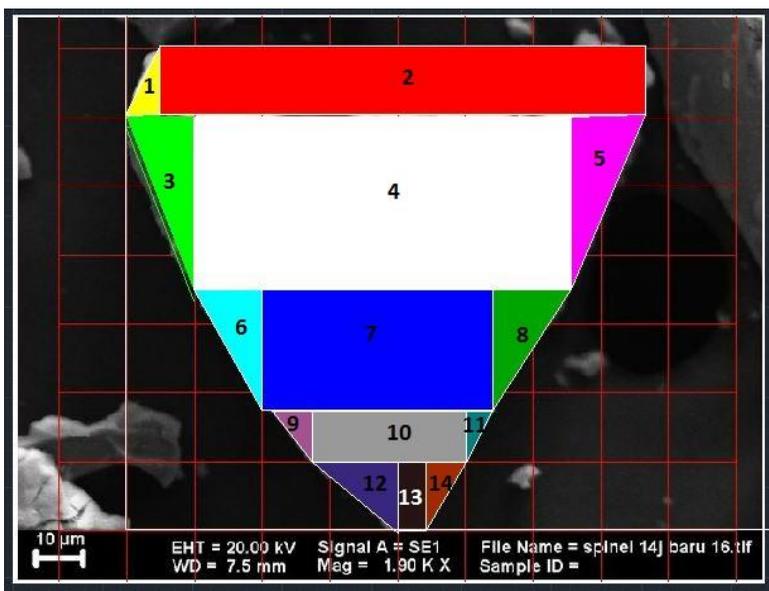
c. Bulkiness Factor

Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

$$B_f = A/a.b$$

$$= 3/64$$

$$= 0,5$$

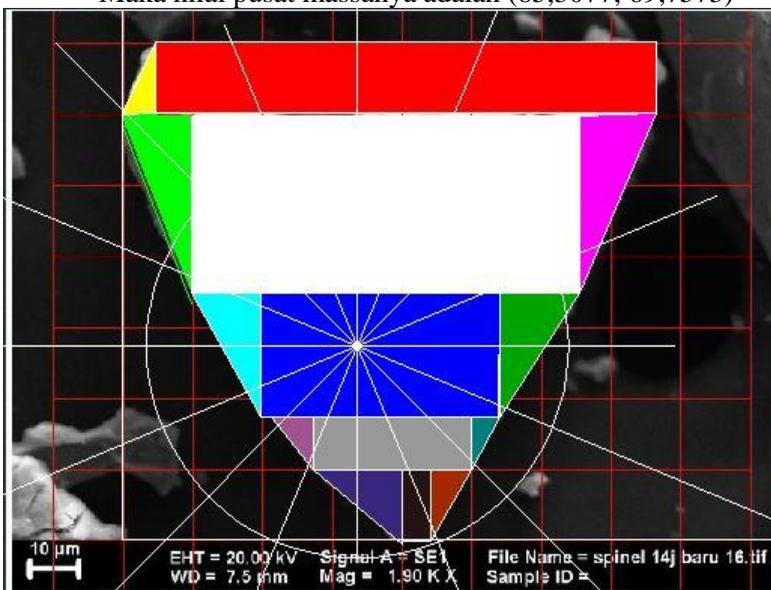


Dengan menggunakan cara yang sama seperti diatas, maka semua bidang dihitung pusat massanya sehingga didapatkan nilai seperti tabel dibawah ini:

No Bidang	X	Y
1	4,132672	160,234
2	72,66345	160,234
3	12,61899	120,0609
4	72,04309	109,5212
5	179,4271	120,0609

6	33,76223	58,80839
7	79,56682	58,80839
8	146,7153	58,80839
9	61,843	34,59767
10	98,09394	34,59767
11	130,0585	31,46632
12	80,12143	8,401212
13	106,5831	12,60182
14	116,6782	8,401212

Maka nilai pusat massanya adalah (85,3077; 69,7573)

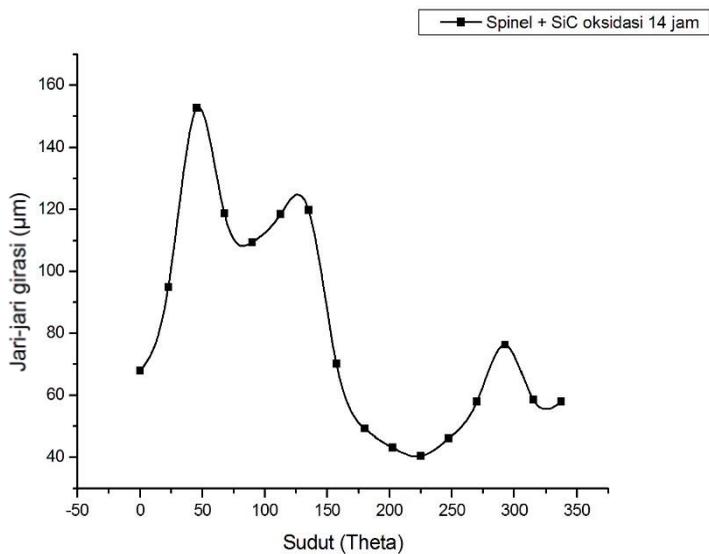


Selanjutnya parameternya dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini:

sudut	panjang (μm)
0	67,89581
22.5	94,88369
45	152,5629

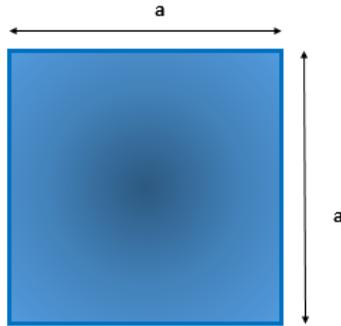
67.5	118,6067
90	109,4178
112.5	118,433
135	119,7286
157.5	70,03607
180	49,20049
202.5	43,11434
225	40,42255
247.5	46,02812
270	57,80724
292.5	76,28219
315	58,46583
337.5	57,89371

Grafik perimetrinya ditampilkan sebagai berikut:



10. Partikel 1

a. Bulkiness Factor

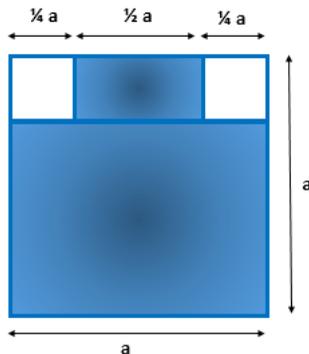


Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

$$\begin{aligned} B_f &= A/a.b \\ &= a^2/a^2 \\ &= 1 \end{aligned}$$

11. Partikel 2

a. Bulkiness Factor



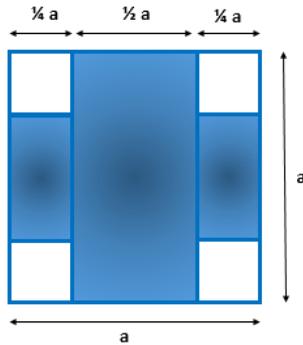
Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

$$\begin{aligned} B_f &= A/a.b \\ &= \frac{\frac{3}{4}a^2}{a^2} \end{aligned}$$

$$= 0,75$$

12. Partikel 3

a. Bulkines Factor



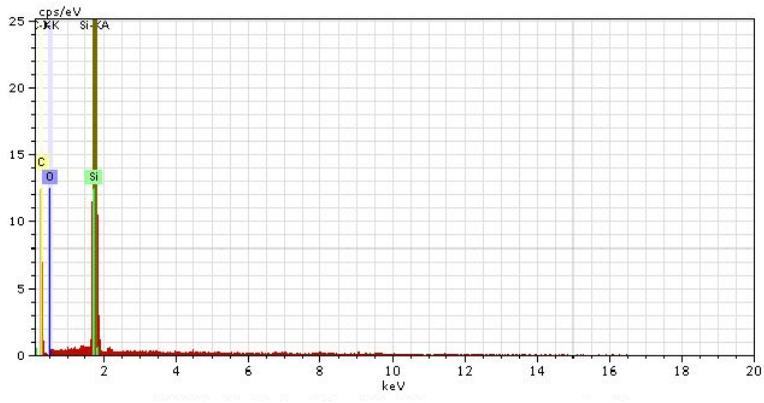
Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan nilai dari bulkiness faktornya

$$\begin{aligned} B_f &= A/a \cdot b \\ &= \frac{\frac{7}{8}a^2}{a^2} \\ &= 0,875 \end{aligned}$$

LAMPIRAN B

Hasil SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray*)

1. Komposisi penyusun SiC



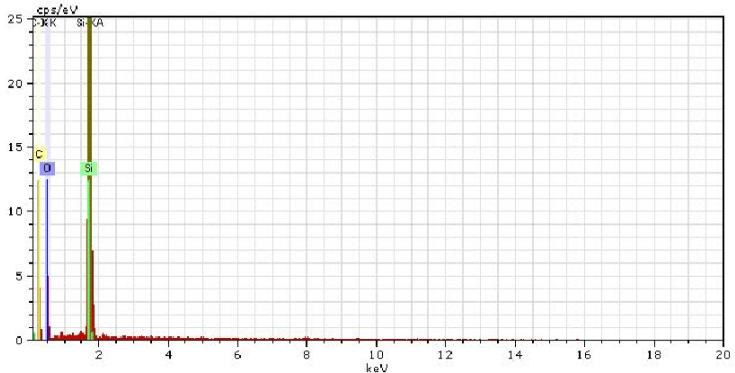
Spectrum: Acquisition 2155

El	AN	Series	unn. C [wt. %]	norm. C [wt. %]	Atom. C [at. %]	Error [%]
----	----	--------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------

C	6	K-series	27.62	33.96	52.47	3.9
O	8	K-series	6.36	7.83	9.08	1.5
Si	14	K-series	47.34	58.21	38.46	2.0

Total:			81.33	100.00	100.00	
--------	--	--	-------	--------	--------	--

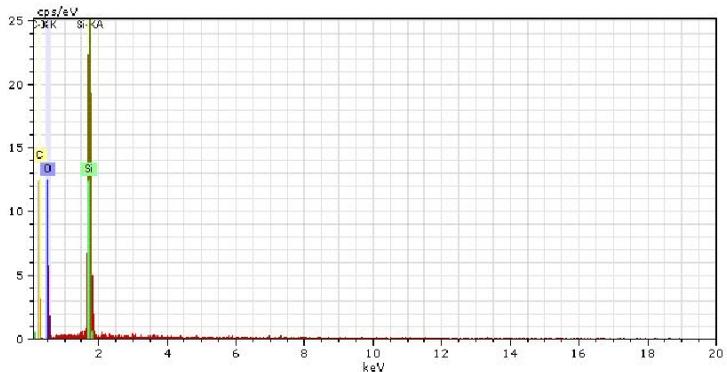
2. Komposisi penyusun SiC oksidasi 1200°C, 2 jam, secara kuantitatif.



Spectrum: Acquisition 2156

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	13.49	14.65	23.55	2.9
O	8	K-series	31.52	34.23	41.31	6.0
Si	14	K-series	47.09	51.13	35.15	2.1
Total:			92.11	100.00	100.00	

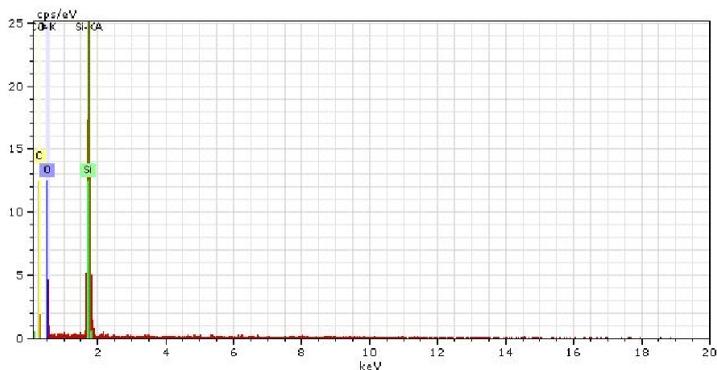
3. Komposisi penyusun SiC oksidasi 1200°C, 6 jam, secara kuantitatif.



Spectrum: Acquisition 2158

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	24.50	23.16	33.94	6.3
O	8	K-series	40.04	37.85	41.63	10.7
Si	14	K-series	41.26	38.99	24.43	1.9
Total:			105.81	100.00	100.00	

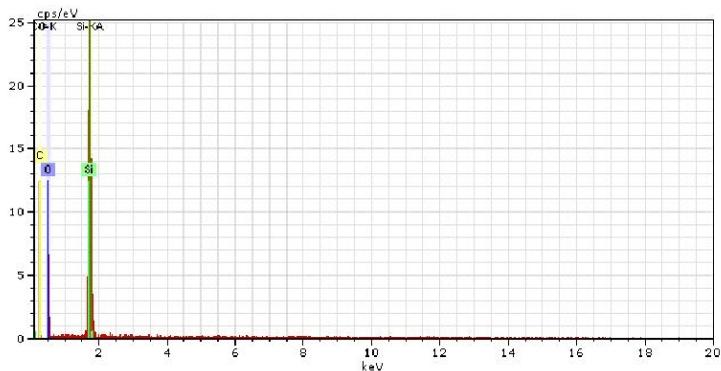
4. Komposisi penyusun SiC oksidasi 1200°C, 10 jam, secara kuantitatif.



Spectrum: Acquisition 2157

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	13.52	14.38	22.06	3.7
O	8	K-series	41.24	43.84	50.51	9.0
Si	14	K-series	39.30	41.78	27.42	1.8
Total:			94.05	100.00	100.00	

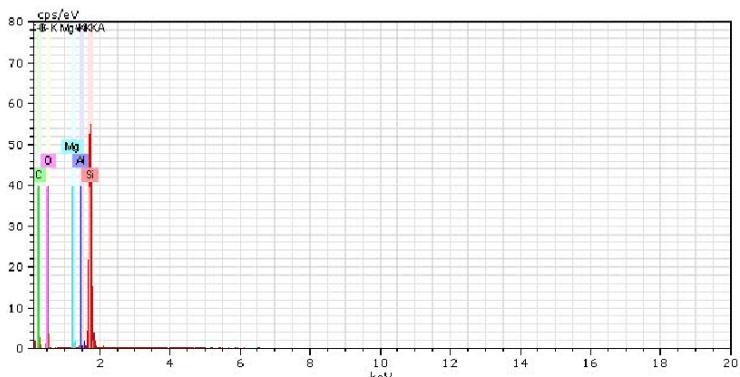
5. Komposisi penyusun SiC oksidasi 1200°C, 14 jam, secara kuantitatif.



Spectrum: Acquisition 2159

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	3.03	3.40	5.66	2.2
O	8	K-series	42.48	47.65	59.52	11.5
Si	14	K-series	43.63	48.94	34.82	2.1
Total:			89.14	100.00	100.00	

6. Komposisi penyusun Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 2jam, secara kuantitatif.

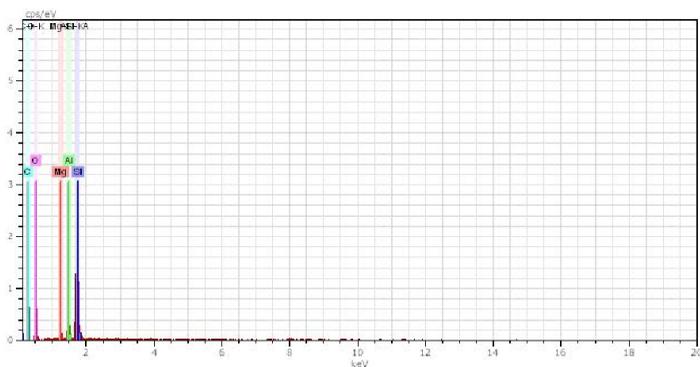


Spectrum: Acquisition 2195

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	8.02	8.63	14.09	2.8
O	8	K-series	38.83	41.79	51.25	8.7
Mg	12	K-series	0.14	0.15	0.12	0.1
Al	13	K-series	0.20	0.22	0.16	0.1
Si	14	K-series	45.72	49.21	34.38	2.1

Total: 92.91 100.00 100.00

7. Komposisi penyusun Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 6jam, secara kuantitatif

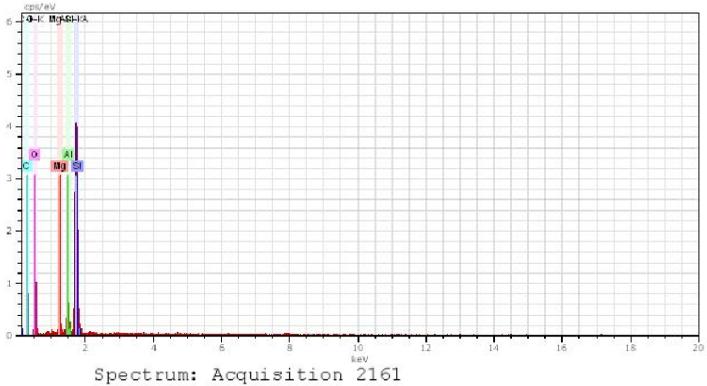


Spectrum: Acquisition 2162

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	36.99	33.30	44.40	12.3
O	8	K-series	44.75	40.29	40.33	19.5
Mg	12	K-series	1.43	1.28	0.85	0.4
Al	13	K-series	4.83	4.35	2.58	0.6
Si	14	K-series	23.08	20.78	11.85	1.6

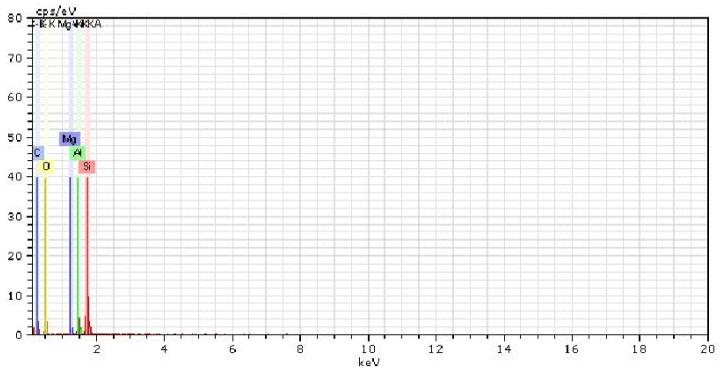
Total: 111.07 100.00 100.00

8. Komposisi penyusun Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 10jam, secara kuantitatif.



El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	27.06	23.30	33.26	8.2
O	8	K-series	49.32	42.46	45.50	15.0
Mg	12	K-series	1.82	1.57	1.11	0.3
Al	13	K-series	8.57	7.38	4.69	0.8
Si	14	K-series	29.38	25.30	15.44	1.7
Total:			116.16	100.00	100.00	

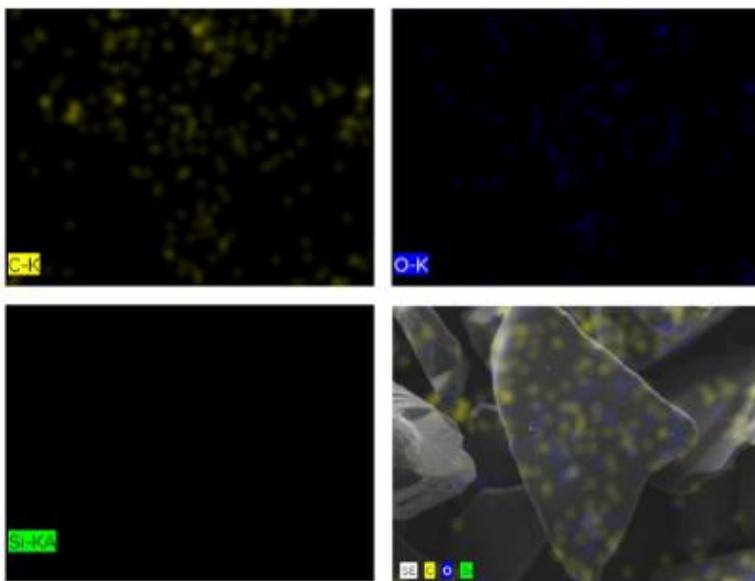
9. Komposisi penyusun Spinel + SiC oksidasi 1200°C, 14jam, secara kuantitatif



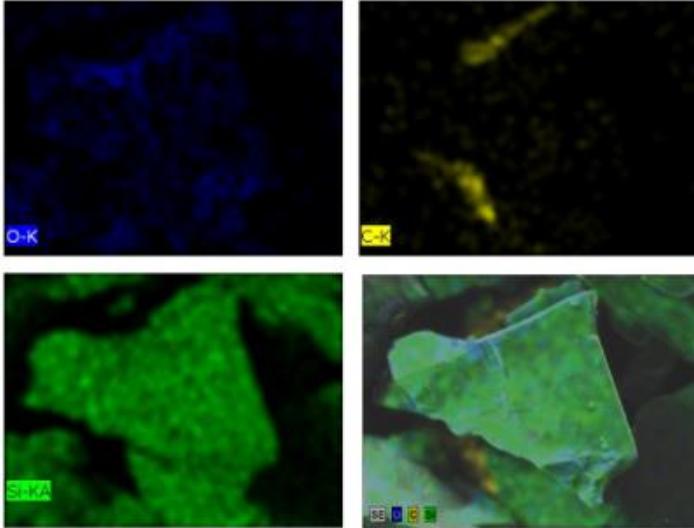
Spectrum: Acquisition 2212

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
C	6	K-series	21.81	21.78	30.28	5.2
O	8	K-series	51.12	51.05	53.28	11.3
Mg	12	K-series	1.10	1.10	0.76	0.2
Al	13	K-series	7.68	7.67	4.75	0.5
Si	14	K-series	18.42	18.40	10.94	1.0
Total:			100.14	100.00	100.00	

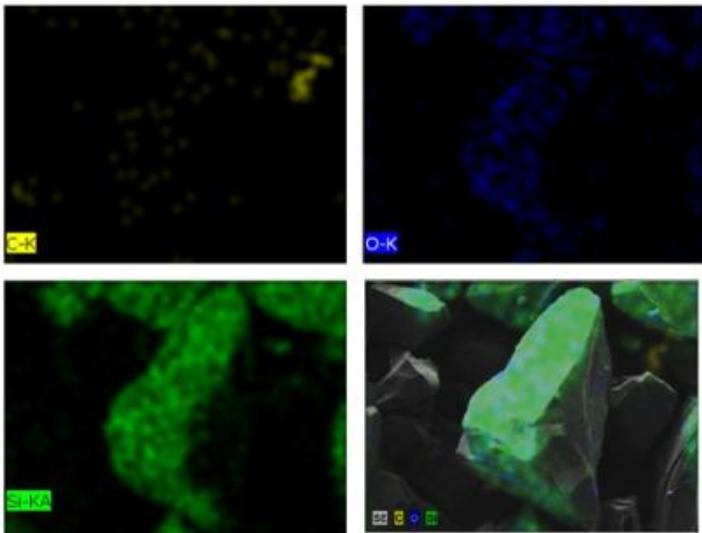
10. Persebaran komposisi penyusun SiC



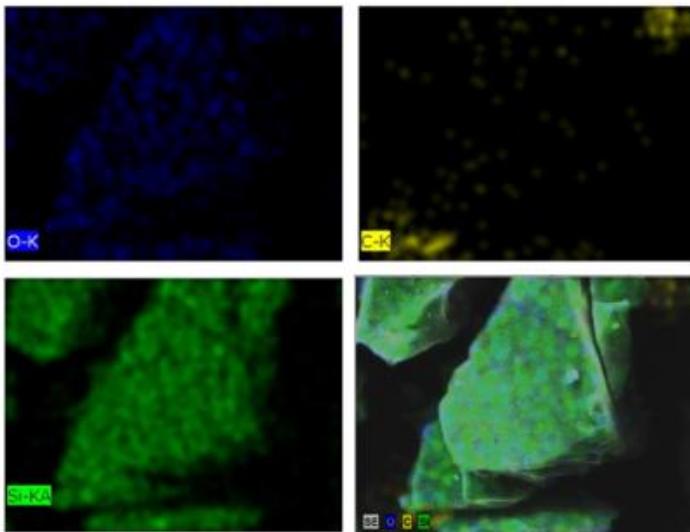
**11. Persebaran komposisi penyusun SiC oksidasi 1200°C,
2 jam**



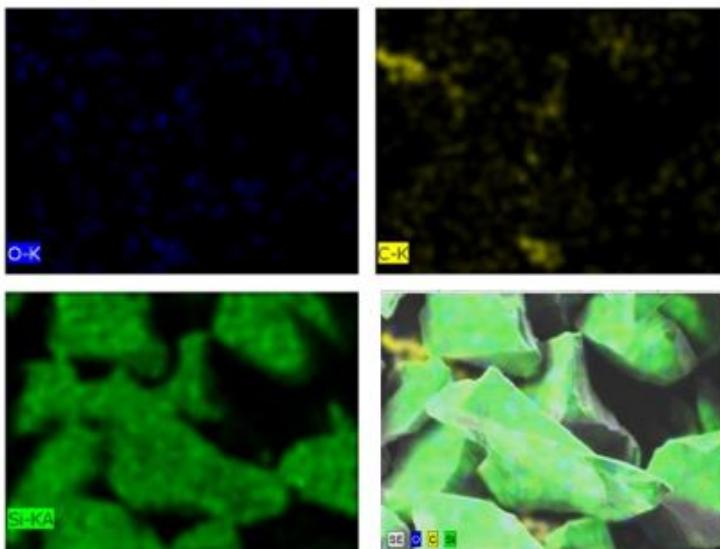
**12. Persebaran komposisi penyusun SiC oksidasi 1200°C,
6 jam**



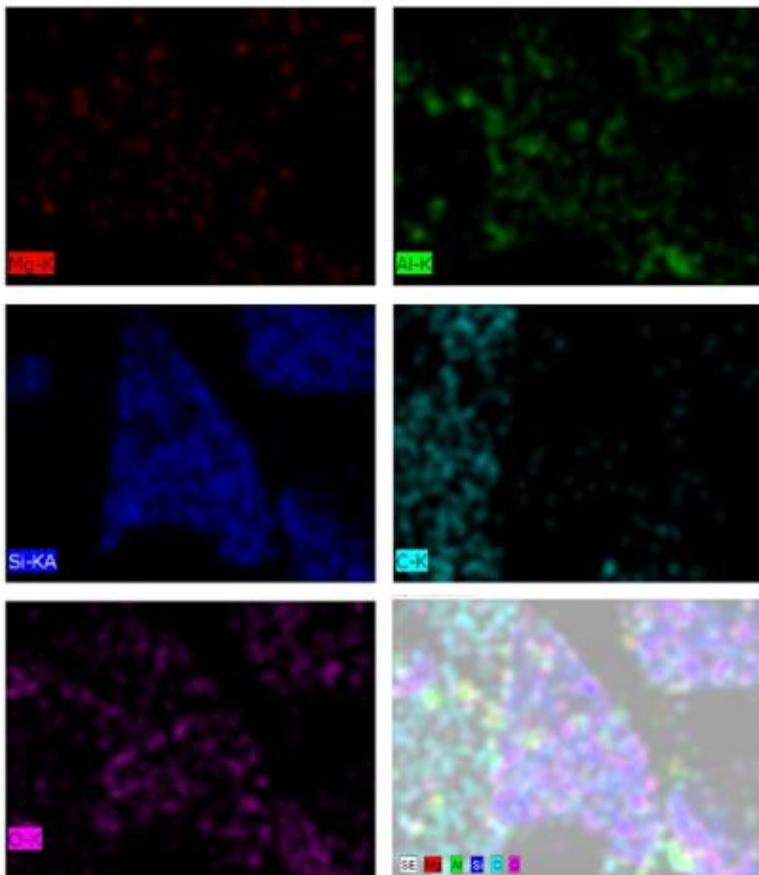
**13. Persebaran komposisi penyusun SiC oksidasi 1200°C,
10 jam**



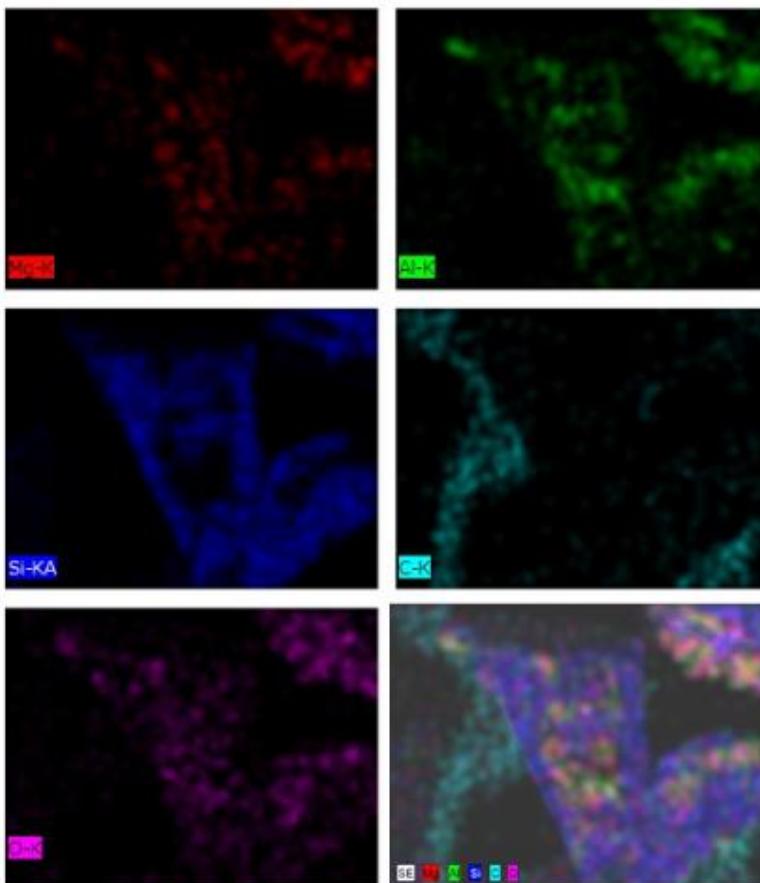
**14. Persebaran komposisi penyusun SiC oksidasi 1200°C,
14 jam**



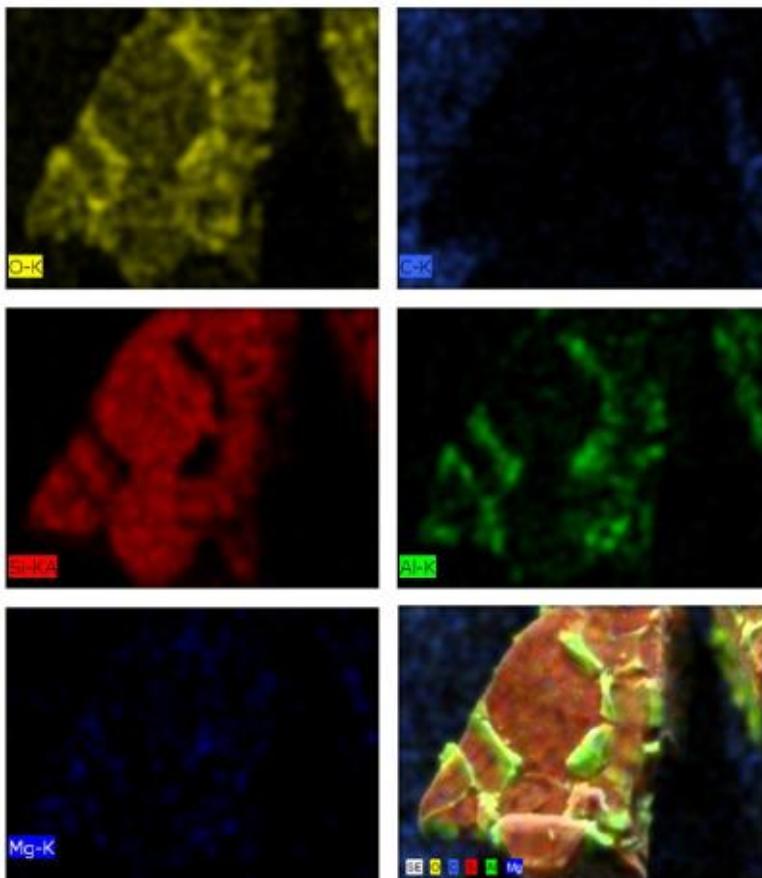
**15. Persebaran komposisi penyusun Spinel + SiC oksidasi
1200°C, 2 jam**



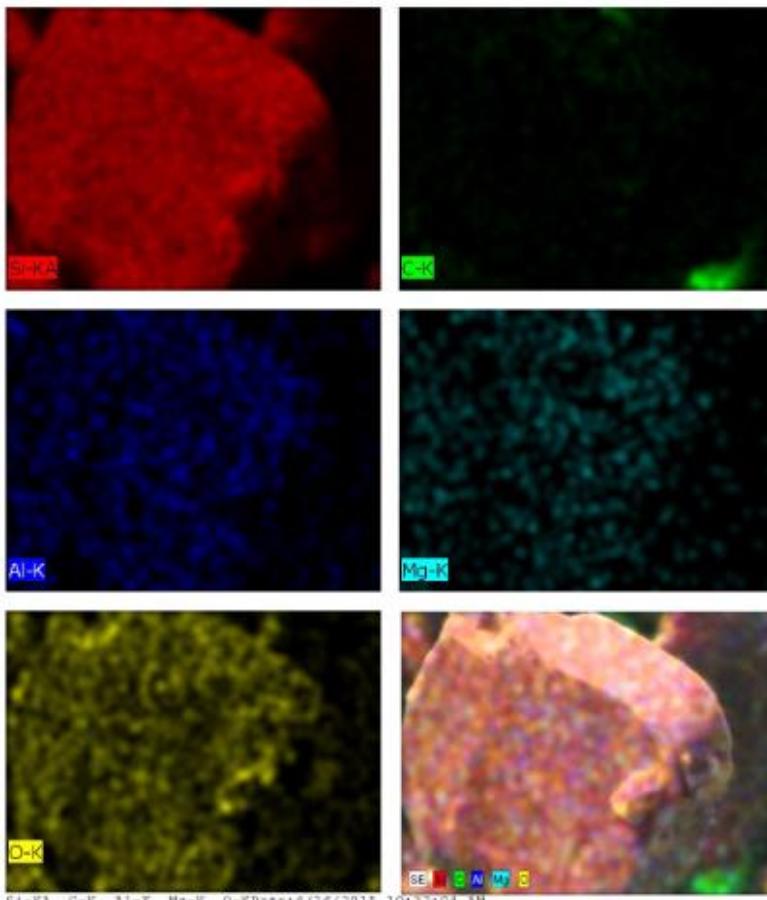
**16. Persebaran komposisi penyusun Spinel + SiC oksidasi
1200°C, 6 jam**



**17. Persebaran komposisi penyusun Spinel + SiC oksidasi
1200°C, 10 jam**



**18. Persebaran komposisi penyusun Spinel + SiC oksidasi
1200°C, 14 jam**

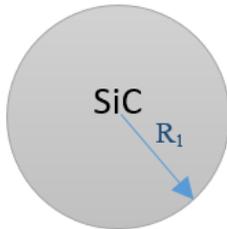


“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN C

Perhitungan ketebalan lapisan SiO₂

1. SiC oksidasi 1200°C, 2 jam



$$\begin{aligned}
 V_{\text{SiC}} &= \frac{4}{3} \pi R_1^3 \\
 &= \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2}\right)^3 \\
 &= \frac{1}{6} \pi D_1^3 \\
 &= \frac{1}{6} \pi (267,8 \cdot 10^{-7})^3 \\
 &= 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Massa 1 partikel SiC

$$\begin{aligned}
 M_{\text{SiC}} &= \rho_{\text{SiC}} \times V_{\text{SiC}} \\
 &= 3,1 \text{ gr/cm}^3 \times 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3 \\
 &= 3,9 \cdot 10^{-15} \text{ gr}
 \end{aligned}$$

1 gram = N x M_{SiC}

$$N = \frac{1}{M_{\text{SiC}}} \text{ partikel}$$

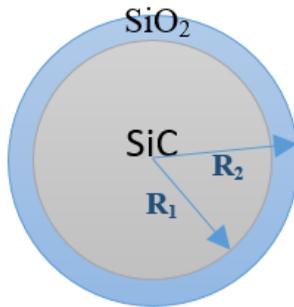
$$N = 2,57 \cdot 10^{+14} \text{ partikel}$$

Ketebalan lapisan oksida (SiO₂) pada permukaan SiC, dimana masa partikel SiC terlapisi SiO₂ → M_{SiC/SiO₂}

$$\begin{aligned}
 M_{\text{SiO}_2} &= M_{\text{SiC/SiO}_2} - M_{\text{SiC}} \\
 &= 15,1 - 15 \\
 &= 0,1 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Sehingga ketebalan lapisan oksida :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{M_{\text{SiO}_2}}{M_{\text{SiC}}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1}{15} \times 100\% \\
 &= 0,67\%
 \end{aligned}$$



$$\frac{4}{3} \pi (R_2 - R_1)^3 = V_{\text{SiO}_2}$$

$$\frac{V_{\text{SiO}_2}}{V_{\text{SiC}}} = P$$

$$V_{\text{SiO}_2} = P \times V_{\text{SiC}}$$

$$= 0,67 \times 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3$$

$$= 8,38 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^3$$

Maka ketebalan lapisan SiO₂ sebesar:

$$\frac{4}{3} \pi (R_2 - R_1)^3 = V_{\text{SiO}_2}$$

$$R_2^3 = V_{\text{SiO}_2} \frac{3}{4\pi} + R_1^3$$

$$R_2 = \left[\left(\frac{3}{4} \frac{V_{SiO_2}}{\pi} \right) + R_1^3 \right]^{1/3}$$

$$R_2 = 1,37 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

Maka tebal lapisan:

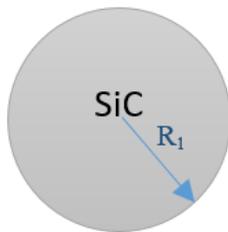
$$T = R_2 - R_1$$

$$T = 1,37 \cdot 10^{-5} \text{ cm} - 1,34 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

$$T = 3,62 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$$

$$T = 3,62 \text{ nm}$$

2. SiC oksidasi 1200°C, 6 jam



$$\begin{aligned} V_{SiC} &= \frac{4}{3} \pi R_1^3 \\ &= \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2} \right)^3 \\ &= \frac{1}{6} \pi D_1^3 \\ &= \frac{1}{6} \pi (267,8 \cdot 10^{-7})^3 \\ &= 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Massa 1 partikel SiC

$$\begin{aligned} M_{SiC} &= \rho_{SiC} \times V_{SiC} \\ &= 3,1 \text{ gr/cm}^3 \times 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3 \\ &= 3,9 \cdot 10^{-15} \text{ gr} \end{aligned}$$

$$1 \text{ gram} = N \times M_{SiC}$$

$$N = \frac{1}{M_{SiC}} \text{ partikel}$$

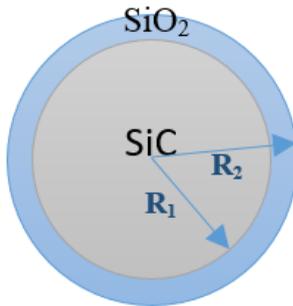
$$N = 2,57 \cdot 10^{14} \text{ partikel}$$

Ketebalan lapisan oksida (SiO_2) pada permukaan SiC, dimana masa partikel SiC terlapis $\text{SiO}_2 \rightarrow M_{\text{SiC/SiO}_2}$

$$\begin{aligned} M_{\text{SiO}_2} &= M_{\text{SiC/SiO}_2} - M_{\text{SiC}} \\ &= 15,1 - 15 \\ &= 0,1 \text{ gr} \end{aligned}$$

Sehingga ketebalan lapisan oksida :

$$\begin{aligned} P &= \frac{M_{\text{SiO}_2}}{M_{\text{SiC}}} \times 100\% \\ &= \frac{0,1}{15} \times 100\% \\ &= 0,67\% \end{aligned}$$



$$\frac{4}{3} \pi (R_2 - R_1)^3 = V_{\text{SiO}_2}$$

$$\frac{V_{\text{SiO}_2}}{V_{\text{SiC}}} = P$$

$$V_{\text{SiO}_2} = P \times V_{\text{SiC}}$$

$$= 0,67 \times 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3$$

$$= 8,38 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^3$$

Maka ketebalan lapisan SiO_2 sebesar:

$$\frac{4}{3} \pi (R_2 - R_1)^3 = V_{\text{SiO}_2}$$

$$R_2^3 = V_{\text{SiO}_2} \frac{3}{4\pi} + R_1^3$$

$$R_2 = \left[\left(\frac{3}{4} \frac{V_{\text{SiO}_2}}{\pi} \right) + R_1^3 \right]^{1/3}$$

$$R_2 = 1,37 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

Maka tebal lapisan:

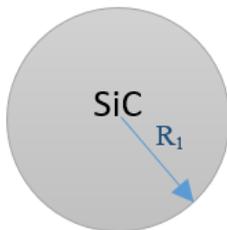
$$T = R_2 - R_1$$

$$T = 1,37 \cdot 10^{-5} \text{ cm} - 1,34 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

$$T = 3,62 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$$

$$T = 3,62 \text{ nm}$$

3. SiC oksidasi 1200°C, 10 jam



$$\begin{aligned} V_{\text{SiC}} &= \frac{4}{3} \pi R_1^3 \\ &= \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2} \right)^3 \\ &= \frac{1}{6} \pi D_1^3 \\ &= \frac{1}{6} \pi (267,8 \cdot 10^{-7})^3 \\ &= 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Massa 1 partikel SiC

$$\begin{aligned} M_{\text{SiC}} &= \rho_{\text{SiC}} \times V_{\text{SiC}} \\ &= 3,1 \text{ gr/cm}^3 \times 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3 \\ &= 3,9 \cdot 10^{-15} \text{ gr} \end{aligned}$$

1 gram = N x M_{SiC}

$$N = \frac{1}{M_{\text{SiC}}} \text{ partikel}$$

$$N = 2,57 \cdot 10^{+14} \text{ partikel}$$

Ketebalan lapisan oksida (SiO_2) pada permukaan SiC, dimana masa partikel SiC terlapisi $\text{SiO}_2 \rightarrow M_{\text{SiC/SiO}_2}$

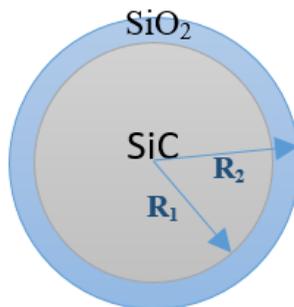
$$\begin{aligned} M_{\text{SiO}_2} &= M_{\text{SiC/SiO}_2} - M_{\text{SiC}} \\ &= 15,22 - 15 \\ &= 0,22 \text{ gr} \end{aligned}$$

Sehingga ketebalan lapisan oksida :

$$P = \frac{M_{\text{SiO}_2}}{M_{\text{SiC}}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,22}{15} \times 100\%$$

$$= 1,47 \%$$



$$\frac{4}{3} \pi (R_2 - R_1)^3 = V_{\text{SiO}_2}$$

$$\frac{V_{\text{SiO}_2}}{V_{\text{SiC}}} = P$$

$$V_{\text{SiO}_2} = P \times V_{\text{SiC}}$$

$$= 1,47 \times 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3$$

$$= 1,84 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3$$

Maka ketebalan lapisan SiO₂ sebesar:

$$\frac{4}{3} \pi (R_2 - R_1)^3 = V_{\text{SiO}_2}$$

$$R_2^3 = V_{\text{SiO}_2} \frac{3}{4\pi} + R_1^3$$

$$R_2 = \left[\left(\frac{3}{4} \frac{V_{\text{SiO}_2}}{\pi} \right) + R_1^3 \right]^{1/3}$$

$$R_2 = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

Maka tebal lapisan:

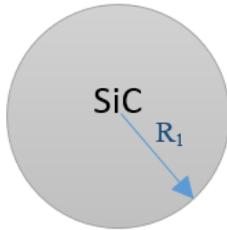
$$T = R_2 - R_1$$

$$T = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ cm} - 1,34 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

$$T = 7,73 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$$

$$T = 7,73 \text{ nm}$$

4. SiC oksidasi 1200°C, 14 jam



$$\begin{aligned}
 V_{\text{SiC}} &= \frac{4}{3} \pi R_1^3 \\
 &= \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2}\right)^3 \\
 &= \frac{1}{6} \pi D_1^3 \\
 &= \frac{1}{6} \pi (267,8 \cdot 10^{-7})^3 \\
 &= 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Massa 1 partikel SiC

$$\begin{aligned}
 M_{\text{SiC}} &= \rho_{\text{SiC}} \times V_{\text{SiC}} \\
 &= 3,1 \text{ gr/cm}^3 \times 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3 \\
 &= 3,9 \cdot 10^{-15} \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$1 \text{ gram} = N \times M_{\text{SiC}}$$

$$N = \frac{1}{M_{\text{SiC}}} \text{ partikel}$$

$$N = 2,57 \cdot 10^{14} \text{ partikel}$$

Ketebalan lapisan oksida (SiO_2) pada permukaan SiC, dimana masa partikel SiC terlapisi $\text{SiO}_2 \rightarrow M_{\text{SiC/SiO}_2}$

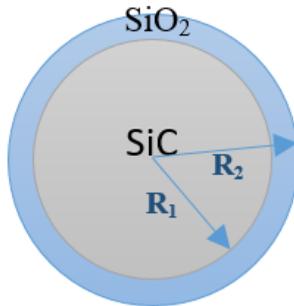
$$\begin{aligned}
 M_{\text{SiO}_2} &= M_{\text{SiC/SiO}_2} - M_{\text{SiC}} \\
 &= 15,31 - 15 \\
 &= 0,31 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Sehingga ketebalan lapisan oksida :

$$P = \frac{M_{\text{SiO}_2}}{M_{\text{SiC}}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,31}{15} \times 100\%$$

$$= 2,07 \%$$



$$\frac{4}{3} \pi (R_2 - R_1)^3 = V_{\text{SiO}_2}$$

$$\frac{V_{\text{SiO}_2}}{V_{\text{SiC}}} = P$$

$$V_{\text{SiO}_2} = P \times V_{\text{SiC}}$$

$$= 2,07 \times 1,26 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3$$

$$= 2,59 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3$$

Maka ketebalan lapisan SiO₂ sebesar:

$$\frac{4}{3} \pi (R_2 - R_1)^3 = V_{\text{SiO}_2}$$

$$R_2^3 = V_{\text{SiO}_2} \frac{3}{4\pi} + R_1^3$$

$$R_2 = \left[\left(\frac{3}{4} \frac{V_{\text{SiO}_2}}{\pi} \right) + R_1^3 \right]^{1/3}$$

$$R_2 = 1,44 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

Maka tebal lapisan:

$$T = R_2 - R_1$$

$$T = 1,44 \cdot 10^{-5} \text{ cm} - 1,34 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

$$T = 1,06 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$$

$$T = 10,6 \text{ nm}$$

LAMPIRAN D

Hasil Pengukuran Menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*)

A. SiC Murni

Sample Details

Sample Name: SiC 2

SOP Name: mansettings.nano

General Notes:

File Name: astrid.dts	Dispersant Name: Water
Record Number: 10	Dispersant RI: 1.330
Material RI: 2.65	Viscosity (cP): 0.8872
Material Absorption: 0.100	Measurement Date and Time: Tuesday, January 20, 2015...

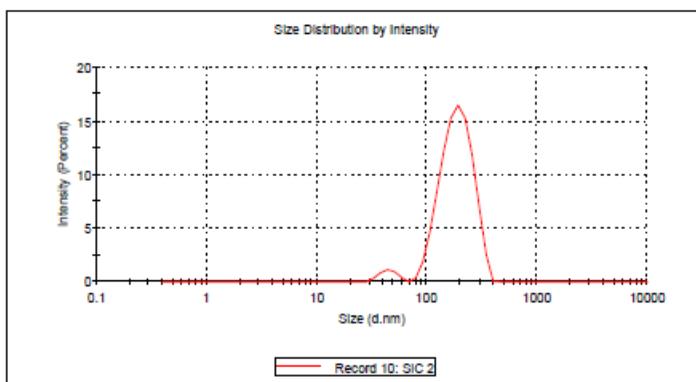
System

Temperature (°C): 25.0	Duration Used (s): 80
Count Rate (kcps): 164.2	Measurement Position (mm): 4.65
Cell Description: Disposable sizing cuvette	Attenuator: 7

Results

	Size (d.nm...)	% Intensity:	St Dev (d.n...
Z-Average (d.nm): 267.8	Peak 1: 192.0	96.3	59.12
PdI: 0.349	Peak 2: 44.89	3.7	7.627
Intercept: 0.930	Peak 3: 0.000	0.0	0.000

Result quality **Refer to quality report**



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN E

Data Referensi Nomor PDF (*Powder Diffraction File*)

A. Fasa SiC

Entry # 96-901-0159

Phase classification

Name	
Mineral Name	Moissanite
Formula	CSi
I/I_{cor}	1.480000
Sample Name	9010158
Quality	C (calculated)

References

Publication

Bibliography	Capitani G. C., Di Pierro S., Tempesta G., "The 6H-SiC structure model: Further refinement from SCXRD data from a terrestrial moissanite Locality: 150 km NW from Izmir, Turkey", <i>American Mineralogist</i> 92 , 403-407 (2007)
---------------------	---

Origin of data

Source of entry	<u>COD (Crystallography Open Database)</u>
Link to orig. entry	<u>9010158</u>

Crystal structure

Crystallographic data

Space group	P 63 m c (186)
Crystal system	hexagonal
Cell parameters	a= 3.0810 Å c= 15.1248 Å

B. Fasa SiO₂

Entry # 96-900-9688

Phase classification

Name	
Mineral Name	Cristobalite
Formula	O ₂ Si
I/Icor	5.770000
Sample Name	9009687
Quality	C (calculated)

References

Publication

Bibliography	Pluth J. J., Smith J. V., Faber J., "Crystal structure of low cristobalite at 10, 293, and 473 K: Variation of framework geometry with temperature Sample: T = 473 K Locality: synthetic", Journal of Applied Physics 57 , 1045-1049 (1985)
---------------------	--

Origin of data

Source of entry	<u>COD (Crystallography Open Database)</u>
Link to orig. entry	<u>9009687</u>

Crystal structure

Crystallographic data

Space group	P 41 21 2 (92)
Crystal system	Tetragonal
Cell parameters	a= 4.9877 Å c= 6.9697 Å
Cell meas. conditions	T= 473.0 K

C. Fasa MgAl₂O₄

Entry # 96-101-0130

Phase classification

Name	Magnesium dialuminium oxide
Formula	Al ₂ MgO ₄
I/Icor	2.000000
Sample Name	1010129
Quality	C (calculated)

References

Publication

Bibliography	, "Ricerche sugli Spinelli.- II. I composti. Cu Al ₂ O ₄ , Mg Al ₂ O ₄ , Mg Fe ₂ O ₄ , Zn Al ₂ O ₄ , Zn Cr ₂ O ₄ , Zn Fe ₂ O ₄ , Mn Fe ₂ O ₄ ", Gazzetta Chimica Italiana 60 , 389-399 (1930)
---------------------	--

Origin of data

Source of entry	COD (Crystallography Open Database)
Link to orig. entry	1010129

Crystal structure

Crystallographic data

Space group	F d -3 m (227)
Crystal system	cubic
Cell parameters	a= 8.0500 Å
Z	8

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis berasal dari Sidoarjo dan dilahirkan pada 20 Juni 1992 dari pasangan Bapak Moch. Noer Ridho dan Ibu Isna Nur Aini. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Muhammadiyah 2 Sidoarjo, SMPN 3 Sidoarjo dan SMAN 4 Sidoarjo. Penulis diterima menjadi mahasiswa jurusan fisika FMIPA-ITS melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 1111100033. Dari tahun kedua sampai tahun ketiga masa perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi mahasiswa. Beberapa organisasi yang sempat ditekuni penulis yaitu sebagai Bendahara II HIMASIKA ITS periode 2012-2013 dan Kepala Departemen Perekonomian HIMASIKA ITS periode 2013-2014. Penulis juga pernah menjadi asisten Laboratorium Fisika Dasar I, asisten Laboratorium Fisika Modern dan asisten Laboratorium Fisika Gelombang. Penulis sering mengisi waktu luang untuk wisata kuliner, nonton film dan jalan-jalan. Akhir kata bila ada kritik dan saran kirim ke: ridlof@yahoo.co.id

“Halaman ini sengaja dikosongkan”