

# PENYIAPAN SERBUK KOMPOSIT KORUNDUM-TITANIUM KARBIDA ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC) SEBAGAI BAHAN ABRASIF

## *Powder Preparation of Corundum-Titanium Carbide Composites ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC) as Abrasive Materials*

FRANK EDWIN dan SUBARI

Balai Besar Keramik  
Jalan Jend. Achmad Yani 392 Bandung 40272  
Telp.(022)7206221  
e-mail : [frankedwin@gmail.com](mailto:frankedwin@gmail.com)

### ABSTRAK

Produksi bahan abrasif belum ada di Indonesia dan bahan tersebut masih diimpor. Karena itu penelitian pembuatan komposit korundum-titanium karbida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC) sebagai bahan baku abrasif berupa serbuk telah dilakukan menggunakan campuran alumina dan titania melalui reaksi aluminotermik. Komposit dibuat dengan mereaksikan  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan serbuk logam Al sebagai sumber Al, dan  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Ti}(\text{OH})_4$  sebagai sumber Ti, serta sukrosa sebagai sumber karbon dengan variasi temperatur pembakaran reduksi pada suhu 1000 °C, 1300 °C dan 1450 °C. Secara visual komposisi (K-3) memberikan hasil terbaik dengan homogenitas warna abu-abu tua (indikasi adanya karbon bebas) pada suhu kalsinasi 800 °C. Hasil analisis X-RD terhadap komposit K-3 yang teridentifikasi ada 4 mineral utama yaitu korundum, rutil, anatase dan aluminium titanium oksida. Sedangkan fasa titanium karbida (TiC) pada komposit tersebut muncul dengan intensitas sangat kecil pada sudut 2 $\theta$  sekitar 36,4° dan 42°. Hasil analisis *SEM Mapping* menunjukkan intensitas dari elemen aluminium, titanium dan karbon yang cukup tinggi pada suhu pembakaran optimum 1450 °C. Komposisi kimia yang diperoleh dari analisis *SEM X-Ray* secara kuantitatif terhadap komposit K-3 adalah:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  18,74 %;  $\text{TiO}_2$  69,36 %; C 5,56 % dan sisanya sebesar 6,34 % adalah TiC yang diduga bersifat amorf. Komposit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC) yang dihasilkan masih belum memenuhi harapan disebabkan kondisi suhu pembakaran reduksinya sulit dipertahankan sehingga kemungkinan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC yang terbentuk semakin kecil dan cenderung membentuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -  $\text{TiO}_2$ .

Kata kunci: komposit korundum-titanium karbida, abrasif, reaksi aluminotermik.

### ABSTRACT

*There is no abrasive material production in Indonesia and the material is still imported. Corundum-Titanium Carbide composite as an abrasive material has been tested in the form of powder by using a mixture of alumina and titania through aluminothermic reaction. The composite was prepared by reacting  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and Al metal powder as a source of Al, and  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Ti}(\text{OH})_4$  and sucrose as a source of carbon with a variety of reduction firing temperature of 1000 °C, 1350 °C and 1450 °C. Based on its physical property, a composite K-3 was the best composition having dark grey colour and did not decompose (carbon-free) during calcinations at the temperature of 800 °C. The result of X-RD analysis of the composite K-3 indicates that there are four main minerals well identified namely corundum, rutile, anatase, and titanium aluminium oxide, whereas titanium carbide (TiC) phase on the composite appeared with a small peak intensity at the corner of 2 $\theta$  approximately 36.4 ° and 42 °. The results of Mapping SEM analysis provided high peak intensity of such elements of aluminium, titanium, and carbon at the optimum temperature of 1450 °C. The chemical composition of the composite K-3 analyzed by a quantitative X-Ray SEM method yield 18.74 % of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 69.36 % of  $\text{TiO}_2$ ; 5.56 % of C, and 6.34 % of allegedly amorphous TiC. Composite ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC) generated still*

*do not to meet expectations due to the difficulties in maintaining the condition of reduction firing temperature that formed  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  smaller and tended to form  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$ .*

*Keywords: corundum-titanium carbide composite, abrasive, aluminothermic reaction.*

## PENDAHULUAN

Produk bahan abrasif berupa butiran mineral seperti *corundum*, *silicon carbide*, *silicon nitride* dan lain sebagainya untuk penggunaan umum seperti *grindstones* (gurinda), *polishing*, *cutting tools*, pengeboran, pengasahan dan pengampelasan sudah banyak digunakan dalam berbagai teknologi industri dan aplikasi domestik. Namun sampai saat ini, pengadaan bahan abrasif tersebut masih diimpor karena belum ada industri dalam negeri yang memproduksi. Untuk menunjang pemenuhan kebutuhan bahan-bahan abrasif tersebut dilakukan penelitian untuk membuat jenis abrasif dengan sistem komposit dari campuran alumina dan titania yang diproses/disintesis dalam bentuk *korundum-titanium karbida*.

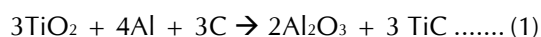
$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  atau korundum merupakan salah satu material keramik oksida yang paling penting dan sangat luas penggunaannya. korundum yang padat dan sinter memiliki karakteristik seperti kekuatan mekanis dan kekerasan yang tinggi, stabil terhadap suhu, ketahanan pakai/aus yang tinggi baik dalam suasana netral dan oksidasi, ketahanan terhadap korosi yang baik bahkan pada suhu yang tinggi, sehingga cocok digunakan sebagai bahan untuk *cutting tools*, *ceramic lining*, *polishing materials* atau gurinda (Frischholz, 2004; Dobrzanski and Mikuła, 2005; Patel, Pandey dan Rao, 2009; Garshin dkk., 2015; Pawar, Ballav dan Kumar, 2015).

Titanium karbida (TiC) adalah salah satu material keramik non oksida yang memiliki kekerasan tinggi, ketahanan deformasi pada suhu tinggi, ketahanan korosi, ketahanan pakai/aus yang tinggi, dan titik lebur yang tinggi, meskipun rentan teroksidasi menjadi logam oksida dan  $\text{CO}_2$ . Namun demikian, TiC dapat digunakan sebagai bahan untuk *cutting tools* dan *wear-resistant coating* (Krell dan Klaffke, 1996; Dobrzanski dan Mikuła, 2005).

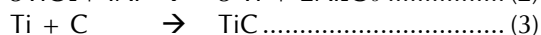
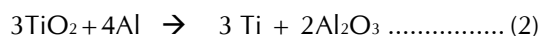
Komposit dari gabungan kedua material keramik tersebut ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ ) diharapkan dapat memiliki sifat yang lebih unggul dari jenis abrasif lainnya. Komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  ini dibuat

untuk menghasilkan kombinasi sifat ketahanan yang tinggi terhadap suhu, ketahanan aus/pakai yang tinggi, dan ketahanan yang baik terhadap korosi (Kaga dan Koc, 2007). Secara praktis komposit ini dapat dibuat dengan berbagai metode campuran bahanyang terdiri dari dua atau lebih konstituen yang berbeda sifat fisik atau kimianya, digabungkan atau dikombinasikan dalam perbandingan secara *macroscopic* untuk menghasilkan suatu bahan yang memiliki sifat dan karakteristik yang diinginkan, dan masing-masing konstituen tersebut berdiri sendiri secara terpisah di dalam struktur akhir produk (Kamiya dkk., 2001; Cai dkk., 2002).

Beberapa parameter penting telah digunakan untuk mensintesis serbuk komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ , meliputi distribusi ukuran partikel, morfologi, keadaan aglomerasinya dan kemurniannya (Bowen dan Derby, 1996; Carter dan Norton, 2007). Pembuatan serbuk  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  yang dipandang murah dapat dihasilkan dari campuran serbuk titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ), aluminium (Al), dan karbon yang dibakar secara netral atau reduksi, akan tetapi produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang terbatas. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan *precursor* yang lebih aktif dalam pembentukan komposit tersebut, seperti menggunakan sistem campuran *gel-solid-gel*, *gel-gel* maupun sistem *solid-liquid*. Sebagai produk akhir dari penelitian, dipilih salah satu dari sistem tersebut. Reaksi dasar yang diikuti adalah sebagai berikut:



Sintesis  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  melalui reaksi aluminothermik ini umumnya terjadi dalam dua tahap, seperti reaksi berikut :



Pada reaksi (2), leburan aluminium akan mereduksi partikel padatan  $\text{TiO}_2$  menjadi titanium. Panas yang dihasilkan dari reaksi (2) menyuplai energi yang dibutuhkan untuk

terjadinya reaksi yang ke (3), yaitu titanium tereduksi bereaksi dengan karbon (C) bebas membentuk TiC.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat serbuk komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  sebagai bahan abrasif menggunakan bahan baku lokal, diharapkan bisa mensubstitusi bahan abrasif dari luar (impor), serta menunjang kemungkinan pendirian industri abrasif di dalam negeri.

## METODE

### Bahan dan Alat

Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas alumina A12 (*coarse grain alpha alumina*),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  p.a,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Ti}(\text{OH})_4$ , *carbon black*, ethanol 95%, sukrosa, serbuk aluminium,  $\text{AlCl}_3$  dan bahan pembantu seperti gas LPG, gas argon/nitrogen, pipa alumina.

Peralatan yang digunakan antara lain *alumina pot mill*, *glass ware*, kertas saring *whatman*, kertas pH universal, masker, *mortar/stick*, tungku gas 1500 °C. Sedangkan instrumen yang digunakan adalah *X-Ray Diffraction* (X-RD) dan *Scanning Electrone Microscope* (SEM).

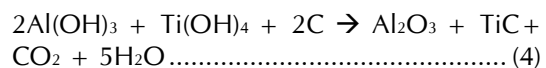
Percobaan dilakukan dalam 3 tahap. Tahap 1 penyiapan *precursor*, tahap 2 pembuatan komposit dan tahap 3 karakterisasi komposit. Parameter yang dipakai untuk penelitian pembuatan komposit ini adalah suhu pembakaran dan perbandingan kadar (%) alumina dan titanium pada campuran komposit.

### Penyiapan *Precursor*

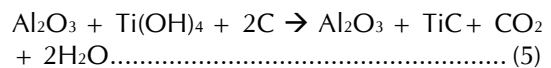
Sebagai bahan dasar digunakan 2 bahan alumina yang berbeda, yaitu menggunakan serbuk logam aluminium untuk pembuatan komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  melalui reaksi aluminotermik dan serbuk alumina untuk pembuatan komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  secara konvensional. Penyiapan *precursor* dengan serbuk logam aluminium untuk pembuatan komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  melalui proses reaksi aluminotermik dilakukan dengan variasi komposisi campuran  $\text{TiO}_2$ , serbuk logam aluminium dan serbuk karbon (C) dengan perbandingan tertentu menurut perhitungan stokiometri seperti terlihat pada Tabel 1.

### Pembuatan Komposit $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$

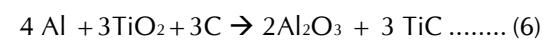
Ada 4 komposisi dengan kode K-1, K-2, K-3 dan K-4, dirancang untuk sintesis komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (Tabel 1). Nilai  $\Delta G$  persamaan reaksi yang dianut untuk pembuatan komposit (K1), (K2), (K3) dan (K4) tidak dibahas secara termodinamis karena variabel dalam kondisi tersebut sulit diamati. Persamaan reaksi yang dianut untuk pembuatan komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (K-1) dari bahan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dan  $\text{Ti}(\text{OH})_4$  adalah sebagai berikut :



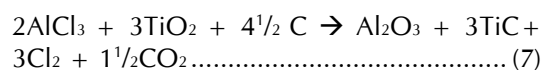
Persamaan reaksi yang dianut untuk pembuatan komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (K-2) dari bahan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Ti}(\text{OH})_4$  adalah



Persamaan reaksi yang dianut untuk pembuatan komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiC}$  (K-3) dari bahan Al dan  $\text{TiO}_2$  adalah



Persamaan reaksi yang dianut untuk pembuatan komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (K-4) dari bahan  $\text{AlCl}_3$  dan  $\text{TiO}_2$  adalah



Masing-masing komposisi dicampurkan dalam media basa ( $\text{pH} > 8$ ) dengan alat pencampur selama 4 jam. Campuran tersebut kemudian disaring dan dikeringkan untuk menghasilkan *mixed precursor*. Keempat *mixed precursor* yang dihasilkan selanjutnya dibuat benda coba, kemudian ditempatkan dalam pipa alumina dan ditaburi sejumlah tertentu karbon. Komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  dihasilkan melalui reaksi aluminotermik yang terjadi pada saat proses pembakaran. Proses pembakaran dilaksanakan pada suhu 1000°C, 1300°C, dan 1450°C, dengan waktu penahanan masing-masing selama 2 jam. Proses pembakaran dilakukan dengan aliran gas argon, kemudian proses pendinginannya dilaksanakan dengan tingkat kecepatan pendinginan 4°C/min.

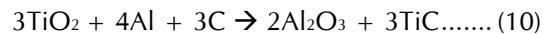
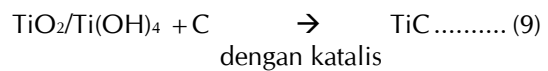
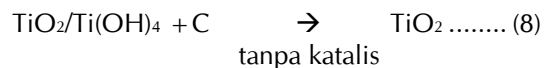
### Karakterisasi Komposit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC

Keempat komposit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC berupa serbuk dengan kode K-1, K-2, K-3 dan K-4 yang masing-masing dibakar pada suhu 1000 °C, 1300 °C dan 1450 °C kemudian dianalisis mineral dengan alat *X-RD*. Sedangkan untuk analisis morfologi secara kuantitatif dilakukan dengan alat *SEM mapping* dan *SEM X-Ray* hanya untuk komposit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC dengan kode K-3 dan K-4 yang dianggap terbaik dari hasil identifikasi mineral dengan *X-RD*. Alur proses sintesis komposit alumina - titanium karbida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC) dapat dilihat pada Gambar 1.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

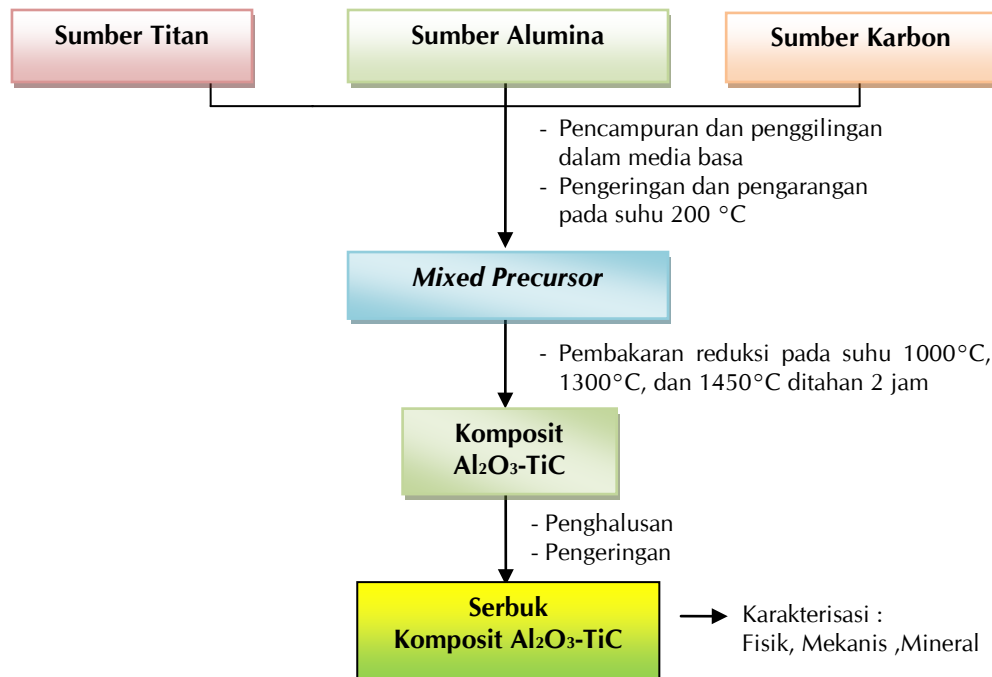
Sebanyak 4 komposisi dengan kode K-1, K-2, K-3 dan K-4, telah dirancang untuk sintesis komposit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC seperti terlihat pada Tabel

1. Dari hasil percobaan keempat komposisi sintesis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC yang telah dirancang tersebut menunjukkan bahwa komposisi K-3 dan K-4 memiliki kualitas yang lebih baik dibanding dengan komposisi K-1 dan K-2. Hal ini diakibatkan oleh kondisi molekuler yang berbentuk oksida atau hidroksida cukup besar dan stabil pada pembakaran untuk melepaskan H<sub>2</sub>O membentuk oksida (Al<sub>2</sub>TiO<sub>5</sub>). Apabila kondisi ini tidak diberi katalis asam, maka pembentuk senyawa titanium karbida agak terhambat, dan reaksi cenderung membentuk oksidanya.



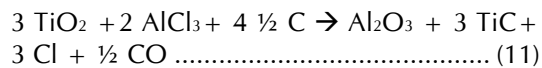
Tabel 1. Komposisi sintesis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC

Komposisi	Sumber Al (gram)				Sumber Ti (gram)		Sukrosa (gram)	Suasana
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	Al	AlCl <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Ti(OH) <sub>4</sub>		
K-1	-	950,1	-	-	-	703,1	346,8	Asam/netral/basa
K-2	742,1	-	-	-	-	843,8	414,1	Asam/netral/basa
K-3	-	-	498,3	-	1107,4	-	394,2	-
K-4	-	-	-	840,7	755,7	-	403,5	-



Gambar 1. Alur proses pembuatan komposit korundum-titanium karbida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC)

Pemakaian bahan alumina memberi reaksi yang sangat aktif pada kondisi pembakaran netral sampai oksidasi, sehingga apabila mekanisme ini dipertahankan dengan sumber karbon (reduksi) yang cukup, maka TiC yang terbentuk akan lebih banyak. Tetapi pada kondisi pembakaran oksidasi, maka kemungkinan TiC yang terbentuk semakin kecil, dan akhirnya akan terbentuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{TiO}_2$ . Sedangkan pada komposisi 4, reaksi kimia yang terjadi adalah



Seperti halnya dengan Al,  $\text{AlCl}_3$  memberikan reaksi yang mirip dengan komposisi K-3, dimana garam  $\text{AlCl}_3$  akan mengarah pada pembentukan Al (logam bebas) pada kondisi pembakaran reduksi, apabila terdapat sumber karbon yang cukup mekanismenya mirip dengan komposisi K-3, namun perlu diperhatikan pula sifat senyawa  $\text{AlCl}_3$  yang bersifat higroskopis dan korosif mengeluarkan gas klor yang berbahaya bagi pengguna sehingga penggunaan alat pelindung diri sangat dianjurkan. Demikian pula saat pencampuran bahan  $\text{AlCl}_3$ , karena reaksinya bersifat eksotermis (menghasilkan panas).

## Analisis X-RD

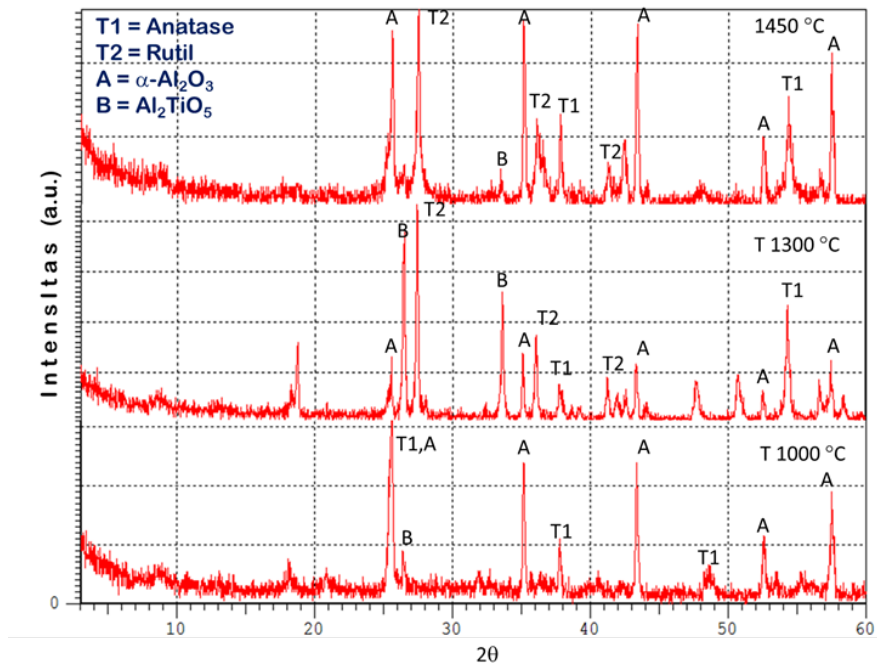
Hasil analisis X-RD terhadap keempat komposit dengan variasi suhu pembakaran 1000 °C, 1300 °C dan 1450 °C menunjukkan, pada umumnya telah terbentuk fasa mineral korundum, rutil, anatase dan aluminium titanium oksida (Tabel 2).

Difraktogram hasil X-RD dari komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC (K-3) yang dibakar pada suhu 1000°C, 1300 °C dan 1450°C, dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

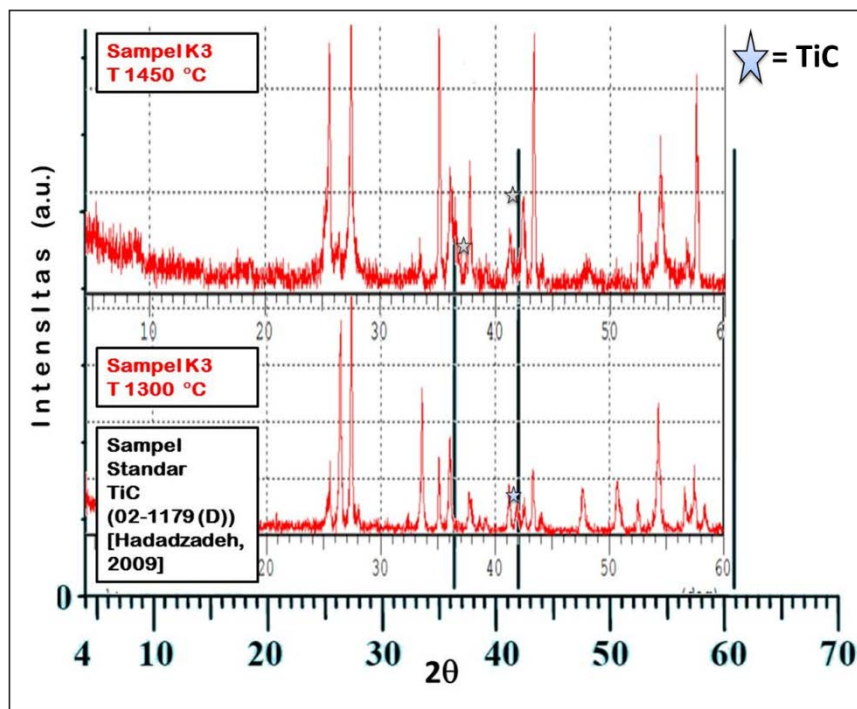
Berdasarkan hasil analisis XRD tersebut, dapat diidentifikasi tiga fasa mineral yang terbentuk pada komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC (K-3), yaitu pada suhu pembakaran 1000 °C telah terbentuk mineral korundum ( $\alpha$ -Alumina), anatase dan aluminium titanium oksida. Pada suhu pembakaran 1300 °C telah terbentuk empat fasa mineral yaitu mineral korundum, aluminium titanium oksida, anatase dan rutil. sedangkan pada suhu pembakaran 1450 °C telah terbentuk lima fasa mineral yaitu korundum, rutil, anatase, aluminium titanium oksida dan titanium karbida. Fasa titanium karbida (TiC) yang terbentuk pada suhu 1450 °C untuk sampel K-3 (Gambar 3 tanda bintang) menunjukkan intensitas puncak yang kecil/lemah pada sudut  $2\theta$  (36,4 dan 42 derajat), karena diduga bersifat amorf.

Tabel 2. Hasil analisis X-RD komposit korundum - titanium karbida

No.	Kode Contoh	Suhu Reduksi , °C	Komposisi Mineral
1.	K-1	1000	Anatase,Rutil, $\text{Al}_2\text{TiO}_5$
2.	K-1	1300	Rutil, Korundum ( $\alpha$ -Alumina), $\text{Al}_2\text{TiO}_5$
3.	K-1	1450	Rutil, Korundum ( $\alpha$ -Alumina), $\text{Al}_2\text{TiO}_5$
4.	K-2	1000	Rutil, Korundum ( $\alpha$ -Alumina), Anatase, $\text{Al}_2\text{TiO}_5$
5.	K-2	1300	Rutil, Korundum ( $\alpha$ -Alumina), Anatase, $\text{Al}_2\text{TiO}_5$
6.	K-2	1450	Rutil, Korundum( $\alpha$ -Alumina), Anatase,
7.	K-3	1000	Anatase, Korundum( $\alpha$ -Alumina), $\text{Al}_2\text{TiO}_5$
8.	K-3	1300	Korundum ( $\alpha$ -Alumina), $\text{Al}_2\text{TiO}_5$ , Anatase, Rutil
9.	K-3	1450	Korundum ( $\alpha$ -Alumina), Rutil, Anatase, $\text{Al}_2\text{TiO}_5$ , TiC
10.	K-4	1000	Korundum ( $\alpha$ -Alumina), $\text{Al}_2\text{TiO}_5$
11.	K-4	1300	Rutil, Korundum ( $\alpha$ -Alumina), $\text{Al}_2\text{TiO}_5$
12.	K-4	1450	Rutil, Korundum ( $\alpha$ -Alumina).



Gambar 2. Analisis X-RD komposit (K-3) pada suhu 1000 °C, 1300 °C dan 1450 °C.



Gambar 3. Hasil analisis X-RD komposit (K-3) pada suhu 1300 dan 1450 °C, dibandingkan dengan hasil X-RD dari sampel standar TiC (\*)

Masalah utama dalam pembuatan komposit jenis karbida ini adalah sulitnya mempertahankan kondisi suhu pembakaran

reduksinya. TiC rentan teroksidasi menjadi logam oksida karena pada proses pembakaran reduksi dengan bantuan gas argon, ada

kemungkinan terjadi kebocoran dengan masuknya oksigen pada saat proses pembakaran, sehingga terbentuk logam oksida seperti titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dalam bentuk mineral rutil atau anatase. Komposisi campuran bahan dicetak dengan penambahan CMC sebagai bahan pengikat dan diletakkan dengan wadah refraktori (*combustion boat*) yang ditempatkan dalam pipa di dalam tungku seperti terlihat pada Gambar 4. Pipa tersebut kemudian dialiri gas argon dan dibakar untuk mencegah/mengurangi terjadinya oksidasi karbon menjadi  $\text{CO}_2$ . Kelemahan cara pembakaran seperti ini yaitu jumlah sampel yang bisa digunakan hanya sedikit. Oleh karena itu, pembakaran ini kemudian dimodifikasi dengan menempatkan contoh dalam wadah refraktori yang lebih besar (*capsule*) yang dibungkus dengan aluminium foil yang ditaburi karbon aktif seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Penempatan sampel uji pada wadah refraktori (*combustion boat*).



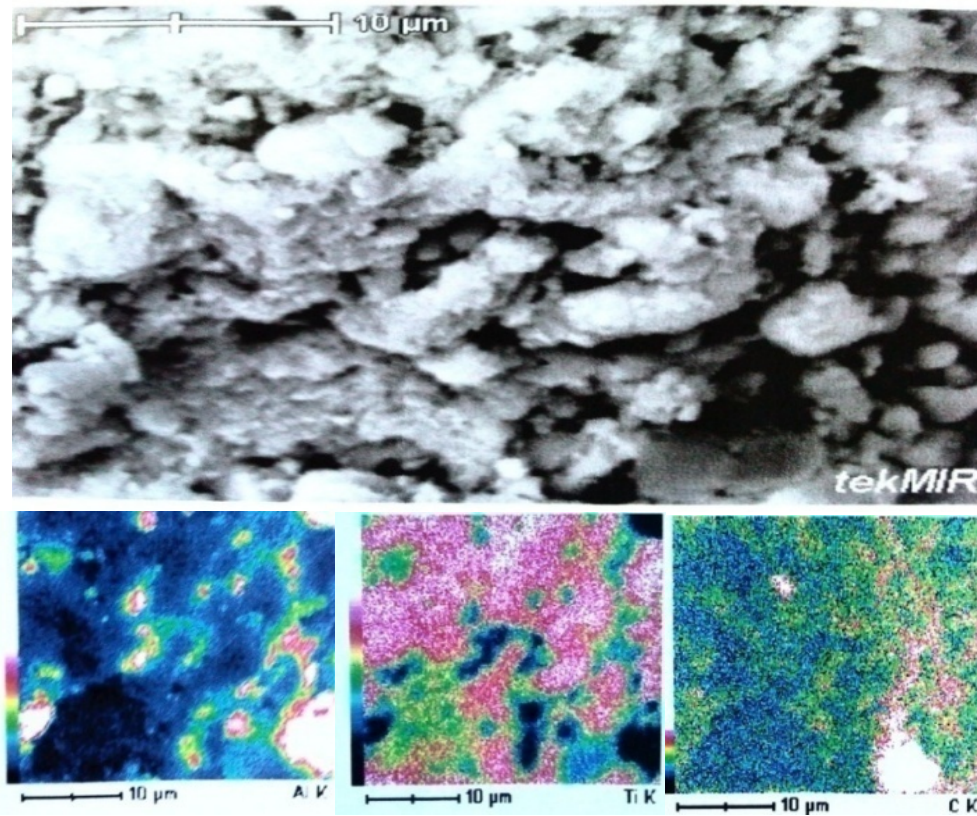
Gambar 5. Wadah refraktori (*capsule*) dibungkus aluminium foil

### Analisis SEM Mapping/ X-Ray

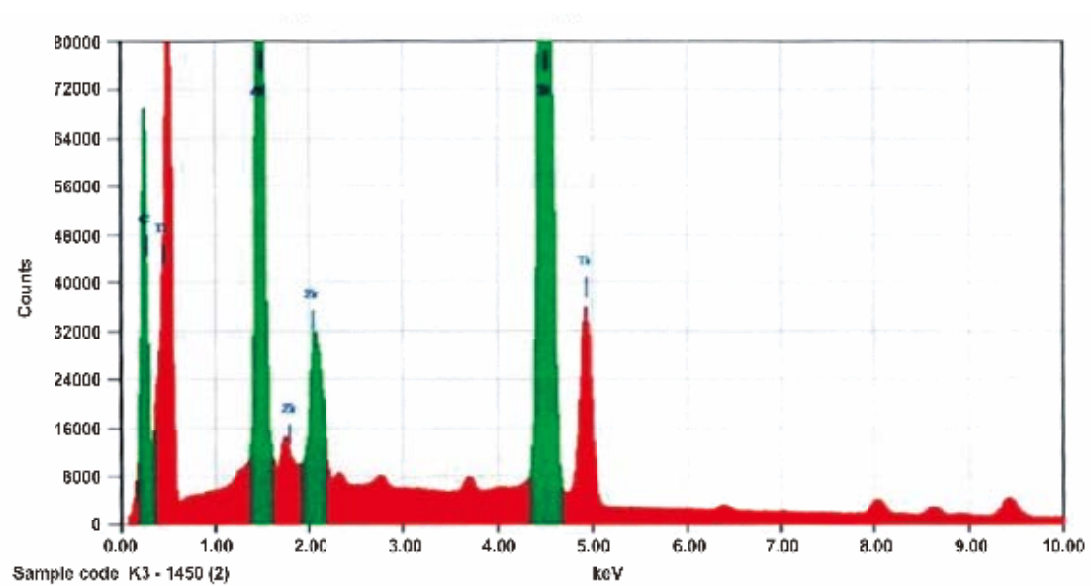
Hasil analisis *SEM Mapping* dan *SEM X-Ray* dilakukan hanya untuk komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  dengan kode K-3 dan kode K-4 yang dianggap terbaik dari hasil analisis *X-RD*. Pada Gambar 6 *SEM mapping* untuk komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (K-3), terlihat aglomerasi dari sebaran elemen aluminium, titanium dan karbon (warna merah), berukuran butir antara 1 – 10  $\mu\text{m}$  dengan diameter rongga pori berkisar 1 – 5  $\mu\text{m}$  pada suhu pembakaran optimum 1450 °C. Hasil analisis SEM X-Ray. sampel K-3 pada Gambar 6 memperlihatkan intensitas puncak yang cukup tinggi dari elemen aluminium, titanium dan karbon pada suhu pembakaran optimum 1450°C. Metode pembakaran ini bisa memuat contoh lebih banyak, namun hasilnya masih kurang memuaskan. Karbon yang terbentuk diduga merupakan fase dari titanium karbida yang terbentuk, mengingat setelah dibakar pada suhu 1450 °C sampel kemudian dikalsinasi pada suhu 800 °C untuk menghilangkan karbon aktifnya. Hal ini didukung oleh hasil *X-RD* bahwa tidak ada grafit yang terbentuk. Komposisi kimia yang diperoleh dari hasil analisis SEM X-Ray (Gambar 7) secara kuantitatif terhadap komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (K-3) adalah  $\text{Al}_2\text{O}_3$  18,74 %;  $\text{TiO}_2$  69,36 %; C 5,56 % dan sisanya sebesar 6,34 % diduga adalah TiC yang bersifat amorf. Standar spesifikasi abrasif di industri masing-masing memiliki variasi yang cukup lebar untuk rasio  $\text{Al}_2\text{O}_3$  terhadap TiC sesuai dengan penggunaannya sehingga tidak dinyatakan berdasarkan perbandingan tertentu komponen  $\text{Al}_2\text{O}_3$  terhadap TiC.

Sedangkan Gambar 8 *SEM mapping* untuk komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (K-4) hanya terlihat sebaran dari elemen aluminium dan titanium (warna merah) tanpa karbon pada suhu pembakaran optimum 1450 °C. Hasil analisis SEM X-ray pada Gambar 9 untuk komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (K-4) memperlihatkan puncak dari elemen aluminium dan titanium dengan intensitas yang cukup tinggi pada suhu pembakaran optimum 1450 °C. Komposisi kimia yang diperoleh dari analisis SEM X-ray terhadap komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (K-4) secara kuantitatif adalah  $\text{Al}_2\text{O}_3$  25,71%;  $\text{TiO}_2$  68,80% dan pengotor 4,62% yang diduga adalah titanium karbida yang bersifat amorf.



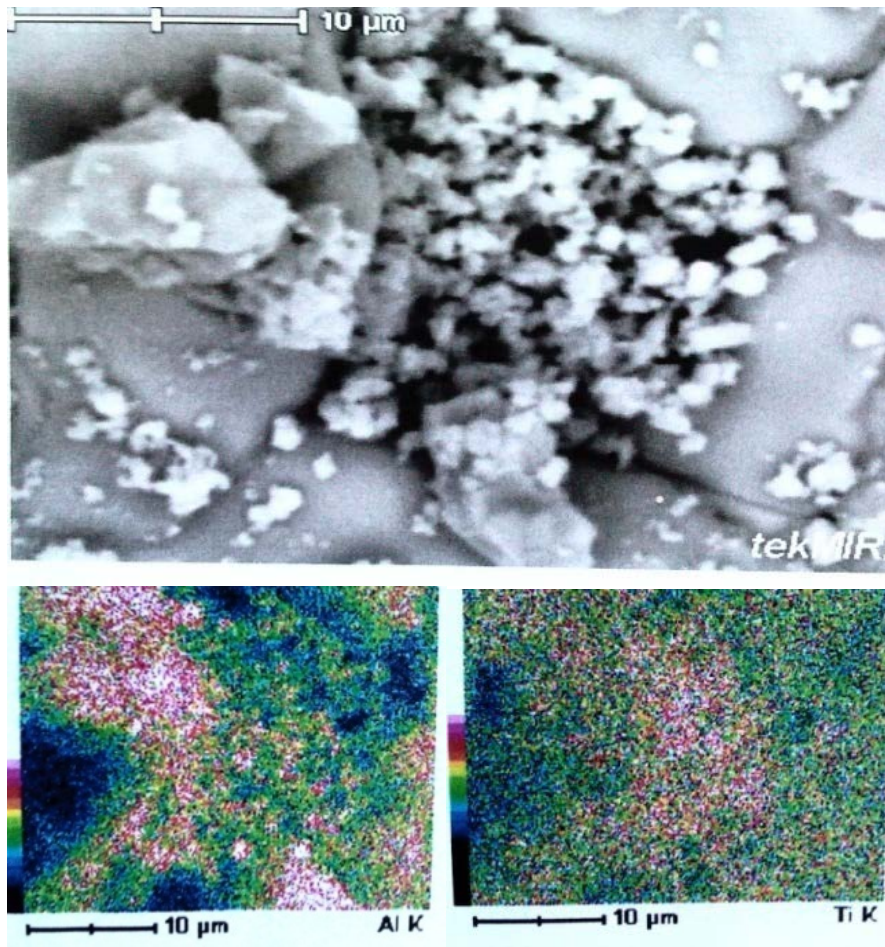


Gambar 6. SEM mapping komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (K-3) pada suhu pembakaran 1450 °C

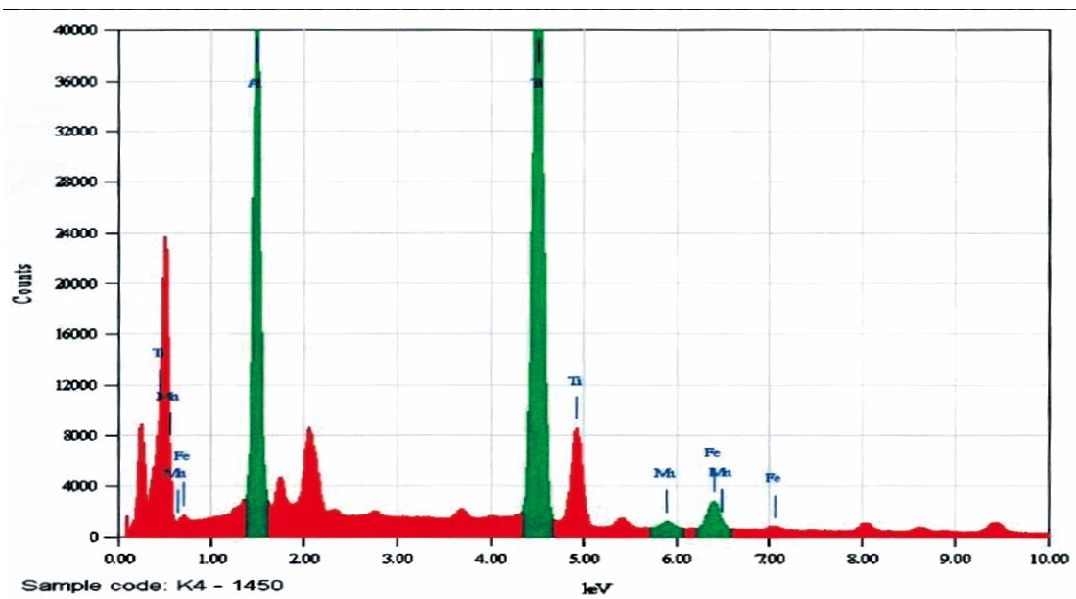


Gambar 7. SEM X-ray komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$  (K-3) pada suhu pembakaran 1450 °C





Gambar 8. SEM mapping komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC (K-4) pada suhu 1450 °C.



Gambar 9. SEM X-ray komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC (K-4) pada suhu 1450 °C.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Komposit korundum-titanium karbida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC) dapat disintesis dengan mereaksikan  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan serbuk logam Al sebagai sumber Al, sedangkan  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{Ti}(\text{OH})_4$  sebagai sumber Ti, serta sukrosa sebagai sumber karbon.

Komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC (K-3) memberikan hasil terbaik dilihat dari sifat fisik yaitu adanya karbon bebas yang tidak teroksidasi saat dikalsinasi pada suhu 800 °C dengan ciri warna abu-abu tua. Komposisi kimia yang diperoleh dari analisis SEM X-ray secara kuantitatif adalah  $\text{Al}_2\text{O}_3$  18,74%;  $\text{TiO}_2$  69,36% dan C 5,56 %, dan sisanya sebesar 6,34 % diduga adalah TiC yang bersifat amorf. Meskipun kristal TiC belum terbentuk sempurna, namun komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC ini masih dapat digunakan sebagai bahan abrasif karena mengandung mineral korundum yang dominan.

### Saran

Untuk menghasilkan komposit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC yang optimal maka kondisi pembakaran reduksi perlu dipertahankan dengan cara mencegah kemungkinan adanya kebocoran/masuknya oksigen pada saat proses pembakaran.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada rekan-rekan satu tim di Balai Besar Keramik atas kerjasama penelitiannya dan kepada redaksi Jurnal tekMIRA, walau belum sempurna, tetapi telah banyak membantu hingga terwujudnya karya tulis ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowen, C. R. and Derby, B. (1996) "The formation of TiC/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  microstructures by a self-propagating high-temperature synthesis reaction," *Journal of Materials Science*, 31(14), pp. 3791–3803. doi: 10.1007/BF00352794.
- Cai, K. F., McLachlan, D. S., Axen, N. and Manyatsa, R. (2002) "Preparation,

microstructures and properties of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC composites," *Ceramics International*, 28(2), pp. 217–222. doi: 10.1016/S0272-8842(01)00080-3.

Carter, C. B. and Norton, M. G. (2007) *Ceramic materials: Science and engineering*. New York, NY: Springer New York. doi: 10.1007/978-0-387-46271-4.

Dobrzanski, L. A. and Mikula, J. (2005) "Structure and Properties of PVD and CVD Coated  $\text{Al}_2\text{O}_3$ +TiC Mixed Oxide Tool Ceramics for Dry on High Speed Cutting Processes," in Dobrzański, L. A., Katowice, and Gliwice (eds.) *13th International Scientific Conference on Achievements in Mechanical and Materials Engineering*. Wisla, Poland: AMME, pp. 171–176.

Frischholz, P. (2004) *Breviary technical ceramics*. Germany: Verband der Keramischen Industrie e.V.

Garshin, A. P., Shumyacher, V. M., Pushkarev, O. I. and Kulik, V. I. (2015) "High Temperature Composites Sic- $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Ceramics with  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Matrix," *Journal of Powder Metallurgy & Mining*, 4(1). doi: 10.4172/2168-9806.1000131.

Kaga, H. and Koc, R. (2007) "Formation of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC composite nano-particles synthesized from carbon-coated precursors," *Journal of the American Ceramic Society*, 90(2), pp. 407–411. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846492948&partnerID=40&md5=7161818ddc92ad7210769dd14074c4d8>.

Kamiya, F., Toda, H., Kobayashi, T., Takasu, M. and Okamoto, N. (2001) "Analysis of fracture toughness and TiC/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  composites," *Journal of The Japan Institute of Metals*, 65(4), pp. 323–330.

Krell, A. and Klaffke, D. (1996) "Effects of grain size and humidity on fretting wear in fine-grained alumina,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /TiC, and zirconia," *Journal of the American Ceramic Society*, 79(5), pp. 1139–1146. doi: 10.1111/j.1151-2916.1996.tb08565.x.

Patel, K. M., Pandey, P. M. and Rao, P. V. (2009) "Determination of an optimum parametric combination using a surface roughness prediction model for EDM of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /SiC w/TiC ceramic composite," *Materials and Manufacturing Processes*, 24(6), pp. 675–682. doi: 10.1080/10426910902769319.

Pawar, P., Ballav, R. and Kumar, A. (2015) "An overview of machining process of alumina and alumina ceramic composites,"

*Manufacturing Science and Technology*, 3(1), pp. 10–15. doi: 10.13189/mst.2015.030102.

