

## Pembuatan Pahat Bubut Dari Bauksit Dengan Penguatan *Whisker SiC*

Tjokorda Gde Tirta Nindhia

Bagian Metalurgi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Bukit Jimbaran, Bali

### Abstrak

Pahat bubut yang terbuat dari bahan keramik khususnya bahan alumina ( $Al_2O_3$ ) yang diperkuat whisker SiC, memiliki kelebihan dibandingkan dengan pahat bubut konvensional. Karena kekerasannya terhadap suhu tinggi menyebabkan pahat bubut yang terbuat dari bahan keramik lebih tahan aus dan dapat dioperasikan pada kecepatan tinggi. Penelitian ini bertujuan menggunakan bahan bauksit ( $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ ) sebagai bahan pembuatan pahat bubut, untuk mengatasi harga alumina yang tinggi. Penguatan dilakukan dengan menggunakan whisker SiC dan proses sintering dilakukan dalam kondisi *pressureless*. Produk yang dihasilkan memiliki ketangguhan retak  $2,003 \text{ Mpa} \cdot m^{1/2}$ , porositas 0,0706%, dan kekerasan 9 skala mohs. Produk berfungsi dengan baik saat digunakan dalam proses pembubutan.

**Kata Kunci :** Pahat bubut, bauksit, Whisker SiC

### Abstract

The ceramic cutting tools, especially that is made from alumina ( $Al_2O_3$ ) reinforced silicon carbide (SiC) whisker has advantages comparing with others conventional cutting tools. Its hardness and strength to elevated temperature make it more resistant to a wear and can be operated at much more higher machining speed. The aim of this research is to create ceramic cutting tools that is made from bauxite ( $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ ) to replace the use of alumina that need high cost in production. The reinforcement is done by using SiC whisker and the sintering is carried out in *pressureless* condition. The fracture toughness of the product is  $2,003 \text{ Mpa} \cdot m^{1/2}$ , with 0,0706 % porosity, and its hardness is 9 in mohs' scale. The product is run well when operated in process of machining.

**Key words :** Cutting tools, bauxite, Whisker SiC

### 1. Pendahuluan

Bahan keramik alumina yang diperkuat whisker SiC memiliki kekerasan dan ketangguhan retak yang tinggi sehingga sangat baik digunakan untuk pahat bubut [1,2,3,4,5,6,7]. Bahan ini juga memiliki konduktivitas panas dan ketahanan yang baik terhadap kejutan panas (*thermal shock*), sehingga dapat dioperasikan pada kecepatan tinggi [8].

Pahat bubut yang terbuat dari alumina yang diperkuat whisker SiC memiliki harga yang tinggi disebabkan harga alumina yang tinggi dan proses pembuatannya melalui *sintering* dalam kondisi kempa isostatik panas (*hot isostatic pressure*)

Penelitian ini bertujuan untuk membuat pahat bubut dengan menggunakan bauksit sebagai sumber alumina untuk mengatasi harga alumina yang tinggi, dan proses

*sintering* dapat dilakukan dalam kondisi *pressureless*.

### 2. Percobaan

Bahan bauksit yang digunakan berasal dari 'sumber x', berbentuk butiran berwarna kelabu. Hasil pengujian komposisi fase bahan bauksit ini dengan *atomic absorption spectrometer* (AAS) dapat dilihat pada tabel 1. Struktur mikro bauksit dengan menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar 1.

Dalam penelitian ini juga diperlukan bahan flint ( $SiO_2$ ), yang digunakan sebagai fluks, sehingga suhu *sintering* dapat dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi. Bahan flint diperoleh dari 'sumber y', berbentuk butiran berwarna putih, dengan komposisi fase seperti terlihat pada tabel 1. Bentuk struktur mikro flint dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1.

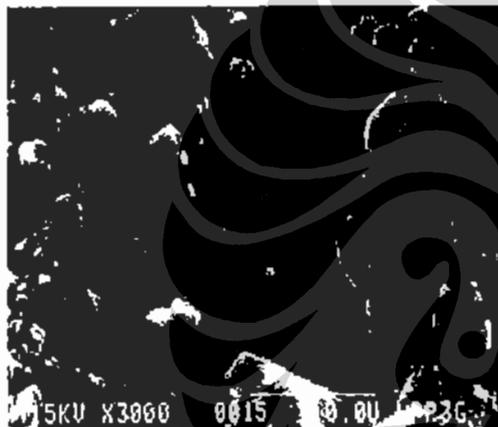
Komposisi fase yang terdapat dalam bauksit dan flint yang digunakan dalam penelitian ini

No.	Jenis fase	Bauksit (%berat)	Flint (%berat)
1	SiO <sub>2</sub>	2,63	52,13
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	86,45	41,30
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,40	1,23
4	CaO	0,25	0,19
5	MgO	0,04	0,08
6	Na <sub>2</sub> O	0,08	0,57
7	K <sub>2</sub> O	0,22	0,33
8	MnO	0,04	0,01
9	TiO <sub>2</sub>	6,61	0,63
10	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,41	0,72
11	H <sub>2</sub> O	0,06	0,12
12	Hilang dibakar	0,61	0,40

Tabel 2.

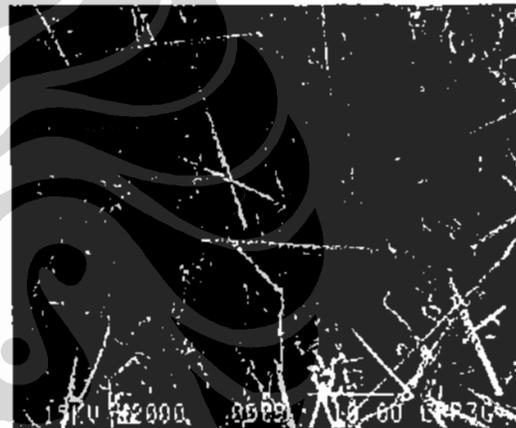
Spesifikasi whisker SiC

Karakteristik	Spesifikasi
Panjang rata-rata whisker	5.00µm
Diameter rata-rata whisker	0.60µm
Tegangan patah whisker	21000MPa
Aspect ratio rata-rata whisker	6-15
Kandungan particulate	≤30 % vol.
Ukuran particulate	<50 µm
Luas permukaan/g	≤5 m <sup>2</sup> /g
Kandungan karbon bebas	≤1.0 % berat
Kandungan silika bebas	≤6.0 % berat



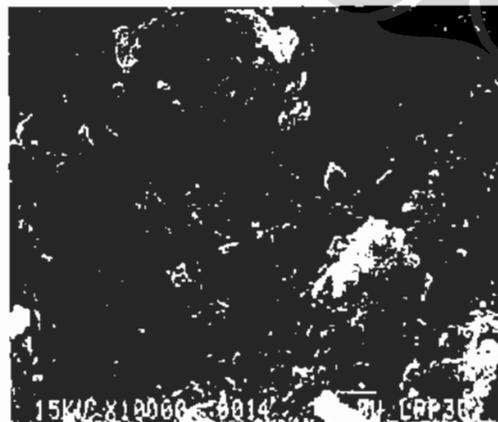
Gambar 1.

Foto SEM bauksit yang digunakan dalam penelitian ini (3000x)



Gambar 3.

Foto SEM whisker SiC, (2000x)



Gambar 2.

Foto SEM flint yang digunakan dalam penelitian ini (10000x)

Penguatan dilakukan dengan menggunakan whisker SiC yang berasal dari "sumber z", dengan spesifikasi seperti terlihat pada tabel 2. Hasil pemotretan dengan SEM memperlihatkan bahwa whisker SiC terdiri atas tiga bentuk, yaitu *needle-like*, *particulate*, dan sejumlah kecil *wool-like* seperti tampak pada gambar 3.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *pulverizer*, *jar-mill*, ayakan, mikroskop *filari*, cetakan, mesin kempa, oven, tungku listrik, dan alat potong intan (*diamond cutting*).

Peralatan untuk pengujian dan karakterisasi terdiri dari *servo pulzer* untuk pengujian ketangguhan retak, alat uji kekerasan dengan skala mohs, AAS dan

XRD untuk pengujian komposisi fase, dan SEM untuk pengamatan struktur mikro.

Bahan bauksit dan flint dihancurkan dengan menggunakan *pulverizer*, dan diayak. Produk ayakan yang tertahan pada ayakan dengan bukaan 45-50  $\mu\text{m}$  diambil dan dihaluskan lagi selama 10 jam untuk bauksit agar mencapai ukuran butir 10-5 $\mu\text{m}$ , sedangkan bahan flint dihaluskan selama 20 jam agar mencapai ukuran butir 1  $\mu\text{m}$ . Pengujian ukuran butir dilakukan dengan menggunakan mikroskop *filari*.

Bauksit dan flint dicampur dengan perbandingan berat 8:3 dan ditambahkan *whisker* SiC sebanyak 4% berat. Pencampuran dilakukan dalam *jar-mill* dengan bola penggiling berukuran 3 mm selama minimal 8 jam.

Ke dalam campuran bauksit, flint dan *whisker* SiC ditambahkan air murni sebanyak 10% berat untuk dicetak menjadi *green body* dengan tekanan kempa 14000  $\text{N/cm}^2$ . Proses pengeringan dilakukan dalam oven pada suhu 120°C selama 24 jam.

Tahap selanjutnya adalah proses *sintering*, yang dilakukan dalam kondisi tanpa tekanan (*pressureless*) dalam atmosfer udara dengan laju pemanasan 3°C/menit, sampai mencapai suhu 1400°C. Pada suhu ini ditahan selama 1 jam. Selanjutnya dibiarkan mengalami pendinginan alami dalam tungku.

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat uji dengan skala mohs. Pengujian porositas dilakukan dengan menggunakan standar ASTM C20-8a. Pengujian ketangguhan retak dilakukan dengan *servo pulzer*, menggunakan *four point bend test* dengan benda uji berbentuk *single-edge notched beam test*/SENB.

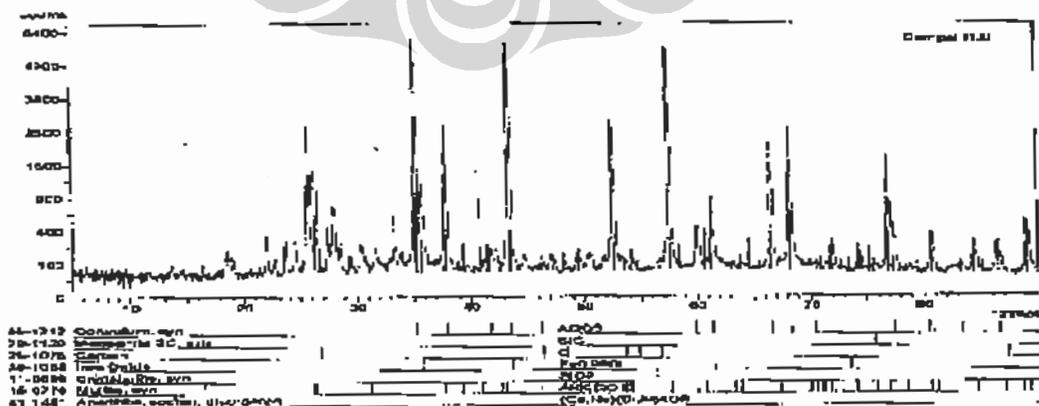
Pembentukan menjadi pahat bubut dilakukan dengan *diamond cutting*, dan dilakukan percobaan pembubutan kepada beberapa jenis bahan seperti paduan aluminium, paduan tembaga dan baja poros.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan benda uji memiliki kekerasan pada 9 skala mohs, dengan porositas mencapai 0,0706% dan ketangguhan retak yang dimiliki sebesar 2,003  $\text{Mpa.m}^{1/2}$ .

Pengujian komposisi fase dengan XRD seperti tampak pada gambar 4 menunjukkan fase yang terdapat dalam benda uji adalah *corundum*, *crystalite*, *mullite*, *iron oxide*, *anorthite-sodian*, *moissanite-3C* dan *carbon*. Komposisi fraksi berat masing-masing fase yang terbentuk dapat dilihat pada tabel 3.

Pengamatan permukaan patahan setelah mengujian ketangguhan retak seperti tampak pada gambar 5 menunjukkan antara *whisker* SiC dan matriks memiliki kekuatan ikatan yang baik sehingga dapat memperkuat matriks.



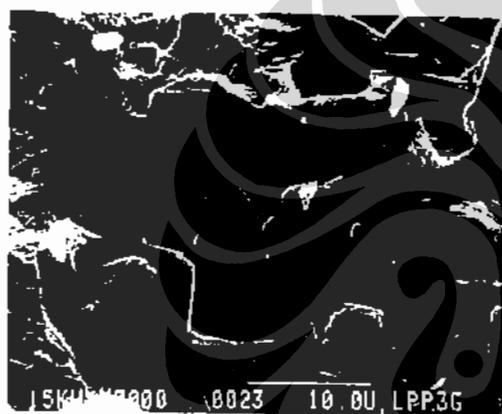
Gambar 4.  
Difraksi sinar X benda uji

**Tabel 3.**  
Komposisi fraksi berat masing-masing fase yang terbentuk

Fase	Susunan kimia	Fraksi berat (%berat)
Corundum	$Al_2O_3$	51,18
Cristobalite	$SiO_2$	6,40
Mullite	$Al_6Si_2O_{13}$	33,03
Iron oxide	$Fe_{0,98}O$	6,50
Anorthite-sodian	(Ca,Na) (Si,Al) $_4O_8$	Sangat sedikit
Moissanite-3C	SiC	6,40
Carbon	C	1,95



**Gambar 6.**  
Bentuk pahat bubut terbuat dari bauksit dengan diperkuat whisker SiC



**Gambar 5.**  
Foto SEM penguatan whisker SiC pada benda uji (3000x)

Bentuk pahat bubut setelah dibentuk menggunakan *diamond cutting* dapat diamati pada gambar 6. Percobaan pembubutan dilakukan pada bahan-bahan komersial seperti paduan aluminium, paduan tembaga, dan baja poros dengan hasil pembubutan seperti tampak pada gambar 7.

Keistimewaan pahat bubut ini adalah jika digunakan untuk membubut bahan-bahan dengan keuletan tinggi seperti paduan aluminium dan paduan tembaga, adalah pahat tidak cepat tumpul, sedangkan pahat konvensional jika digunakan untuk membubut bahan dengan keuletan tinggi, memiliki sifat cepat tumpul.



**Gambar 7.**  
Hasil pembubutan pada bahan paduan aluminium, paduan tembaga dan baja poros

#### 4. Kesimpulan

Bahan bauksit dapat digunakan secara langsung untuk bahan pahat bubut tanpa pengolahan menjadi alumina murni, dan proses pembuatan dapat dilakukan melalui *sintering* tanpa tekanan (*pressureless*) dengan parameter proses:

1. Ukuran butir bauksit 10-5  $\mu m$
2. Ditambahkan flint dengan perbandingan berat bauksit dan flint 8:3
3. Ukuran butir flint 1  $\mu m$

4. Penambahan *whisker* SiC sebanyak 4% berat
5. Tekanan kempa saat dibentuk menjadi *green body* sebesar 14000 N/cm<sup>2</sup>
6. Suhu *sintering* 1400°C dengan penahanan selama 1 jam, laju pemanasan 3°C/menit dan ditahan selama 1 jam.

#### Daftar Acuan

1. Beeghly, C. W., Ahuja, D. P., Mehotra, P. K., and Niebauer, K. L., *Ceramic Cutting Tool with Chip Control*, United State Patent, No. 5,628,590, 1997.
2. Brand, N. G. L., and Senesan, Z. D., *Ceramic Cutting Tool Reinforced by Whiskers*, United State Patent, No. RE35,0090, 1995.
3. Mehotra, P. K., *Whisker Reinforced Ceramic Cutting Tool and Composition Thereof*, United State Patent, 6,204,213, 2001.
4. Mehotra, P. K. *Whisker Reinforced Ceramic Cutting Tool and Composition Thereof*, United State Patent, 5,955,390, 1999.
5. Amateau, *Laminated Ceramic Cutting Tool*, United State Patent, No. 5,855,997, 1999.
6. Richerson, D. W., *Modern Ceramic Engineering*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1992, pp. 771-774.
7. Ojmertz, K. M. C. and Oskarson, H. B., *Wear on SiC-Whisker Reinforced Ceramic Insert when Cutting Inconel with Waterjet Assistance*, Tribology Transactions, 42 (1999) 471-178.
8. Chawla, K. K., *Ceramic Matrix Composites*, Chapman & Hall, London, 1993, pp. 389-393.