

SINTESIS WHISKER SILIKON KARBID BAGIAN I: DISINTESIS DARI SEKAM PADI

Tjokorda Gde Tirta Nindhia¹, I. B. Agra², Jamasri³, Kusnanto⁴

ABSTRACT

The purpose of this work is to synthesize whisker silicon carbide using rice hull from Indonesia. The rice hull was taken from the area of Yogyakarta, Indonesia. The synthesis was started with coking the rice hull at 900°C for 1 hour without contact with air. After coking, the specimens were reacted at 1500°C in an electric furnace in argon atmosphere, the flow rate of argon flow was kept around 2 liter/min. The process was continued by treating the specimen in a boiling of NaOH solution to separate the SiC whisker with the silica, and finally heating the specimen at 800°C to eliminate the excess of carbon. The final product was silicon carbide whisker in the form of long SiC whisker and a small part in the form of wool like SiC whisker

Key words: Rice hull, long SiC whisker, wool-like SiC whisker.

PENGANTAR

Whisker adalah kristal tunggal yang diperpanjang (*elongated single crystal*) dan memiliki kekuatan yang sangat tinggi karena bebas dari dislokasi. Penguatan dengan whisker (*whisker reinforcement*), adalah salah satu dari tiga cara penguatan dalam teknologi bahan komposit di samping penguatan dengan *particulate* (*particulate reinforcement*) dan penguatan serat (*fibers reinforcement*) (Dowling, 1993).

Whisker SiC banyak dipergunakan untuk memperkuat bahan logam (Hasson, dkk, 1985; Liaw, dkk, 1987; Kim, dkk, 2000). Karena ketahanannya terhadap suhu tinggi, maka bahan ini banyak digunakan untuk memperkuat komponen-komponen yang terbuat dari keramik yang memiliki suhu operasi yang tinggi, seperti nosel turbin gas, *gas turbine combustor*, *hot gas filter*, dan *high pressure heat exchangers* (DOD's report, 1996). Di samping itu, karena bahan ini memiliki kekerasan yang mendekati kekerasan intan, maka bahan ini sangat baik digunakan untuk pahat bubut (Brandt dan Senesan, 1995).

Whisker SiC memiliki nilai ekonomi yang tinggi, dan secara komersial diproduksi dari sekam padi. Jumlah sekam padi di Indonesia sangat melimpah karena makanan pokok penduduk Indonesia adalah beras yang berasal dari padi. Penelitian ini bertujuan untuk mencoba menyintesis whisker SiC menggunakan sekam padi dari Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Sintesis whisker SiC dilakukan pertama kali oleh Lee dan Cutler (1975) dengan menggunakan sekam

padi. Pada penelitian awal ini dihasilkan SiC dalam dua bentuk, yaitu *cluster* yang sangat halus ($\approx 0,1 \mu\text{m}$), dan sejumlah kecil ($\approx 10\%$) whisker SiC.

Sharma dan William (1984) dalam penelitiannya dapat menyintesis whisker SiC dari sekam padi dan memperoleh hasil SiC, baik dalam bentuk *particulate* maupun whisker. Whisker SiC yang dihasilkan memiliki diameter dari 0,2 sampai 0,5 μm dan panjang maksimum 100 μm .

Milewski, dkk, (1985) dengan cara *vapor-liquid-solid* (VLS) berhasil menyintesis whisker SiC dalam berbagai bentuk, seperti whisker yang ujungnya berbentuk bola, whisker bercabang, *wool-like*, dan *needle like*. Dengan metode ini dihasilkan whisker SiC dengan diameter sekitar 6 μm dan panjangnya bervariasi antara 5 sampai 100 μm .

Selanjutnya produksi whisker SiC secara sinambung dengan bahan dasar sekam padi ditemukan oleh Beatty dan Wyman (1987) yang memungkinkan produksi whisker SiC dilaksanakan secara komersial.

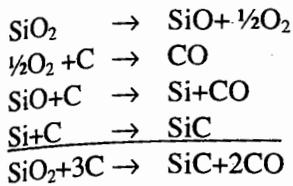
LANDASAN TEORI

Menurut Lee dan Cutler (1975) terdapat 3 kemungkinan jenis reaksi yang terjadi antara silika (SiO_2) dan karbon (C) pada temperatur tinggi yaitu:

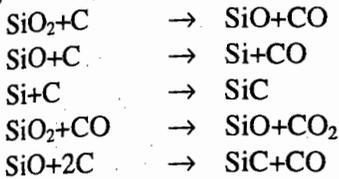
1. $\text{SiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO}$
2. $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \rightarrow \text{Si} + 2\text{CO}$
3. $\text{SiO}_2 + \text{C} \rightarrow \text{SiO} + \text{CO}$

Dalam penelitian itu tersebut selanjutnya didapatkan bahwa persamaan pertama lebih dominan melalui 4 langkah reaksi sebagai berikut:

1. Tjokorda Gde Tirta Nindhia, ST, MT, karya siswa S3, Fakultas Teknik, UGM
2. Prof. Dr. Ir. Ida Bagus Agra, Guru Besar Teknik Kimia, UGM, Yogyakarta
3. Ir. Jamasri, Ph.D, Dosen Jurusan Teknik Mesin, UGM, Yogyakarta
4. Dr-Ing. Ir. Kusnanto, Dosen Jurusan Teknik Fisika, UGM, Yogyakarta.



Menurut Oaikhinan (1999), proses terbentuknya SiC dari silika dan karbon pada suhu tinggi melalui langkah-langkah sebagai berikut.



Baik Oaikhinan (1999) maupun Lee dan Cutler (1975) menggunakan atmosfer gas argon saat reaksi dilaksanakan.

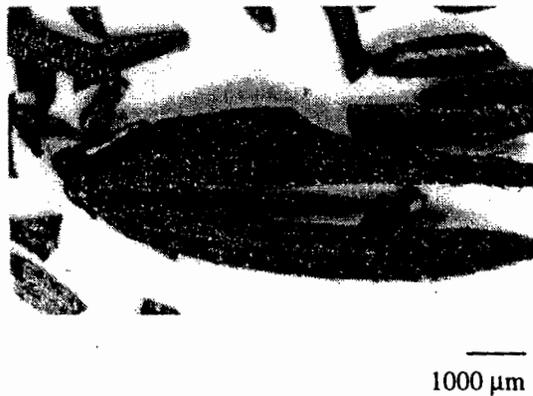
Sekam padi mengandung silika *amorphous* dan selulose yang kaya akan karbon (Nutt, 1988). Jika sekam padi diarangkan, maka dihasilkan silika dan karbon yang merupakan bahan pembentuk silikon karbid (Lee dan Cutler, 1975; Sharma dan Williams, 1984)

METODE PENELITIAN

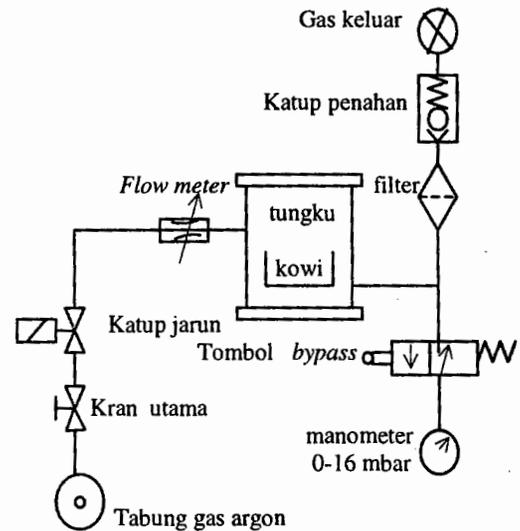
Sekam padi seperti tampak pada gambar 1, diambil dari daerah Sleman, Yogyakarta. Sekam padi itu dicuci untuk menghilangkan kotoran, lalu dikeringkan dalam oven pada 120°C, kemudian dipirolysis (*coked*) sehingga menjadi arang seperti tampak pada gambar 2.

Pengarangan sekam padi dilakukan dengan memanaskan pada tungku pemanas (*furnace*) listrik pada suhu 900°C selama 1 jam, tanpa kontak dengan udara luar.

Arang sekam padi kemudian diletakan pada kowi (*crucible*) yang terbuat dari alumina lalu dipanaskan dalam tungku listrik yang dilengkapi dengan pengatur aliran gas argon seperti pada gambar 3.



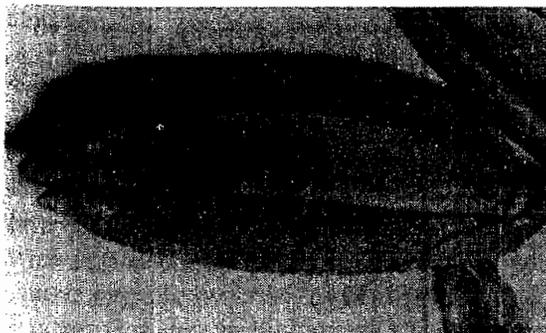
Gambar 2. Arang sekam padi



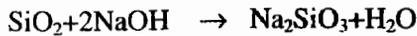
Gambar 3. Tungku listrik dilengkapi pengatur aliran gas argon

Tungku listrik dipanaskan dengan laju pemanasan 2°C/menit. Pada saat mencapai suhu 300°C, gas argon dialirkan dengan laju aliran 2 liter/menit. Pemanasan dilakukan sampai mencapai suhu 1500°C dan ditahan pada suhu ini selama 1 jam. Tungku listrik selanjutnya dimatikan dan dibiarkan mengalami pendinginan alami dalam tungku. Spesimen selanjutnya dikeluarkan dari tungku dan diuji hasil reaksi yang terbentuk diuji dengan menggunakan *diffractometer* sinar-X dengan tabung anoda Cu, tegangan 40kV, arus 35 mA, $\lambda_1 = 1,54060$ Å, dan $\lambda_2 = 1,54439$ Å.

Hasil reaksi diperkirakan selain berupa SiC juga masih mengandung silika dan karbon. Pemisahan SiC dan silika dilakukan dengan mereaksikan hasil itu dalam larutan NaOH 50% vol. Dalam keadaan mendidih, silika akan bereaksi dengan NaOH membentuk produk yang juga bernilai ekonomi yaitu natrium silikat (Na_2SiO_3) melalui reaksi:



Gambar 1. Sekam padi dari daerah Sleman, Yogyakarta

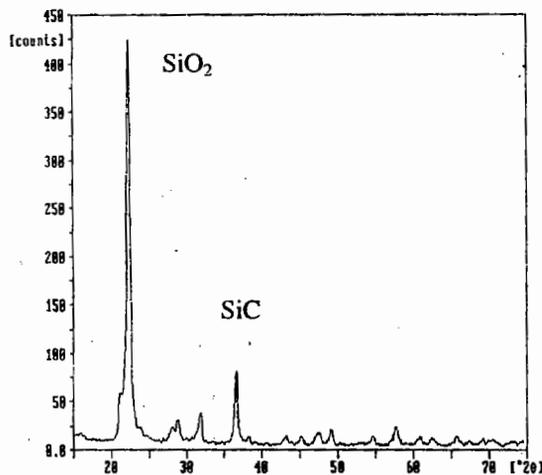


Penghilangan sisa karbon dilakukan dengan memanaskan spesimen pada 900°C selama 1 jam dalam tungku listrik dengan atmosfer udara.

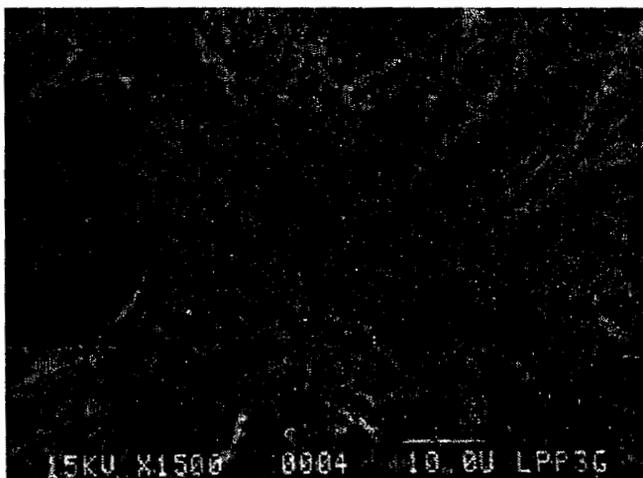
Hasil sebelum dan sesudah direaksikan dengan larutan NaOH 50% vol., diamati dan difoto dengan *scanning electron microscope* (SEM) dengan terlebih dahulu melapisi spesimen dengan paduan emas-paladium dengan teknik *sputtering*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dengan *diffractometer* sinar-X menunjukkan produk hasil reaksi terdiri atas SiO₂ (kristobalit) dan silikon karbid (SiC) seperti tampak pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil difraksi sinar-X menunjukkan spesimen mengandung SiC dan SiO₂



Gambar 5. Kenampakan hasil arang sekam padi yang direaksikan pada suhu 1500°C dengan laju pemanasan 2°C/menit, dalam atmosfer gas argon.

Pengamatan dengan SEM terhadap spesimen hasil reaksi dapat diamati pada gambar 5. Setelah direaksikan dengan NaOH untuk memisahkan SiC dengan silika, diperoleh silikon karbid sebanyak 8,8 % berat. Silikon karbid yang dihasilkan berbentuk *particulate* dan *whisker* seperti tampak pada gambar 6. *Whisker* SiC yang dihasilkan menyerupai produk *whisker* SiC jenis 6D pada penelitian Milewski dkk, (1985), di samping itu terdapat juga *whisker* SiC berbentuk *wool-like*.



Gambar 6. Bentuk *whisker* silikon karbid yang dihasilkan. Terdapat SiC yang berbentuk *particulate*, *whisker* SiC yang panjang (*long SiC whisker*) dan *whisker* SiC berbentuk *wool-like*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sekam padi Indonesia ternyata dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan silikon karbid, khususnya silikon karbid dalam bentuk *whisker*. Dengan mereaksikan arang sekam padi pada temperatur 1500°C dengan laju pemanasan 2°C/menit dalam atmosfer gas argon dengan laju aliran gas 2 liter/menit dapat dihasilkan *whisker* silikon karbid yang berbentuk *whisker* yang panjang (*long SiC whisker*), dan *whisker* silikon karbid yang berbentuk *wool like*.

Untuk lebih menyempurnakan hasil yang telah dicapai maka disarankan agar reaksi menggunakan kowi (*crucible*) yang terbuat dari karbon, karena jika digunakan kowi terbuat dari alumina, beberapa bagian karbon pada sekam akan bereaksi dengan alumina sehingga jumlah SiC yang dihasilkan berkurang. Di samping itu laju pemanasan untuk mencapai suhu 1500°C perlu diusahakan agar bisa dipercepat sehingga tercapai hasil yang optimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis 1, mengucapkan terimakasih kepada Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada atas ijin yang diberikan untuk melakukan penelitian di laboratorium Ilmu Bahan dan Laboratorium Keramik.

DAFTAR PUSTAKA

- Beatty, R. L. and Wyman, F. H., 1987, Continuous Silicon Carbide Whisker Production, United state Patent, No. 4,637, 924.
- Brandt, N. G. L. and Senesan, Z. D., 1995, Ceramic Cutting Tool Reinforced by Whiskers, United State Patent, No. RE35,090.
- DOD's report, 1996, The Outlook for Ceramic Matrix Composites, **Ceramic Industry**, August, 41-44.
- Dowling, N. E., 1993, *Mechanical Behavior of Materials*, p. 85, Prentice Hall, New Jersey.
- Hasson, D. F., Hoover, S. M., and Crowe, C. R., 1985, *Effect of Thermal Treatment on The Mechanical and Toughness Properties of Extruded SiC_w/Aluminium 6061 Metal Matrix Composite*, **Journal of Materials Science**, **20**, 4147-4154
- Kim, B. S., Koss, D. A. and Gerard, D. A., 2000, High Cycle Fatigue of Squeeze Cast Al/SiC_w Composites, **Materials Science and Engineering**, **A277**, 123-133.
- Lee, G. J. and Cutler, I. B., 1975, Formation of Silicon Carbide from Rice Hulls, **J. Am. Ceram. Soc.**, **54** (2), 195-198.
- Liaw, P. K., Gregg, J. G., and Logsdon, W. A., 1987, Microstructural Characterization of Silicon Carbide Whisker Reinforced 2124 Aluminium Metal Matrix Composite, **Journal of Materials Science**, **22**, 1613 - 1617.
- Milewski, J. V., Gac, D. F., Petrovic, J. J., dan Skaggs, S. R., 1985, Growth of Beta-Silicon Carbide Whiskers by The VLS Process, **Journal of materials Science**, **20**, 1160-1166.
- Oaikhinan, E. P., 1999, Synthesis of Aluminium and Silicon-Based Ceramic Powders from A Nigerian Clay, **Interceram**, **48** (1), 22- 29
- Nutt, S. R., 1988, Microstructure and Growth Model for Rice-Hull-Derived SiC Whisker, **Journal of the American Ceramic Society**, **71**(3), 149-156.
- Sharma, N. K. and Williams, W. S., 1984, Formation and Structure of Silicon Carbide Whiskers from Rice Hulls, **J. Am. Ceram. Soc.**, **67** (11), 715-720.