

SINTESIS DAN KARAKTERISASI MATERIAL FOTONIK SiO₂

Alan Maulana, Andon Insani, Irfan Hafid dan Sudirman

Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)-BATAN

Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang Selatan

Diterima: 6 Juni 2012

Diperbaiki: 20 September 2012

Disetujui: 21 November 2012

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI MATERIAL FOTONIK SiO₂. Telah dilakukan sintesis dan karakterisasi material SiO₂ serbuk sebagai bahan dasar material fotonik. Aplikasi material fotonik pada bidang mikroelektronika memungkinkan transmisi data menggunakan gelombang optik sehingga hambatan yang timbul pada proses pengiriman data dapat dikurangi. Material fotonik memberi harapan untuk mempercepat proses pengolahan data dan dapat menurunkan catu daya. Sintesis material fotonik ini dilakukan dengan Proses *Stober* basah dan karakterisasinya memakai difraksi sinar-X dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Hasil karakterisasi menggunakan sinar-X menunjukkan bahan serbuk SiO₂ tersebut strukturnya amorf dan karakterisasi *SEM* memperlihatkan partikel berbentuk bola dengan ukuran 350 nm.

Kata kunci: Material Fotonik, SiO₂, Proses *Stober*, Ukuran partikel

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF PHOTONIC MATERIALS SiO₂. Synthesis and characterization of photonic material SiO₂ has been carried out. The application of photonic materials in the microelectronics field are promising the data transmission by using optical wave which can reduce the resistancy significantly. By using the photonic materials, fast signal processing could be achieved and the use of power supply could be decreased. The material was prepared by *Stober* process which characterized by The X-Ray Diffraction and Scanning Electron Microscope (SEM). The X-Ray Diffraction and SEM characterization showed that the SiO₂ in the form of amorf structure and the shape of particle is sphere with the size about 350 nm.

Keywords: Photonic materials, SiO₂, *Stober* process, Particle size

PENDAHULUAN

Dalam penggunaannya, material selalu diinginkan yang mempunyai partikel dengan bentuk dan ukuran yang seragam. Partikel yang bersifat monodispersed ini akan mempunyai kelebihan dalam aplikasinya. Salah satu kelebihan dan keuntungan ini diantaranya adalah untuk mempermudah dalam kalibrasi peralatan analitis serta mempermudah prosedur reduksi dan analisis data eksperimen[1].

Dalam tulisan ini dilaporkan hasil penelitian sintesis serbuk silika yang berbentuk bola dengan metode *Stober*. Silika monodispersed yang dihasilkan ini dapat bermanfaat untuk beberapa aplikasi material diberbagai bidang. Untuk BSN-PTBIN bahan ini dapat dijadikan sebagai standar untuk kalibrasi beberapa peralatan hamburan neutron seperti *Small Angle Neutron Scattering (SANS)* dan *High Resolution Small Angle Neutron Scattering (HRSANS)*. Dalam bidang lain,

silika monodisperse banyak digunakan sebagai bahan kristal fotonik. Penelitian ini merupakan langkah awal untuk pembuatan kristal fotonik dalam penelitian selanjutnya.

Dalam sistem kristal fotonik proses hamburan akan menguatkan berkas cahaya sehingga kerugian daya akibat absorpsi bahan dapat ditanggulangi. Kristal fotonik adalah suatu kristal yang tersusun oleh partikel bahan dielektrik dengan periodisitasnya berada pada daerah panjang gelombang cahaya.

Hamburan cahaya atau foton dari sistem periodik tersebut dapat mencegah atau meneruskan berkas cahaya pada frekuensi dan arah tertentu. Jika suatu bahan pengemisi ditempatkan di dalam kristal fotonik, maka emisi spontannya dapat dikontrol dengan memodifikasi frekuensi *gap*nya [2,3]. Jika suatu bahan penguat berkas cahaya ditempatkan dalam kristal fotonik, maka akan

terjadi penguatan berkas pada frekuensi tertentu yang sesuai dengan *bandgap* dari kristal tersebut. *Bandgap* tersebut tergantung pada ukuran partikel pembentuk kristal fotoniknya.

Ukuran partikel sebagai bahan pembentuk kristal fotonik, sangat mempengaruhi *bandgap* fotoniknya. Berkaitan dengan ukuran partikel tersebut, dalam penelitian ini telah dilakukan sintesis SiO₂ dengan Proses Stober. Dalam penelitian ini dicoba mendapatkan partikel SiO₂ yang berasal dari bahan teknis yang biasa dipakai sebagai filler dalam industri perminyakan. Pada bahan ini dilakukan pelarutan dalam etanol dan dipanaskan. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan bahan yang diperoleh dari JAERI yang digunakan sebagai bahan standar.

Partikel silika yang diperoleh dikarakterisasi dengan alat difraksi sinar-X, *Scanning Electron Microscope (SEM)* dan sebagian bahan dikarakterisasi dengan menggunakan *HRSANS*. Data yang dihasilkan dengan *HRSANS* dianalisis menggunakan *software* yang ada di situs *National Institute of Standards and Technology (NIST)* yang berbasis *IGOR Professional* [4].

METODE PERCOBAAN

Cara Pembuatan SiO₂

Preparasi Silika monodisperse dilakukan dengan metode *Stober*. Metode ini dilakukan dengan hidrolisis alkil silikat dan dilanjutkan dengan kondensasi asam silikat dalam larutan alkohol [5,6]. Persamaan reaksi Kimia proses *Stober* dituliskan :



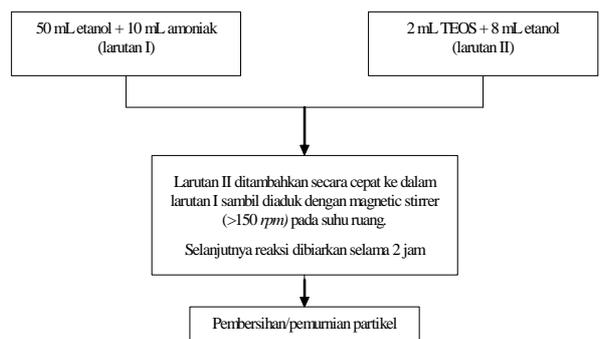
reaksinya adalah hidrolisis :



yang diikuti dengan tahap kondensasi ,



Dalam proses sintesis SiO₂ *monodispersed* dilakukan dengan cara kerja, sebagai berikut : 50mL etanol dicampur dengan 10 mL amoniak,



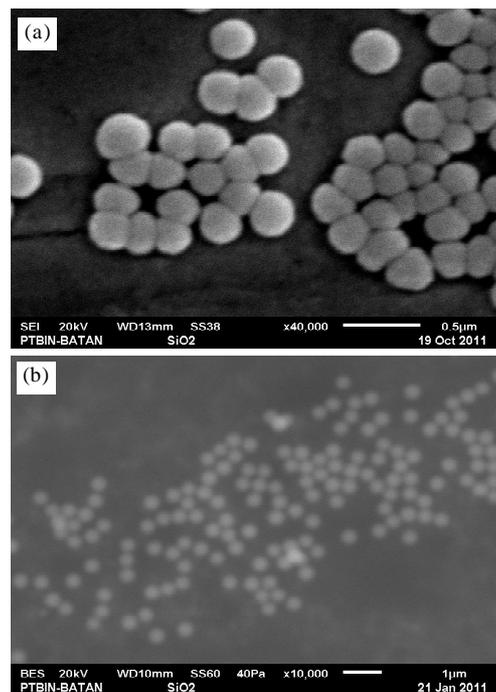
Gambar 1. Diagram alir pembuatan material fotonik SiO₂.

campuran ini sebagai larutan I. Kemudian 2 mL Si(OEt)₄ *Tetra Ethyl Ortho Silicate (TEOS)* dicampurkan dengan 8 mL etanol. campuran ini dinamakan larutan II. Selanjutnya larutan II ditambahkan secara cepat ke dalam larutan I sambil diaduk dengan kecepatan putar > 150 rpm pada suhu ruang. Campuran kedua larutan ini diaduk pada suhu ruang selama 2 jam. Kemudian dilakukan pemurnian dan pembersihan partikel. Prosedur sintesis untuk SiO₂ *monodispersed* digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 1.

Pada sintesis yang berbasis SiO₂ yang mempengaruhi pertumbuhan ukuran partikel adalah penambahan konsentrasi larutan *TEOS* dalam larutan. Sintesis sampel akan dilakukan dengan variasi penambahan konsentrasi *TEOS* dalam campuran larutan I dan larutan II.

Pemisahan partikel dengan pelarut (zat-zat pereaksi) dilakukan dengan *centrifugation*. Pembuangan pelarut dilakukan dengan menggunakan pipet, dengan pelan-pelan supaya partikel tidak kembali tersuspensi. Selanjutnya dilakukan pembersihan/pencucian partikel dengan etanol sebanyak 2 kali. Setiap pembersihan, pemisahan partikel dilakukan dengan *centrifugation*. Pencucian terakhir dilakukan dengan *deionization water* yang sudah didestilasi. Selanjutnya partikel disuspensikan dalam *deionization water* untuk penyimpanan.

Usaha untuk mendapatkan bahan SiO₂ monodispersed yang berasal dari bahan teknis dilakukan dengan melarutkan bahan tersebut dalam larutan etanol. Selanjutnya bahan tersebut dipanaskan pada suhu 80 °C untuk pengeringan.



Gambar 2. Silika sebuk hasil sintesis (a) dan yang diperoleh dari Jaeri (b).

Bahan-bahan hasil sintesis di atas selanjutnya dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffractometer (XRD)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)* dan *High Resolution Small Angle Neutron Scattering (HRSANS)*. Karakterisasi ini menggunakan peralatan yang ada di PTBIN-BATAN, sedangkan untuk *XRD* dilakukan di PTNBR-BATAN Bandung.

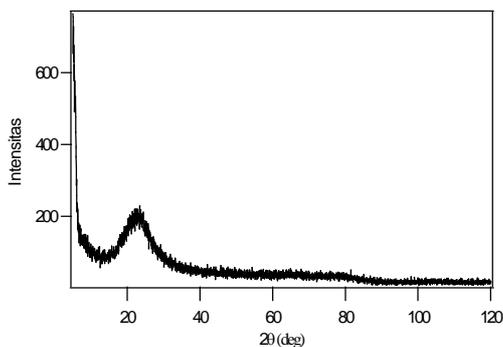
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi serbuk SiO₂ hasil sintesis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* ditunjukkan pada Gambar 2(a). Pada Gambar 2 tersebut perbesaran dilakukan sebesar 40000 kali dan tampak partikel SiO₂ pada umumnya berbentuk bola dengan dimensi sekitar 350 nm. Namun demikian bentuk dan ukuran serbuk silika yang dihasilkan masih belum sempurna. Hal ini mungkin disebabkan terjadi karena proses pencuciannya kurang sempurna. Proses pencucian yang seharusnya memakai *deionization water*, dalam kegiatan ini digunakan *aquadest*.

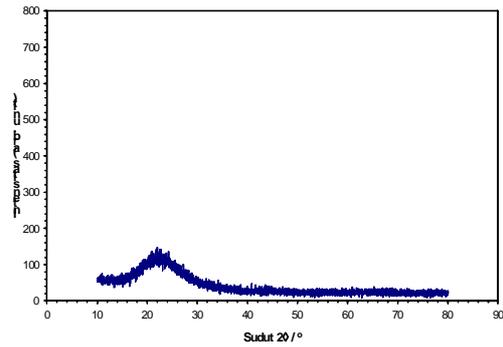
Karakterisasi SiO₂ serbuk hasil sintesis dan silika teknis menggunakan *X-Ray Diffractometer (XRD)* ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Dari kedua gambar tersebut memperlihatkan satu puncak difraksi pada sudut 2θ berkisar antara 20° hingga 30°, dengan bentuk amorf (acak).

Hasil karakterisasi SiO₂ standar menggunakan *High Resolution Small Angle Neutron Scattering (HRSANS)* ditunjukkan pada Gambar 5. Karakterisasi dilakukan dengan waktu cacahan selama 7 menit setiap titik. Pencacahan pola *HRSANS* yang dihasilkan terhadap bahan SiO₂ dan wadah kosong dilakukan secara bergantian. Pada gambar tersebut tampak kurva yang dihamburkan oleh SiO₂ lebih lebar dari pola yang dihasilkan wadah kosong. Hal ini menunjukkan adanya efek *HRSANS* oleh bahan SiO₂.

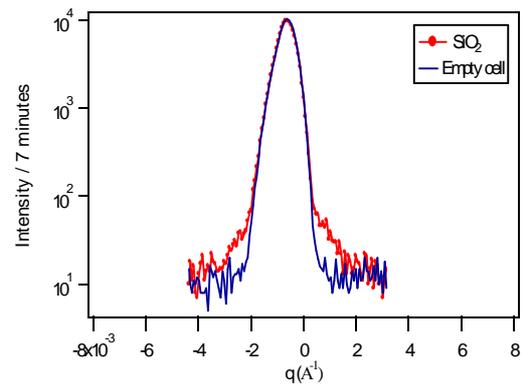
Selanjutnya kedua data di atas direduksi menjadi data yang dihasilkan oleh bahan SiO₂. Hasil data reduksi ini dianalisis menggunakan *Software* yang tersedia pada situs *National Institute of Standard Technology (NIST)* tentang *Ultra Small Angle Neutron Scattering (USANS)* yang berbasis *IGOR Professional*. Berdasarkan analisis tersebut, partikel yang menghamburkan neutron



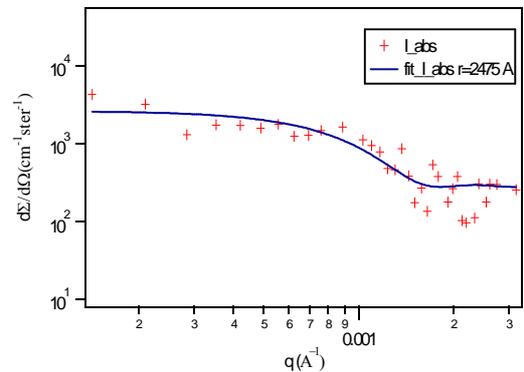
Gambar 3. Pola XRD bahan SiO₂ serbuk hasil sintesis.



Gambar 4. Pola XRD bahan SiO₂ teknis.



Gambar 5. Hasil karakterisasi *HRSANS* SiO₂ serbuk dan wadah kosong.



Gambar 6. Hasil *Fitting* data *HRSANS* SiO₂ serbuk dengan model partikel bola.

berbentuk bola dengan ukuran jari-jari 2475 Å seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

KESIMPULAN

Sintesis SiO₂ dengan metode Stober diperoleh bentuk partikel bola dan monodispersed. Hasil karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffractometer (XRD)* dari serbuk SiO₂ hasil sintesis strukturnya amorf dan karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* memperlihatkan partikel berbentuk bola dengan ukuran 350 nm. Karakterisasi SiO₂ standar menggunakan *High Resolution Small Angle Neutron Scattering (HRSANS)* menunjukkan bahan tersebut berbentuk bola dengan jari-jari 2475 Å.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang membantu terselenggaranya penelitian ini, antara lain Kepala Bidang Spektrometri Neutron (BSN)-PTBIN serta rekan sejawat di BSN-PTBIN. Kementerian Negara Riset dan Teknologi yang telah membiayai dengan Program Insentif PKPP. PT Elnusa yang telah memberi bahan SiO₂ dan JAERI yang telah memberikan sampel standar SiO₂ serta Dr. Syahrul Hidayat dari UNPAD yang telah memberikan bantuan dalam sintesis SiO₂.

DAFTAR ACUAN

- [1]. STOBER W., FINK A., BOHNE., *Journal of Colloid and Interface Science*, **26** (1968) 62-69
- [2]. SYAHRUL HIDAYAT, *Prinsip Dasar Laser Polimer Hibrid*, UNPAD PRESS, (2009)
- [3]. PAVESI L., *J. Phys. Condens. Matter.*, **15** (2003) R1169-R1196
- [4]. S. R. KLINE, *J Appl. Cryst.*, **39** (6) (2006) 895
- [5]. ISMAIL A.M., IBRAHIM, ZIKRY A.A.F., SHARAF M.A., *Journal of American Science*, **6** (11) (2010)
- [6]. DARBANDI M., THOMANN N., NANN T., *Chem. Matter.*, **17** (2005) 5720-5725