ISSN : 0854 - 5405

**Kementerian
Perindustrian**
REPUBLIK INDONESIA

Jurnal
KERAMIK DAN GELAS INDONESIA
JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 25 No. 2. Desember 2016

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI

BALAI BESAR KERAMIK

JKGI	VOL. 25	No. 2	Hal. 46 - 107	Bandung Desember 2016	ISSN 0854 - 5405
------	---------	-------	---------------	--------------------------	---------------------

Terakreditasi No: 658/AU3/P2MI-LIPI/07/2015

Jurnal
KERAMIK DAN GELAS INDONESIA
JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 25 No. 2. Desember 2016

Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia adalah majalah ilmiah yang diterbitkan dua kali dalam setahun untuk menyebarluaskan hasil-hasil penelitian dan pengembangan serta ulasan ilmiah tentang keramik dan gelas kepada lembaga penelitian dan pengembangan, ilmuwan dan peminat lainnya. Tulisan dalam Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia dapat dikutip dengan menyebutkan sumbernya.

Penanggung Jawab
Kepala Balai Besar Keramik
Ir. Supomo, M.Sc.

Ketua Penyunting Merangkap Anggota
Ir. Hernawan, MT (Keramik Maju & Gelas)

Penyunting Ahli
Dra. Sri Cicih Kurniasih, M.Si (Keramik Elektronik & Nano Material)
Ir. Subari (Keramik Konvensional dan Pengetahuan Bahan)
Drs. Suhandha (Keramik Maju & Ilmu Bahan)

Mitra Bestari
DR.Ir. Aristianto MMB, MSCE (Keramik Elektronik & Keramik Struktural)
Dra. Naniek Sulistarihani, MS (Keramik Elektronik & Keramik Struktural)
Dr. Diana Rakhmawaty E, M.Si (Kimia Anorganik)
Prof. Dr. Ir. Tarzan Sembiring (Keramik Maju)
Drs. Fanani Hamzah, MS (Keramik Maju & Gelas)

Sekretariat & Redaksi Pelaksana
Dr. Handoko Setyo Kuncoro, ST, MT, M.Eng, PhD.
Nurhidayati, S.Si, MT.

Alamat Penyunting dan Tata Usaha
Balai Besar Keramik
Jl. Akhmad Yani No. 392 Bandung 40272
Telp: (022) 7206221, 7207115, 7206296
Fax: (022) 7205322
e-mail: jkgi.bbk@gmail.com

Jurnal
KERAMIK DAN GELAS INDONESIA
 JOURNAL OF THE INDONESIAN CERAMICS AND GLASS

Vol. 25 No. 2. Desember 2016

DAFTAR ISI

Halaman

1. Sintesis dan Karakterisasi Bone Ash Sintetik dari Bahan Alam
Characterization of Synthetic Bone Ash from Natural Sources
 Kristanto Wahyudi, Frank Edwin dan Naili Sofyaningsih 46 - 58
2. Modifikasi Filter Keramik dengan Y-Alumina sebagai Adsorben Logam Berat
Modified Ceramic Filter with Y-Alumina Addition as Heavy Metals Adsorben
 Eneng Maryani, Suhandha, Naili Sofyaningsih dan Ayu Ratnaningsih 59 - 67
3. Kajian Perkembangan Penelitian Glasir untuk Industri Keramik Selama 25 Tahun Terakhir
A Riview on The Glaze Researches Development Over The Last 25 Years in Center for Ceramics
 Handoko Setyo Kuncoro, Herlina Damayanti dan Naili Sofyaningsih 68 - 78
4. Zirkonia untuk Aplikasi Material Restorasi Gigi
Zirconia as a Material for Dental Restorative Applications
 Lia Asri, Rifki Septawendar dan Bambang Sunendar 79 - 88
5. Sintesis dan Karakterisasi γ -Alumina Nanopartikel dari Garam Nitrat dengan Variasi Penambahan Polietilen Glikol (PEG)
Synthesis and Caharcaterization of Nanoparticle γ -alumina from Nitarte Salt with Variation of Polyethylen Glycol (PED) Addition.
 Raisa Khairani, Heri Setiawan dan Bambang Sunendar 89 - 95
6. Sintesis dan Karakterisasi Lempeung Terinterkalasi dengan Menggunakan Cetyl Pridinium hloride
Synthesis and Characterization of Clay Intercalation Using Cetyl Pridinium Chloride
 Hernawan dan Nurhidayati 96 - 107

KATA PENGANTAR

Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia Vol. 25 No.2 Desember 2016 ini menyajikan 6 (enam) makalah yang ditulis oleh Peneliti Balai Besar Keramik dan instansi litbang lainnya. Makalah-makalah tersebut membahas sintesis dan karakterisasi bone ash sintetik dari bahan alam, modifikasi filter keramik dengan γ -alumina sebagai adsorben logam berat, kajian perkembangan penelitian glasir untuk industri keramik selama 25 tahun terakhir, bahan zirkonia untuk aplikasi material restorasi gigi, sintesis nanopartikel γ -alumina dari garam nitrat dengan variasi penambahan polietilen glikol (PEG), dan sintesis lempung terinterkalasi dengan menggunakan *cetyl pyridinium chloride*.

Pada makalah pertama bahan baku alam yang digunakan untuk pembuatan bone ash sintetik diambil dari kapur Padalarang dan Cirebon dengan bahan pembentuk larutan asam fosfat teknis. Hasil karakterisasi XRD untuk pH 8-11 pada suhu kalsinasi 800°C menunjukkan hasil struktur kristal yang identik dengan tulang asli yang dibakar pada suhu 950°C, yaitu kristal hidroksiapatit (HA). Sedangkan hasil FTIR menunjukan gugus yang dominan dari ikatan fosfat (PO_4^{3-}) pada bilangan gelombang 417 cm^{-1} dan 1084 cm^{-1} dengan sebagian fraksi kecil gugus karbonat (CO_3^{2-}), gugus hidroksil (OH), berturut-turut pada bilangan gelombang 1447 cm^{-1} dan 3417 cm^{-1} .

Pada makalah kedua dipaparkan guna meningkatkan daya adsorpsi filter keramik terhadap logam berat maka dilakukan modifikasi filter dengan mengisi 80 gram adsorben γ -alumina ke dalamnya. Filter keramik yang dimodifikasi telah berhasil mengadsorpsi logam berat (Pb, Ar, dan Cd) terutama Pb sehingga diperoleh kadar Pb sampai batas kuantifikasi alat pengukuran.

Pada makalah ketiga hasil-hasil penelitian glasir khususnya di Balai Besar Keramik akan dikaji dalam kaitannya dengan permasalahan di industri keramik di Indonesia. Hasil perhitungan dengan metode statistik ANOVA memberikan nilai *p-value* dibawah 0,05 dan perhitungan nilai *F* 4,75 (diatas kriteria *F* 2,87) yang menunjukkan bahwa penelitian-penelitian glasir selama ini memiliki hubungan yang signifikan dengan permasalahan di industri (IKM) keramik Indonesia.

Pada makalah keempat diulas mengenai perkembangan zirkonia sebagai material restorasi gigi, mulai dari struktur zirkonia, sifat mekanik, degradasi, aplikasi, sampai dengan studi *in vivo* dan *in vitro*. Selain itu juga dibahas mengenai prospek dan fokus penelitian zirkonia ke depan sebagai material restorasi gigi.

Pada makalah kelima ditunjukkan bahwa material gamma alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) telah berhasil disintesis dengan prekursor aluminum nitrat ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) pada variasi penambahan surfaktan polietilen glikol (PEG) 6000 (PEG/Al 0.133) sebagai dispersan dan pengarah struktur satu dimensi (template). Hasil analisis XRD dan SEM menunjukkan jenis fasa mineral gamma alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) dengan sebagian besar partikel $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ +PEG memiliki morfologi berbentuk bulat dan sebagian lagi cenderung berbentuk batang dengan ukuran panjang sekitar (40 – 70) nm dan diameter (10 – 20) nm.

Pada makalah keenam ditunjukkan bahwa lebar jarak basal (antar lapis) dari *montmorillonite* dipengaruhi berat *Cetylpyridinium chloride* (CPC) ditambahkan terhadap berat Na-Monmorilonit. Indikasi adanya pelebaran ditunjukkan oleh perubahan posisi, bentuk, dan intensitas hasil refleksi basal (d_{001}) pada difraktogram setelah dilakukannya proses interkalasi.

Hasil penelitian dan kajian di atas diharapkan dapat menyumbangkan kemajuan teknologi keramik di Indonesia, sehingga tidak tertinggal dengan kemajuan teknologi keramik global.

Redaksi selalu mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca.

Redaksi

SINTESIS DAN KARAKTERISASI γ -ALUMINA NANOPARTIKEL DARI GARAM NITRAT DENGAN VARIASI PENAMBAHAN POLIETILEN GLIKOL (PEG)

Synthesis and Characterization of Nanoparticle γ -alumina from Nitrate Salt With Variation of Polyethylen Glycol (peg) Addition

Raisa Khairani^{1*}, Heri Setiawan^{1,2}, dan Bambang Sunendar¹

¹Laboratorium Pemrosesan Material Maju, Teknik Fisika Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

²Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, Jl. Kanayakan 21 Bandung 40135, Indonesia

Kontak email : khairaniraisa@gmail.com

Naskah diterima : 9 September 2016, Rev I : 23 September, Rev II : 18 Oktober 2016, Diterima : 21 Nopember 2016

ABSTRAK

G

Gamma alumina (γ -Al₂O₃) merupakan oksida aluminium yang terbentuk melalui dehidrasi termal (kalsinasi) pada temperatur (500 – 750) °C dari prekursor amorf, yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben, katalis temperatur tinggi, penyangga katalis dan sebagai membran filtrasi. Gamma alumina memiliki karakteristik luas permukaan yang besar, bersifat mesopori, serta memiliki ketahanan terhadap bahan kimia, termal dan mekanik. Material gamma alumina (γ -Al₂O₃) telah berhasil disintesis dengan prekursor aluminium nitrat (Al(NO₃)₃·9H₂O) pada variasi penambahan surfaktan polietilen glikol (PEG) 6000 (PEG/Al 0.133) sebagai dispersan dan pengarah struktur satu dimensi (*template*). Proses *aging* menggunakan *ultrasonic bath* selama 4 jam pada temperatur ruang. Hasil analisis XRD dan SEM menunjukkan jenis fasa mineral gamma alumina (γ -Al₂O₃) dengan sebagian besar partikel γ -Al₂O₃+PEG memiliki morfologi berbentuk bulat dan sebagian lagi cenderung berbentuk batang dengan ukuran panjang sekitar (40 – 70) nm dan diameter (10 – 20) nm. Material γ -Al₂O₃+PEG yang dihasilkan berupa serbuk berwarna putih dengan luas permukaan 326,26 m²/g; volume pori total 0,10 cm³/g dan ukuran pori rata-rata 2,10 nm. Luas permukaan γ -Al₂O₃+PEG lebih besar dibandingkan dengan γ -Al₂O₃ tanpa *template* namun ukuran dan volume pori γ -Al₂O₃+PEG lebih kecil.

Kata kunci : Gamma alumina, Aluminium nitrat, Polietilen glikol, Partikel nano, *Ultrasonic bath*

ABSTRACT

Gamma alumina (γ - Al_2O_3) is an aluminium oxide formed through dehydration thermal (calcination) at temperature range of 500-750°C from amorphous precursor, which is potential to be utilized as adsorbents, high temperature catalysts, catalyst support and as membrane filtration. Gamma alumina has large surface area, mesoporous, and has chemical resistance, thermal and mechanical characteristics. Gamma alumina (γ - Al_2O_3) has been successfully synthesized using aluminum nitrate ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) as precursor with variation of polyethylen glycol (PEG) 6000 (PEG/Al 0.133) addition as dispersants and one dimension structure template. The aging process were using ultrasonic bath for 4 hours at room temperature. The XRD and SEM results showed gamma alumina mineral phase (γ - Al_2O_3) with most of γ - Al_2O_3 +PEG particles has spherical morphology and some are likely to form rod morphology with length about 40-70 nm and diameter of 10-20 nm. The γ - Al_2O_3 +PEG materials was produced in the form of white powder, have a larger surface area and pore size and smaller pore volume than the γ - Al_2O_3 without templates, with surface area amounted to 326.26 m^2/g , total pore volume 0, 10 cm^3/g and average pore diameter about 2.10 nm. The γ - Al_2O_3 +PEG surface area larger than γ - Al_2O_3 without template but smaller in size and volume of pore.

Keywords : Gamma alumina, Aluminum nitrate, Polyethylen glycol, Nano particle, Ultrasonic bath

I. PENDAHULUAN

Alumina, Al_2O_3 , merupakan keramik oksida logam yang sangat penting digunakan sebagai material refraktori, insulator listrik dan panas, serta memiliki kekuatan mekanik tinggi, ketahanan korosi, stabil terhadap bahan kimia, dan konduktivitas termal rendah [1]. Alumina memiliki beberapa fasa metastabil yaitu η -, γ -, σ -, dan θ - kemudian terakhir menjadi fasa α - yang merupakan fasa stabil alumina. Secara umum, urutan transformasi fasa alumina ditunjukkan pada diagram berikut [1, 2].

Alumina transisi merupakan padatan kristalin dengan porositas dan luas permukaan tinggi serta memiliki sifat amfoter, yang cocok sebagai adsorben, katalis, penyangga katalis dan pembuatan membran filtrasi serta sebagai pengisi atau komponen dalam material komposit polimer/anorganik. Salah satu fasa alumina yang memiliki karakteristik

tersebut di atas adalah fase γ Luas permukaan tinggi pada alumina transisi disebabkan adanya pori-pori, yang berskala mikropori atau mesopori. Ukuran dan distribusi ukuran pori tersebut tidak beraturan dan sebagian besar berdiameter mikropori kurang dari 2 nm. Sintesis material mesopori pertama kali dilaporkan pada tahun 1980an, dengan sejumlah metoda lainnya untuk sintesis alumina transisi tersebut [3, 4, 5, 6].

Wu dkk [7] telah mensintesis γ - Al_2O_3 mesopori menggunakan metode *reverse precipitation* dari bahan sodium aluminat dan asam nitrat dengan proses kalsinasi pada temperatur 500 °C selama 4 jam; menghasilkan gamma alumina dengan luas permukaan sebesar 340 m²/g, volume pori 0,90 cm³/g dan ukuran pori rata-rata 7,6 nm. Kemudian Maryani [8] juga telah melakukan sintesis gamma alumina dengan morfologi nanofiber berdiameter sekitar 25-40 nm dan panjang beberapa mikrometer dari bahan baku kaolin dengan menggunakan surfaktan PEG 6000 sebagai pengarah struktur. Gamma alumina yang dihasilkan memiliki luas permukaan 323,7 m²/g, volume pori total 1,92 cm³/g dan diameter pori rata-rata 23,7 nm [8].

Sebagai tindak lanjut dari penelitian sebelumnya, pada penelitian ini telah dilakukan sintesis γ - Al_2O_3 dari prekursor garam nitrat dengan varian penggunaan polietilen glikol (PEG) sebagai dispersan. Pengaruh variasi penambahan dispersan dan perbedaan jenis prekursor terhadap morfologi partikel dipelajari serta dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya [8].

II. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Sintesis partikel nano γ - Al_2O_3 menggunakan $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ sebagai prekursor, polietilen glikol (PEG) 6000 sebagai pengarah struktur, dan larutan $(\text{NH})_2\text{CO}_3$ 0,1 M sebagai pengontrol pH, dengan metoda sol-gel.

2.2 Metode

Sebanyak 11,25 gram $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam 50 mL aqua dm, kemudian ditambahkan larutan $(\text{NH})_2\text{CO}_3$ 0,1 M tetes demi tetes hingga terbentuk gel berwarna putih. Setelah itu, gel ditambahkan dengan PEG 6000 yang telah dilarutkan dalam 50 ml $(\text{NH})_2\text{CO}_3$ 1 M, sambil diaduk dengan magnetic stirer dan pH akhir gel mencapai 8-9. Sampel kemudian diberi perlakuan aging dalam ultrasonic bath selama 4 jam pada temperatur ruang dan terbentuk dua lapisan. Lapisan atas tidak berwarna sedangkan lapisan bawah berupa endapan berwarna putih. Sampel kemudian disaring dan dibilas dengan aqua dm hingga pH filtrat netral. Endapan dikeringkan dalam oven pada temperatur 100 °C selama 24 jam. Endapan yang telah kering kemudian dikalsinasi pada temperatur 550 °C selama satu jam.

1.3 Karakterisasi

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui kristalinitas dan fasa kristal dari γ - Al_2O_3 menggunakan

peralatan XRD PW 1835 diffractometer. Karakterisasi SEM untuk mengetahui morfologi permukaan ukuran dan bentuk dari nanopartikel γ -Al₂O₃ menggunakan peralatan SEM JEOL-JSM-6510LV pada 15kV. Karakterisasi BET untuk mengetahui karakteristik material meliputi luas permukaan, ukuran pori, serta volume pori γ -Al₂O₃ menggunakan peralatan BET Quantachrome Instruments version 11.0. Karakterisasi TEM untuk mengetahui ukuran dan bentuk partikel γ -Al₂O₃ dilakukan menggunakan peralatan TEM JEOL JEM 1400.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Mineral

Fasa mineral yang terbentuk dari perlakuan variasi dispersan pada prekursor aluminum nitrat memberikan pola difraksi XRD γ -Al₂O₃ dan γ -Al₂O₃+PEG sesuai dengan data pola γ -Al₂O₃ pada JCPDS no. 29-0063 dengan tiga puncak difraksi utama yaitu pada $2\theta = 37,6^\circ \pm 0,1^\circ$; $45,8^\circ \pm 0,1^\circ$; dan $66,9^\circ \pm 0,1^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa fasa mineral γ -Al₂O₃ telah terbentuk.

Gambar 1. Pola difraksi XRD γ -Al₂O₃ dan γ -Al₂O₃+PEG setelah kalsinasi 550 °C selama 1 jam

Pada proses sintesis γ -Al₂O₃, prekursor Al(NO₃)₃·9H₂O bereaksi dengan (NH₄)₂CO₃ membentuk presipitat ammonium aluminum carbonate hydroxide (AACH) dengan rumus kimia NH₄[Al(OOH)HCO₃]. Senyawa presipitat NH₄[Al(OOH)HCO₃] atau AACH ini akan berubah pada proses kalsinasi menjadi alumina (Al₂O₃) melalui pelepasan molekul H₂O, NH₃, dan CO₂ dengan temperatur tinggi [10, 11, 12]. Persamaan reaksi mengikuti

Sehingga reaksi keseluruhan menjadi :

Penggunaan bahan surfaktan berfungsi sebagai dispersan untuk menghasilkan partikel yang terdispersi merata, mencegah aglomerasi partikel dan sebagai templat untuk mengarahkan pembentukan struktur gamma alumina agar menghasilkan material satu dimensi yang memiliki luas permukaan besar.

3.2 Karakteristik morfologi (mikrostruktur)

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa penambahan surfaktan PEG dapat mempengaruhi bentuk dan ukuran partikel γ -Al₂O₃. Gamma alumina tanpa penambahan PEG memiliki bentuk partikel *nanoflakes* dengan ukuran panjang sekitar (200-500) nm dan diameter sekitar (100-300) nm.

Penambahan PEG sebagai surfaktan ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{PEG}$) menghasilkan morfologi permukaan partikel yang lebih kecil dan cenderung berbentuk bulat (*sphere*) dengan ukuran diameter sekitar (20-50) nm.

Karakterisasi SEM terbukti bahwa penambahan surfaktan sebagai dispersan dapat menghasilkan partikel $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ yang tersebar lebih merata dibandingkan dengan partikel $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ tanpa penambahan surfaktan. Gugus polieter pada struktur PEG ($\text{H}-(\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-\text{OH}$) dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil ($-\text{OH}$) pada permukaan boehmit (AlOOH) sehingga pertumbuhan antar partikel boehmit akan terhalangi oleh molekul surfaktan. Akibatnya partikel boehmit yang terbentuk berukuran lebih kecil dengan pertumbuhan partikel memanjang pada satu dimensi dan mengarah pada struktur fiber [8].

Gambar 2 Hasil SEM dari (a) $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan (b) $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{PEG}$ setelah kalsinasi 550°C selama 1 jam

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengarah struktur $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ menjadi bentuk fiber masih belum sempurna. Sebagian besar partikel masih berbentuk bulat dan sebagian lagi cenderung berbentuk batang dengan ukuran panjang sekitar (40-70) nm dan diameter (10-20) nm. Hasil analisis TEM ditunjukkan pada Gambar 3. Jenis prekursor yang berbeda dapat mempengaruhi proses pengarah struktur $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ pada permukaan *template* yang berbeda pula.

Gambar 3 Hasil TEM dari $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{PEG}$ setelah kalsinasi 550°C selama 1 jam

Selain berpengaruh terhadap morfologi dan sistem kristal, penambahan surfaktan juga berpengaruh terhadap luas permukaan γ -Al₂O₃.

3.2 Karakteristik Fisika γ -Al₂O₃

Berdasarkan data hasil pengujian adsorpsi gas N₂ dengan metoda Breuner-Emmet-Teller (BET) pada Tabel 1, material γ -Al₂O₃+PEG memiliki luas permukaan lebih besar dibandingkan dengan γ -Al₂O₃ tanpa penambahan PEG.

Gamma alumina dengan *template* PEG yang dihasilkan memiliki luas permukaan yang lebih besar serta ukuran dan volume pori yang lebih kecil dibandingkan dengan gamma alumina tanpa *template*.

Tabel 1. Hasil karakterisasi BET untuk γ -Al₂O₃ dan γ -Al₂O₃+PEG

Sampel	Surface Area (m ² /g)	Total Pore Volume (cm ³ /g)	Average Pore Size (D) (nm)
γ -Al ₂ O ₃	311.48	1.27	16.29
γ -Al ₂ O ₃ +PEG	326.26	0.10	2.10

Seperti diketahui penambahan *template* PEG akan memberikan efek terhadap struktur ruang, volume (massa) bahan, luas permukaan, dan fenomena fisik lainnya sehingga kualitas dan kuantitas fisik γ -Al₂O₃ akan sebanding dengan kadar (konsentrasi) bahan yang terlibat dalam suatu komposisi. Perbedaan ini dapat dilihat pada Tabel 1

IV. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Material gamma alumina (γ -Al₂O₃) dengan prekursor aluminum nitrat (Al(NO₃)₃·9H₂O) dengan variasi penambahan surfaktan PEG 6000 sebagai dispersan dan pengarah struktur memiliki karakteristik mineral γ -Al₂O₃, ukuran partikel nano dengan sebagian besar partikel berbentuk bulat dan sebagian lagi cenderung berbentuk batang dengan ukuran panjang sekitar (40-70) nm dan diameter (10-20) nm. Hasil analisa fisik menunjukkan serbuk γ -Al₂O₃ berupa serbuk berwarna putih dengan luas permukaan 326,26 m²/g; volume pori total 0,10 cm³/g dan diameter pori rata-rata 2,10 nm. Luas permukaan γ -Al₂O₃+PEG lebih besar dibandingkan dengan γ -Al₂O₃ tanpa *template* namun ukuran dan volume pori γ -Al₂O₃+PEG lebih kecil. Pengarahan struktur γ -Al₂O₃+PEG menjadi bentuk fiber masih belum memberikan perubahan yang nyata dan masih perlu dipelajari lebih lanjut.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian sejenis berikutnya antara lain diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai variabel yang berpengaruh pada proses sintesis γ -Al₂O₃ seperti perbandingan komposisi, temperatur proses, dan kondisi aging, serta pengaruh jenis prekursor yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Noordin, M. R. and K. Y. Liew., "Synthesis of alumina nanofibers and composites", INTECH Open Access Publisher, 2010.
2. Matori, K. A., L. C. Wah, M. Hashim, I. Ismail and M. H. M. Zaid, "Phase transformations of α -alumina made from waste aluminum via a precipitation technique", *International journal of molecular sciences*, **13**, (12), 16812-16821, (2012).
3. Bagshaw, S. A. and T. J. Pinnavaia, "Mesoporous alumina molecular sieves", *Angewandte Chemie International Edition in English*, **35**, (10), 1102-1105, (1996).
4. Niesz, K., P. Yang and G. A. Somorjai, "Sol-gel synthesis of ordered mesoporous alumina", *Chemical communications*, (15), 1986-1987, (2005).
5. Karim, M., M. Rahman, M. Miah, H. Ahmad, M. Yanagisawa and M. Ito, "Synthesis of γ -alumina particles and surface characterization", *The Open Colloid Science Journal*, **4**, (5), 32-36, (2011).
6. Shen, S., W. K. Ng, L. S. O. Chia, Y. Dong and R. B. H. Tan, "Morphology controllable synthesis of nanostructured boehmite and γ -alumina by facile dry gel conversion", *Crystal Growth & Design*, **12**, (10), 4987-4994, (2012).
7. Xia, Y., P. Yang, Y. Sun, Y. Wu, B. Mayers, B. Gates, Y. Yin, F. Kim and H. Yan, *Adv. Mater.*, **15**, 353, (2003).
8. Maryani, E., "Sintesis dan Karakterisasi γ -Alumina nanofiber dari Kaolin dengan Metode Pengarahan Struktur Menggunakan Polietilen Glikol", *Teknik Fisika*, Bandung, Institut Teknologi Bandung, **Disertasi**, 2014.
9. Peng, L., X. Xu, Z. Lv, J. Song, M. He, Q. Wang, L. Yan, Y. Li and Z. Li, "Thermal and morphological study of Al_2O_3 nanofibers derived from boehmite precursor", *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, **110**, (2), 749-754, (2011).
10. Zhu, Z., H. Liu, H. Sun and D. Yang, "PEG-directed hydrothermal synthesis of multilayered alumina microfibers with mesoporous structures", *Microporous and Mesoporous Materials*, **123**, (1-3), 39-44, (2009).
11. Zhu, Z., H. Liu, H. Sun and D. Yang, "Surfactant assisted hydrothermal and thermal decomposition synthesis of alumina microfibers with mesoporous structure", *Chemical Engineering Journal*, **155**, (3), 925-930, (2009).
12. He, X., G. Li, H. Liu, J. Li and Z. Zhu, "Thermal Behavior of Alumina Microfibers Precursor Prepared by Surfactant Assisted Microwave Hydrothermal", *Journal of the American Ceramic Society*, **95**, (11), 3638-3642, (2012).