

Kualitas Total Disolved Solid (TDS) Air Proses Penyaringan Dengan Keramik Pori Pada Perlakuan Suhu Pembakaran

Sulistyo*, Adry Sefar Belanov

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

*Corresponding author: listyo2007@gmail.com, listyotm@ft.undip.ac.id

Abstrak. Saat ini pemakaian keramik berpori semakin luas. Penerapan keramik berpori dapat dijumpai pada peralatan penyaringan maupun pada komponen elektroda sel bahan bakar (fuel cell) pada temperatur tinggi yang dikenal dengan solid oxide fuel cell (SOFC). Pengontrolan ukuran pori hasil dari proses pembakaran pada material keramik dipengaruhi berbagai faktor meliputi jumlah pore former yang ditambahkan pada serbuk keramik sebagai matriks utama, tekanan kompaksi saat pembentukan green compact, ukuran butir serbuk, dan suhu pembakaran. Pada paper ini membahas tentang kualitas TDS air hasil proses penyaringan keramik berpori dengan proses suhu pembakaran yang berbeda. Metode yang dilakukan memanfaatkan material serbuk keramik dengan ukuran butir mesh 100. Keramik ditambahkan bahan pengikat PVA (Polyvinil alcohol) serta ditambahkan pembentuk pori (pore former) dari bahan tepung dengan porsi tertentu. Serbuk yang telah dicampur dengan pore former dan binder ditekan pada cetakan berbentuk piringan (disk) dengan diameter 70 mm dan tebal 3 mm. Proses pembakaran dilakukan pada tungku listrik pada suhu 1250 C dan 950 C dengan holding time selama 120 menit. Keramik berbentuk silinder hasil pembakaran dipakai untuk mengukur TDS pada air sungai. Air hasil penyaringan diukur dengan TDS meter digital. Dari pengukuran TDS menunjukkan bahwa proses pembakaran pada suhu yang relatif lebih tinggi menghasilkan kualitas TDS yang lebih baik.

Kata kunci: keramik berpori, kompaksi, proses pembakaran, TDS, pembentuk pori.

Abstract. Currently the use of porous ceramic is increasingly widespread. The application of porous ceramics can be found in filtering equipment or in the electrode components of fuel cells (fuel cells) at high temperatures known as solid oxide fuel cells (SOFC). The control of the ceramic pore resulting from the combustion process in ceramic material is influenced by various factors including the number of pore former added to ceramic powder as the main matrix, compacting pressure during green compact formation, powder grain size, and combustion temperature. This paper discusse the quality of Total Dissolved Solid (TDS) water resulting from the porous ceramic filtering using by different combustion temperature processes. The method is an using ceramic powder material with a mesh size of 100 mesh. Ceramic powder is added with a PVA (Polyvinil alcohol) binder and a pore former of tarch which is added by in a certain portion. The powder which has been mixed with pore former and binder is pressed in a disk-shaped mold with a diameter of 70 mm and a thickness of 3 mm. The sintering process is carried out in an electric furnace at temperatures of 1250 C and 950 C using by a holding time of 120 minutes. The cylinder pored ceramic is used to measure TDS in river water. Filtered water is measured with a digital TDS meter. Result of TDS measurements shows that the better TDS quality was done by the sintering process of relatively higher temperature.

Keywords: pore ceramic, compaction, sintering, TDS, pore former

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Saat ini pemakaian keramik berpori semakin luas. Penerapan keramik berpori dapat dijumpai pada peralatan penyaringan maupun pada komponen elektroda sel bahan bakar (fuel cell) pada temperatur tinggi yang dikenal dengan solid

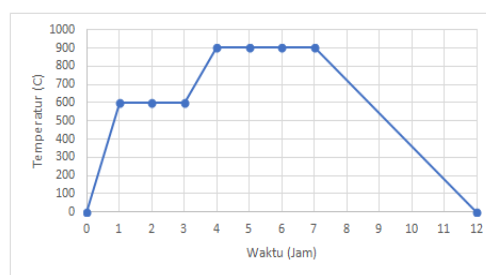
oxide fuel cell (SOFC) [1], katalis converter, pemisah, struktur ringan, nano elektronik [2]. Komponen komponen tersebut harus memiliki ukuran dan jumlah pori tertentu serta distribusinya yang merata pada seluruh material. Pori yang satu dengan yang lain harus saling berkaitan membentuk

pori yang tersambung satu dengan yang lain [3]. Pori yang semakin kecil dan terdistribusi merata akan meningkatkan unjuk kerja pada elektroda SOFC serta meningkatkan Three phase boundary (TPB) sehingga mempercepat fungsi katalis reaksi bahan bakar menjadi ion dan elektron [4]. Pori pada anoda menjadi penting dalam pembuatan elektroda SOFC [5]. Fungsi material berpori juga penting pada komponen *catalytic converter* yang dipakai pada knalpot gas buang kendaraan. Pori pada material tersebut dapat meningkatkan luas permukaan dan mempermudah gas buang bersentuhan dengan material sehingga dapat mempercepat reaksi gas buang dan material katalis [6]. Pada material filter ukuran pori sangat mempengaruhi fungsi filter sehingga partikel partikel dapat disaring dengan baik. Pada keramik filter ditambahkan silver nanopartikel (SNP) untuk meningkatkan kualitas air yang disaring. SNP berfungsi untuk disinfektan air sehingga bakteri yang terkandung dalam air menurun. SNP yang ditambahkan dalam keramik berpori dapat menurunkan bakteri *Escherichia coli* (*E.Coli*) dengan dimensi pori 2 sampai 6 nm dan volume pori $0,02 \text{ cm}^3/\text{g}$ [7]. Material keramik berpori dibuat melalui berbagai proses. Tahap pertama adalah proses blending serbuk keramik dengan pembentuk pori (*pore former*). Proses blending memanfaatkan mixer atau menggunakan ball milling pada putaran tertentu sehingga diperoleh campuran yang homogen antara partikel pembentuk pori dan serbuk keramik [8]. Tahap pembentukan piringan (*disk*) dengan mencetak campuran serbuk keramik kedalam cetakan dengan ukuran tertentu dan dengan beban kompaksi hidrolis sehingga diperoleh *green compact*. *Green compact* dalam bentuk piringan disinter pada suhu tertentu untuk meningkatkan kekuatan filter serta memperoleh ukuran pori. Pada proses sintering berlangsung 2 proses yaitu proses pembakaran partikel tepung pada suhu sekitar 500 C [9] dan proses peningkatan ikatan partikel serbuk keramik. Pada proses pembakaran tepung akan terbentuk celah (*void*) yang seragam dan saling tersambung membentuk pori, sedangkan pada proses pada suhu 900 C [10] terjadi proses pengikatan antar partikel membentuk ikatan melalui proses difusi sehingga material keramik menjadi kuat, berpori dan memiliki kekuatan yang cukup. Pada makalah ini membahas tentang proses pembentukan material keramik berpori. Serbuk keramik dari tanah liat diblending dengan tepung (*starch*). Dilanjutkan proses kompaksi. Pada proses kompaksi campuran serbuk dan starch ditambahkan polyvinyl alcohol (PVA) sebagai binder dan proses sintering. Produk sintering dipakai untuk memfilter air. Kualitas air

diukur padatan terlarutnya atau *total dissolved solid* (TDS).

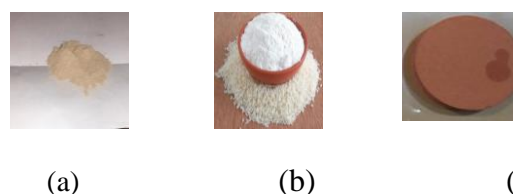
Metode Penelitian

Pada penelitian ini peralatan yang digunakan adalah mixer, ultrasonic batch, cetakan, mesin tekan hidrolis, furnace, TDS digital, SEM. Material yang dipakai adalah serbuk keramik dari tanah liat dengan ukuran mesh 100, tepung, PVA. Serbuk tanah liat dicampur dengan mixer yang dibantu dengan ultrasonic batch. Ultrasonic bath digunakan untuk menghomogenkan campuran serbuk keramik dan tepung. Campuran yang sudah homogen dicampur dengan PVA sebanyak 4 % berat. Material dimasukkan dalam cetakan berbentuk silinder dengan diameter 70 mm dengan ukuran tertentu sehingga akhir cetakan diperoleh ketinggian sebesar 3 mm. Tekanan cetakan diatur pada tekanan 4 MPa. Proses sintering dilakukan pada suhu 900 dan 1250 C. Grafik proses sintering terlihat pada gambar 1 yang memberikan informasi grafik antara suhu dan waktu.



Gambar 1. Proses sintering pada suhu 900 C

Gambar 2 menunjukkan material bahan baku serbuk keramik, tepung dan piringan hasil sintering



Gambar 2. Material serbuk (a), material tepung (b) dan material piringan sinter (c)

Hasil dan Pembahasan

Disamping dilakukan pengukuran TDS pada piringan keramik hasil proses sintering juga dilakukan pengukuran permeabilitas terhadap kemampuan merembeskan air dari material piringan berpori tersebut. Hasil pengukuran permeabilitas dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan piringan berpori dapat dilalui oleh air dan mengetahui pori yang satu dengan yang lain dalam piringan tersambung dari satu permukaan ke

permukaan yang lain. Pengukuran permeabilitas didekati dengan persamaan,

$$Q = \frac{-kA(p_b - p_a)}{\mu L} \quad (1)$$

Dengan:

Q = Laju alir fluida, m^3/s

A = Luas penampang media berpori

μ = Viskositas fluida, Pa.s

$\Delta P = P_b - P_a =$ Perbedaan tekanan

L = Panjang media berpori, m

k = Permeabilitas, m^2

Hasil permeabilitas

Hasil pengujian permeabilitas pada piringan pori terlihat pada tabel 1. Harga permeabilitas dipengaruhi oleh jumlah pembentuk pori (pore former) dan suhu sintering. Semakin banyak pembentuk pori yang ditambahkan maka angka permeabilitas semakin meningkat. Pada pembentuk pori 5 % dan 10 % berat pada suhu 900 C adalah angka permeabilitasnya (K) pada masing masing adalah $27,5 \times 10^{-16} m^2$ dan $76,3 \times 10^{-16} m^2$, sedangkan pada pembentuk pori 15 % berat dengan suhu sintering 900 C dan 1250 C adalah $170 \times 10^{-16} m^2$ dan $5,57 \times 10^{-16} m^2$.

Tabel 1. Permeabilitas keramik pori

No.	Clay (kandungan vol.% pore former)	Suhu sintering	
		900 C	1250 C
		$K_{ave} (10^{-16} m^2)$	
1	Pore former 5%	27,5	2,1
2	Pore former 10%	76,3	3,49
3	Pore former 15%	170	5,57

Pada tabel 2 menunjukkan nilai TDS pada keramik pori yang disinter dengan beda suhu. Pada sintering suhu 1250 C nilai TDS lebih rendah dibandingkan pada sintering suhu 900 C.

Tabel 2. TDS keramik pori

No	Pore former 15 %	Air sungai	Sintering	
			1250 C	900 C
		TDS		
1	Spesimen 1	1250 mg/l	207 mg/l	487 mg/l
2	Spesimen 2	1253 mg/l	205 mg/l	482 mg/l
3	Spesimen 3	1252mg/l	209 mg/l	486 mg/l
	Rata rata	1252 mg/l	207 mg/l	485 mg/l

Pada suhu 1250 C dari TDS air sebelum difilter adalah memiliki TDS 1250 mg/l (1250 pp) dan setelah dilakukan filtering dengan keramik berpori

menjadi 207 ppm, sedangkan pada sintering suhu 900 C nilai TDS air sebelum difilter dengan keramik pori 1252 ppm dan setelah difilter memiliki TDS sebesar 485 ppm atau 485 mg/l. Aspek suhu sintering sangat mempengaruhi kualitas TDS yang dapat difilter. Kualitas TDS juga ada kaitannya dengan nilai permeabilitas keramik pori [11]. Semakin tinggi nilai permeabilitas maka TDS yang dapat difilter semakin sedikit artinya bahwa TDS yang dapat diturunkan relatif sedikit [8]. Pada proses sintering dengan suhu yang relatif lebih tinggi mempengaruhi kecepatan difusi dan nilai porositas produk keramik. Suhu yang lebih tinggi kecepatan difusi lebih cepat karena energi yang dimiliki oleh atom semakin tinggi sehingga mudah berpindah dari satu titik ke titik yang lain [7]. Atom lebih mudah bergerak dari konsentrasi yang lebih tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah. Dengan temperatur sintering yang lebih tinggi ukuran pori semakin kecil dan kualitas filter semakin baik [11]. Dampak pada proses sintering mempengaruhi dari ikatan antar partikel yang semakin kuat sehingga dapat meningkatkan kekuatan keramik filter [12] serta dapat meningkatkan kekuatan mekanik material keramik pori [1,11].

Pada penambahan pore former yang sedikit pada serbuk keramik berpengaruh pada nilai permeabilitas, seperti pada tabel 1, bahwa nilai permeabilitas terkecil diperoleh pada pore former yang prosentasenya kecil yaitu pada 5 % berat pore former. Fenomena ini disebabkan karena ruang pori yang terbentuk saat proses sintering fraksi pori relatif sedikit sehingga nilai porositas relatif kecil dan nilai permeabilitas kecil [8]. Nilai angka permeabilitas kecil berdampak pada nilai TDS penurunannya juga relatif kecil [4,13,14].

Kesimpulan

Pada penelitian ini dilakukan proses pembuatan keramik pori dalam bentuk piringan yang dipakai untuk mengukur total dissolved solid air. Pada proses pembuatan keramik pori dengan mengontrol pembentuk pori dan suhu sintering. Pada pembentuk pori yang prosentasenya kecil menghasilkan nilai permeabilitas yang relatif kecil dan permeabilitas juga dipengaruhi suhu sintering. Suhu sintering rendah nilai permeabilitas kecil pada prosentase pore former yang sama. Nilai permeabilitas yang besar maka TDS yang dapat diturunkan dari air juga relatif sedikit. Pada suhu sintering yang tinggi menghasilkan nilai permeabilitas yang kecil dan kemampuan menurunkan TDS semakin besar. Pada penelitian selanjutnya dapat dikaji aspek kekuatan kompaksi terhadap kualitas TDS serta ukuran pori dan dikaji pula kualitas bakeri E.Choli air hasil filtrasi.

Penghargaan

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik dan Departemen Teknik Mesin FT Undip yang telah memberikan dana penelitian dan fasilitas laboratorium Metalurgi Fisik DTM Undip sehingga kelancaran dan penelitian dapat berlangsung dengan baik.

Referensi

- [1] S. Sulistyo, "Porosity Control and Mechanical Properties of Porous Ceramic Material from Plered Region," in *MATEC Web of Conferences 159, 02004 (2018) IJCAET & ISAMPE 2017*, 2018, vol. 02004, pp. 1–5.
- [2] Y. Saengpayap, Yawapo, Kallayalert and C. Busabok, "Preparation of Porous LiAl₅O₈ by Reaction Bonded Sintering," *Sci. Technol. RMUTT J.*, vol. 8 (1), no. January, 2018.
- [3] K. C. Wincewicz and J. S. Cooper, "Taxonomies of SOFC material and manufacturing alternatives," vol. 140, no. August 2004, pp. 280–296, 2005.
- [4] J. A. Cebollero, R. Lahoz, and A. Larrea, "Tailoring the electrode-electrolyte interface of Solid Oxide Fuel Cells (SOFC) by laser micro-patterning to improve their electrochemical performance," *J. Power Sources*, vol. 360, pp. 336–344, 2017.
- [5] M. E. Navarro, X. G. Capdevila, M. Morales, J. J. Roa, and M. Segarra, "Manufacturing of anode-supported tubular solid oxide fuel cells by a new shaping technique using aqueous gel-casting," *J. Power Sources*, vol. 200, pp. 45–52, 2012.
- [6] R. P. P. Amin Chirag, "CATALYTIC CONVERTER BASED ON NON-NOBLE MATERIAL," *Int. J. Adv. Eng. Res. Stud.*, vol. I, no. July, pp. 118–120, 2015.
- [7] T. Thi, N. Dung, L. P. Thi, V. Nang, T. Thi, and D. Viet, "Journal of Environmental Chemical Engineering Preparation of silver nanoparticle-containing ceramic filter by in-situ reduction and application for water disinfection," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 7, no. 3, p. 103176, 2019.
- [8] M. Sulistyo, S. Akbar, "Pengontrolan Pori dan Uji Permeabilitas Keramik," 2018, pp. 187–190.
- [9] O. Vrl, "Analysis of the Barrier and Thermogravimetric Properties of Cassava Starch Biopolymeric Films with Addition of Beeswax," vol. 10, no. 2, pp. 2–5, 2019.
- [10] E. A. Zereffa, T. B. Bekalo, C. Program, A. Science, and C. Science, "Clay Ceramic Filter for Water Treatment," vol. 34, no. May, pp. 69–74, 2017.
- [11] H. Choi, J. Kim, H. Kim, S. Hyun, and M. Lee, "Effect of sintering temperature in preparation of granular ceramic filter," *Ceram. Int.*, vol. 41, no. 8, pp. 10030–10037, 2015.
- [12] S. Khanna, H. Chaliyawala, S. Paneliya, and D. Roy, "Journal of the European Ceramic Society Systematic investigation of close-packed silica nanospheres monolayer under sintering conditions," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 39, no. 4, pp. 1411–1419, 2019.
- [13] N. Izwanne, T. Li, R. Martinez-botas, Z. Wu, and K. Li, "Short communication A new hollow fibre catalytic converter design for sustainable automotive emissions control," *Catal. Commun.*, vol. 120, no. December 2018, pp. 86–90, 2019.
- [14] Y. B. Khosrowshahi and A. Salem, "Cerámica y Vidrio A view on organic binder effects on technical properties of ceramic Raschig rings," pp. 335–342.