

Pengontrolan Pori dan Uji Permeabilitas Keramik

Sulistyo^{1,*}, Musa Akbar²

¹Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

²Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

*Corresponding author: listyo2007@gmail.com

Abstract. Ceramic filters are porous ceramics and are widely used in the filtering industry. Ceramic pores can be controlled by adding pore former and sintering process. In the sintering process, ceramic particles are bound and at the same time pore former is burned to form small holes called pores. The size and number of pore formed determines the permeability of the ceramic filter. This paper discusses the relationship between pore former and permeability of pore ceramic. Pore former used is rice starch with a percentage of 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, wood charcoal 5%, 15%, 25% and corn starch 5%, 15%, 25% of the volume of ceramic material. Ceramic material is clay of Plered Purwakarta, West Java. The manufacturing of specimen is carried out by adding pore former and binder followed by pressing process. Green compacts are dried in the sun directly to reduce water content, followed by the sintering process. The sintering process was carried out at a temperature of 1250 C for 1 hour. Permeability testing is done by installing a ceramic at the end of the tube and filled with pressure water. The results of porosity and permeability of Plered ceramic using 5% of rice starch are 7 % by volume and $2,5 \times 10^{-15} \text{ m}^2$ respectively.

Abstrak. Filter keramik merupakan alat yang banyak digunakan dalam bidang industri penyaringan (*filtering*). Pori pada keramik filter dapat dikontrol melalui penambahan bahan pembentuk pori (*pore former*) dan proses sintering. Pada proses sintering, partikel partikel keramik terikat dan pada saat yang sama *pore former* terbakar membentuk lubang-lubang kecil yang disebut dengan pori. Ukuran dan jumlah pori yang terbentuk menentukan permeabilitas dari filter keramik. Pada makalah ini dibahas hubungan jumlah *pore former* dan permeabilitas keramik berpori. *Pore former* yang digunakan adalah tepung beras dengan persentase 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, arang kayu 5%, 15%, 25% dan tepung jagung 5%, 15%, 25% terhadap volume bahan keramik. Material keramik yang digunakan adalah tanah liat Plered Purwakarta, Jawa Barat. Pengontrolan porositas dilakukan dengan penambahan *pore former* dan *binder* dilanjutkan dengan proses pengepresan. *Green compact* dijemur di bawah matahari langsung untuk mengurangi kadar air, dilanjutkan proses sintering. Proses sintering dilakukan pada suhu 1250 C selama 1 jam. Pengujian permeabilitas dilakukan dengan memasang keramik pada ujung tabung dan diisi air yang diberi tekanan. Hasil porositas dan permeabilitas dari keramik Plered dengan campuran tepung beras 5% masing-masing adalah 7% dan $2,5 \times 10^{-15} \text{ m}^2$.

Kata kunci: sintering, pore former, permeabilitas, keramik

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Porous material banyak ditemukan di alam seperti bebatuan dan tumbuhan. Tetapi *porous material* dapat dibuat dan direkayasa serta diterapkan dalam bidang industri seperti industri air minum, manufaktur, minyak, konstruksi, biologi dan kedokteran [1]. Salah satu aplikasi material porous yang banyak digunakan adalah pada teknologi filtrasi. Filtrasi merupakan proses mekanis atau fisik yang digunakan untuk memisahkan padatan dari fluida. Pada abad sekarang telah dikembangkan dan dibuat teknologi keramik yang canggih, pada aplikasi semi konduktor dan filtrasi [2]. Aplikasi yang lain, material keramik dapat digunakan sebagai material isolator panas dan isolator listrik [3].

Pada proses pembuatan (*manufacture*) keramik berpori melalui beberapa tahap. Batuan tanah liat diubah

dalam bentuk serbuk melalui proses tumbukan dan serbuk tanah liat ditambahkan bahan pembentuk pori (*pore former*). Pore former ditambahkan dalam tanah liat untuk mengatur porositas keramik. Tahap selanjutnya adalah tanah liat dan pore former diaduk (*mixing*) sehingga merata (*mixing process*). Kemudian dilakukan proses kompaksi (*forming*) dengan alat kompaksi untuk memadatkan sekaligus membentuk bentuk tertentu sesuai cetakan yang dipakai Selanjutnya material keramik dikeringkan di udara bebas. Proses ini disebut proses pengeringan (*drying*). Proses yang terakhir adalah proses pembakaran (*firing/sintering*). Tujuan dari proses *sintering* adalah memanaskan material filter keramik pada suhu tinggi hingga partikel dari serbuk keramik berdifusi dan membentuk material yang padat [1].

Pada paper ini, dikaji pengaruh variasi jenis pore former terhadap permeabilitas keramik berpori. Bahan dasar yang digunakan adalah tanah liat diambil dari daerah Plered, Jawa Barat. Sedangkan pore former yang digunakan adalah tepung beras, tepung jagung dan arang.

Manufaktur keramik secara umum

Proses manufaktur keramik yang akan dibahas disini adalah manufaktur keramik dari tanah liat secara umum.

Raw material

Proses manufaktur keramik dimulai dengan memperoleh raw material dari alam. Raw material yang digunakan dalam proses manufaktur keramik bervariasi mulai dari tanah liat tidak murni yang ditambang dari alam kemudian diubah menjadi bentuk serbuk

Pencampuran (mixing)

Tujuan dari pencampuran adalah untuk menggabungkan unsur dari bubuk keramik sehingga diperoleh campuran yang homogen secara kimia dan fisika pada saat proses pembentukan. Ball mills merupakan alat pencampur untuk material keramik dengan energi yang tinggi. *Binder* dan *plasticizers* digunakan pada bubuk kering saat —pembentukan plastis. Pada kondisi bubuk, penambahan cairan, flokulan, surfaktan dan zat antifoaming ditambahkan untuk mengontrol kualitas campuran [1].

Pembentukan (forming)

Pada proses pembentukan keramik biasanya diperlukan beberapa bahan untuk memudahkan proses manufaktur. Pada saat proses pembentukan beberapa material dikumpulkan seperti serbuk keramik, pelarut, binder dan plasticizer menjadi sehingga membentuk bubuk untuk memudahkan dicetak. Proses yang lain adalah dengan dry forming.

Dry forming terdiri dari proses kompaksi dan pembentukan bubuk keramik pada cetakan yang kaku atau cetakan yang fleksibel. Dry forming dapat dilakukan dengan dry pressing, kompaksi isostatik dan kompaksi vibratory [4]

Pengeringan (drying)

Setelah proses pembentukan, keramik harus dikeringkan. Proses pengeringan berfungsi untuk mengurangi kadar air pada keramik. Pada pengeringan keramik perlu dikontrol keseimbangan antara meminimalisir waktu pengeringan dan menghindari penyusutan, pelengkungan dan terdistorsinya keramik. Biasanya pengeringan dilakukan dengan metode konveksi pada pintu tungku pembakaran [1]

Sintering

Proses dimana keramik diproses agar menjadi semakin kuat dan padat, memiliki ikatan kohesif yang baik, dan butir yang teratur. Proses ini juga bisa disebut sintering atau densification.

Parameter yang mempengaruhi pada proses pembakaran adalah waktu, tekanan, dan suhu lingkungan. Proses pembakaran yang pendek akan menghasilkan produk berpori dan memiliki kepadatan yang rendah. Pada proses pembakaran sedang akan menghasilkan butir yang teratur, keramik berkekuatan tinggi sedangkan pada proses pembakaran yang lama akan menghasilkan butir yang kasar. Dengan

memberikan tekanan dapat mengurangi waktu pembakaran dan memungkinkan membakar bagian yang sulit dibakar dengan metode konvensional [1]. Pada saat proses sintering material pembentuk pori tersebut terbakar dan hilang. Hilangnya pore former terbentuk pori –pori pada keramik [5]

Permeabilitas

Permeabilitas (K) merupakan kemampuan (bahan, membran, dan sebagainya) meloloskan partikel dengan menembusnya; perbandingan antara volume dalam sebuah ruang yang dianggap dapat diisi dan volume seluruh ruang. Membran bertindak permeabel berarti dapat dilalui cairan atau gas secara difusi. Aliran fluida dalam media berpori berdasarkan Hukum Darcy diturunkan secara empiris sebagai berikut [6] :

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

Dengan:

Q = Laju alir fluida, m³/s

A = Luas penampang media berpori, m²

μ = Viskositas fluida, Pa.s

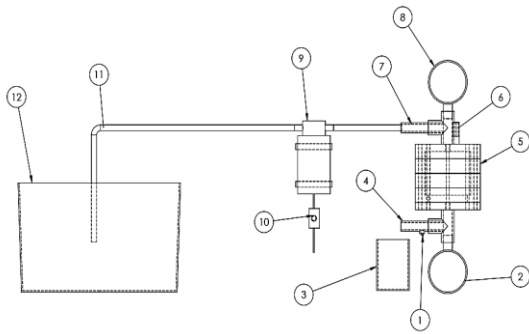
ΔP = P_b – P_a = Perbedaan tekanan, Pa

L = Panjang media berpori, m

k = Permeabilitas, m²

Metode Penelitian

Pada penelitian ini dimulai dengan proses pemilihan material yang akan digunakan untuk proses manufaktur filter keramik. Pengambilan material tanah liat langsung dari daerah Purwakarta, Jawa Barat. Karakteristik keramik yang akan diperoleh adalah keramik yang memiliki pori-pori. Maka dari itu diperlukan material *pore former* dalam proses pembentukan. Pore former yang digunakan adalah tepung beras, tepung jagung, dan serbuk arang [8]. Kemudian material ini dikeringkan dengan oven lalu ditumbuk dan disaring menggunakan mesh 100. Pencampuran dengan pore former dilakukan untuk menciptakan pori pada material keramik. Pencampuran dilakukan dengan cara mengukur perbandingan massa jenis dan berat yang dibutuhkan dari material serbuk tanah liat dan pore former. Kompaksi yang dilakukan dibantu dengan alat press dan mould dari besi. Sebelum proses kompaksi binder dalam bentuk cairan dicampurkan ke serbuk tanah liat dan pore former. Sintering dilakukan menggunakan furnace gas dengan suhu 1250°C. Material keramik siap diuji permeabilitas. Media uji permeabilitas dilakukan dengan bantuan media fluida cair berupa air murni. Skema alat uji permeabilitas seperti gambar 1



Gambar 1. Skema alat permeabilitas

Keterangan

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. Valve | 7. Inlet |
| 2. Pressure gauge outlet | 8. Pressure gauge inlet |
| 3. Gelas ukur | 9. Pump |
| 4. Outlet | 10. Potensiometer |
| 5. Tabung Permeameter | 11. Inlet pump |
| 6. Air valve | 12. Water reservoir |

Hasil dan Pembahasan

Hasil Manufaktur Filter Keramik

Keramik mengalami penyusutan saat sebelum dan sesudah sintering. Penyusutan spesimen pada saat proses sintering terjadi. Hal ini disebabkan karena sintering merupakan proses pemadatan (*densification*). Pada saat proses sintering, partikel yang tidak teratur mengalami ikatan satu sama lain sehingga mengurangi luas permukaan [7].

Tebal filter keramik rata-rata untuk campuran plered dan klampok sebelum kompaksi adalah 0,8 mm sedangkan setelah kompaksi menjadi 0,75 mm. Jadi penyusutan ketebalan adalah 6,25 %. Untuk diameter filter plered mengalami penyusutan rata-rata dari 70 mm menjadi 58 mm. Jadi penyusutan diameter campuran plered adalah 17,1 %.

Penyusutan akan mempengaruhi saat assembly dengan alat permeater. Seharusnya untuk mengurangi celah saat assembly dengan alat permeameter, diameter harus sedikit lebih besar. Penggunaan sealant dilakukan untuk menyesuaikan spesimen dan dimensi diameter dudukan permeater.

Clay	Penyusutan ketebalan		
	Tepung beras	Tepung jagung	Arang
95	19%	23%	19%
85	27%	20%	9%
75	27%	19%	13%

Clay	Penyusutan diameter		
	Tepung beras	Tepung jagung	Arang
95	16%	17%	16%
85	16%	16%	19%
75	16%	17%	19%

Hasil Uji Permeabilitas

Pengujian permeabilitas dilakukan dengan menggunakan persamaan Darcy yang ditunjukkan pada persamaan (1) dan mencari K. Untuk percobaan dilakukan 3 kali pengukuran untuk 1 spesimen, lalu diambil rata-rata dengan sample masing berjumlah 3 spesimen. Luas penampang outlet diukur ditentukan saat pembuatan tabung permeameter. Ketebalan specimen dibuat secara seragam saat pembuatan keramik pori dengan menghitung perbandingan massa dan massa jenis, sehingga volume specimen bisa ditentukan.

No.	Rasio spesimen	Permeabilitas		
		T. Beras	T. Jagung	Arang
		K _{ave} (10 ⁻¹⁶ m ²)		
1	Plered 95%	2,6	3,57	6,77
2	Plered 85%	7,6	18,3	30,2
5	Plered 75%	44	54,2	122

Kesimpulan

Proses sintering pada tanah liat plered dilakukan pada suhu 1250°C dan mempunyai kekuatan yang cukup tanpa mengalami kecacatan retak.

Pada uji permeabilitas didapatkan bahwa tanah liat plered memiliki permeabilitas 3,57 x 10⁻¹⁶ pada pore former 5 % dengan menggunakan tepung jagung..

Pore former yang membentuk permeabilitas tertinggi adalah arang, tepung jagung dan yang terendah adalah tepung beras.

1. Daftar Pustaka

- [1] M. N. Rahaman, Ceramic Processing and Sintering, 2nd ed., New York: Marcel Dekker, 2008.
- [2] M. G. N. C. B. Carter, Ceramic Materials: Science and Engineering, New York: Springer Science, 2007.
- [3] W. D. Callister, Material Science and Engineering Introduction 8th Ed., Versailles: John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- [4] United States Environmental Protection Agency, "United States Environmental Protection Agency," 1996. [Online]. Available: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch11/final/c11s07.pdf>. [Accessed 15 November 2016].
- [5] L. D. Johnson Kwame Efavi, "Development of porous ceramic bodies from kaolin deposits for

- industrial application," *Applied Clay Science*, pp. 31-32, 2012.
- [6] S. Whitaker, *Flow in Porous Media: A Theoretical Derivation of Darcy's Law*, 1st ed., Springer Netherlands, 1985.
- [7] M. P. C. Venturelli, "Sintering Behaviour of Clays for the Production of Ceramics," *Process Engineering*, p. 1, 2007.
- [8] J. Kwame Efavi, L. Damoah, D. Yaw Bensah, D. Dodoo Arhin, and D. Tetteh, "Development of porous ceramic bodies from kaolin deposits for industrial applications," *Appl. Clay Sci.*, vol. 65–66, pp. 31–36, 2012.
- [9] R. Hansdah, "Design and Fabrication of Permeability Apparatus for Determination of Permeability of Porous Ceramics," 2013.