



## Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Penyusutan Berat Dan Porositas Keramik Tanah Liat Dengan Aditif Onyx, Giok Dan Zeolit

Bayu Satriya Wardhana<sup>1</sup>, Achmad As'ad Sonief<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jl. Mayjend Haryono No. 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: [wardhanabayu@ub.ac.id](mailto:wardhanabayu@ub.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 22/03/2018  
Naskah Direvisi 29/03/2018  
Naskah Disetujui 29/03/2018  
Naskah Online 29/03/2018

### ABSTRAK

*Penelitian ini memanfaatkan serpihan batu alam berupa onyx, giok dan zeolit hasil proses manufaktur produk kerajinan. Batu alam dengan prosentase berat 85% dicampur dengan 10% lempung dan diberikan tambahan 5% air. Campuran tersebut kemudian ditekan menggunakan silinder hidrolik pada tekanan 2 ton; dengan diameter penampang cetakan 40 mm. Variasi ukuran partikel serbuk didapatkan melalui melakukan proses mesh yaitu sebesar 0,05  $\mu\text{m}$ ; 0,045  $\mu\text{m}$  dan 0,03  $\mu\text{m}$ . Hasil dari penekanan tersebut dibiarkan kering selama 3 hari, dan kemudian disinter pada temperatur 1300°C selama 7 jam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ukuran partikel mempengaruhi penyusutan berat saat proses pembakaran. Semakin kecil ukuran partikel, penyusutan berat yang terjadi semakin besar. Penyusutan berat sebelum dan sesudah dibakar berkisar antara 1,78-2,11%. Ukuran partikel juga berpengaruh terhadap porositas spesimen dimana semakin kecil ukuran partikel batu alam menyebabkan porositas yang terjadi pada spesimen semakin besar. Nilai porositas pada spesimen berkisar antara 4,90%-9,07%.*

**Kata kunci:** ukuran partikel serbuk, onyx, giok, zeolit, clay, shrinkage, porositas

### 1. PENDAHULUAN

Salah satu potensi yang cukup menjanjikan di daerah malang selatan adalah potensi batuan alam. Kabupaten Malang Jawa Timur dikelilingi oleh gunung berapi aktif yang menjadikannya kaya dengan batu hasil proses vulkanik. Batuan alam sempat memiliki nilai ekonomis tinggi karena menjadi trend lewat demam cincin akik yang pernah melanda beberapa waktu, namun menghilang lagi seiring dengan minat masyarakat yang menurun terhadap batuan alam. Sebuah ide kemudian dikembangkan untuk memanfaatkan potensi batu alam yang terdapat di kabupaten Malang, sebagai material yang memiliki

efek terhadap kesehatan. Secara turun temurun, batuan alam dipercaya memiliki khasiat terhadap kesehatan karena mineral yang dikandungnya. Sehingga batuan alam diolah menjadi aksesoris dan perlengkapan kesehatan seperti gelang, kalung, cangkir minum dan lain-lain. Pengolahan batu alam menjadi produk kesehatan tersebut melalui proses machining yang meninggalkan limbah berupa serbuk halus. Selama ini, limbah tersebut belum dimanfaatkan dengan baik dan memiliki nilai ekonomis yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah serbuk batuan alam menjadi produk olahan di bidang kesehatan[3][5] yang

memiliki nilai manfaat dan ekonomi yang tinggi, sehingga meningkatkan kesejahteraan masyarakat, khususnya di lokasi yang memiliki tempat pengolahan batu alam.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Peneliti terdahulu telah mengembangkan material keramik porous dari campuran Si-C 99 % dan batu zeolit tipe clinoptilolite. Si-C dan batu zeolit dengan perbandingan berat 3:1 ditekan/dikompaksi pada tekanan 7 ton untuk membuat green body. Campuran Si-C dan serbuk zeolit didapatkan dari proses pengayakan dengan ukuran mesh 500  $\mu\text{m}$ , dan kemudian dicampurkan gliserol untuk media pendispersi dan penstabil. Selain itu, 5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  juga ditambahkan untuk membantu proses sintering. Temperatur pada proses sintering divariasikan pada temperatur 1000  $^\circ\text{C}$ , 1100  $^\circ\text{C}$ , 1200  $^\circ\text{C}$  and 1300 $^\circ\text{C}$  dan berlangsung/ ung selama 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur sintering, akan menyebabkan porositas pada material semakin menurun. Sedangkan pada densitas, sulit ditarik kesimpulan karena data yang dihasilkan tidak menunjukkan tren yang signifikan pada tiap-tiap temperatur pembakaran sintering. Hal ini diperkirakan karena laju pepadatan yang tidak seragam pada spesimen karena temperatur yang kurang merata di dalam dapur pembakaran. Pengamatan mikroskopik menggunakan SEM menunjukkan bahwa porositas paling seragam terjadi pada temperatur sinter 1300 $^\circ\text{C}$  dengan ukuran porous antara 40  $\mu\text{m}$  - 200  $\mu\text{m}$ ; sedangkan pada penelitian lain porous seragam berukuran 10  $\mu\text{m}$  - 100  $\mu\text{m}$ [1].

Penelitian tentang penggunaan batuan alam sebagai campuran untuk membuat keramik juga pernah dilakukan dengan meneliti tentang pengaruh temperatur sinter terhadap densitas dan porositas bahan keramik yang dibuat dari campuran zeolit 75%, tanah lempung 15%, arang batok kelapa 5%, dan polivinylalcohol(PVA) 5%. Campuran ditambahkan air dengan perbandingan 2:3, diaduk dan kemudian dikeringkan menggunakan kompor selama 2 jam. Campuran tersebut kemudian dikompaksi dan setelah kering dilakukan proses sintering pada temperatur 300 $^\circ\text{C}$ , 400 $^\circ\text{C}$  dan 500 $^\circ\text{C}$  dengan lama waktu 2 jam. Dari penelitian diketahui bahwa semakin tinggi

temperatur sinter, maka semakin rendah kerapatannya yaitu dari 0,853  $\text{gr}/\text{cm}^3$  sampai 0,752  $\text{gr}/\text{cm}^3$ . Sedangkan untuk porositas, dengan bertambahnya temperatur akan semakin tinggi, yaitu 21,19% sampai 23,29%[2].

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *true eksperimental research* dengan tujuan mengetahui efek ukuran partikel serbuk batuan alam terhadap porositas dan penyusutan berat pada bahan keramik dengan aditif batuan alam. Pada penelitian ini, batu alam yang memiliki potensi dalam bidang kesehatan yaitu onyx, giok, dan zeolit (Gambar 1) diolah menjadi serbuk dan nantinya digunakan sebagai bahan untuk membuat porous media. Masing-masing batu alam dilihat komposisi penyusunnya menggunakan piranti X-ray fluorescence (XRF) dengan hasil seperti pada tabel 1. Unsur yang ditampilkan dalam penelitian ini diambil 7 jenis dari persentase yang terbesar/dominan masing-masing batu.

**Tabel 1.** Komposisi unsur hasil uji XRF

(a) Batu onyx

Unsur	Ca	Mn	Fe	Cu	Sr	Eu	Lu
%	95,74	0,15	2,95	0,05	0,79	0,2	0,17

(b) Batu giok

Unsur	Fe	Si	Mg	Ni	Cr	Cu	Ca
%	41,94	32,7	17	2,79	1,04	1,0	0,98

(c) Batu Zeolit

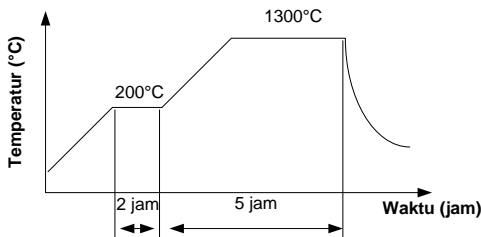
Unsur	Si	Fe	Ca	K	Ti	Sr	Eu
%	61,5	17,2	13,3	4,41	1,36	1,3	0,2

Variabel bebas pada penelitian ini adalah ukuran partikel serbuk batuan alam dengan mesh variasi mesh 0.05, mesh 0,045, dan mesh <0,045. Sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah porositas dan penyusutan berat yang dihasilkan melalui teknik metalurgi serbuk konvensional. Beberapa parameter seperti tekanan saat pembuatan spesimen dan temperatur pembakaran dijaga pada batas tertentu. Tekanan pencetakan dijaga pada harga 2 ton, dengan maksud menghasilkan material dengan pori yang cukup besar, sedangkan temperatur pembakaran dijaga pada 1300 C selama 8 jam supaya keramik matang merata di setiap bagian sisinya. Proses pemanasan sendiri dilakukan dua tahap (Gambar 2). Tahap pertama adalah pemanasan awal

(200°C) yang dimaksudkan untuk mengurangi kadar air hingga mendekati 0% serta menjaga agar spesimen tidak retak karena penyusutan dimensi yang ekstrim[1][2]. Sedangkan pemanasan tahap kedua adalah 1300°C yang memungkinkan untuk terjadinya proses sinter.



Gambar 1. : (a) Bongkah batu giok  
(b) Serbuk batu onyx



Gambar 2. : Diagram pemanasan spesimen pada tungku pembakaran

Prosentase penyusutan berat diamati menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram. Berat spesimen sebelum dan setelah dibakar dicatat untuk kemudian dibandingkan dengan berat awal, sehingga didapatkan data prosentase penyusutan berat spesimen (persamaan 1). Pengujian porositas dilakukan dengan merendam spesimen di dalam air selama 10 menit. Maksud dari perendaman ini adalah supaya air masuk ke dalam pori-pori spesimen dan menempati ruang kosong antara butiran yang telah tersinter. Dipilih waktu 10 menit adalah untuk memberikan kesempatan air memasuki keseluruhan rongga yang terdapat pada spesimen. Biasanya laju masuknya air pada rongga ini cepat di awal (terlihat dengan banyaknya gelembung pada permukaan spesimen) dan kemudian semakin melambat dan semakin lama spesimen akan jenuh oleh air. Hal itu terlihat dari menghilangnya gelembung di permukaan dan stabilnya hasil penimbangan berat spesimen setelah direndam dalam air. Nilai porositas spesimen didapatkan dengan mencari selisih berat sebelum spesimen dicelup dalam air (persamaan 2).

$$\% W_r = \left( \frac{W_2 - W_1}{W_1} \right) \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

%  $W_r$  = % *weight reduction* (%)

$W_1$  = berat sebelum dibakar (g)

$W_2$  = berat setelah dibakar (g)

$$\% \phi = \left( \frac{W_{air} - W_{udara}}{W_{udara}} \right) \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

%  $\phi$  = % porositas (%)

$W_{udara}$  = berat di udara sebelum dicelup (g)

$W_{air}$  = berat setelah dicelup (g)

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Prosentase penyusutan berat dan porositas pada batu onyx

Material	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	% Penyusutan berat (gr)	% Porositas
Onyx	0,050	36,018	-
Onyx	0,045	34,044	-
Onyx	0,030	26,322	-

Tabel 2. Prosentase penyusutan berat dan porositas pada batu giok

Material	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	% Penyusutan berat (gr)	% Porositas
Giok	0,050	2,38	2,78
Giok	0,045	4,64	7,73
Giok	0,030	5,97	5,86

Tabel 3. Prosentase penyusutan berat dan porositas pada batu zeolit

Material	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	% Penyusutan berat (gr)	% Porositas
Zeolit	0,050	2,21	4,90
Zeolit	0,045	1,97	5,58
Zeolit	0,030	1,78	9,07

Tabel 1 dan 3 menunjukkan bahwa pada batu onyx dan zeolit, ukuran partikel yang semakin kecil

menyebabkan penyusutan berat yang semakin kecil. Sedangkan pada batu giok (tabel 2), semakin kecil ukuran partikel justru meningkatkan penyusutan berat. Hasil yang berbeda ini diperkirakan terjadi karena tidak meratanya temperatur tungku saat proses pembakaran. Secara teori, dengan semakin kecilnya butiran material, seharusnya proses sinter berlangsung dengan lebih maksimal karena energi yang diberikan pada proses densifikasi semakin besar, sehingga penyusutan berat yang terjadi semakin besar dan didapatkan kerapatan yang lebih tinggi pada material[1][4].

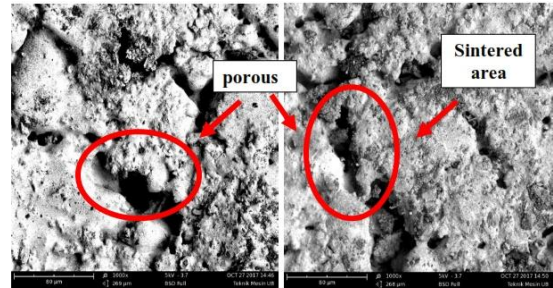
Hasil uji porositas menunjukkan tren yang sama dimana dengan semakin kecil ukuran partikel serbuk batu alam yang digunakan, porositas yang terjadi semakin besar. Sedangkan pada batu onyx, tidak dapat dilakukan uji porositas karena spesimen mengalami keretakan setelah dicelupkan pada air ketika uji porositas (Gambar 2). Fenomena tersebut terjadi karena batu onyx mengandung  $\text{CaCO}_3$  dengan prosentase sampai 95,74% (tabel 1.a) yang kemudian teraktivasi ketika melalui proses pembakaran pada temperatur tinggi, dan bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  saat pengujian porositas berlangsung. Ketika pengujian tersebut, temperatur spesimen tiba-tiba naik serta mengeluarkan asap. Seiring meningkatnya waktu, spesimen dengan aditif batu onyx tersebut mengalami keretakan parah dan berubah menjadi bentuk serbuk lagi (gagal).



Gambar 3. Spesimen Onyx yang bereaksi ketika terkena  $\text{H}_2\text{O}$

Untuk mendapatkan gambaran lebih mendetail tentang proses sinter yang telah dilakukan, dan mengetahui pengaruh ukuran partikel terhadap porositas yang terjadi spesimen difoto menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Proses pemotretan spesimen dilakukan pada bahan keramik dengan aditif zeolit menggunakan piranti SEM dilakukan di Laboratorium Sentral Teknik Mesin UB

yang memiliki pembesaran maksimal hingga 25.000 x, produk dari Phenom G2 Pro. Hasil foto SEM (Gambar 5.3 (a) dan (b)) menunjukkan bahwa proses sinter telah berjalan dengan baik, dibuktikan dengan tidak terlihatnya butiran yang eksis sebagai substansi yang sendiri, melainkan telah terekat dengan butir disekitarnya. Foto SEM pada keramik tanah liat dengan aditif zeolit juga menunjukkan bahwa spesimen dengan ukuran partikel yang lebih kecil; yaitu ukuran 0,045  $\mu\text{m}$  memiliki ukuran porous yang lebih kecil, atau lebih padat secara densitas bila dibandingkan dengan spesimen dengan filler partikel yang lebih besar (ukuran 0,05  $\mu\text{m}$ ).



Gambar 4. Spesimen Zeolit berukuran mesh 0,05 (kiri) dan 0,045 (kanan) pada foto SEM dengan pembesaran 1000x.

## 5. KESIMPULAN

1. Secara umum batuan alam dapat digunakan sebagai campuran pembuatan keramik sebagai penguat. Hanya saja perlu diperhatikan komposisi penyusun batuan tersebut untuk menentukan aplikasinya.
2. Ukuran partikel serbuk berpengaruh terhadap penyusutan berat dan porositas spesimen keramik dengan metode kompaksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahman, H. A. et al, 2014, "*Development of Si-C/Zeolit Porous Ceramic*", Faculty of Mechanical and Manufacturing, Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn, 86400 Batu Pahat, Johor
- [2] Sandra, et al, 2014, "*Pengaruh Temperatur Sintering terhadap Densitas dan Porositas pada Membran Keramik Berpori Berbasis Zeolit, Tanah Lempung, Arang Batok Kelapa, dan Polyvinylalcohol (PVA)*", Prosiding Pertemuan Ilmiah HFI XXVIII, Yogyakarta.

[3] Laksmono, J A et all.2017. *“Development of porous structured polyvinyl alcohol/ zeolite/ carbon composites as adsorbent”* . Prosiding on 7th International Conference on Key Engineering Materials (ICKEM 2017).

(<http://iopscience.iop.org/1757-899X/201/1/012006>)

[4] Mansouri, Nabiollah et all, 2013. *“Porosity, Characterization And Structural Properties Of Natural Zeolite– Clinoptilolite – As A Sorbent”*, Journal Environment Protection Engineering, Vol 39. No.1. DOI: 10.5277/EPE130111

[5] Fuoco, Deminico, 2012, *“A New Method for Characterization of Natural Zeolites and Organic Nanostructure Using Atomic Force Microscopy”*, Journal Nanomaterials 2012, 2, 79-91. doi:10.3390/nano2010079