

Pengaruh Suhu Dan Waktu Sintering Terhadap Pembuatan *Foam Glass* Menggunakan Limbah Pecahan Kaca Dan Abu Terbang (*Fly Ash*) Dari Pabrik Sawit

Luci Octaria, Ahmad Fadli, Bahrudin
Laboratorium Material dan Korosi
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
E-mail : Lucioctaria@gmail.com

ABSTRACT

Foam glass is a material can be used as a insulation acoustic. The objective of this research is to investigate the effect of sintering temperature and time sintering on the physical properties of foam glass preparation from sheet glass and fly ash using dolomite as foaming agents. Slurry was made with mixed fly ash 50wt% and powder glass 50wt% incorporated in dolomite 8wt% and stirred for 30 minutes; 300 rpm. Slurry was dried in oven at oven 105°C for for 12 hours. Green bodies removed from mold and then it was sintered in the range 750, 900 and 950 °C at the furnace for 10,20,30 minutes. The effect of sintering temperature and sintering time on the shrinkage, porosity, density, compressive strength, microstructure and crystalline phases (XRD) were investigated. As the sintering temperature range 750°C the density, compressive strength, shrinkage increased while the percentage of porosity decreased however as sintering temperature 900-950°C density and compressive strength decreased but percentage porosity increased. Furthermore, the sintering time increased the bulk density, compressive strength, shrinkage increased while the percentage of porosity decreased. The shrinkage, percentage of porosity, density, and compressive strength of the produced foam glass for insulation were 9,28-20,36%; 63-66%; 0,85-0,91 g/cm³; 1,53-1,69 MPa; respectively. The optimum processing for producing foam glass for insulation was to use sintering temperature 900°C, time sintering 30 minutes.

Keywords: *foam glass; foaming agent; morphology; sintering*

1. Pendahuluan

Foam glass merupakan gelas dengan kandungan gelembung yang tinggi, yang diproduksi dengan menambahkan gas atau zat gas pembentuk pori (*foaming agent*) [Graham, 2005]. *Foam glass* bersifat *inert*, tahan api dan relatif kuat, biasanya digunakan sebagai material insulator termal, bahan konstruksi bangunan. *Foam glass* juga masih memiliki potensi yang semakin luas aplikasinya misalnya sebagai *filler* yang bersifat ringan untuk restorasi lereng curam, lapisan *drainase*, bahan agregat ringan untuk beton. *Foam glass* sebagai insulator bersaing dengan insulator berbahan polimer dan bahan serat (*fibre*) yang merupakan insulator yang baik.

Bahan polimer seperti *polyurethane foam* untuk insulator hanya digunakan untuk perumahan dan memiliki ketahanan terhadap api yang buruk dibandingkan dengan *foam glass*.

Limbah abu terbang dari pabrik sawit di Provinsi Riau begitu melimpah, selama ini abu terbang sawit hanya digunakan untuk industri semen sebagai bahan aditif, atau langsung dibuang dan ditumpuk di *landfill* yang dapat mencemari tanah dan air tanah. Di sisi lain, meningkatnya jumlah pecahan kaca (*cullet*) di provinsi Riau dan belum dimanfaatkan secara optimal, menjadi hal yang mendasari untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *foam glass*.

Fernandes, dkk (2009) telah melakukan sintesis *foam glass* menggunakan *cullet* (pecahan kaca) dan abu terbang (*fly ash*) dari pabrik tenaga termal (*thermal power plant*) dengan penambahan 1-2 wt% karbonat (secara komersial dikenal dengan dolomit dan *calcite-based sludge*) sebagai *foaming agent* dan suhu sintering 850°C dihasilkan *foam glass* yang memiliki struktur mikro yang homogen dari pori besar, bentuk pori terlihat pada densitas 0,36-0,41 g/cm³ dan kuat tekan pada 2,40-2,80 MPa. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses *foaming* yakni ukuran partikel awal dari kaca dan *foaming agent*, laju pemanasan (*heating rate*), suhu *foaming*, *heat-treatment time*, *chemical dissolved oxygen*, laju pendinginan (*cooling rate*), *foaming* karena dekomposisi termal, *foaming by reaction* [Brusatin, dkk 2003]. Secara komersial insulasi akustik memiliki densitas range 0,2-0,4 g/cm³; kuat tekan range 0,4-6 MPa; porositas 85-95% [Hurley UK Market, 2005].

Penelitian ini bertujuan ini untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu *sintering* pada pembuatan *foam glass* dari pecahan kaca dan abu terbang (*fly ash*) dari pabrik sawit menggunakan rasio 50:50 % massa dan penambahan dolomit 8% massa, menentukan hasil optimal dari karakterisasi *foam glass* yang dihasilkan.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah abu terbang sawit (PTPN V Sei Galuh, Kampar), *window glass* (toko kaca), akuades, NaOH (MACRON, USA), dolomit (PT. Gresik, Indonesia) sebagai *foaming agent*

2.2 Prosedur Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini yaitu lama dan kecepatan pengadukan 30 menit dan 300 rpm, rasio massa abu terbang dan tepung kaca 50:50 % massa, suhu dan waktu pengeringan 105°C dan 12 jam, NaOH 32% massa dari massa larutan,

dolomit 8% massa. Sedangkan, variabel berubah yakni waktu *sintering* 10,20,30 menit dan suhu *sintering* 750, 800, 850, 900, 950°C.

Persiapan Bahan Awal

Abu terbang sawit yang diperoleh dikeringkan di dalam *oven* dengan suhu 200°C selama ½ jam. Penyeragaman ukuran abu terbang dilakukan dengan cara pengayakan bertingkat berukuran 100 mesh dan 200 mesh. Hasil pengayakan di *furnace* pada suhu 600°C selama 4 jam. Pecahan kaca dihaluskan menggunakan alat penghancur yang terdapat pada pabrik pembuatan semen sehingga dihasilkan tepung kaca yang kemudian dilakukan pengayakan bertingkat berukuran 100 mesh dan 200 mesh.

Pembuatan *Foam glass*

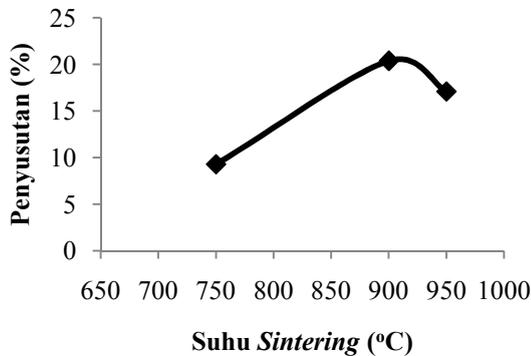
Prosedur pembuatan *foam glass* merujuk pada penelitian Octaria, dkk., [2014]. Abu terbang sawit dan tepung kaca dicampurkan dengan menggunakan rasio komposisi 50/50. Campuran diaduk menggunakan pengaduk *stirrer* dengan kecepatan 300 rpm selama 30 menit. Campuran homogen diambil 60% massa untuk dicampurkan dengan 32% massa larutan NaOH (10% massa) dan dolomit 8% massa. Semua bahan diaduk selama 30 menit hingga terbentuk *slurry* yang siap dituang ke dalam cetakan untuk dikeringkan didalam *oven* pada suhu 105°C selama 12 jam. *Green bodies* yang sudah agak kering ini kemudian disintering dengan menggunakan *furnace* pada variasi temperatur 750, 800, 850, 900, 950°C dan variasi waktu selama 10, 20, 30 menit. Kemudian *foam glass* yang dihasilkan dikarakterisasi yaitu analisa menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan UTM (*Universal Testing Machine*).

3. Hasil dan Pembahasan

Shrinkage (Penyusutan)

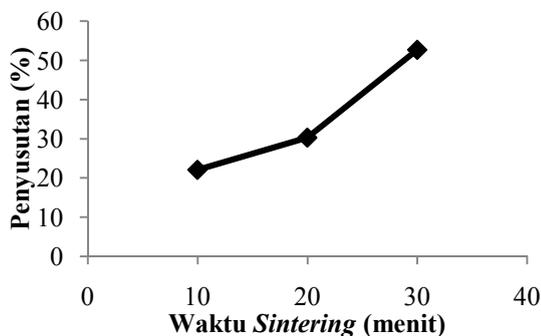
Pada suhu *sintering* 750-900°C mengalami peningkatan sedangkan pada

suhu *sintering* 950°C menurun. Bayrak dkk, [2010] melaporkan bahwa suhu *sintering* yang semakin tinggi menyebabkan penyusutan yang semakin besar.



Gambar 1 Hubungan Penyusutan (*Shrinkage*) terhadap suhu *sintering*

Pada suhu *sintering* 950°C penyusutan (*shrinkage*) menurun disebabkan oleh gas CO₂ diperoleh dari dekomposisi termal dolomit sebagai *foaming agent* yang dapat lepas (*release*) secara parsial [Fernandes,dkk 2009].



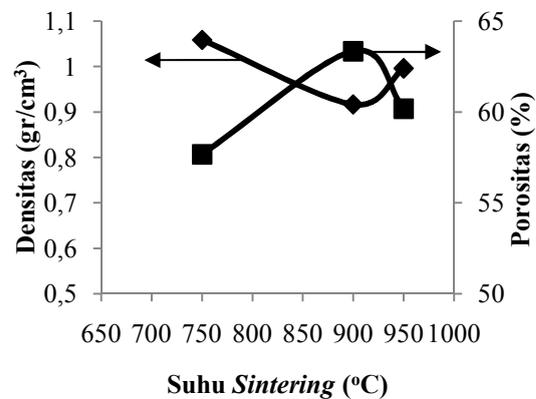
Gambar 2 Hubungan Penyusutan dengan waktu *sintering*

Penyusutan sampel terjadi pada rentang 22,11-52,70%. Hal ini dibuktikan oleh Chinnam, [2014] menyatakan bahwa peningkatan waktu *sintering* umumnya menyebabkan penurunan kepadatan relatif sehingga terjadi peningkatan *shrinkage* karena dekomposisi dari *foaming agent*.

Densitas dan Porositas

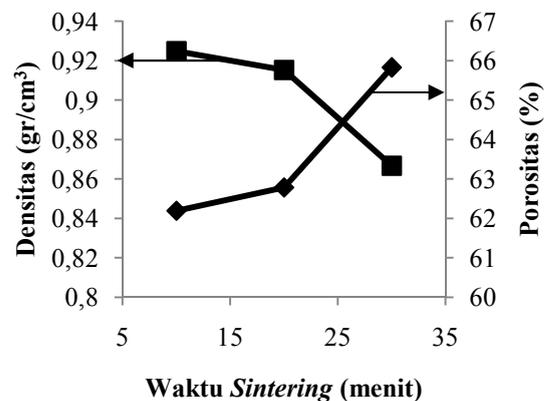
Korelasi densitas dengan porositas berbanding terbalik. Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat bahwa *bulk density* pada *foam glass* meningkat saat suhu *sintering*

750°C kemudian turun menjadi 0,91 g/cm³ pada 900°C, kemudian meningkat menjadi 0,99 g/cm³ pada 950 °C.



Gambar 3 Hubungan densitas dan porositas terhadap suhu *sintering*

Csoke dkk, [2013] peningkatan densitas pada suhu 700-800°C disebabkan oleh fenomena *glass melting* mulai lebih dulu daripada pelepasan CO₂. Penurunan densitas suhu *sintering* 900°C disebabkan fenomena generasi CO₂. Namun, pada suhu 950°C densitas meningkat, terjadi tahapan proses penghancuran dan *collapse*.



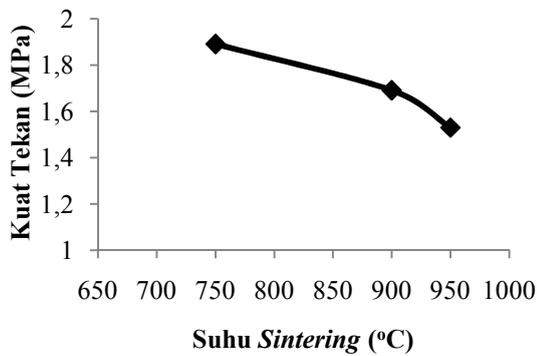
Gambar 4 Hubungan densitas dan porositas terhadap waktu *sintering*

Sedangkan porositas menurun pada suhu *sintering* 750°C kemudian meningkat pada suhu 900°C dan menurun kembali pada suhu 950°C. Sousa, dkk [2009] melaporkan penurunan porositas terjadi karena densitas meningkat atau kepadatan pori pada sampel meningkat. Csoke dkk

[2013] melaporkan, bahwa peningkatan waktu *sintering* dihasilkan densitas yang tinggi, material mulai memadat dengan struktur pori yang berkurang karena gas dapat keluar dari partikel. Sedangkan porositas menurun pada saat waktu *sintering* meningkat. Porositas yang dicapai sekitar 63-66%. Porositas yang semakin kecil menyatakan struktur sampel lebih padat sehingga memiliki densitas yang lebih besar.

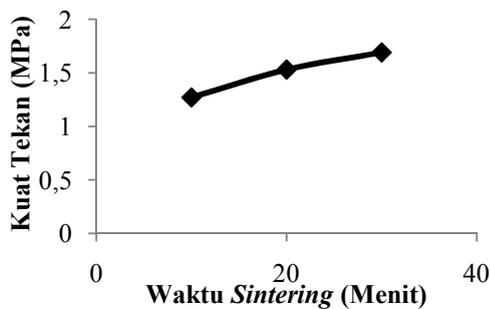
Kuat Tekan (compressive strength)

Fernandes dkk, [2008] melaporkan bahwa kuat tekan (*compressive strength*) *foam glass* akan meningkat seiring dengan berkurangnya porositas.



Gambar 5 Hubungan kuat tekan dengan suhu *sintering*

Fernandes, dkk [2009] melaporkan bahwa pada suhu 900-950°C densitas menurun yang disebabkan terjadi pelepasan gas pada suhu tersebut oleh karena itu porositas meningkat akibatnya kuat tekan rendah.

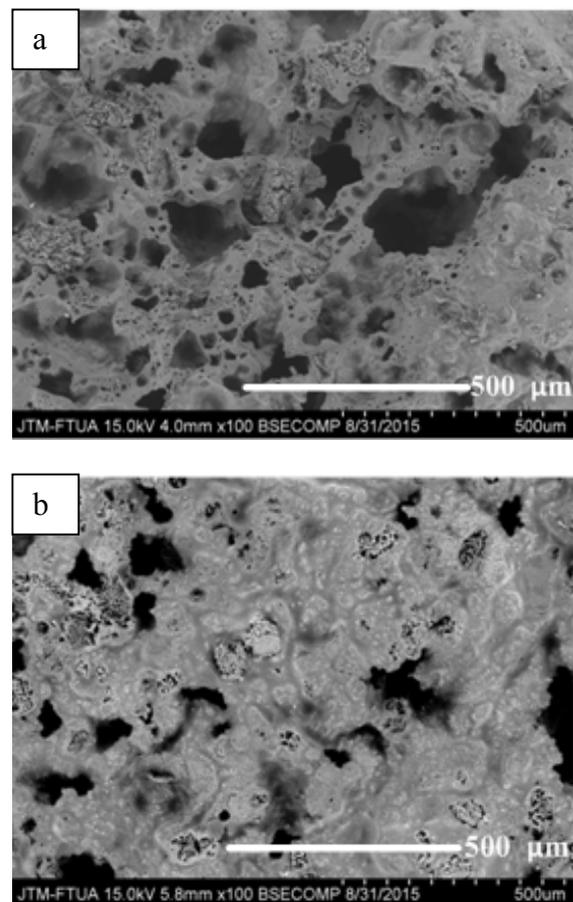


Gambar 6 Hubungan kuat tekan terhadap waktu *sintering*

Berdasarkan gambar menunjukkan kuat tekan *foam glass* meningkat sejalan dengan peningkatan waktu *sintering*. Waktu *sintering* terbaik untuk menghasilkan *foam glass* sebagai insulasi yakni pada waktu 30 menit dengan kuat tekan 1,69 MPa.

Morfologi (Analisa SEM)

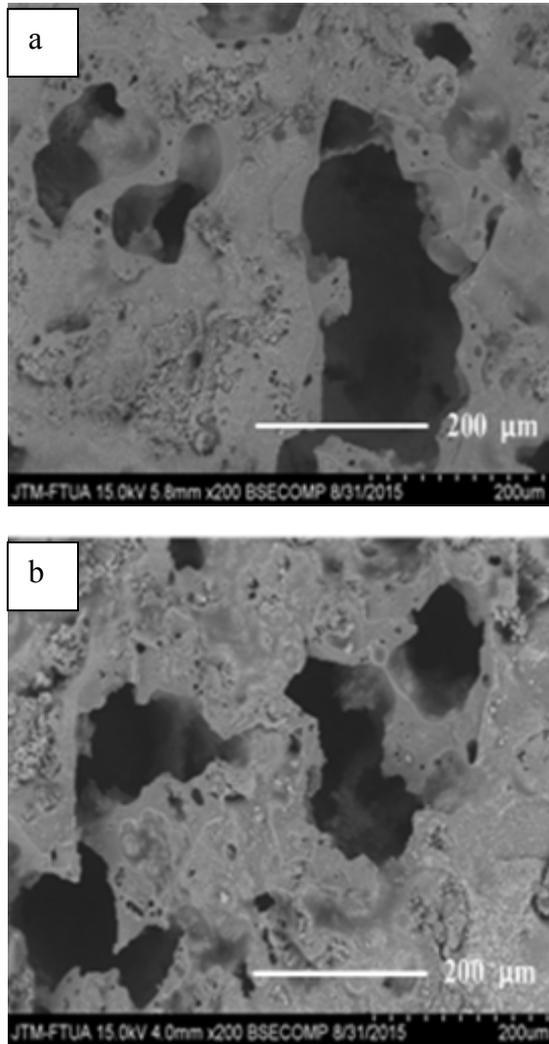
Suhu *sintering* yang semakin tinggi mengakibatkan mikrostruktur sampel berubah. Kenaikan suhu *sintering* menghasilkan ukuran pori yang lebih kecil.



Gambar 7 Morfologi SEM a) Suhu 900°C, b) Suhu 950°C

Morfologi dengan analisa SEM untuk menunjukkan pengaruh bentuk dan ukuran pori terhadap densitas, porositas dan kuat tekan. Untuk gambar a menunjukkan suhu 900°C dengan perbesaran 500µm dapat dilihat bahwa pori yang dihasilkan lebih besar dan dinding *cell* atau *strut thickness* relatif lebih tipis dibandingkan dengan

gambar b pada suhu 950°C. Hal ini menyebabkan densitas menurun karena pori-pori relatif besar dan kepadatan relatif rendah sehingga porositas meningkat dan kuat tekan menurun karena *strut thickness* lebih tipis.



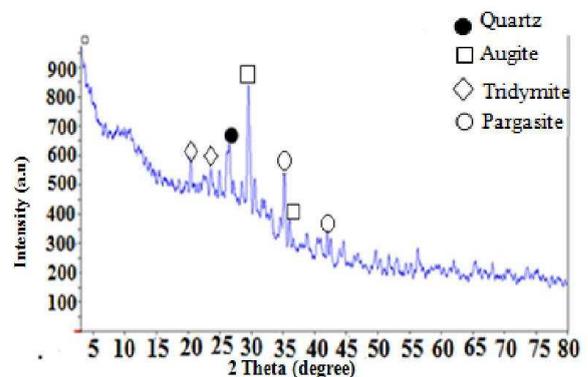
Gambar 8 Morfologi SEM a) 10 menit, b) 30 menit

Foam glass yang disintering selama 10 menit relatif memiliki pori yang tidak homogen terdapat pori yang besar dan kecil. Sedangkan, morfologi *foam glass* yang disintering selama 30 menit memiliki pori yang homogen dan terlihat mikrostruktur yang lebih padat (*denser*).

Analisa XRD

Pembentukan fase kristalin dan tingkat kristalisasi, tergantung pada komposisi awal dan suhu *sintering* dan

faktor penting lainnya diperkirakan perubahan struktur dan karakteristik *foam glass* yaitu densitas dan kuat tekan.



Gambar 9 Analisa XRD *foam glass* pada suhu *sintering* 950°C

Pada suhu 950°C fase kristal *quartz* (ICDD card 46-1045) mengalami penurunan, terdapat juga kristal *pargasite* (ICDD card 00-41-1430) dan kristal *augite* (ICDD card 00-41-1483) dengan formula $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$ yang intensitas puncaknya meningkat.

4. Kesimpulan

Foam glass sudah berhasil dibuat dengan bahan baku abu terbang sawit dan tepung kaca dan penambahan dolomit sebagai *foaming agent*. Suhu *sintering* terbaik diperoleh pada suhu 900°C. Waktu *sintering* terbaik yang diperoleh waktu 30 menit. *Foam glass* yang dihasilkan densitas 0,91 g/cm³, kuat tekan 1,69 MPa; porositas 63%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan yang telah membiayai penelitian ini melalui hibah PKM-P pada Tahun Anggaran 2013.

Daftar Pustaka

Bayrak, G., Ediz, E., Senol, Y., Volkan, G., 2010, Glass Foams Containing Fly Ash And Sheet Glass By Adding Calcite As Foaming Agent, *Department of Metallurgical and Materials Engineering*

- Brusatin, G., Enrico, B., Scarinci, G., 2003, Glass Foams, *Journal Kuhn and Weyln Satz Und Medlen*, (27), 158-176
- Chinnam, R. K., 2014, Functional Glasses and Glass-Ceramics Derived from Industrial Waste, *Thesis*, der Friedrich- Alexander- Universitat
- Csoke, B., Hoffmann L., Kertesz, M., Musci, G., 2013, Physical Characteristics and Technology of Glass Foam from Waste Cathode Ray Tube Glass, *Material. Science*, (2013), 1-11
- Fernandes, H.R., D. U. Tulyaganov, J.M.F. Ferreira, 2009, Preparation and Characterization of Foams from Sheet Glass and Fly Ash using Carbonates as Foaming Agents, *Ceramic International*, (35), 229-230
- Graham, A.M., 2005, The Development of Cellular (Foam) Glass Products Utilising Waste Glass and Specific Industrial Waste Materials, *Mineral Strategies Pty Ltd*, (2005), 1-2
- Hurley., 2003, The Waste & Resources Action Programme (WRAP), (The Old Academy, 21 Horse Fair, Banbury, Oxon, OX16 0AH, UK), <http://www.wrap.org.uk/document.rm?id=55> diakses 12 Januari 2015
- Octaria, L., Jessica, A., Halawa, Y., Selonika, Y., 2014, Pembuatan Gelas berpori Menggunakan Limbah Pecahan Kaca dan Abu Terbang dari Pabrik Sawit (*Fly Ash*), Laporan Program Kreativitas Mahasiswa Penelitian Dikti 2014
- Sousa, D.E., Rambo, C.R., 2008, Microstructure and Properties of LZSA Glass Ceramic Foams, *Material Science and Engineering A* (476), 89-97