

TPM 06

Pembuatan *Cellular Glass* dari *Fly Ash* Pabrik Kelapa Sawit

Fairil Akbar, Ahmad Fadli, Heni Ismawati, Jessica Sihombing

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Henismawati62@gmail.com

Abstrak

Cellular glass adalah material insulasi termal yang tidak mudah terbakar, memiliki stabilitas termal rendah dan tahan terhadap bahan kimia. *Cellular glass* dapat dihasilkan menggunakan bahan baku abu terbang (*fly ash*) dan limbah pecahan kaca dengan penambahan *dolomite* sebagai *foaming agent*. Tujuan penelitian ini adalah membuat *cellular glass* dan menentukan komposisi penambahan *foaming agent* terbaik pada *cellular glass* yang dihasilkan. *Cellular glass* dibuat dengan metode *foaming*. Tahapan awal, *Fly ash* pabrik kelapa sawit dikalsinasi dengan suhu 600°C selama 4 jam. Kemudian limbah pecahan kaca digiling menggunakan *crusher* sampai berbentuk *powder*. Selanjutnya *fly ash* dan limbah pecahan kaca serta *dolomite* diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh. *fly ash* 50% massa, *glass powder* 50% massa dan *dolomite* dengan variasi 0, 4, 8, 12, 16, dan 20% massa dicampurkan di dalam 32% massa larutan NaOH sampai terbentuk *slurry*. *Slurry* diaduk selama 30 menit. Selanjutnya *slurry* dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 12 jam hingga terbentuk *green bodies*. *Green bodies* kemudian disintering pada suhu 900°C selama 30 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil terbaik adalah dengan komposisi *fly ash* 50% massa, *glass powder* 45% massa, dan *dolomite* 8% massa. Karakteristik *cellular glass* yang dihasilkan adalah *Bulk density* 1,041 gr/cm³, *shrinkage* 12,281%, *porosity* 58,738% dan *compressive strength* 2,877 MPa.

Kata kunci : *Bulk Density, Cellular Glass, Compressive Strength, Dolomite, Fly Ash, Metoda Foaming*

1.0 PENDAHULUAN

Cellular glass adalah material insulasi termal yang dibuat untuk membentuk busa kaku yang memiliki pori tertutup [Michael Kelly, 2014]. Karakteristik *cellular glass* diantaranya tidak mudah terbakar, memiliki stabilitas termal rendah dan tahan terhadap bahan kimia. [ACCS Ltd, 2014]

Ketertarikan terhadap material *foam* semakin meningkat seiring dengan munculnya proses dan aplikasi yang terbaru khususnya pada *cellular glass*.

Cellular glass diaplikasikan untuk bahan konstruksi infrastruktur, bahan konstruksi bangunan, *filter* dan insulator panas pada bahan bangunan (contohnya: dinding, atap dan lantai) dan insulator peredam suara. [Fernandes dkk, 2009]

Prinsip utama dalam pembuatan *cellular glass* adalah terbentuknya struktur pori tertutup dan dikarakterisasi oleh distribusi ukuran pori baik dalam bentuk atau ukuran pori yang dihasilkan. Pembuatan *foam glass* bisa dihasilkan dengan menggunakan bahan baku *glass* contohnya *window glass, fly ash* dari pabrik sawit dan *foaming agent*.

Window glass memiliki komponen silika terbesar daripada komponen lainnya. Dengan komponen silika yang terdapat di dalam pecahan kaca maka bisa menjadi sumber silika dalam pembuatan *foam glass*.

Fly ash memiliki kandungan silika dan biasanya terdapat beberapa material tidak terbakar dengan sempurna [Fernandes dkk, 2009]

Silikat yang diperoleh dari bahan baku memberikan perlindungan yang efektif terhadap bahan kimia, serta meminimalkan densitas *cellular glass* dan meurunkan konduktivitas panas material [ACCS Ltd, 2014]

Dolomite adalah mineral alam yang merupakan senyawa penghasil gas apabila dipanaskan. *Dolomite* adalah mineral induk dari timbal, seng dan tembaga yang akan terbentuk apabila dipanaskan.

Fernandes dkk [2009] membuat *cellular glass* menggunakan bahan baku *sheet glass*, *fly ash* dari *thermal power plant* dan *carbonate* sebagai *foaming agent*. Variabel berubahnya yaitu komposisi dari *carbonates* (yaitu: *dolomite* dan *calcite*) dan suhu *sintering*. Komposisi penambahan *dolomite* yang dilakukan adalah 1, 2, 3, 4, 5 %wt.

Luci dkk [2014] juga melakukan penelitian dalam pembuatan *foam glass* menggunakan *window glass* dan *fly ash* dari pabrik sawit dengan penambahan *dolomite* sebagai *foaming agent*. Variabel berubahnya adalah komposisi *dolomite* pada penambahan 0, 2, 4, 6, 8 dan 10 %wt. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah membuat *cellular glass* dan menentukan komposisi penambahan *foaming agent* terbaik pada *cellular glass* yang dihasilkan. *Cellular glass* yang dihasilkan biasanya memiliki karakteristik yaitu *porosity*, *density*, dan *compressive strength* secara berturut-turut adalah 85-95% volume, 0,1-0,3 gram/cm³ dan 0,4-6 MPa [Fernandes dkk, 2009]

2.0 METODOLOGI

2.1 Bahan baku

Bahan yang digunakan pada pembuatan *cellular glass* ini diantaranya: *Fly ash* (PT Perkebunan Nusantara V, Sei. Galuh), *Window glass* (Toko dan Gudang Kaca), NaOH (MACRON, USA), *Dolomite* (Gresik, Indonesia), Minyak Goreng (Rose Brand, Indonesia), Akuades (Brataco, Indonesia)

2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya furnace (Nabertherm, Germany), Oven (Gallenkamp, China), *Stirer* (Heidolph, Germany), *Stainless steel mould* (Material & Corrosion Laboratory, UR), *Crucible* (MERCK, Germany), Mikrometer Sekrup (TRICLE, China), Ayakan 100 mesh dan ayakan 200 mesh, Labu ukur (Pyrex, Thailand), Gelas piala 200 ml (Pyrex, Thailand), Pipet Tetes (Iwaki, Indonesian), Cawan Penguap (Iwaki, Indonesian).

2.3 Prosedur

2.3.1 Pratindeksi Bahan Baku

Limbah pecahan kaca (yaitu: *windows glass*) dihaluskan menjadi *glass powder* (G) dengan menggunakan *crusher*. Kemudian setiap bahan baku (*glass powder*, *dolomite* dan *fly ash*) akan diayak secara terpisah dengan proses ayakan bertingkat tujuannya agar diperoleh ukuran *powder* pada masing-masing bahan baku seragam (ukuran *powder* 100 mesh) sehingga memudahkan proses pengadukan dan menghasilkan campuran *powder* akan lebih



homogen. Selanjutnya, *fly ash* dikalsinasi pada suhu 600°C selama 4 jam dengan menggunakan *furnace* supaya mengurangi kadar karbon yang terdapat di dalam *fly ash*.

2.3.2 Pembuatan *Cellular Glass*

Tahapan awal pembuatan *cellular glass* dimulai dengan persiapan *slurry*. *Slurry* dibuat dengan mencampurkan 15 gram *fly ash* dan 18 gram *glass powder* kemudian dihomogenkan dengan menggunakan *stirer* selama 15 menit dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Setelah homogen diambil 19,8 gram dari hasil pengadukan untuk dicampurkan dengan larutan NaOH sebanyak 9,6 ml dan 2,4 gram *dolomite*. Setelah semua bahan itu dicampurkan, kemudian diaduk dengan *stirer* selama 15 menit dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Campuran tersebut dicetak ke *stainless steel mould* yang sebelumnya telah diolesi minyak goreng sebagai pelumas. Selanjutnya, dikeringkan pada suhu 105°C selama 12 jam. Setelah itu, terbentuk *green bodies* yang menyerupai silinder dan dilepaskan dari *mould* kemudian dihitung volumenya silinder dan dilakukan tahapan sintering dengan menggunakan *furnace* pada suhu 900°C selama 20 menit. Dan terakhir, dihitung volume dari *cellular glass* setelah disintering.

2.3.3 Karakterisasi *Cellular Glass*

Karakteristik yang dilakukan terhadap *cellular glass* antara lain: *density*, *porosity*, uji kuat tekan (*compressive strength*), analisa SEM (*Scanning Microscope Electron*) dan analisa XRD untuk melihat fase kristalin yang dihasilkan. Analisa *shrinkage*, densitas, porositas dan *compressive strength* dilakukan untuk semua *cellular glass* yang dihasilkan. Sedangkan, analisa SEM dilakukan hanya pada hasil *compressive strength* yang rendah dan tinggi untuk melihat perbedaan mikrostruktur *cellular* yang dihasilkan. Begitu juga dengan analisa XRD dilakukan pada beberapa sampel.

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 berikut menunjukkan terjadinya perubahan warna sampel sebelum dan setelah disintering.

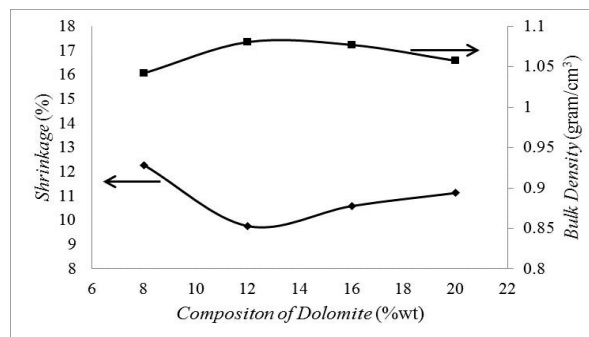


Gambar 1. (a) *green bodies* yang terbentuk sebelum proses sintering ; (b) *sintered bodies* yang terbentuk setelah proses sintering

Fernandes dkk [2009] menyatakan bahwa adanya perubahan warna yang terjadi pada *green bodies* disebabkan karena dekomposisi termal pada *dolomite* pada suhu 800°C dan suhu 890°C. Gambar 1 (a) menunjukkan tampilan *green bodies* sebelum proses sintering pada penambahan komposisi *dolomite* 0, 4, 8, 12, 16, 20 %wt. Gambar 1 (b) Pada penambahan *dolomite* 0 %wt dan 4 %wt terjadi perubahan bentuk (*deformation*) *foam glass*

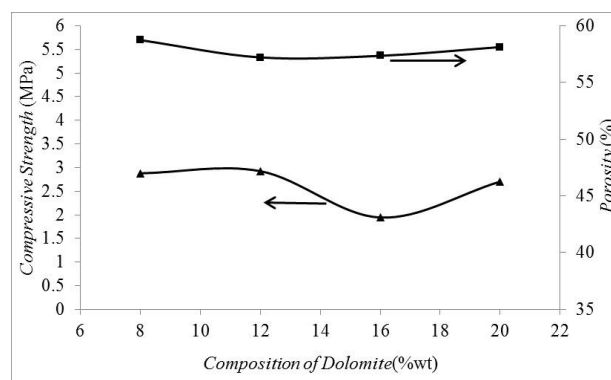
yang dihasilkan yaitu tidak membentuk silinder sehingga tidak dapat dianalisa physical propertiesnya. Hal ini dikarenakan pengaruh ekspansi yang terjadi sehingga menyebabkan pertumbuhan gelembung-gelembung yang tidak terkontrol sehingga menyebabkan terjadinya deformation. Pada pembuatan foam glass dengan penambahan 8, 12, 16, dan 20 wt *dolomite* menghasilkan *foam glass* yang berbentuk silinder. Hal ini dikarenakan pengaruh penambahan *dolomite* menghasilkan pertumbuhan *bubbles* yang terkontrol sehingga terbentuk foam glass yang berbentuk silinder [Fernandes dkk, 2014].

Penambahan sejumlah *dolomite* mempengaruhi *shrinkage* dan densitas *cellular glass* yang dihasilkan. Penambahan *dolomite* 8-12 %wt mengalami penurunan yaitu 12,28-9,76% dan pada penambahan komposisi *dolomite* 16-20 %wt menghasilkan *shrinkage* yang mengalami peningkatan yaitu 10,58-11,12%. Terjadinya peningkatan atau penurunan nilai *shrinkage* dipengaruhi oleh proses ekspansi gas yang dihasilkan pada saat proses foaming [Ercenk dkk, 2012].



Gambar 2. Hasil perbandingan antara *bulk density* dan *shrinkage* terhadap penambahan komposisi *dolomite*

Gambar 2 menunjukkan penambahan *dolomite* 8-12 %wt diperoleh peningkatan *bulk density* yaitu 1,041-1,080 gram/cm³, sedangkan pada penambahan *dolomite* 16-20 %wt diperoleh *bulk density* yang semakin menurun yaitu 1,076-1,057 gram/cm³.



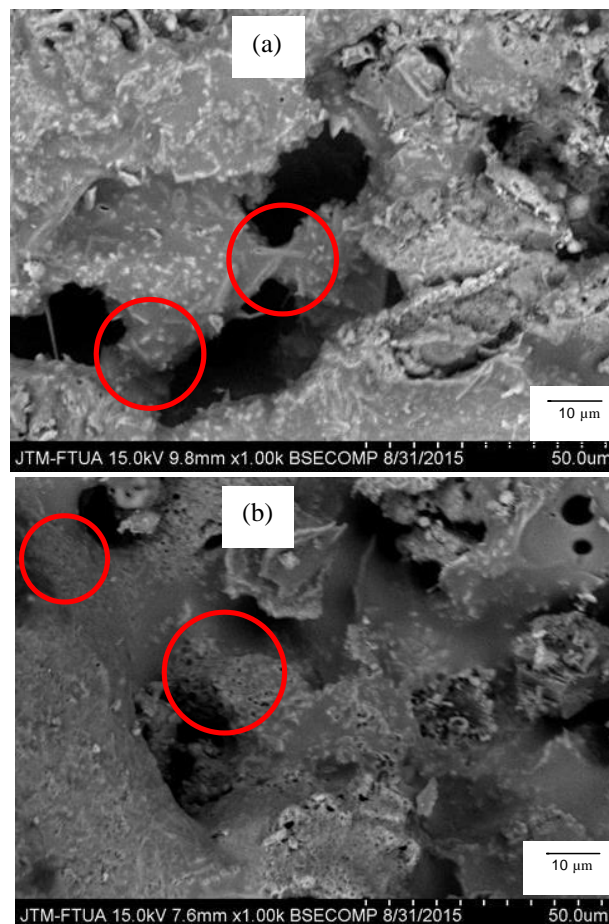
Gambar 3. Hasil perbandingan antara *compressive strength* dan *porosity* terhadap perubahan komposisi *dolomite*

Gambar 3 menunjukkan pada penambahan *dolomite* 8-12 %wt menghasilkan porositas yang semakin menurun yaitu 58,73-57,21%, sedangkan pada penambahan *dolomite* 16-20 %wt menghasilkan porositas yang semakin meningkat yaitu 57,35-58,12%. Gambar 3 menunjukkan nilai *porosity* yang paling besar terdapat pada penambahan *dolomite* 8 %wt yaitu 58,738%, sedangkan nilai *porosity* yang paling kecil terdapat pada penambahan *dolomite* 12 %wt yaitu 57,211%.

Penambahan komposisi *dolomite* 16 %wt menghasilkan *compressive strength* yaitu 1,943 MPa dengan porositas 57,351%, sedangkan pada penambahan *dolomite* 20 %wt diperoleh *compressive strength* 2,704 MPa dengan *porosity* 58,126.

Gambar 4 merupakan hasil analisa SEM yang tujuannya untuk menjawab anomaly yang terjadi pada penambahan *dolomite* 16 dan 20 %wt. Pada penambahan 16 %wt menghasilkan nilai *compressive strength* yang rendah dibandingkan dengan penambahan *dolomite* 20 %wt, sedangkan nilai *bulk density* yang dihasilkan menunjukkan pada penambahan 16 %wt menghasilkan *bulk density* yang lebih besar dibandingkan pada nilai *bulk density* penambahan 20 %wt.

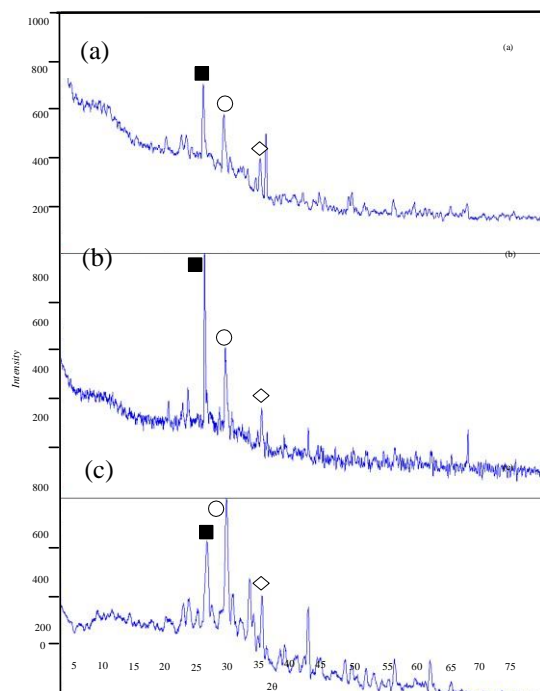
penambahan *dolomite* 16 %wt memungkinkan terjadinya *deformation elastic*, yang diikuti dengan menipisnya *plateau border* dan mendukung terjadinya *cracking* sehingga dihasilkan *compressive strength* yang lebih rendah dibandingkan dengan penambahan *dolomite* 20 %wt. Ketebalan *struts* yang diinginkan untuk meningkatkan nilai *compressive strength* yang dihasilkan yaitu memiliki peningkatan ketebalan *plateau border* yang dihasilkan sehingga menghasilkan mikrostruktur antar pori yang lebih *dense*.



Gambar 4. Hasil analisa SEM *foam glass* : (a) penambahan komposisi *dolomite* 16 %wt; (b) penambahan komposisi *dolomite* 20 %wt

Analisa XRD (*X-Ray Diffraction*) menunjukkan adanya perubahan intensitas dari puncak-puncak pada difraktogram. Gambar 5 (a), (b), (c) menunjukkan hasil analisa XRD pada komposisi *glass powder* 45 %wt dengan penambahan *dolomite* 0 %wt, 8 %wt, 20 %wt.

Fase-fase kristalin yang teridentifikasi oleh analisa *X-Ray Diffraction* pada penambahan *dolomite* 0; 8; 20 %wt diantaranya *quartz*, *diopside* dan *diopside*.



Gambar 5. Grafik hasil analisa XRD *foam glass* pada penambahan komposisi *glass powder* 45%wt dan penambahan *dolomite*; (a) 0 %wt; (b) 8 %wt; (c) 20 %wt (■ = *quartz*, ○ = *diopside* dan ◇ = *augite*)

Gambar 5 (a) menunjukkan bahwa tiga titik puncak tertinggi yang teridentifikasi pada *foam glass* dihasilkan fase kristalin *quartz* ($2\theta = 26,009^\circ$), fase kristalin *diopside* ($2\theta = 29,2766^\circ$) dan fase kristalin *augite* ($2\theta = 35,0140^\circ$) dengan suhu *sintering* 900°C . Gambar 5 (b) menunjukkan bahwa tiga puncak tertinggi yang teridentifikasi menghasilkan fase kristalin *quartz* ($2\theta = 26,075^\circ$), fase kristalin *diopside* ($2\theta = 29,415^\circ$) dan fase kristalin *augite* ($2\theta = 35,076^\circ$) dengan kondisi proses yang sama. Gambar 5 (c) menunjukkan fase kristalin yang teridentifikasi pada 3 titik puncaknya yaitu fase kristalin *quartz* ($2\theta = 26,5270^\circ$), fase kristalin *diopside* ($2\theta = 29,6646^\circ$) dan fase kristalin *augite* ($2\theta = 35,30^\circ$).

peningkatan intensitas puncak fase kristalin *diopside* yang dihasilkan pada *foam glass* dipengaruhi komposisi kalsium karbonat yang ditambahkan sehingga dengan meningkatnya komposisi *dolomite* akan menghasilkan intensitas puncak fase kristalin *diopside* yang semakin meningkat. Hal yang sama juga terjadi dengan fase kristalin *augite*, yang mana akan semakin meningkat intensitas puncak fase kristalin *augite* dengan adanya peningkatan penambahan *dolomite* sebagai *foaming agent*.

4.0 KESIMPULAN

Penambahan *dolomite* mempengaruhi kuat tekan, porositas dan intensitas puncak *cellular glass* yang dihasilkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil terbaik adalah dengan komposisi *fly ash* 50% massa, *glass powder* 45% massa, dan *dolomite* 8% massa. Karakteristik *cellular glass* yang dihasilkan adalah *Bulk density* $1,041 \text{ gr/cm}^3$, *shrinkage* 12,281%, *porosity* 58,738% dan *compressive strength* 2,877 MPa.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Riau yang telah membiayai penelitian ini melalui program Penelitian Unggulan Universitas Riau 2016.

Daftar Pustaka

- ACCS Ltd Group. 2014. *Cellular Glass Block (Insulation)*. <http://www.accsLtd.co.uk/Website/Documents/TDS/Cellular%20Glass%20Block%20-%20Product%20Information%20Sheet.pdf>. 07 September 2016.
- Ercenk, E., Bayrak, G., Gunay, V. & Yilmaz, S. 2012. "Glass Foams Containing Fly Ash Sheet Glass By Adding Calcite As Foaming Agent" *Society*, 27: 3191-3199
- Fernandes, R. H., Ferreira, D. D., Ferreira, F. M. J., Andreola, F., Lancelloti, I. & Barbieri, L. (2014). "Environmental Friendly Management of CRT Glass By Foaming With Waste Egg Shells, Calcite or Dolomite" *Ceramics Internasional*, 40: 13371-13379.
- Fernandes, R. H., Ferreira, F. M. J. & Tulyaganov, U. D. 2009. "Preparation and Characterization of Foams From Sheet Glass and Fly Ash Using Carbonates As Foaming Agent" *Ceramics Internasional*, 35: 229-234.
- Fernandes, R. H., Tulyaganov, U. D, & Ferreira, F. M. J. 2009. "Production and Characterisation of Glass Ceramic Foams From Recycled Raw materials" *Ceramics*, 108: 9-13.
- Informasi Manfaat Group. 2015. *12 Manfaat Dolomit*. <http://manfaat.co.id/manfaat-dolomit>. 07 September 2016.
- Luci, O. S., Ambtenarie, J. S., Yunita, S., Yusnila, H. & Ricky, P. S. 2014. Pembuatan Gelas Berpori Menggunakan Limbah Pecahan Kaca Dan abu Terbang Dari Pabrik Sawit. Laporan Program Kreatifitas Mahasiswa Penelitian, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Michael .K. 2014. *Trade of Industrial Insulations Phase 2*. Castleforbes House. Dubin 1. Irlandia.