

Pembuatan Zeolit Alam sebagai Keramik Batu pada Suhu Bakar di Bawah 1000°C

Dewi Fatimah

Pusat Penelitian Geoteknologi- LIPI
Jl. Sangkuriang Bandung 40135, Email :dewi.fatimah@lipi.go.id

ABSTRACT

Saat ini, dunia keramik telah berkembang menjadi bagian interior dan eksterior bangunan, industri dan barang rumah tangga. Kualitas dan kemampuannya dibuat dengan spesifikasi tertentu yang kompatibel dengan struktur, desain, dan fungsinya. Sebagai contoh struktur bangunan yang biasanya mempunyai kelembaban tinggi apakah di dalam atau di luar akan membutuhkan keramik seperti itu untuk lantai guna menjaga kondisi kering, tidak licin, bersih sehingga jamur tidak akan tumbuh. Untuk tujuan itu, keramik yang dibuat dari zeolit alam akan mempunyai sifat-sifat yang sama dengan zeolit alam yang berfungsi seperti sebagai penyerap atau pelepas air dapat balik, penyerap bau, atau senyawa mudah menguap atau saringan molekul. Pembuatan keramik zeolit dilakukan dengan pembakaran pada suhu dimana struktur zeolit tidak akan rusak membentuk senyawa amorf. Oleh karena itu, fungsi zeolit masih terjaga. Perkembangan komposit dibuat dari bahan utama zeolit dengan tambahan, liat, kaolin, dan felspar dibuat sebagai pengikat. Untuk mengurangi suhu pembakaran, senyawa natrium ditambahkan ke dalam komposit dan dalam penelitian dilakukan pada suhu 800-1000 °C dengan tekanan komposit antara 50-100 kg/cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembakaran pada suhu 800°C baik menggunakan analisis SEM atau XRD, zeolit dalam bentuk kristal mordenit. Pada pembakaran suhu 1000°C, struktur kristal dari zeolit telah rusak dan membentuk albit dan kalsit sebagai senyawa baru. Keramik zeolit yang terbentuk pada 800 °C, dengan tekanan 50 kg/cm mempunyai karakter kuat dan kompak dengan kemampuan absorpsi lebih dari 23%.

Kata kunci: Zeolit, periuk belanga, penyerap dapat balik, natrium

ABSTRACT

MAKING OF NATURAL ZEOLITES AS STONE CERAMICS AT TEMPERATURE OF LESS THAN 1000°C. Nowadays, ceramics world has been developing into what the interior, building exterior, industries and household. The quality and its ability made by certain specification which compatible with the structure, design and the function. For example, the building structure that usually has high humidity whether indoor or outdoor will need certain ceramics for the floor to keep on dry condition, unslippery, clean while fungus will not live. For that purpose stone ceramics that made by natural zeolite will has same characters as natural zeolite function such us absorb/release water reversibly, absorb smelt or volatile compound, molecular filter. The making of zeolite ceramic was done at certain burning temperature where natural structure of zeolite will not be destructed or collaps and forming amorphous compound. So the natural zeolite function will preserve. The development of composite is made from natural zeolite as the main ingredients which clay, kaolin, and feldspar are used as binders. In order to decrease burning temperature, natrium compound added into the composite and the experiment done at temperature 800-1000 °C with composite pressure between 50-100 kg/cm. the result of experiment indicate that on burning temperature 800°C whether with using SEM or XRD analysis, zeolite is in mordenite crystal form. Whereas at burning temperature 1000°C, the crystal structure of zeolite has been destructed and forming albit and calcian as new compound. The zeolite ceramics which formed at 800 °C, with pressure at 50 kg/cm has strong and compact characters with absorption ability up to 23%.

Keywords: Zeolite, stoneware, reversible absorber, sodium

PENDAHULUAN

Keramik secara umum dibuat dari matriks kuarsa dan dibentuk oleh masa butiran yang terikat antara bahan pengikat (*binders*), bahan pengisi (*filler*), bahan pelebur (*flux*) dan bahan tambahan (*additive*). Lempung dan kaolin berfungsi sebagai pengikat pada saat mentah sedangkan feldspar berfungsi sebagai *flux* yang melebur, yang akan mengikat matriks menjadi kuat. Prosesnya mengalami panas tinggi 1000°C – 1300°C, dimana produk mempunyai sifat keras dan kuat, namun bersifat getas dan mudah patah [1].

Kualitas unjuk kerja dari keramik terus berkembang, dengan membuat spesifikasi tertentu disesuaikan dengan struktur, *design* serta fungsinya. Untuk keperluan dengan kondisi yang memerlukan sifat mampu menyerap bau, mempunyai stabilitas yang cukup tinggi terhadap perubahan yang kurang menguntungkan. Maka, diperlukan jenis keramik tertentu yang mempunyai sifat yang sesuai untuk kebutuhan tersebut. Sifat-sifat tersebut dimiliki oleh zeolit yang merupakan "*beautiful mineral*" dengan sifat spesifik yang tidak dipunyai oleh mineral lain dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang industri [2].

Secara struktur zeolit adalah mineral berongga dan bersifat polar, rongga biasa diisi oleh air, memiliki ukuran pori tertentu sehingga mempunyai sifat sebagai penyaring molekul, penukar ion, penyerap bau ataupun sebagai katalisator. Sifat dehidrasi berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya, zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke rongga utama dan akan efektif terhadap molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300°C-400°C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit menjadi aktif dan dapat berfungsi sebagai penyerap [3].

Keramik yang dibentuk oleh kaolin, lempung, feldspar dan kuarsa, sebagai bahan utama, pada proses pembakaran akan terjadi perubahan-perubahan berupa penguapan air permukaan dan air kristal, pirolisis, oksidasi bahan organik, oksidasi unsur logam alkali dan alkali tanah, dekomposisi karbonat dan sulfat yang terkandung dalam bahan tambahan maupun bahan baku. Perubahan perubahan tersebut dikenal dengan proses *pre-sintering* yang mengubah bahan baku menjadi keramik kuat, reaksi kimia serta mekanisme pemadatan bahan mulai saat proses peleburan. Pada proses pembakaran kaolin akan berubah menjadi meta-kaolin pada suhu 400-700°C. Gas yang terbentuk akan menimbulkan tekanan, sehingga kecepatan pembakaran perlu dikontrol agar tidak merusak struktur badan keramik. Perubahan mikro-struktur atau peningkatan densitas keramik dapat dibedakan dalam 3 (tiga) tahap [4].

- 1) Pada tahap awal (*initial stage*) terjadi kontak antara butiran *binders*, porositas akan menurun sekitar 12% dan permukaan partikel mulai tampak halus.
- 2) Pada tahap 2 (dua) atau *intermediate*, terjadi pengembangan batas pertemuan butiran sehingga porositas akan menurun dengan tajam, dan terbentuk butiran dari campuran material.
- 3) Dan pada tahap akhir (*final stage*) porositas antar butiran akan tertutup, prosen densitas akan mencapai 85% atau lebih.

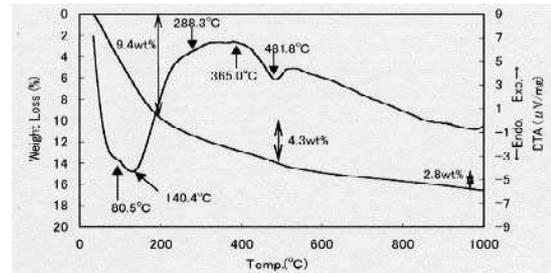
Masalah yang timbul dalam pembuatan keramik zeolit adalah sifat adsorben dari zeolit akan berubah jika terkena pengaruh suhu lebih besar dari 800°C, dari hasil penelitian diketahui bahwa zeolit Cikanra, Tasikmalaya dengan jenis mineral mordenit terdestruksi sebagian mulai suhu 800°C lebih dan pada kurva TG-DTA mulai turun walaupun tidak terlalu tajam dan di dalam difraktogram masih terlihat berbentuk kristal mordenit [5].

Dari data-data tersebut, dapat ditentukan bahwa pembuatan keramik batu (*stone ceramics*) perlu dilakukan pada suhu dimana zeolit masih mempunyai sifat alamiahnya atau di sekitar suhu 800°C. Sementara bahan keramik mencapai kekuatan optimal setelah mengalami proses pembakaran pada suhu 1000°-1300°C, suhu tersebut untuk melelehkan *binders* yang akan mengikat matriks (James Reed).

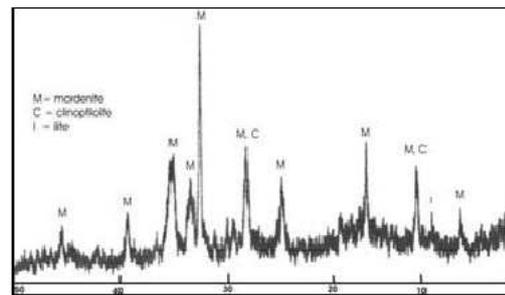
Akibat dari parameter-parameter di atas saling bertolak belakang, beberapa hal telah dilakukan dalam proses pembuatan keramik zeolit. Antara lain penggabungan butiran-butiran zeolit dengan bahan perekat keramik pada suhu dimana zeolit masih mempunyai sifat alamiahnya sedangkan bahan-bahan pembantu seperti feldspar maupun kaolin sudah terpicu akibat pembakaran membentuk massa yang kuat, dengan menambahkan senyawa natrium pada komposit.

Komposit hasil bakar yang berupa *stone ceramics* dari zeolit alam dapat dimanfaatkan dalam berbagai keperluan seperti untuk struktur bangunan yang lingkungannya selalu lembab baik *outdoor* maupun *indoor*, dimana diperlukan keramik khusus agar lantai selalu dalam kondisi kering sehingga tidak licin, kotor atau ditumbuhi jamur. Begitu juga untuk

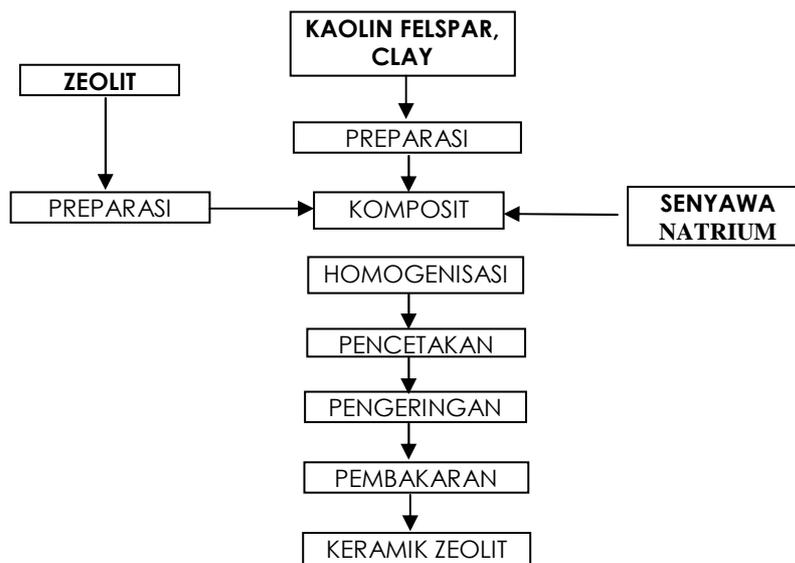
keperluan dalam rumah tangga seperti untuk mengatasi aroma tak sedap yang timbul dalam lemari es, aroma sigaret, kandang binatang peliharaan, sebagai penyerap amonia maupun untuk *smelly shoes*. Hal tersebut dimungkinkan karena *stone ceramics* tersebut bahan utamanya dibentuk oleh mineral zeolit yang mempunyai sifat spesifik dari kristalnya.



Gambar 1. TG-DTA zeolit Cikanra, Tasikmalaya



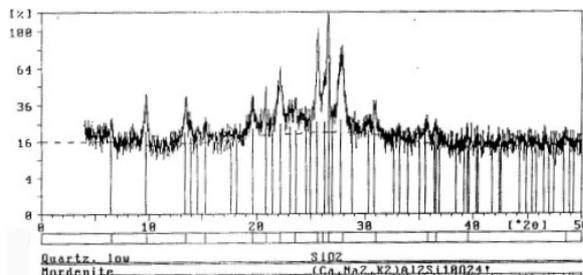
Gambar 2. Diffraktogram zeolit Cikanra, Tasikmalaya



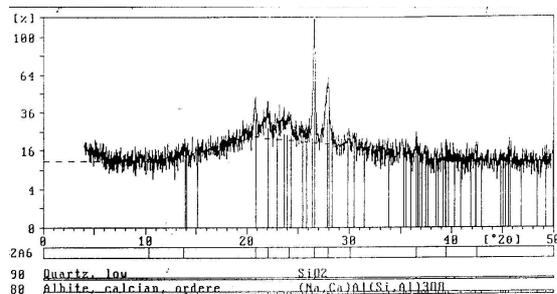
Gambar 3. Diagram alir penelitian

METODOLOGI

Pembuatan dan pembentukan masa keramik dilakukan dengan proses pencetakan bertekanan, dengan ukuran diameter 4 cm, tebal 0.5-1 cm. Komposit terdiri dari campuran homogen dari bahan baku zeolit, kaolin, feldspar, air serta senyawa natrium karbonat. Komposit kemudian dikeringkan pada suhu kamar dan pada suhu 50-60°C, kadar air maksimal sebelum pembakaran 5%. Untuk meningkatkan kekuatan keramik zeolit, dilakukan pembakaran pada suhu 800°-1000°C, setelah pembakaran dilakukan pengujian produk keramik zeolit. Percobaan dilakukan dengan menggunakan 3 (tiga) ukuran partikel yaitu -48 mesh -120 mesh dan -200 mesh pada suhu pembakaran 800°C, 850°C 900°C, 950°C dan 1000°C dengan waktu pembakaran 2-8 jam. Analisis penyerapan air oleh produk dilakukan dengan metoda gravimetri. Identifikasi mineral dilakukan dengan alat *X-Ray Difraktometer (XRD)* dan *Scanning Electron Microscop (SEM)*. Variabel formula komposit dilakukan dalam 6 variabel pada 4 jenis kuat tekan 150; 100; 75 dan 50 kg/cm².



Gambar 4. Difraktogram zeolit keramik pada suhu 800°C



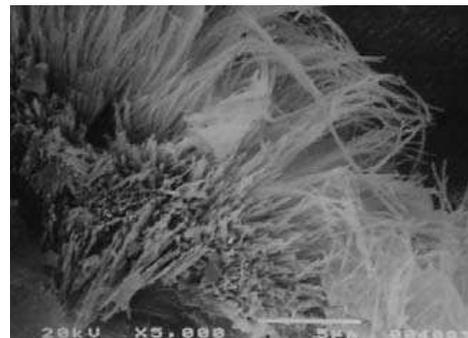
Gambar 5. Difraktogram zeolit keramik pada suhu 1000°C

Tabel 1. Densitas dari zeolit keramik

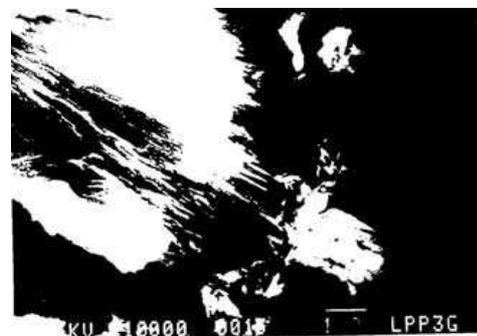
No	Suhu Bakar	Density
1	800°C	2,24
2.	1000°C	2,46

Tabel 2. Penyerapan air oleh zeolit

Material	% Air
Zeolit Cikanra	22.33



Gambar 6. Foto SEM zeolit alam dari Cikanra, Tasikmalaya



Gambar 7. Foto SEM of zeolit keramik pada suhu 800°C

Perbandingan antara matrik zeolit dengan bahan tambahan (kaolin, feldspar, kapur) sebesar 70:30, sedangkan senyawa natrium sebanyak 5 persen berat dan air sebanyak 15 persen berat dari berat formula (lihat diagram alir percobaan di atas) :

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari **Tabel 3** terlihat rata-rata penyerapan air dari keramik zeolit hasil bakar 800°C, pada tekanan pencetakan 50 kg/cm² berkisar antara 22.18 – 23%, ini memperlihatkan terjadi kenaikan angka penyerapan. Sedangkan produk blanko tanpa zeolit, penyerapannya sebesar 19.56% dan zeolit murni penyerapannya sebesar 22.33%. Secara visual, kekuatan keramik dengan suhu bakar 800°C direndam air selama 7 (tujuh) hari, tidak mengalami perubahan, produk tetap stabil. Semakin tinggi tekanan pencetakan maka akan semakin menurun daya serapnya terhadap air, hal ini disebabkan karena semakin kompaknya material, begitu juga semakin tinggi suhu pembakaran maka akan semakin menurun pula daya serapnya terhadap air, hal tersebut disebabkan karena semakin tinggi suhu, maka degradasi struktur mineral zeolit semakin bertambah, sehingga sifat alamiah zeolit mulai berubah.

Difraktogram zeolit keramik yang dibakar pada suhu 800°C masih terlihat puncak-puncak zeolit (mordenit), didukung pula oleh hasil SEM masih terlihat kristal-kristal mordenit berbentuk jarum (*needle*) dan serat (*fiber*). Pada suhu bakar 1000°C, puncak yang terlihat hanya tinggal kuarsa

dan albite, demikian pula pada SEM sudah terjadi *pre-sintering*, tetapi masih terlihat porous dan lebih kompak bila dibandingkan dengan hasil pembakaran suhu 800°C.

Ini menunjukkan bahwa pembakaran keramik dengan matrik zeolit harus dilakukan pada suhu lebih kecil dari 1000°C, dari hasil penyerapan air-pun terlihat bahwa pada pembakaran 1000°C, terjadi penurunan daya serap terhadap air. Penambahan senyawa natrium karbonat sebanyak 5%, memperlihatkan penurunan suhu yang signifikan pada pembakaran material yang pada dasarnya keramik jenis *stoneware* dilakukan pada suhu 1100°C - 1300°C.

Pada saat proses eksperimentasi, secara visual terlihat komposit tanpa penambahan senyawa natrium pada suhu bakar 1100°C belum mengalami proses *sintering* dan kondisi keramik masih rapuh. Demikian pula halnya dengan blanko (tanpa zeolit) yang dibakar pada suhu 800°C kondisinya masih berupa *earthenware* yang berpori besar dan sangat rapuh dengan daya serap air sebesar 19.56%. Penyerapan air (**Tabel 4**) pada berbagai tekanan memperlihatkan bahwa formula komposit dengan bahan utama zeolit masih berkisar antara 21-22%, sedangkan tanpa zeolit penyerapan hanya 16.75%

Tabel 3. Penyerapan air oleh zeolit keramik pada suhu bakar 800 °C

No.	Kode	% Air (Tek. 50)	% Air (Tek. 75)	% Air (Tek. 100)
1	Z ₁ - 120	22.18	22.67	21.34
2	Z ₂ - 120	22.81	22.03	21.11
3	Z ₃ - 120	22.73	22.00	21.11
4	Z ₄ - 120	22.33	21.09	21.25
5	Z ₅ - 120	23.00	21.68	21.27
6.	blanko	19.56	18.11	17.08

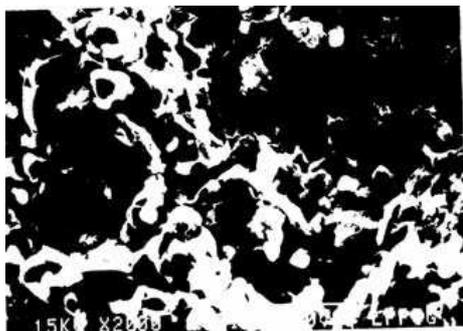
Tabel 4. Penyerapan air oleh zeolit keramik

No	Kode	Tek. 150, 850°C	Tek.150, 950°C	Tek.150, 1000°C
1.	Z ₃ - 48	14.37	12.23	9.71

Tabel 5. Penyerapan air oleh zeolit keramik pada suhu bakar 800 °C, selama 3 jam

No	Kode	Tek. 50	Tek. 75	Tek. 100
1.	Z ₁ - 200	22.76	22.10	21.04
2.	Z6-Blanko	19.06	18.11	16.75

Pada saat proses eksperimentasi, ditemukan pula kondisi yang menarik, dimana secara visual terlihat bahwa blanko (tanpa zeolit) yang belum mengalami pembakaran pada permukaan body keramik, terbentuk kristal jarum yang tersebar. Dugaan ini adalah kristal senyawa natrium karbonat yang berasal dari reaksi antara senyawa natrium yang bersifat basa yang menghisap gas CO₂ dari udara. Hal tersebut dapat berakibat pada proses pembakaran akan terjadi pelelehan bagian luar terlebih dahulu (*case hardening*) sehingga akan menghalangi pembakaran bagian dalam komposit, sehingga produk menjadi rapuh.



Fambar 8. Foto SEM zeolit keramik pada suhu 1000 °C (pembesaran 2000 kali)

Sedangkan pada body matriks yang mengandung zeolit hal tersebut tidak terjadi, karena senyawa natrium diikat oleh struktur zeolit menjadi matriks yang homogen, sehingga dalam proses pengeringan, pemanasan dan pembakaran, tidak terjadi *case hardening*.



Gambar 9. Foto SEM zeolit keramik pada suhu 1000 °C (pembesaran 10000 kali)

Densitas keramik zeolit hasil bakar 800°C sebesar 2.24, karena zeolit masih berbentuk mineral alamiah, adanya lorong yang dibentuk oleh pori pada struktur kristal mengakibatkan jaringan (densitas zeolit alam berkisar antara 2.1 -2.47). Produk keramik zeolit hasil suhu bakar 1000°C adalah sebesar 2.46, menunjukkan kenaikan yang signifikan, karena proses pemadatan pada suhu bakar 1000°C sudah mulai terjadi, dari analisis SEM (**Gambar 8** dan **Gambar 9**) terlihat material mulai kompak dan terjadi pelelehan bahan. Dari data data di atas pembuatan keramik zeolit jenis *stone ceramics* masih dimungkinkan pembakaran komposit dengan penambahan waktu bakar pada suhu 800°C atau dibawah 1000°C.

KESIMPULAN

Keramik zeolit (*stone ceramics*) yang dibentuk oleh bahan utama zeolit alam dan bahan pembantu sebagai binders dan fluks berupa clay, kaolin dan feldspar dengan perbandingan zeolit/bahan pembantu sebesar 70/30 pada tekanan pencetakan 50 kg/cm² dapat dibuat dengan suhu bakar 800°C mampu menyerap air sebanyak 23%. Pada kondisi tersebut zeolit masih berupa kristal alamiah (SEM dan XRD).

Untuk meningkatkan kekuatan keramik, komposit dapat diperpanjang waktu bakar pada suhu sekitar 800°C atau dibawah 1000°C. Dan pembakaran komposit tidak boleh lebih dari 1000°C, karena pada suhu tersebut terjadi disfungsi dari zeolit, membentuk kuarsa dan albite. Substitusi senyawa natrium karbonat sebanyak 5% berat, secara signifikan dapat menurunkan suhu pembakaran.

DAFTAR PUSTAKA

1. conference/dit03/pdf
2. A., Bresciani and Bandini R. 1991. *Strength of Pressed Tile, The Contribution of the Processing Parameters*, SACMI, Ceramic Laboratory
3. Lenny M. Estiaty, Dewi Fatimah, Yoshiaki Gotto. 2002. *Zeolite From Cikancra Tasikmalaya, West Java: A Review of Its Properties*, Seminar Iptek Nuklir dan Pengelolaan Sumberdaya Tambang, Pusat Pengembangan Bahan Galian dan Geologi Nuklir, BATAN, Jakarta 2 Mei 2002 ISBN 979-8769-11-2.
4. Dondi M., Raimondo, C.Zanelli, *Sintering Mechanism of Porcelain Stoneware Tile*, Institute of Science and Technology for Ceramicz, Faenza, Italy, www.mri.psu.edu/
5. Hartomo A.J. 1994. *Mengenal Keramik Modern*, Cetakan Pertama, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.