

PENGARUH SUHU PEMBAKARAN TERHADAP KUAT THERMAL, FISIS DAN KIMIA DARI SISTEM ALUMINA-LEMPUNG -(K,Na) FELSPAR

(EFFECT OF FIRING TEMPERATURE ON THERMAL, CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF ALUMINA-CLAY-(K, Na) FELDSPAR MIXTURE SYSTEM)

Naniek Sulistarihani dan Hernawan
Balai Besar Keramik
Jl. Jendral A.Yani 392-Bandung 40272
herna1b@hotmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pengaruh suhu pembakaran terhadap sifat termal, kimia dan fisik, mineralogi produk dari sistem campuran Alumina-Lempung-(K,Na) Felspar. Komposisi campuran adalah 65% Alumina A-12, 22% Kaolin Belitung, 11% Lempung KalBar, 1% Potasium Felspar dan 1% Sodium Felspar. Pembakaran dilakukan pada suhu 1300 dan 1350°C dengan penahanan pada suhu tertinggi 1 jam. Analisa hasil bakaran menunjukkan mullit dan korundum merupakan fasa dominan. Ketahanan termal meningkat dengan kenaikan suhu dari empat menjadi enam siklus. Ketahanan kimia baik terhadap asam maupun basa meningkat hampir dua kali lipat dengan kenaikan suhu bakar. Ketahanan kimia dinyatakan sebagai penurunan tingkat kelarutan, dengan larutan 50% H₃PO₄ dari 0,88 menjadi 0,44% sementara dengan larutan 10% NaOH dari 3,38 menjadi 1,75%. Hasil penelitian ini ditujukan untuk pembuatan keramik laboratorium dan keramik teknik yang dalam aplikasinya memerlukan ketahanan kimia, slag dan termal

Kata kunci : alumina, kaolin, felspar, ketahanan kimia, ketahanan termal, ketahanan slag

ABSTRACT

Research on the effect of firing temperature on thermal, chemical and physical properties as well as mineralogical content of Alumina - Clay - (K,Na) Feldspar mixture system has been performed. Mixture was made of 65% Alumina A-12, 22% Belitung Kaolin, 11% KalBar Ballclay, 1% Potasium and 1% Sodium Feldspar. Firing was carried out at 1300 and 1350°C with 1 hour soaking time. Chemical analysis of fired product showed that mullite and corundum are dominant phase. Research results showed that thermal resistant increased from 4 to 6 cyclus and chemical resistant against acid and basic solution increased by almost double with increasing of firing temperature. The composition is designed for production of labwares and technical ceramics in which high chemical, slag and thermal resistant is necessary.

Keywords : alumina, kaolin, feldspar, chemical resistant, thermal resistant, slag resistant

PENDAHULUAN

Alumina - lempung direaksikan secara padat - padat untuk menghasilkan mullit sebagai fasa dominannya. Mullit adalah

mineral aluminosilikat dengan rumus kimia 3Al₂O₃.2SiO₂. Berbagai upaya menghasilkan mullit juga telah dilakukan dengan bahan alam lainnya seperti piropilit ataupun silimanit.^{1,4)}

Mulit memiliki sifat-sifat yang sangat menarik baik pada penggunaan keramik konvensional ataupun maju, yaitu berat jenis rendah ($\rho = 3.17 \text{ g/cm}^3$), konduktivitas panas rendah ($k = 2.0 \text{ W/m.K}$), koefisien muai panas rendah ($\alpha_{20-200}^{\circ\text{C}} = 4 \times 10^{-6} / \text{K}$), konstanta dielektrik rendah ($\epsilon_{1\text{MHz}} = 6.5$), ketahanan tinggi terhadap rambatan retak dan kuat mekanik baik pada suhu tinggi.^{1,2,3}

Sintesis mulit dari lempung (kaolin) dan alumina dapat dibagi dalam dua tahapan. Mulit sebagai hasil transformasi kaolin yang merupakan mulit primer terbentuk pada rentang suhu 1000 – 1300 °C. Sementara pada rentang suhu 1300 - 1600 °C alumina melarut ke dalam fase gelas silika/aluminosilikat membentuk mulit diikuti presipitasi menghasilkan mulit sekunder.

Beberapa oksida dalam jumlah tertentu (3 – 5%) umum digunakan untuk mempengaruhi sintesis dan sinterabilitas mulit diantaranya adalah MgO, CaO, Fe₂O₃, TiO₂, serta Boehmit^{1,2,4}. Pada penelitian ini MgO, CaO, Fe₂O₃, dan TiO₂ tidak ditambahkan dari luar tetapi memanfaatkan yang telah terkandung sebagai pengotor pada kaolin, balclay dan alumina.

Seringkali mulit sinter padat dikendaki terutama untuk pemakaian struktural atau pada penggunaan elektronik, namun untuk mendapatkan mulit yang kompak diperlukan suhu yang relatif tinggi sekitar 1600°C dengan lama peram yang panjang hingga 3 jam, sebagai akibat dari laju interdifusi dari ion Si⁴⁺ dan Al³⁺ di dalam kisi kristal yang sangat rendah. Hal ini tentunya mengakibatkan biaya produksi yang mahal karena waktu pembakaran yang panjang.

Mulit porous saat ini dikembangkan diantaranya untuk penggunaan sebagai isolator panas ataupun *support membran/filter*. Bentuk jarum dari mulit memberikan kemudahan aliran fluida yang melintas tegak lurus permukaan dan sejajar arah pertumbuhan mulit. Pengaturan terhadap arah kristal dan diameter pori untuk tujuan membran/filter menjadi salah satu objek menarik untuk penelitian

Pada penelitian ini, sintesis mulit dilakukan dengan mereaksikan bahan baku lempung lokal dengan alumina dalam bentuk tepung Sifat fisis dan termal dari hasil bakaran selanjutnya dianalisis untuk mengetahui kemungkinan pengembangannya, terutama untuk penggunaan *labwares*

seperti krusibel yang tahan kejut suhu untuk analisis kimia.

BAHAN DAN METODA

1. Bahan dan Alat

Bahan baku lokal yang digunakan adalah kaolin Belitung dan balclay Kalbar, sedangkan Alumina yang dipakai adalah A-12 Nippon Powder Metal Inc. Sebagai fluks digunakan campuran sodium feldspar dan potasium feldspar. Fluks yang ditambahkan kedalam campuran lempung dan alumina diupayakan sekecil mungkin karena adanya ion natrium dan kalium akan memperlambat laju pembentukan mulit⁴⁾

2. Metode Penelitian

Pertama-tama dilakukan analisis kimia terhadap bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini dan hasil analisis kimia dari bahan-bahan utama yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Komposisi campuran adalah 65% Alumina A-12, 22% Kaolin Belitung, 11% lempung KalBar, 1% Potasium Felspar dan 1% Sodium Felspar. Kaolin Belitung, lempung Kalbar, Alumina dan Felspar digiling dengan cara basah di dalam *potmill* selama 8 jam. Slip hasil penggilingan dikeringkan dengan diangin-angin hingga kadar air tertentu untuk kemudian digranulasi dengan melewatkannya pada ayakan 200 Mesh.

Butiran selanjutnya dituangkan ke dalam cetakan untuk dibentuk menjadi benda/produk dengan cara cetak tekan satu arah (uniaxial) dengan menggunakan hidraulik pres dengan tekanan pembentukan ditetapkan 10 kg/cm².

Pengeringan benda coba dilakukan di udara terbuka. Tahap berikutnya adalah pembakaran benda coba dengan memakai tungku gas pada suhu 1300°C dan 1350°C.

Tabel 1, Analisis Kimia Mineral

Oksida	Kaolin Belitung	Lempung KalBar	Alumina
SiO ₂	54.14	70.14	0
Al ₂ O ₃	24.62	15.63	98
MgO	0.30	1.26	0
CaO	0.67	0.19	0
Fe ₂ O ₃	0.75	0.95	0.02
TiO ₂	0.15	0.19	0
K ₂ O	0.63	1.12	0
Na ₂ O	0.43	0.66	0
HP	13.31	9.86	1.8

Pembakaran dilakukan dengan kecepatan rata-rata 5°C/menit. Penahanan pada suhu maksimum selama 2 jam. Pendinginan berlangsung mengikuti penurunan alami suhu tungku.

Benda contoh selanjutnya diuji mineralogi dengan X-RD, uji kejut suhu, porositas dan kelarutan dalam asam dan basa. Uji kejut suhu dilakukan dengan cara memanaskan benda uji hingga 1000°C yang diikuti pendinginan mendadak dalam air bersuhu kamar. Proses ini dilakukan berulang dengan selang 10 menit.hingga benda uji memperlihatkan adanya retak.

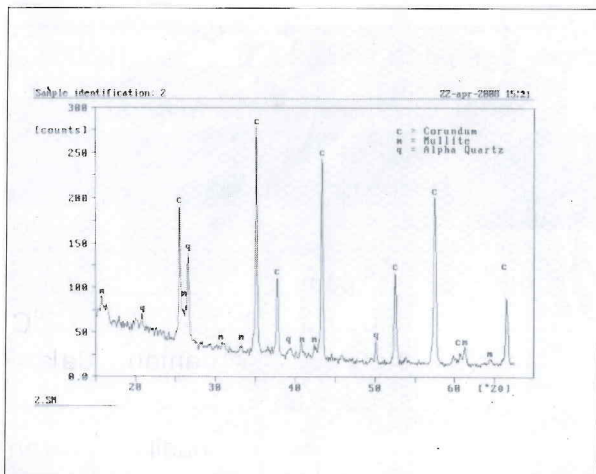
Porositas diukur dengan metoda Archimedes dengan mengukur berat basah, berat kering di udara dan berat dalam air⁷. Pengukuran tingkat kelarutan terhadap asam dan basah dilakukan dengan merendam benda uji dalam larutan asam sulfat 95%, asam fosfat 10% dan sodium hidroksida 10% bersuhu 100°C selama 4 jam⁸. Perbedaan berat kering sebelum dan setelah perendaman menyatakan besar kelarutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

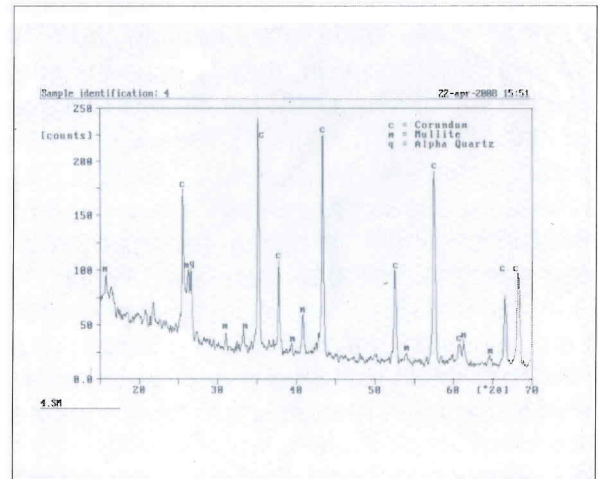
Karakteristik Produk

Hasil difraktogram X-RD menunjukkan mulit telah terbentuk pada suhu 1300 °C. Kenaikan suhu maksimum pembakaran hingga 1350 °C menyebabkan beberapa puncak dari kuarsa menghilang, hal ini menunjukkan semakin banyak kuarsa yang bereaksi dengan alumina menghasilkan mulit. Korundum berasal dari alumina yang tidak bereaksi.

Hasil X-RD menunjukkan bahwa suhu berpengaruh secara nyata terhadap



Gambar 1 . Difraktogram hasil bakaran suhu 1300 °C



Gambar 2 . Difraktogram hasil bakaran suhu 1350 °C

sintesis mulit dari lempung dengan alumina. Pada suhu 1300 °C mulit primer yang dihasilkan dari transformasi lempung melalui reaksi mulitisasi

$3 (Al_2O_3.2SiO_2) \rightarrow 3Al_2O_3.2SiO_2 + 4 SiO_2$
 tampaknya mendominasi. Semakin tinggi suhu pembakaran alumina larut kedalam leburan gelas yang dihasilkan dari transformasi lempung dan feldspar. Alumina yang larut selanjutnya bereaksi dengan silika membentuk mulit dan mulit yang terbentuk terpresipitasi keluar dari leburan sebagai mulit sekunder pada proses pendinginan. Semakin tinggi suhu semakin besar alumina larut dan bereaksi dengan silika bebas dalam bentuk α-kuarsa sehingga kadar silika berkurang dan ini ditunjukkan oleh menghilangnya puncak – puncak silika pada suhu pembakaran . 1350 °C

Tingkat kelarutan hasil bakaran dalam asam dan basa ditunjukkan pada Tabel 2. Sifat fisis dan termal dari produk bakaran disajikan pada Tabel 3. Tabel 3 memperlihatkan bahwa semakin tinggi suhu

Tabel 2. Tingkat kelarutan hasil bakaran dalam asam dan basa

Kode Contoh	% Larut dalam asam dan basa		
	H ₂ SO ₄ , 95%	H ₃ PO ₄ , 50%	NaOH, 10%
1300 °C	4.90	0.88	3.38
1350 °C	0	0.44	1.75

Tabel 3. Sifat Fisis dan Termal

Kode Contoh	Sifat Fisis dan Thermal		
	App.Porosity (%)	Kejut Suhu	Slag Test
1300 °C	38.00	4 siklus	tembus
1350 °C	42.23	7 siklus	tembus

pembakaran semakin rendah kelarutannya baik di asam maupun basa. Hal ini menandakan mineral yang dihasilkan lebih tahan terhadap asam/basa karena penyusunnya terdiri dari korundum/mulit dalam bentuk kristal yang stabil.

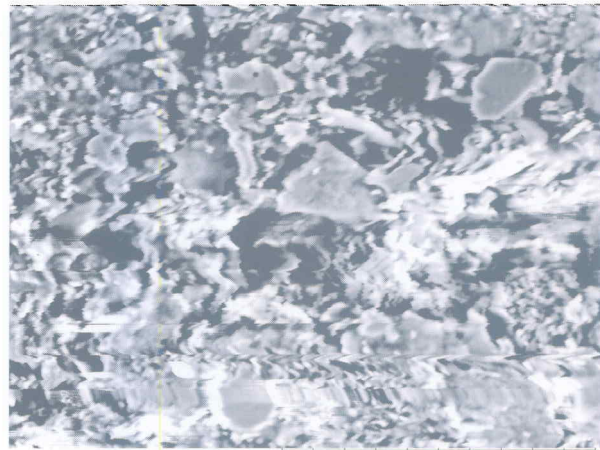
Hasil X-RD menunjukkan semakin tinggi suhu pembakaran, puncak-puncak silika semakin berkurang. Ada tiga kemungkinan yang menyebabkan hilangnya puncak-puncak silika dengan kenaikan suhu yaitu, (1) silika dengan oksida alkali/alkali tanah membentuk fasa gelas, (2) silika melarut dalam leburan fasa gelas atau, (3) silika bereaksi dengan alumina menghasilkan mulit (mulit sekunder). Namun demikian dari hasil uji kelarutan dan sifat fisis serta termal kemungkinan terakhir yang paling utama menyebabkan hilangnya puncak-puncak silika.

Silika dengan oksida alkali/alkali tanah membentuk fasa gelas dan fasa gelas pada umumnya lebih mudah larut dalam asam/basa serta rentan terhadap perubahan suhu yang mendadak. Hal ini menjelaskan mengapa pada suhu pembakaran 1350°C, benda uji lebih tahan terhadap asam/basa dan kejut suhu.

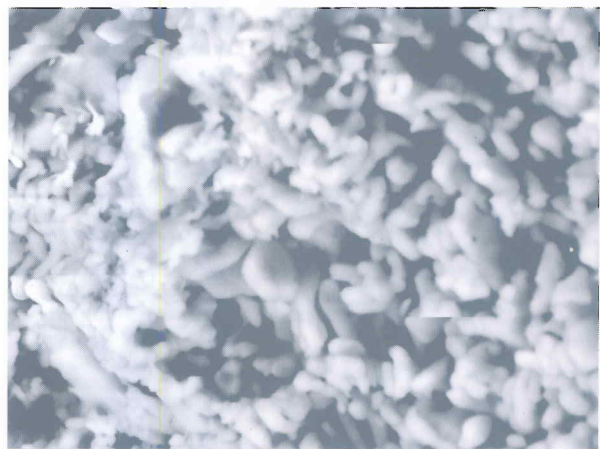
Bentuk butiran adalah salah satu faktor yang menentukan tingkat kekompakan. Kenaikan suhu pembakaran menyebabkan terbentuknya mineral tertentu yang diikuti pertumbuhan kristalnya dengan orientasi tertentu yang memberikan bentuk butiran tertentu pula. Perubahan bentuk butiran inilah yang selanjutnya mengakibatkan perubahan nilai porositas. Table 3 memperlihatkan kenaikan suhu pembakaran meningkatkan porositas. Porositas meningkat dari 38,00% untuk bakaran 1300 °C menjadi 42,23% untuk bakaran 1350°C.

Hasil pemindaian menggunakan *tabletop microscope* menunjukkan produk pembakaran 1300 °C memiliki strukturmikro yang lebih padat/kompak dengan bentuk dan ukuran butiran-butiran yang cenderung membulat. Sementara pada produk bakaran 1350 °C butiran-butiran mulai berubah dengan bentuk dominan berupa butiran – butiran yang memanjang (*elongated*) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3

Pemindaian setelah pelarutan dengan asam sulfat menunjukkan secara lebih jelas butiran yang memanjang seperti jarum (Gambar 4). Bentuk menjarum adalah bentuk khas dari mineral mulit. Mineral mulit memiliki ketahanan kejut suhu yang baik.

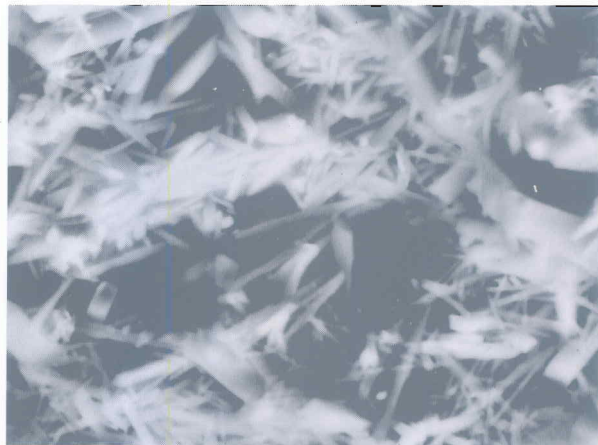


TM-1000_0130 2008/05/08 13:44 20 um



TM-1000_0124 2008/05/07 15:45 10 um

Gambar 3 . Hasil pemindaian untuk produk bakaran pada 1300 °C (atas) dan 1350 °C (bawah)



TM-1000_0126 2008/05/08 12:43 10 um

Gambar 4. Hasil pemindaian untuk produk suhu pembakaran 1350 °C setelah perendaman dalam asam sulfat

Kecenderungan produk hasil bakaran adalah semakin tinggi suhu pembakaran semakin tinggi ketahanan kejut suhu. Kenaikan suhu menyebabkan kenaikan

kandungan mulitnya dan kenaikan kadar kulit inilah yang selanjutnya meningkatkan ketahanan kejut suhu sebagai yang dapat disimpulkan dari hasil uji fisis Tabel 3.

Hasil uji slag menunjukkan leburan timah dengan mudah menembus. Hal ini menunjukkan bahwa permeabilitas disamping juga ukuran pori yang relatif besar memungkinkan leburan menembus benda uji. Namun demikian berdasarkan pengamatan visual tidak terjadi erosi yang menunjukan adanya reaksi antara leburan dan benda uji. Hal ini berarti mineral yang terbentuk tahan terhadap slag. Permeabilitas yang tinggi memungkinkan keramik ini digunakan sebagai filter atau *membrane support*

2. Aspek teknoekonomi

Produk berdasarkan komposisi penelitian ini telah dikembangkan untuk krusibel yang digunakan pada analisis sulfur bahan tambang. Analisis teknoekonomi dilakukan dengan basis produksi 4000 buah perbulan dengan harga produk Rp 6500 per buah. Perhitungan ekonomi ini dapat diarahkan untuk industri keramik skala kecil/menengah yang menghendaki diversifikasi produknya. Tanah dan bangunan tidak dimasukan perhitungan ini.

a. Peralatan

1 buah ballmill kapasitas 200 kg	Rp.	35.000.000
1 buah pres hidraulik mak 40 ton press ram	Rp.	10.000.000
1 buah tungku kapasitas 0.5 m ³	Rp.	40.000.000
3 cetakan	Rp.	4.500.000
Total	Rp.	89.500.000

b. Modal Kerja

1. Tenaga kerja tak langsung		
• Manajer (1 orang)	Rp.	54.000.000
• Administrasi (1 orang)	Rp.	18.000.000
2. Tenaga kerja langsung		
Operator (3 orang)	Rp.	72.000.000
3. Bahan Langsung		
• Alumina	Rp.	90,000,000.00
• Kaolin Belitung	Rp.	1,800,000.00
• Balclay Kalbar	Rp.	1,800,000.00
• Feldspar	Rp.	180,000.00

4. Bahan Bakar LPG Rp 28,800,000.00

Biaya tetap

• Depresiasi, 10% Harga alat	Rp.	9.000.000
• Pajak	Rp.	3,642,000.00

Dengan profil usaha sebagaimana di atas hasil perhitungan IRR setelah beroperasi selama 5 tahun adalah 17% dan *Payback Period* adalah pada tahun ke 3.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada rentang suhu pembakaran 1300 dan 1350°C

- Campuran Alumina–Lempung–Feldspar telah membentuk kulit sebagai komponen utama dan kadarnya meningkat dengan kenaikan suhu.
- Pada suhu pembakaran 1350°C diperoleh produk bakaran porous yang tahan kejut suhu
- Kelarutan di dalam asam dan basa menurun dengan kenaikan kadar kulit dan penurunan silika

Saran

Penelitian lebih lanjut diperlukan terutama untuk menurunkan penggunaan alumina karena alumina adalah komponen termahal pada penelitian ini. Dari hasil X-RD alumina yang tidak bereaksi membentuk korundum tam-paknya masih cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- V. Viswabaskaran, F.D. Gnanam, M. Balasubramaniam, Mullitisastion Behaviour of Calcined Clay – Alumina Mixture, *Ceramic International* 29 (2003) 561-571
- V. Viswabaskaran, F.D. Gnanam, M. Balasubramaniam, Mullite from Clay – Reactive Alumina for Insulating Substrate Application, *Applied Clay Science* 25 (2004), 29 - 35
- H.S. Tripathi. B. Mukherjee, SK Das, A. Ghosh and G. Banerjee, Effect of silimanite beach sand composition on mullitization properties of Al₂O₃-SiO₂ system, *Bull. Mater Sci. Vol. 26, No.2, February 2003*, pp 217-220, Indian Academy of Science
- Sylvia M. Johnson and Joseph A. Pask, Role of Impurities of Formation of Mullite

- from Kaolinite and Al₂O₃-SiO₂ Mixture, Ceramic Buletin vol 61, no 8, 1982, 838-842.
5. R. Svinke, V. Svinke, T. Juettner, S. Krebs, H. Moertel, Kaolin Based Light-Weight Thermal Insulating Materials, interceram vol 54, 2005, (4) 258-260
 6. W.J.Chao and K.S. Chao, Studies on the Control of Porous Properties in the Fabrication of Porous Supports, Key Engineering Materials, Vol 115 (1996) pp. 93-108, Trans Tech Publication Switzerland.
 7. Ceramic Engineering, Technological Testing for Ceramic Product, Nagoya International Training Center, Japan International Cooperation Agency, Japan.
 8. W. Ryan and C. Radford, Whitewares: Production, Testing, and Quality Control, Pergamon Press, 1987