

KAJIAN PENGGUNAAN LEMPUNG NAGARA DALAM SISTEM BADAN KERAMIK SESUAI SNI

M. Sukamto¹, Irmina Kris Murwani²¹ MTSN Anjir Muara Kota Tengah Kab. Barito Kuala² Jurusan Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Abstract. Characterization local clay ceramic in South Kalimantan have been conducted in body system consisting of clays Nagara-Quartz-Feldspar with optimization using ternary triangle. The resulting ceramic body characterized by X-Ray Diffraction, and physical properties testing. The results showed that of the 15 compositions obtained six compositions that appropriate the SNI. with optimum combustion temperature 1100°C. The optimum composition of ceramic body system Nagara clay 43.15%, 22.84% 34.01% quartz and feldspar with a total shrinkage of 8.71%, the modulus of 184.8 kg/cm² broken modulus and water absorption 12.21%.

Key words: Nagara clay, ceramic body, shrinkage, broken modulus.

PENDAHULUAN

Kalimantan Selatan Kabupaten Hulu Sungai Selatan daerah Nagara memiliki cadangan lempung mencapai 290 juta ton (Departemen ESDM, 2005). Pemanfaatan lempung tersebut terbatas pada pembuatan gerabah yang nilai jualnya rendah, padahal dapat dimanfaatkan untuk keramik *tile* yang memiliki nilai jual lebih tinggi. Di Kalimantan Selatan kebutuhan keramik *tile* mencapai angka 25.579 m² atau 20% kebutuhan pasar di Kalimantan (BPS, 2007) yang dipenuhi dari impor.

Untuk membuat keramik *tile* minimal diperlukan 3 komponen yaitu (1) *clay*/lempung sebagai komponen plastis, (2) feldspar sebagai komponen *fluxing*, dan (3) kuarsa sebagai komponen *filler* (Conrad, 1980; Correia *et al*, 2004).

Lempung mengandung silika, alumina dan sedikit feldspar. Silika (SiO₂) berfungsi sebagai pengisi atau pembentuk badan keramik sehingga mengurangi susut. Alumina (Al₂O₃) mengontrol dan mengimbangi pelelehan sehingga memberikan kekuatan pada badan keramik. Feldspar terdiri dari mineral-mineral kalium, natrium dan kalsium yang berfungsi sebagai pelebur sehingga menurunkan suhu bakar keramik. Oleh karena itu lempung merupakan bahan dasar dalam pembuatan keramik tradisional (Barsoum, 2003).

Pembuatan keramik *tile* memerlukan kombinasi bahan mineral penyusun yang sangat menentukan karakteristik badan keramik yang dihasilkan. Sifat penting badan keramik bergantung pada komposisi kimia, struktur kristal, ukuran partikel, pengotor dan lain-lain. Menurut Mahmoudi *et al* (2008) bahwa penyerapan air, porositas, kekuatan mekanik dan susut linier (*Linear Shrinkage*) sangat esensial untuk menentukan kualitas suatu produk keramik.

Karakterisasi lempung Nagara, dilakukan dalam penelitian ini dengan sistem campuran lempung Nagara-kuarsa-feldspar dengan diagram terner. Informasi sistem badan keramik dengan bahan baku lempung lokal Nagara dari Kalimantan Selatan masih belum banyak dilaporkan, oleh karena itu perlu dipelajari karakteristik badan keramik tersebut.

METODE PENELITIAN

Eksperimen menggunakan metode segitiga terner.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah lempung lokal Nagara yang dipakai penduduk setempat membuat gerabah, kuarsa Bangka dan feldspar Lodoyo Blitar yang merupakan bahan baku pembuatan produk kerajinan keramik di BPTI Keramik Malang.

Peralatan yang digunakan meliputi rak pengering, *electric kiln*, spektroskopi serapan atom (Shimadzu), XRD-6000 Tube=Cu K α 1,5406Å), alat modulus patah (SNI 0256-1989-A).

Prosedur Kerja

Bahan baku dianalisis dengan metode gravimetri untuk menentukan kadar SiO₂, volumetri untuk menentukan kadar Al₂O₃ dan spektroskopi serapan atom untuk mengetahui kadar Fe₂O₃, TiO₂, MgO, CaO, K₂O, Na₂O. XRD untuk mengetahui kandungan mineralogi. Kemudian dibuat 15 komposisi dengan segitiga terner. Preparasi meliputi pengurangan ukuran partikel dan pencampuran bahan baku yang telah dikeringkan. Campuran bahan baku sesuai prosentase masing-masing titik di *milling*, dikeringkan kembali untuk digerus kemudian diayak, selanjutnya ditambahkan air secukupnya sampai diperoleh campuran plastis sehingga siap dicetak dengan ukuran (7x3x1) cm³ sebanyak 30 batang setiap komposisi.

Karakterisasi meliputi susut, modulus patah, porositas dan penyerapan air. Susut total diamati dengan mengukur panjang sampel, modulus patah diukur dengan alat modulus patah. XRD dilakukan untuk mengamati transformasi unsur/mineral pada suhu pembakaran 600, 900, 1000 dan 1100°C.

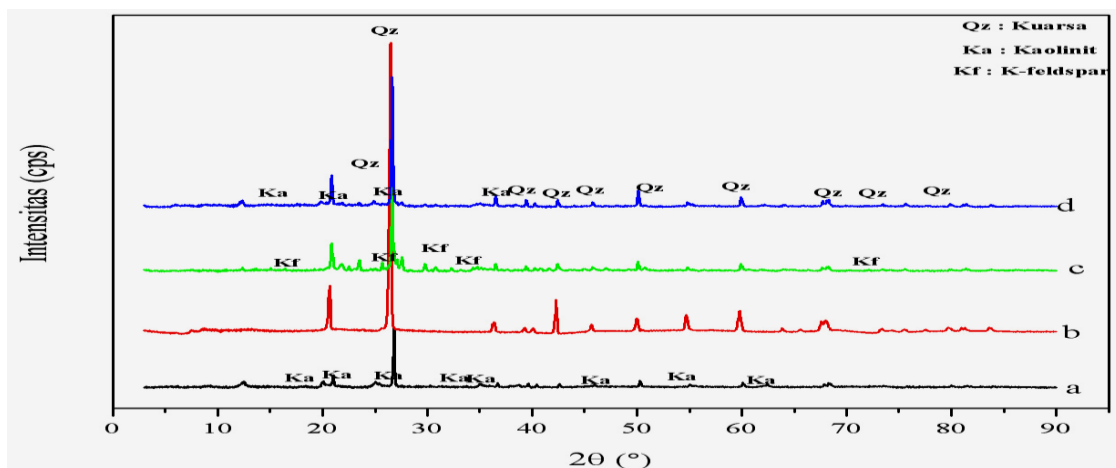
HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Matriks Keramik

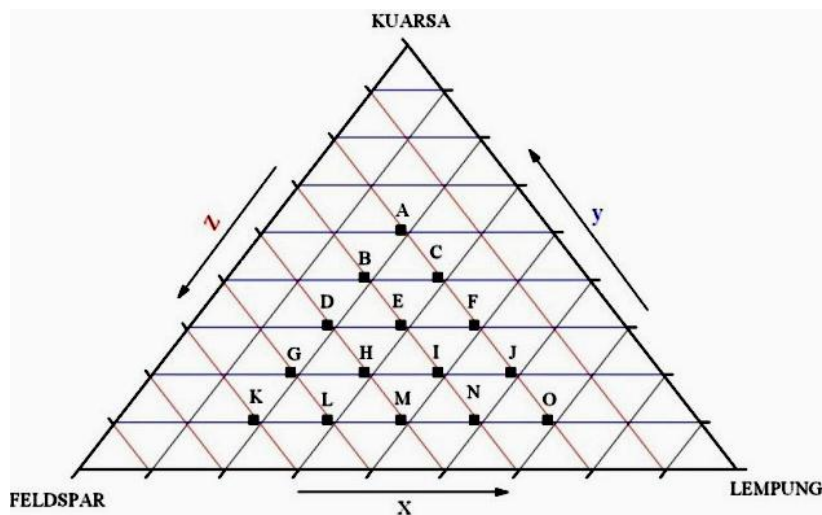
Hasil analisis komposisi kimia terhadap masing-masing bahan baku yang digunakan terlihat pada Tabel 1, sedangkan hasil karakterisasi dengan XRD dalam Gambar 1. Optimasi dengan metode segitiga terner untuk campuran yang terdiri dari 3 bahan (lempung, kuarsa, feldspar) dalam Gambar 2, dibuat 15 formula yang ditandai dengan titik berkode A, B, C, ... , O sehingga komposisi dari setiap formula disusun dalam histogram Gambar 3.

Tabel 1. Komposisi kimia Lempung Nagara, Kuarsa dan Feldspar

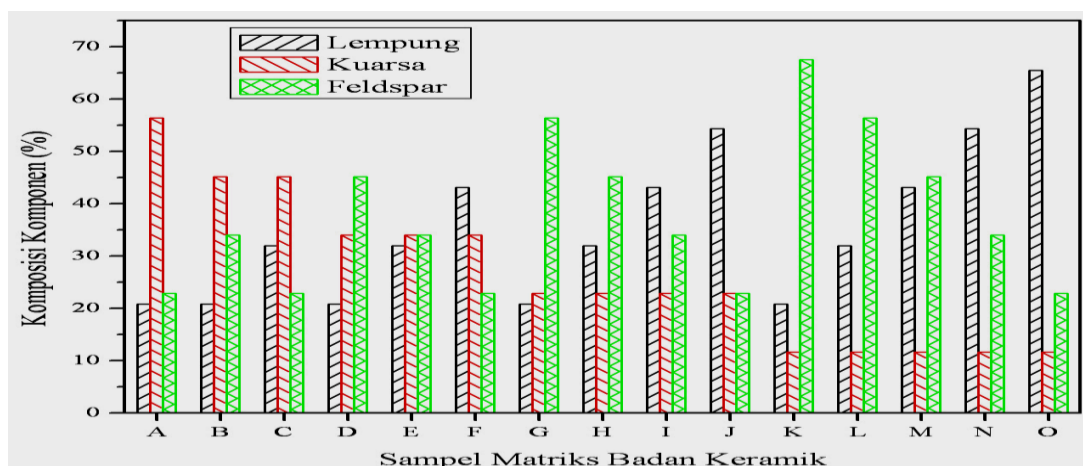
Senyawa	Prosentase Senyawa (%)		
	Lempung	Kuarsa	Feldspar
SiO ₂	42,40	96,74	77,06
Al ₂ O ₃	32,46	0,31	12,07
Fe ₂ O ₃	2,40	0,11	0,16
CaO	0,27	1,09	0,38
MgO	2,55	0,75	0,05
TiO ₂	2,23	0,00	0,25
K ₂ O	0,00	0,13	9,15
Na ₂ O	0,00	0,05	0,33
LOI	0,62	0,68	0,6
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1,31	312	6,38



Gambar 1. Difraktogram Bahan Baku Keramik a) Lempung; b) Kuarsa; c) Feldspar dan d) Bahan Baku Mentah (Sampel I)



Gambar 2. Segitiga Terner



Gambar 3. Histogram Komposisi Matriks Badan Keramik

Prosentase senyawa/oksida yang terdapat dalam setiap formula akan mengikuti keteraturan kenaikan atau penurunan dari bahan baku, tampak dalam Tabel 2.

Tabel 2. Inkremen kenaikan/penurunan oksida pada segitiga terner

Sumbu	Inkremen					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
x	(-) 3,872	(+) 2,278	(-) 0,012	(+) 0,279	(-) 0,037	(-) 1,02
y	(+) 6,0698	(-) 3,5912	(+) 0,0916	(-) 0,201	(+) 0,0055	(+) 0,0145
z	(-) 2,198	(+) 1,314	(-) 0,079	(-) 0,078	(+) 0,031	(+) 1,01

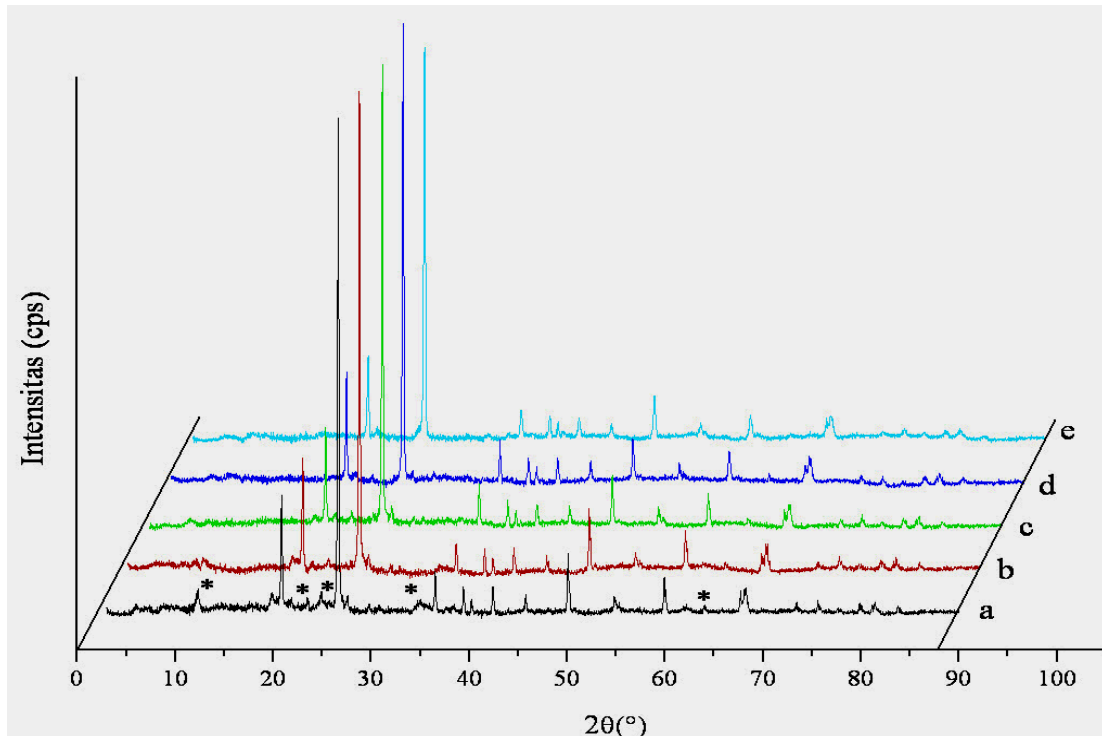
Keterangan:(+):kenaikan (-) : penurunan

Penentuan Suhu Pembakaran

Inti dari proses pembuatan keramik adalah pembakaran yaitu pada suhu sintering. Berdasarkan penelitian terdahulu maka dipilih suhu pembakaran badan keramik pada 600, 900, 1000 dan 1100°C.

Perubahan Fase pada Kenaikan Suhu Pembakaran

Perubahan fase diamati untuk mempelajari perubahan yang terjadi selama matriks badan keramik dibakar pada suhu tertentu. Pengamatan dilakukan dengan XRD pada suhu pembakaran 600, 900, 1000 dan 1100°C. Matriks badan keramik yang diamati adalah matriks I karena dianggap mewakili sistem yang diteliti.



Gambar 4. Difraktogram Badan Keramik pada berbagai Suhu; a) Bahan Baku; b) 600; c) 900; d) 1000 dan e) 1100°C

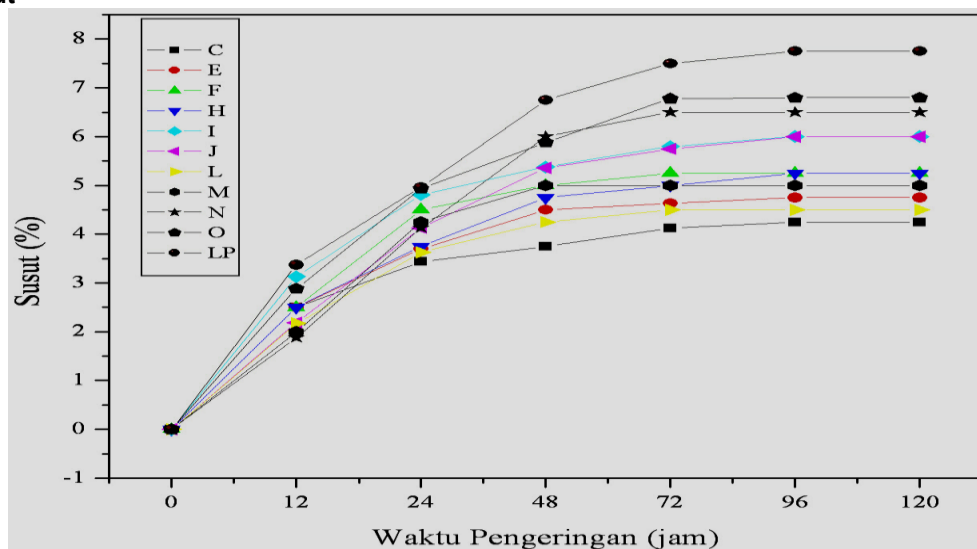
Pada Gambar 4 terlihat adanya perubahan puncak-puncak selama peningkatan suhu pembakaran. Meningkatnya suhu pembakaran akan meningkatkan energi reaktifitas material sehingga menyebabkan terjadinya reaksi kimia dan transformasi yang menghasilkan senyawa atau fase baru dan menghilangkan fase yang lain. Perubahan yang dapat diidentifikasi terjadi pada puncak-puncak kaolinit (*) matriks badan keramik bahan baku dimana tidak muncul lagi pada pembakaran suhu 600°C. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi dehidroksilasi kaolinit telah selesai.

Sedangkan perubahan untuk puncak-puncak yang lain tidak terlihat, hanya mengalami perubahan intensitas dari kuarsa seperti terlihat pada Gambar 4, yaitu semakin tinggi suhu pembakaran maka intensitas semakin besar yang berarti terbentuk fase kristalin dari kuarsa. Sedangkan pada suhu 1100°C terjadi penurunan, karena terjadi peleburan kuarsa oleh feldspar untuk membentuk massa yang lebih padat sehingga menambah kekuatan badan keramik (Iqbal & Lee, 2000).

Karakterisasi Sifat Fisik Badan Keramik

Sistem badan keramik yang tersusun atas 3 bahan (*triaxial*) yaitu lempung, kuarsa dan feldspar mempunyai karakter yang saling mendukung selama proses pembuatan untuk menghasilkan produk badan keramik. Lempung sebagai komponen pembentuk plastis, kuarsa sebagai komponen filler dan feldspar yang berfungsi sebagai komponen flux. Karakter tersebut antara lain kemampuan bentuk dan batas plastis pada tahap preparasi, penyusutan selama tahap pengeringan dan pembakaran, porositas, penyerapan air, kekuatan mekanik (Conrad, 1980).

Susut



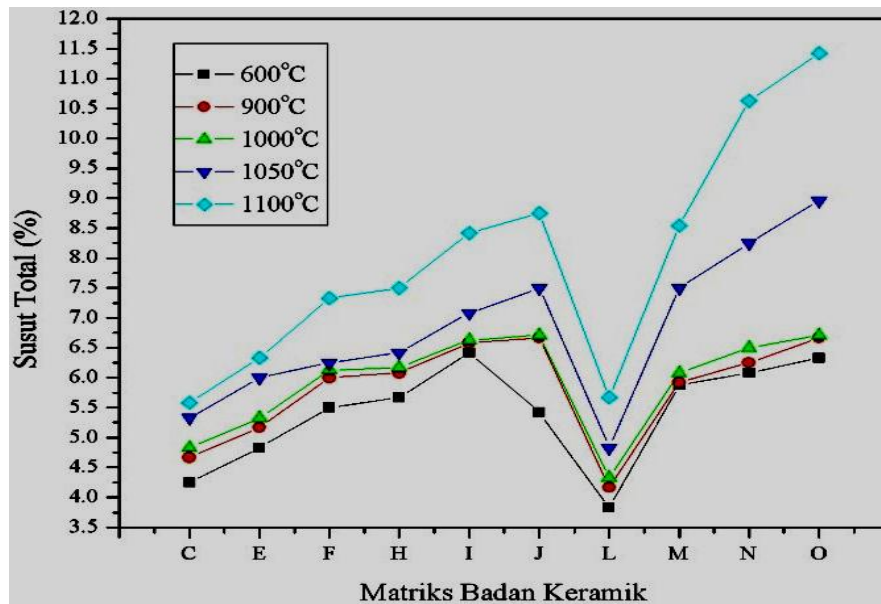
Gambar 5. Prosentase susut kering selama pengeringan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada Lempung murni terjadi susut terbesar mencapai 7,75%, sedangkan matriks badan keramik bervariasi antara 4,25-6,8% dan sampel O menunjukkan susut kering terbesar yaitu 6,8% sedangkan sampel C memiliki susut terkecil yaitu 4,25%. Hal ini disebabkan kadar air dan sifat plastis (lempung 65,49%) dalam sampel O lebih besar dari pada kadar non-plastis (kuarsa dan feldspar 34,51), sebaliknya sampel C (lempung 31,98%, kuarsa dan feldspar 68,02%). Sedangkan kadar air dalam sampel O 24% dan sampel C 20%, karena kadar air yang besar umumnya menghasilkan susut yang besar pula. Sehingga hasil ini menunjukkan bahwa penambahan material non-plastis (kuarsa dan feldspar) dapat mengurangi susut kering sesuai dengan komposisi komponen matriks badan keramik (Das *et al*, 2005).

Sesuai dengan diagram terner maka penurunan susut kering sesuai dengan sumbu y seiring dengan menurunnya Al_2O_3 dan meningkatnya SiO_2 , sedangkan kenaikan susut kering sesuai dengan sumbu x dan z dengan kenaikan Al_2O_3 dan menurunnya SiO_2 . Sedangkan keberadaan K_2O dan Na_2O

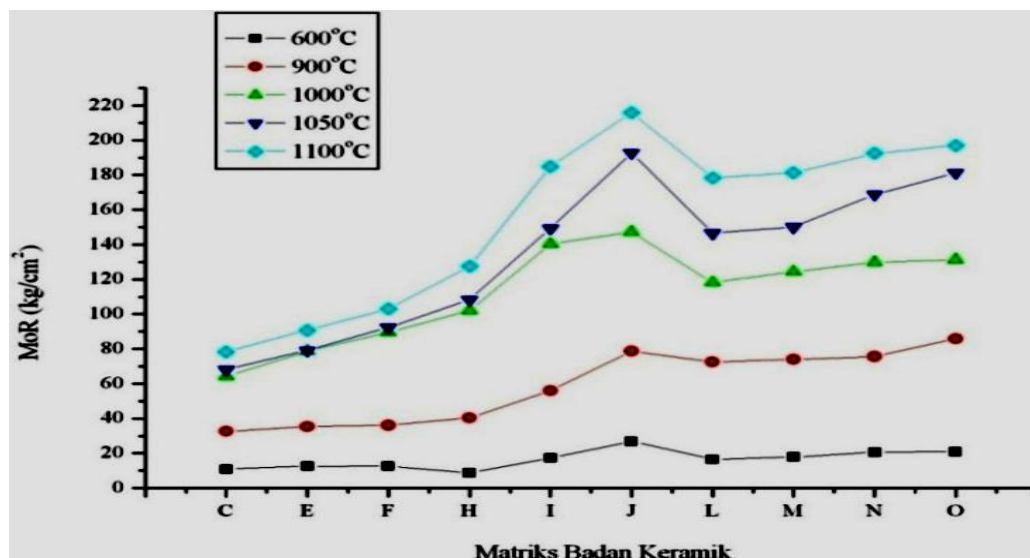
tidak terlihat pengaruhnya terhadap susut kering. Hasil ini sesuai dengan Sulistya dkk (2006) yang melaporkan bahwa Na_2O tidak berpengaruh terhadap susut badan keramik.

Setelah pengeringan tahap selanjutnya adalah pembakaran matriks badan keramik. Selama pembakaran matriks badan keramik mengalami susut yang disebabkan oleh (1) pengecilan ukuran pori yang memisahkan partikel-partikel, (2) penyusutan struktur kristal penyusun badan keramik dan terbentuknya fase baru pada suhu tinggi. Penghitungan susut pembakaran sering dilakukan dengan membandingkan ukuran benda saat kondisi plastis dengan setelah dibakar sehingga disebut susut total. Hasil pengukuran susut total berbagai suhu bakar dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Susut total pada berbagai suhu pembakaran

Modulus Patah



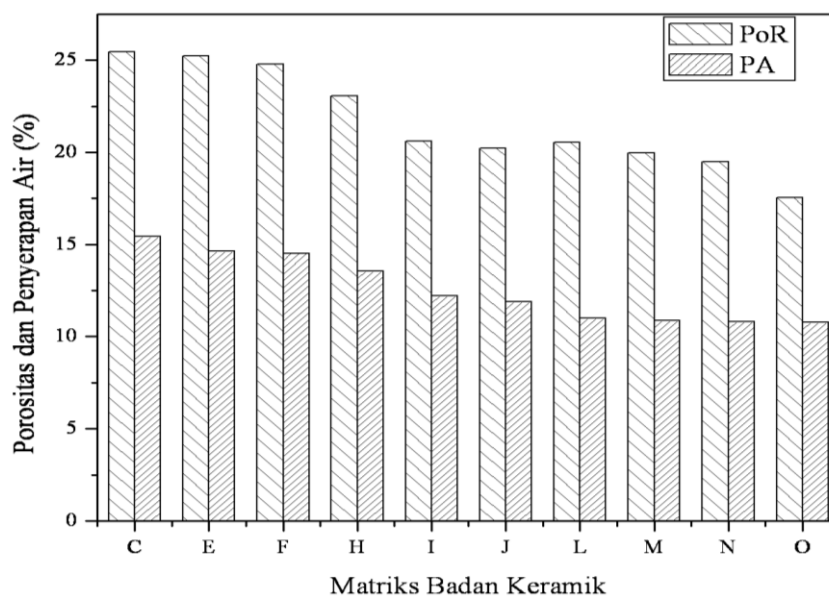
Gambar 7. Modulus Patah pada berbagai Suhu Pembakaran

Sesuai dengan segitiga terner diketahui bahwa kecenderungan naiknya modulus patah menurut sumbu x dan z, serta penurunan sesuai sumbu y. Kenaikan dan penurunan modulus patah sesuai

dengan peningkatan dan penurunan Al_2O_3 . Untuk oksida-oksida yang lain seperti CaO , MgO , K_2O dan Na_2O tidak terlihat pengaruhnya terhadap kekuatan, kemungkinan disebabkan kuantitasnya yang terlalu kecil, karena Chan & Ko (1998); Sehgal & Ito (1998) melaporkan efek oksida alkali dan alkali tanah berpengaruh terhadap kekuatan bila penambahan oksida alkali/alkali tanah mencapai lebih dari 1,36% bahkan 10% berat.

Dari Gambar 7. terlihat sampel J memiliki harga modulus patah terbesar diantara sampel yang lain dengan melebihi harga SNI. Sehingga dapat dikatakan bahwa sampel J dengan komposisi lempung 54,32%, kuarsa dan feldspar masing-masing 22,84% atau dengan kadar SiO_2 62,73%, Al_2O_3 20,46% ($\text{Si}/\text{Al} = 3,06$) menghasilkan harga modulus patah yang maksimum.

Porositas



Gambar 8. Porositas dan Penyerapan Air setelah Dibakar pada Suhu 1100°C

Dari hasil pengukuran porositas, penyerapan air, susut dan kekuatan mekanik pada suhu 1000°C-1100°C menunjukkan bahwa pada pembakaran suhu sintering berbanding lurus dengan nilai susut dan kekuatan mekaniknya dan berbanding terbalik dengan porositas dan penyerapan airnya. Hal ini sesuai yang dilaporkan oleh Vieira *et al* (2005) bahwa susut linear dan kekuatan mekanik akan semakin meningkat sedangkan penyerapan air dan porositas akan menurun bila pembakaran diatas 1000°C yang disebabkan mekanisme sintering dan proses pepadatan (*densification*). Meningkatnya susut menyebabkan mengecilnya porositas sehingga kemampuan untuk menyerap air semakin kecil dan kekuatan akan semakin besar.

KESIMPULAN

Komposisi optimum sistem badan keramik lempung Nagara-kuarsa-feldspar adalah 43,15% lempung, 22,84% kuarsa dan 34,01% feldspar. Badan keramik ini pada pembakaran 1100°C mempunyai susut total 8,71%, modulus patah 184,8 kg/cm² dan penyerapan air sebesar 12,21% yang telah memenuhi SNI.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik, (2007), *Statistik Industri Besar dan Sedang Bagian III*, BPS, Jakarta.
Barsoum, M. (2003). *Fundamental of Ceramics*, Mc-Graw-Hill International.

- Chan, C.F., and Ko, Y.C., (1998), "Effect of CaO on the Hot Strength of Alumina-Spinel Castables in the Temperature Range of 1000° to 1500°C", *J.Am.Ceram.Soc.*, Vol. 81, hal. 2957-2960.
- Conrad, J.W. (1980), *Contemporary Ceramic Formulas*, MacMillan Publishing Co.Inc., New York.
- Correia, S.L., Curto, K.A.S., Hotza, D., Segadaes, A.M., (2004), "Using statistical techniques to model the flexure strength of dried triaxial ceramic bodies", *J.Eur.Ceram.Soc.*, Vol. 24, hal. 2813-2818.
- Das, Kr.S & Dana, K., (2003), "Differences in densification behavior of K-and Na-Feldspar-containing porcelain bodies", *Thermochimica acta*, Vol.406, hal. 199-206.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), (2006), *Lokasi dan Potensi Sumber Daya Mineral Kabupaten Hulu Sungai Selatan*, Kandangan.
- Iqbal, Y., and Lee, W.E. (2000), "Microstructural Evolution in Triaxial Porcelain", *J.Am.Ceram.Soc.*, Vol. 83, hal. 3121-3127.
- Mahmoudi, S., Srasra, E., Zargouni, F., (2008), "The use of Tunisian Barremian clay in the tradisional ceramic industry: Optimization of ceramic properties", *Applied Clay Science*, Article In Press.
- Sehgal, J. Ito, S. (1998), "A New Low Brittleness Glass in the Soda-Lime-Silica Glass Family", *J.Am.Ceram.Soc.*, Vol. 81, hal. 2485-2488.
- Sulistya, R., Hartanto, Dj., Murwani, Irmira K., (2006), "Karakterisasi dan Studi Sebaran Kobalt Sistem Badan Keramik Lempung Bojonegoro-Feldspar-Kuarsa", *Indo.J.Chem.*, Vol.6, hal. 138-143.
- Vieira, C.M.F., Pecanha Jr, L.A., Monteiro, S.N., (2006), "Effect of kaolinitic clay from the State of Rio de Janeiro in the composition of whiteware floor tile bodies", *Ceramica*. Vol.52, hal. 138-145.
- Vieira, C.M.F., da Silva, P.R.N., da Silva, F.T., Capitaneo, J.L., Monteiro, S.N., (2005), "Microstructural Evaluation and Properties of a Ceramic Body for Extruded Floor Tile", *Revista Materia*, Vol.10, hal. 526-536.