

IDENTIFIKASI MINERAL LOKAL BATUAN GAYO DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI MASSA RAGA KERAMIK STONEWARE

Mochammad Dachyar Effendi¹, Made Cingah², Supriyadi²

¹ Pusat Teknologi Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Tangerang Selatan, Indonesia

² Balai Teknologi Industri Kreatif Keramik, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Denpasar, Bali, Indonesia

e-mail: dachyareffendy@bppt.go.id, made.cingah@bppt.go.id, supriyadi@bppt.go.id

Abstrak

Indonesia dikenal memiliki sumberdaya mineral yang berlimpah dan beberapa diantaranya belum dimanfaatkan dengan baik. Batuan beku dari daerah Gayo, yang terletak di Aceh diduga memiliki kandungan felspar yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan keramik. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan batuan Gayo dan fisibilitasnya sebagai bahan keramik. Untuk itu telah dilakukan identifikasi kandungan mineral yang ada dalam batuan tersebut dan kemudian dibuat komposisi bahan baku keramik stoneware dengan metode pencampuran triaxial. Perlakuan proses sintering pada suhu yang berbeda (800, 900, 1000, 1100 dan 1250°C) dilakukan untuk mengetahui efek perbedaan suhu *sintering* terhadap badan keramik. Dari percobaan tersebut, diketahui bahwa batu Gayo mengandung kandungan feldspar sebesar 69 % dengan berat jenis batu Gayo yang diuji adalah $2,6963 \pm 0,1290 \text{ gram/cm}^3$. Pada pengujian sampel, diperoleh hasil pada suhu sintering 1250°C dicapai peresapan air 1,09%, suatu angka yang termasuk dalam daerah peresapan air untuk keramik *stoneware* menurut ketentuan ISO 10543-3 / ASTM C373 yaitu <3%. Prototipe benda keramik yang dibuat dengan teknik putar menunjukkan kualitas yang baik berdasarkan ketentuan SNI 7275:2008 (tidak retak, bentuk terjaga, badan keramik padat).

Kata kunci: mineral alam, felspar lokal, stoneware, keramik tradisional

Abstract

Indonesia is known to have abundant mineral resources and some of them have not been properly utilized. Frozen rock from Gayo area, Aceh is suspected to have a feldspar content that can be used as a raw material for the manufacture of ceramics. This study is intended to determine the content of Gayo rocks and their compatibility as ceramic materials. For that purpose, has been identified the existing mineral content in these rocks and then made the composition of stoneware ceramic raw materials with triaxial blend method. Different sintering temperature (800, 900, 1000, 1100 and 1250°C respectively) has been conducted to know the effect of sintering temperature on ceramic body. From the experiment, it is known that Gayo stone contains 69% of feldspar with specific gravity is $2.6963 + 0.1290 \text{ gram / cm}^3$. In the sample test, the results obtained at the sintering temperature of 1250°C achieved 1.09% water absorption, a number which is included in the water impregnation area for stoneware ceramics according to the provisions of ISO 10543-3 / ASTM C373 ie <3%. The prototype of ceramic objects made with rotary technique showing good quality according to the provisions of SNI 7275:2008 (not cracked, shape do not change, solid ceramic body).

Keywords: natural mineral resources, local felspar, stoneware, traditional ceramic

PENDAHULUAN

Berbagai usaha telah dilakukan dalam pengembangan bahan baku keramik baik

yang bersumber dari mineral alam (batuan mineral), limbah/bahan buangan ataupun daur ulang (Dal Bó, et.al 2013). R Bragana

et.al. (2011) menyelidiki penggunaan *bearing rock* dalam komposisi triaxial bahan keramik. Othman, R and Mohamad, M. (2016) melakukan investigasi dari beberapa jenis felspar lokal. C. Knight, J. (2006) menginvestigasi penggunaan abu vulkanik sebagai bahan campuran triaxial pembentuk massaraga keramik, dan Ngun, Bun et.al (2013) memanfaatkan lempung lokal Kamboja sebagai bahan baku keramik. Sampai saat ini, di Industri keramik Indonesia sendiri, berbagai jenis komposisi campuran dari berbagai jenis tanah dan batuan telah dicoba pemanfaatannya sebagai bahan baku keramik untuk suhu rendah (850°C) sampai dengan suhu tinggi (1400°C). Usaha-usaha untuk memanfaatkan potensi sumber-sumber mineral alam di Indonesia sebagai bahan keramik tradisional juga dilakukan dengan sejumlah penelitian, diantaranya mengujicoba mineral lokal lempung dusun Binoh, Bali sebagai bahan keramik (Cingah, Made, Effendi, M.D. 2005).

Selama ini, beberapa mineral lokal semisal feldspar Lodoyo telah banyak dieksploitasi dan digunakan dalam industri keramik nasional khususnya keramik konvensional baik untuk pembuatan keramik-keramik jenis *tableware* maupun *tile* yang cadangannya semakin menipis. Untuk menjaga kelangsungan produksi Keramik Nasional dan menjaga kesinambungan pasokan bahan baku keramik, riset-riset tentang pemanfaatan mineral lokal lain yang belum dimanfaatkan sebagai bahan baku keramik perlu terus dilakukan. Salah satu nya adalah batuan Gayo. Batuan ini secara visual tampak mempunyai kemiripan yang sangat tinggi dengan beberapa batu granit alam. Daerah/kabupaten Gayo Lues, Aceh Selatan, dan kabupaten Bener Meriah memang mempunyai tambang granit yang potensial, maka kesimpulan awal yang dapat diambil dari pengamatan visual adalah batuan Gayo ini merupakan batuan granit. Granit merupakan batuan beku asam dengan warna putih, merah muda sampai abu-abu, bertekstur fanerik faneroporfiritik dan berstruktur masif. Komposisi mineral dalam batuan ini antara lain kuarsa, orthoklas, plagioklas, terkadang

juga terdapat hornblenda, biotit dan muskovit. Batuan Gayo mempunyai ciri-ciri penampilan yang sama dengan granit yaitu warna berkisar antara putih kelabu kemerahan, struktur masif, kekerasan cukup tinggi serta tampak terdapat kristal-kristal yang kasar (Gambar 1).



Gambar 1. Sampel batuan Gayo, Aceh

Untuk pembuatan komposisi bahan baku keramik tradisional dengan memanfaatkan batuan Gayo, pendekatan pembuatan komposisi dengan metode triaxial dapat dilakukan. Seperti diketahui, untuk mencapai sifat ideal suatu badan keramik, tiga kelompok mineral yang harus ada didalam campuran bahan baku keramik adalah bahan pengisi (mineral kuarsa: batu silika, pasir silika: SiO_2), lempung yang berfungsi sebagai komponen utama pembentuk badan keramik dan pemberi sifat plastis utama, dan felspar yang berfungsi sebagai pelebur. Campuran ketiga bahan ini dikenal dengan sebutan metode triaxial. Serra M.F., et.al (2012) menunjukkan bahwa bahan yang berfungsi sebagai fluks atau pelebur berpengaruh terhadap plastisitas, sinterabilitas, porositas, kontraksi, dan sifat mekanik dari keramik triaxial yang dihasilkan dalam berbagai temperatur proses. Metode ini dapat dipakai untuk merumuskan komposisi untuk pembuatan keramik lantai (Ngun, Bun dkk 2013), ataupun untuk keramik kelas porselin (Y. Iqbal, 2000) dan L. Correia, et.al (2006) juga menggunakan metode triaxial ini untuk menganalisa sifat-sifat campuran bahan dalam keramik porselin. Dalam metode triaxial ini, bahan pendispersi kadang ditambahkan kedalam suspensi bahan keramik untuk mencapai karakteristik tertentu yang diinginkan (Serra, M.F,et.al. 2012) atau dengan

penambahan *deflocculant* untuk mengatur viskositas dalam pembuatan suspensi keramik (Wirth, Cynthia et.al. 2005).

Elemen proses pembuatan keramik terdiri dari pembuatan bahan baku, pembentukan, pengeringan dan pembakaran. Bahan baku yang baru dibentuk dengan cara plastis atau *slip casting* masih mengandung butiran individu komponen penyusunnya yang terpisahkan oleh pori sekitar 25-60% volume keporian, artinya belum terjadi ikatan kimia sehingga mudah terlepas satu sama lain. Agar diperoleh kekuatan tertentu keramik perlu dibakar sampai suatu temperatur yang membuat keramik menjadi kuat dan padat yang disebut dengan istilah pembakaran sintering. Pembakaran keramik sampai mencapai keadaan sintering umumnya antara 1100-1400°C. Pembakaran pada rentang suhu ini, dengan dimensi besar dan berongga (misalnya dalam bentuk pot) dapat tercapai dan menghasilkan kematangan badan keramik yang relatif seragam dengan tungku berjenis *downdraft kiln* (Effendi, M. Dachyar. 2004).

Berdasarkan uraian diatas, dalam penelitian ini telah dilakukan indentifikasi kandungan mineral yang terdapat dalam batuan Gayo. Komposisi dibuat berdasarkan metode pencampuran triaxial dengan suhu pembakaran yang berbeda untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas benda uji dibandingkan dengan standard acuan (ISO 10543-3 / ASTM C373 dan SNI 7275:2008 untuk produk keramik *tableware*).

METODE

a. Analisa sifat fisik dan kandungan oksida batuan Gayo

Analisa ini digunakan untuk mengetahui sifat fisik dari batuan Gayo ditinjau dari derajat kekerasan, berat jenis dan titik leleh untuk menunjukkan keberadaan mineral pelebur dalam batuan, serta kandungan oksida-oksida logam yang menjadi komponen penyusun batuan. Analisa pendahuluan yang dilakukan adalah:

1. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan kekerasan skala Mohs.

2. Pengujian berat jenis

Pengukuran Berat jenis dilakukan dengan metode archimedes dengan mengukur berat sampel dan volumer dengan media air di dalam piknometer

3. Pengujian dengan Pemanasan

Pengujian dilakukan dengan membakarnya pada suhu 1250°C untuk menunjukkan keberadaan pelebur dalam sampel batuan.

4. Analisa Oksida Logam dalam Batuan Gayo dengan metode XRF untuk penentuan unsur dan XRD untuk penentuan fasa berdasarkan pola difraksi yang dihasilkan. Analisa oksida-oksida dilakukan di Balai Besar Keramik (BBK) Bandung dan hasilnya dituangkan ke dalam Laporan Hasil Uji kandungan Oksida Logam dalam batuan Gayo (Cingah, Made.2011)

b. Pembuatan massa raga stoneware

b.1. Komposisi

Formulasi massa raga *stoneware* dibuat dengan metode Triaxial (clay, felspar, dan kuarsa) dengan perhitungan rasional (Suparta et al. 1990).

b.2. Pencampuran dan penghalusan bahan

Tahap penghalusan bahan sekaligus pencampuran perlu dilakukan untuk membuat massa plastis agar bahan mudah dibentuk dan homogen. Tahapan ini adalah tahapan yang umum dilakukan di industri keramik. Campuran padatan dihaluskan sampai ukuran mesh tertentu sebelum dibuat dalam bentuk suspensi dengan penambahan likuid. (A. Tsetsekou, et.al (2001). Peralatan yang digunakan adalah *potmill* berkapasitas 2,5 – 3 (dua setengah sampai dengan tiga) kg bahan mentah (atau kapasitas produk 3 sampai dengan 3,6 kg). Pada proses ini 3 kg bahan mentah dicampur dengan air kira-kira 3 liter dan bola-bola giling (*grinding ball*) seberat 3 kg. *Grinding ball* ini terdiri dari tiga macam ukuran, yaitu besar, sedang dan kecil. Agar penggilingan optimal, digunakan campuran

ketiga macam grinding ball dengan perbandingan 1 : 1 : 1 (Effendi, MD. (2001). Untuk mengetahui kapan proses ini dapat dihentikan dilakukan dengan menguji *slurry* yang didapatkan, jika bahan yang digiling telah mencapai kehalusan tertentu maka proses dihentikan. Standar yang digunakan untuk uji kehalusan butiran adalah 95 % bahan dapat lolos dari ayakan No. 230 (diameter lobang 0,063 mm) atau 99 % lolos ayakan No. 120 (diameter lubang 0,125 mm). Pengujian ukuran butiran ini diperlukan agar kepadatan badan keramik yang dihasilkan cukup tinggi. Kondisi tersebut dicapai setelah proses penggilingan berjalan selama tiga jam.

Pengurangan kadar air dilakukan secara manual yaitu penyerapan dan pengeringan. Penyerapan dilakukan dengan menempatkan *slurry*/lumpur hasil olahan pada gips yang telah dilapisi kain saring, sedangkan pengeringan dilakukan dengan menempatkan lumpur tersebut pada tempat yang teduh (tidak di bawah sinar matahari langsung) agar air teruapkan oleh udara kering.

Proses pengurangan kadar udara bertujuan menghilangkan gelembung-gelembung udara yang masih terperangkap dalam bahan yang didapatkan. Gelembung udara perlu dihilangkan karena jika ada gelembung udara dalam keramik maka akan menyebabkan produk yang terjadi menjadi pecah/retak. Proses ini dilakukan secara manual dengan proses penguletan.

Pemeraman (*aging*) dilakukan antara tiga sampai tujuh hari, Proses ini hanya mendinginkan bahan baku yang telah terbentuk dalam suatu tempat yang dijaga kelembabannya dan tidak ada cahaya karena proses ini melibatkan bakteri *anaerob*. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan (dekomposisi) bahan-bahan organik, penghomogenan kadar air serta untuk menambah keplastisan massa raga yang dihasilkan

c. Pembentukan sampel uji dan metode pengujian

Massa raga hasil komposisi dibentuk bata-bata sampel dengan ukuran bagian dalam ± 12 cm x 2,5 cm x 1,5 cm, mikrometer ketepatan 0,1 mm, cetakan

tanda garis panjang tepat 10 cm, untuk penentuan tingkat keplastisan, susut kering, susut bakar, susut jumlah, peresapan air, keporian semu, berat isi, berat jenis semu, warna, tekstur dan suara. Bahan baku kering udara dengan kehalusan butiran dibawah 0,125 mm ditambahkan air serata mungkin sehingga mencapai air pembentukan optimum. Kemudian ditutup dengan lap basah dan dibiarkan selama ± 2 jam, supaya terjadi pemerataan kadar air. Campuran lalu diulek dan dibanting-banting cukup lama, supaya airnya merata betul dan terbentuk masa plastis (tidak ada gelembung udara). Sifat plastis ditandai dengan sifat masa yang tidak lengket ketika ditekan dengan jari tangan dan dapat membentuk lingkaran 360° dengan keliling 10 cm, tebalnya 1 cm tanpa terjadi retak. Dari masa plastis itu dibentuk sampel dengan menggunakan cetakan kayu yang sebelumnya bagian dalamnya diolesi minyak mineral supaya sampel tidak melekat pada cetakan dan mudah dikeluarkan. Ukuran sampel ± 12 cm x 2,5 cm x 1,5 cm. Untuk penentuan susut kering dan susut bakar pada tiap tingkat pembakaran digunakan paling sedikit 6 sampel.

Masa plastis yang dimasukkan dalam cetakan sedikit lebih banyak dari yang diperlukan untuk pembentukan ujinya, panjangnya dan lebarnya sedikit kurang, tetapi tebalnya lebih. Masanya ditekan dari tengah ketepi hingga cetakannya berisi penuh. Kelebihan masa kemudian dipotong dan permukaannya dibuat licin dengan pisau atau potongan kayu, yang dibasahi. Setelah dibentuk, pada permukaannya diberi tanda garis 10 cm. Sampel ditimbang lalu dibiarkan pada udara terbuka sampai menjadi kering pada papan yang diberi sedikit berminyak.

c.1. Penentuan Susut Kering (SNI 15-0255-1984)

Sampel yang dikeringkan pada papan, pada waktu-waktu tertentu dibalik-balik supaya pengeringannya merata dan mengurangi terjadi kelengkungan. Setelah Sampel menjadi kering (dikontrol dengan penimbangan, selisih berat kurang dari 0,5 g untuk 2 hari berturut-turut), jarak tanda

garis ditentukan dengan mikrometer tepat sampai 0,1 mm (p cm), maka susut kering (SK) dihitung berdasarkan rumus:

$$SK = \left(\frac{10-p}{10} \right) \times 100 \% \quad (1)$$

dengan:

p = jarak tanda garis pasca pengeringan

c.2. Penentuan Susut Bakar (SNI 15-0255-1984)

Sampel yang telah diukur jarak tanda garisnya p cm, untuk mengetahui susut kering, dibakar dalam tungku laboratorium sampai suhu yang telah ditentukan untuk setiap pembakaran. Kondisi pembakaran netral. Sampel dimasukkan dalam kapsel (9 untuk tungku non listrik) supaya terlindung dari api langsung. Kecepatan kenaikan suhu diatur sedemikian, sehingga suhu 900°C dicapai dalam waktu 4 - 5 jam, sesudah itu setiap kenaikan 100°C dalam waktu 1 jam. Setelah pembakaran selesai, sampel dibiarkan menjadi dingin dalam tungku. Jarak tanda garis ditentukan dengan mikrometer tepat sampai 0,1 mm (p_1 cm).

Susut bakar (S_b) ditentukan dengan rumus:

$$S_b = \left(\frac{p-p_1}{p} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Susut jumlah (S_j) ditentukan dengan rumus:

$$S_j = \left(\frac{10-p_1}{10} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Dengan:

p = jarak tanda garis pasca pengeringan

p_1 = jarak tanda garis pascabakar

Susut bakar atau susut jumlah diberikan sebagai hasil rata-rata semua susut bakar atau susut jumlah Sampel yang diukur.

c.3. Penentuan peresapan air (SNI 12-2580-92)

Mula-mula Sampel pascabakar dikeringkan dalam oven pada suhu 105 – 110°C, sehingga beratnya tetap. Kemudian didinginkan dalam desikator dan ditentukan

berat keringnya (D gram) dengan ketelitian 0,01 g. Sampel dipanaskan dalam wadah berisi air sampai mendidih dan ditahan selama 5 jam. Penyekat digunakan sebagai pemisah antara sampel dengan dinding atau dasar wadah, begitupun antara sampel satu dengan lainnya agar tidak bersentuhan. Kemudian dinginkan selama 24 jam, direndam dalam air, lalu keluarkan dan seka dengan kain lembab. Sampel segera ditimbang dengan neraca yang ketelitiannya 0,01 g (W gram) maka, peresapan airnya ditentukan dengan rumus:

$$Pa = \left(\frac{W-D}{D} \right) \times 100\% \quad (4)$$

Dengan:

W = berat sampel kering

D = berat sampel basah

Untuk menentukan keporian semu (KS), berat isi (BI) dan berat jenis semu (BJS) dilakukan penimbangan sampel dalam air (W_1 gram), dan selanjutnya dilakukan perhitungan KS, BJI dan BJS dengan persamaan

$$KS = \left(\frac{W-D}{D(W-W_1)} \right) \times 100\% \quad (5)$$

$$BI = \left(\frac{D}{(W-W_1)} \right) \quad (6)$$

$$BJS = \left(\frac{D}{(D-W_1)} \right) \quad (7)$$

Dengan:

W = berat sampel kering

D = berat sampel basah

W_1 = berat sampel dalam air

c.4. Penentuan warna, tekstur dan suara

Selain melakukan pengukuran untuk menentukan susut kering, susut bakar, susut jumlah, peresapan air, keporian semu, berat isi, berat jenis semu, juga dilakukan penentuan warna, tekstur dan suara. Warna dan tekstur ditentukan dengan pengamatan secara visual dan penentuan suara dengan memukul salah satu ujung Sampel dengan sesamanya atau benda pejal lainnya. Suara yang terdengar

dinyatakan nyaring, agak nyaring atau tidak nyaring.

Proses *sintering* dilakukan pada suhu 800, 900, 1000, 1100, dan 1250 °C, laju pemanasan 10°C/menit, waktu tahan pada suhu puncak selama 2 jam dengan menggunakan tungku listrik merk Nebertherm.

d. Ujicoba pembuatan prototipe benda keramik

Pembentukan prototipe benda keramik dilakukan dengan menggunakan *wheel* dengan teknik putar seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Ujicoba proses pembentukan prototipe dengan teknik putar

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil uji skala kekerasan moh's

Hasil uji skala kekerasan moh's pada batuan Gayo menunjukkan, feldspar orthoklas belum mampu menggores batuan Gayo yang diuji, namun kuarsa dapat menimbulkan goresan pada batuan ini. Batuan feldspar orthoklas mempunyai kekerasan 6,0 pada skala Moh's, sedangkan batuan dengan kekerasan 7,0 skala Moh's adalah batuan kuarsa/silika. Dengan demikian maka kekerasan batuan ini berkisar antara 6,0 – 7,0 atau bernilai 6,5 pada skala Moh's. Berdasarkan kekerasannya, maka diduga batu Gayo ini merupakan batu felspartik atau kuarsa atau campuran dari keduanya. Granit adalah batuan beku dalam dengan kandungan mineral primer, jadi di dalamnya banyak terkandung feldspar atau merupakan senyawa felspartik. Dalam batuan granit juga terdapat kuarsa dalam jumlah relatif besar, biasanya dapat mencapai 20 %. Dengan demikian maka kekerasannya akan berkisar antara 6,0 sampai dengan 7,0 pada skala Moh's.

b. Hasil Pengujian berat jenis

Berat jenis batu Gayo yang diuji adalah $2,6963 \pm 0,1290 \text{ gram/cm}^3$. menunjukkan spesifikasi berat jenis batuan granit seperti yang diuraikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis Nyata Batuan Gayo

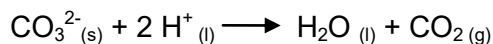
No.	Berat pikno kosong (gr)	Berat pikno + bahan (gr)	Berat pikno + bahan +air (gr)	Berat pikno + air (gr)	BJ ^{*)} (gram/cm ³)
1	25,6743	28,5427	29,7901	27,9941	2,6747
2	24,9847	26,7732	27,0562	25,9452	2,6399
3	24,7968	25,0985	26,7358	26,5429	2,7730
4	25,0563	26,1635	26,9301	26,2542	2,5671
5	25,3412	26,4871	27,2179	26,4774	2,8266
Rata-rata					2,6963
St. Deviasi					0,1039

c. Hasil pengujian dengan pemanasan

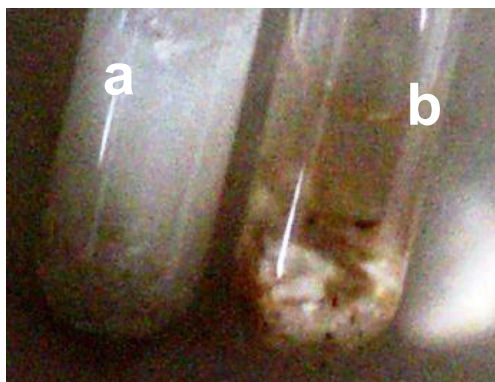
Batuan Gayo mengandung bahan pelebur yang tinggi, hal ini terlihat dari batu yang diuji mulai meleleh pada uji bakar pada suhu 1250°C. Bahan pelebur dapat berupa kapur, dolomite maupun feldspar. Kapur dan dolomite jika dibakar sampai

1250°C tidak akan menunjukkan gejala meleleh, suatu sifat yang cukup berbeda dengan felspar. Feldspar atau batuan felspartik jika dibakar pada suhu 1400°C akan meleleh membentuk fasa gelas yang padat (tidak ada gelembung-gelembung) dan leburannya akan terlihat homogen (Nofirman.1994). Pada pembakaran 1250°C

proses peleburan belum akan terjadi dengan sempurna, yang terjadi baru gejala akan meleleh. Gejala meleleh ini terlihat dengan jelas pada sampel/benda uji yaitu saling menempelnya serpihan-serpihan kecil sampel menjadi satu dan melekat dengan kuat pada wadahnya. Selain itu jika bahan-bahan kapur dan dolomite ditambah dengan asam akan mengeluarkan gas (CO_2), berdasarkan persamaan berikut :



Batuan Gayo, Aceh yang diuji tidak mengeluarkan gas setelah ditambah asam. Terlihat serpihan batu Gayo tetap pada kondisinya dan larutan asam tetap bening. Sedangkan pada sampel dolomite terjadi gelembung-gelembung karbon dioksida (CO_2) dan larutan menjadi keruh (gambar 3)



Gambar 3. Hasil Pengasaman pada sampel a) dolomit dan b) Batuan Gayo

Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa batuan Gayo adalah batuan feldspartik dan termasuk kedalam jenis batuan granit, karena batu granit biasanya kaya akan felspar dan kuarsa. Batu granit adalah batuan beku yang belum banyak berubah kandungan kimianya/belum mengalami pelapukan sehingga kandungan mineral utamanya masih berupa felspar (Nofirman, 1994).

d. Analisa Oksida Logam dalam Batuan Gayo

Hasil analisa oksida-oksida logam telah dilakukan di Balai Besar Industri Keramik, Bandung, Metode yang dipakai adalah pemeriksaan sampel batuan Gayo dengan menggunakan alat analisa XRF

untuk menentukan elemen unsur-unsur yang terdapat didalamnya dan XRD untuk menentukan fasa dalam batuan berdasarkan pola difraksi yang dihasilkan. Hasil pemeriksaan tersebut dilaporkan dalam Laporan Hasil Uji seperti tersebut dalam tabel 2. (Cingah, Made. 2011).

Tabel 2. Hasil analisa kandungan Oksida Batu Gayo

Oksida Logam	Prosentase (w)
SiO_2	73,10
Al_2O_3	14,93
CaO	1,12
MgO	0,54
Fe_2O_3	0,12
Na_2O	2,37
K_2O	7,36
TiO_2	nd
Lol	0,46

Hasil analisa oksida logam menunjukkan bahwa jumlah kandungan K_2O dan Na_2O mencapai 9,73 %. Keberadaan kandungan kedua oksida ini mengindikasikan tinggi rendahnya bahan pelebur/pelebur dalam suatu bahan. Jika kandungan keduanya tinggi maka kandungan felsparnya tinggi dan sebaliknya jika kandungan kedua oksida dalam bahan rendah maka jumlah feldspar dalam bahan tersebut juga rendah.

Batuan Gayo, Aceh ini mempunyai kandungan oksida kalium dan natrium 9,73 %, hal ini menunjukkan bahwa kandungan feldspar dalam bahan itu cukup tinggi. Jadi dapat ditarik kesimpulan awal bahwa batu Gayo ini termasuk salah batu feldspar atau dengan kata lain batu ini mengandung feldspar dalam jumlah yang relatif cukup tinggi.

e. Perhitungan Rasional

Dari analisa oksida, dapat dilakukan perhitungan rasional untuk memperkirakan kandungan mineral yang ada dalam bahan (Suparta, A. R., (1990). Setelah kandungan mineralnya telah diketahui maka penggunaannya akan lebih jelas. Jika kandungan utamanya feldspar maka bahan digunakan sebagai pelebur, jika komponen dominannya kuarsa maka dipakai sebagai penguat dan jika mineral utamanya clay

maka bahan digunakan sebagai pemberi sifat plastis. Dengan memakai ketentuan dalam perhitungan analisa rasional dalam pengelompokan oksida- oksida berdasarkan jenis mineral (Suparta, A. R.1990), maka analisa kelompok mineral yang terdapat dalam batuan Gayo disajikan tabel 3. Dengan memperhitungkan bahwa mineral albit, orthoklas, serpentine dan hematite adalah komponen dalam katagori mineral felspar, maka komposisi triaxial dari batuan Gayo terdiri dari felspar 69,07%, clay 2,59% dan kuarsa 26,98%

Tabel 3. Hasil perhitungan Kandungan Mineral dalam batuan Gayo

Mineral	Equivalen	Berat Equivalen	Berat	%
Albit	0,0382	524,6	20,0533	20,0407
Orthoklas	0,0781	556,8	43,5037	43,4765
Anortit	0,0200	278,3	5,5561	5,5526
Serpentine	0,0045	277,1	1,2377	1,2369
Hematit	0,0008	159,7	0,1200	0,1199
Kaolinit	0,0101	258,2	2,5951	2,5935
Kuarsa	0,4492	60,1	26,9968	26,9799
Jumlah				100

Kandungan feldspar sebesar 69 % relatif cukup besar dan batuan Gayo dapat bersaing dengan feldspar Lodoyo yang memiliki kandungan (kandungan feldspar 50 – 60 % yang berasal dari Malang, Jawa Timur. Selama ini, feldspar Lodoyo telah banyak dieksploitasi dan digunakan dalam industry keramik nasional khususnya keramik konvensional baik untuk pembuatan keramik-keramik jenis *tableware* maupun *tile*. Penggunaan bahan batuan Gayo mempunyai keuntungan jika dibanding feldspar Lodoyo yaitu warnanya yang putih. Feldspar Lodoyo mempunyai kandungan besi relatif cukup besar (> 0,3 %) (Cingah, Made., Effendi, M. D.2005), sedangkan batuan Gayo hanya 0,12 % sehingga batu Gayo lebih putih. Massaraga

yang dihasilkan akan lebih putih sehingga lebih netral terhadap glasir yang diterapkan padanya. Dengan mengacu pada pemanfaatan feldspar Lodoyo maka untuk skala terbatas yaitu industri keramik konvensional, batu Gayo ini masih dapat dimanfaatkan.

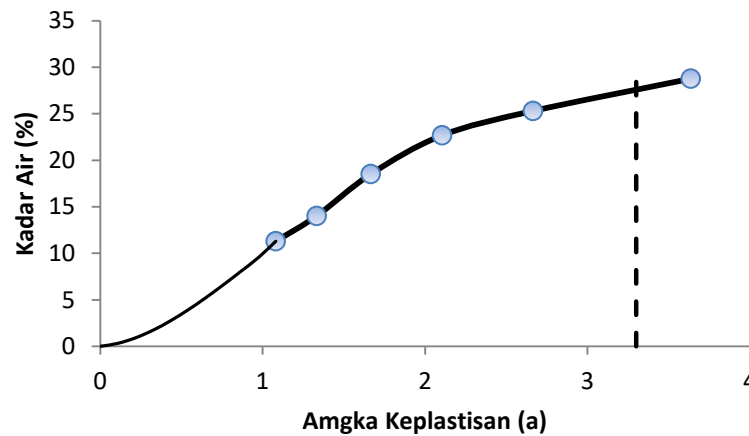
Tabel 4 menunjukkan komposisi massaraga yang dibuat dengan tanah Kalimantan, kaolin Belitung dan kuarsa Bangka dengan penambahan batuan Gayo sebagai sumber felspar pengganti felspar Lodoyo yang merupakan formulasi pada penelitian sebelumnya (Cingah, Made dan Effendi, MD.2005)

Tabel 4. Komposisi triaxial tanah Kalimantan, batu Gayo, Kuarsa bangka dan Kaolin Belitung

No	Bahan	Clay	Feld.	Kuarsa
1.	Tanah Kalimantan	59,78	1,68	38,54
2.	Batuan Gayo	2,59	69,07	26,98
3.	Kuarsa Bangka	1,04	0,76	98,02
4.	Kaolin Belitung	84,94	12,03	2,72

f. Uji keplastisan

Keplastisan adalah sifat dari bahan basah untuk dapat diberi bentuk dan mampu mempertahankan bentuk walaupun tenaga pembentuknya diadakan. Dengan definisi ini berarti untuk memperoleh sifat plastis, pada tanah kering perlu ditambahkan air sampai bisa dibentuk, yang disebut air pembentukan. Untuk mengembangkan sifat plastis formula ini memerlukan air 30% dari bahan kering. Pengujian keplastisan dengan peralatan Pfefferkorn menunjukkan bahwa massa raga stoneware yang dibuat mempunyai keplastisan yang sangat tinggi dan dapat dibentuk dengan menggunakan teknik putar. Syarat menjadi massa plastis keramik halus menurut Pfefferkorn adalah perpotongan antara grafik angka/indeks keplastisan vs kadar air dengan garis vertital pada indeks keplastisan 3,3 bukan berupa garis tegak lurus. Syarat ini dapat dipenuhi (gambar 4).



Gambar 4. Grafik Hubungan Indeks Keplastisan (a) dengan Kadar Air massa raga stoneware

Tabel 5. Hasil uji sampel dari berbagai suhu sintering

No.	Paramet er	Suhu Bakar (°C)					Standard acuan
		800	900	1000	1100	1250	
1.	Warna	Kelabu muda	Kelabu muda	Putih kekuningan	Putih kekuningan	Putih kekuningan	Kecoklatan - putih - kelabu
2.	Suara	Tdk nyaring	Tdk nyaring	Sedikit nyaring	Agak nyaring	Nyaring	Nyaring
3.	Susut bakar (%)	1,9472	2,1634	2,3784	4,2181	10,4967	< 8
4.	Susut jumlah (%)	8,4848	8,6869	8,8889	10,6061	16,4646	< 18
5.	Peresapan Air (%)	20,1700	17,7715	15,0743	10,4708	1,0951	<3 %
6.	Keporihan Semu (%)	32,6579	29,4951	25,3369	18,6465	2,3098	-
7.	BJ isi (gr/cm ³)	1,6190	1,6598	1,6805	1,7810	2,1093	2,1 – 2,3
8.	BJ semu (gr/cm ³)	2,4052	2,3549	2,2516	2,1894	2,1592	-

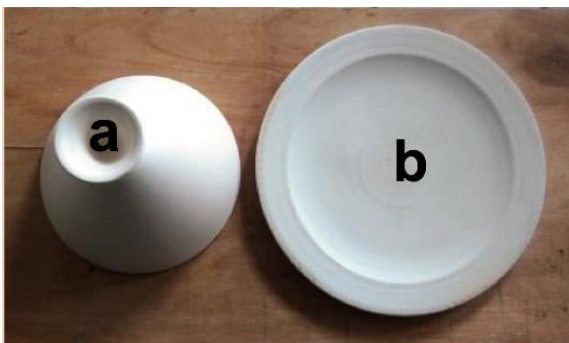
Tabel 5 memperlihatkan bahwa benda uji mengalami penyusutan dalam pengeringan sebesar 5,97%, yaitu angka

yang berada sedikit diatas penyusutan yang dianggap ideal (< 5%). Angka susut kering ini tidak berakibat buruk pada badan secara

signifikan. Hal ini dibuktikan dari penampakan visual yaitu tidak tampak adanya perubahan bentuk, retak, pecah maupun kecenderungan buruk lainnya baik pada sampel uji (Gambar 5) maupun prototipe (Gambar 6).



Gambar 5. Sampel uji pasca sinter suhu 1250°C



Gambar 6. Prototipe benda keramik massa raga stoneware putih yang menggunakan bahan pelebur batuan Gayo (b) dan perbandingan visualnya dengan benda keramik porselin(a)

Warna pascabakar dipengaruhi oleh kandungan oksida-oksida dalam badan keramik. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Cingah, Made., Effendi, MD. 2005) yang memakai felspar Lodoyo dengan besi relatif cukup besar (> 0,3 %) yang menghasilkan warna badan keramik pasca bakar berwarna cream kemerahan, sedangkan dengan pemakaian felspar dari batuan Gayo menunjukkan warna badan yang berbeda. Warna putih kekuningan menunjukkan sedikitnya kandungan besi. Secara kualitas, hal ini menguntungkan, karena kandungan besi tinggi akan menyebabkan terjadinya *black core* yang dapat menjadi titik awal terjadinya crack pada badan keramik. Kandungan oksida besi yang tinggi dalam badan keramik,

dalam pembakaran tinggi dapat memberikan nuansa coklat kehitaman.

Dari aspek seni, kebanyakan warna putih atau gading disukai untuk barang pecah belah dan warna gelap disukai untuk barang seni, genteng dan sebagainya karena menghendaki penampilan bersifat alami. Tetapi dengan adanya teknologi glasir rasanya tidak ada masalah dengan warna putih, putih gading, krem atau gelap, karena penampilan dapat ditutup dengan penerapan glasir.

Suara merupakan indikator kepadatan suatu badan keramik. Makin padat suatu badan suara makin nyaring. Hasil pengamatan dengan memukul badan uji dengan sesama atau logam menghasilkan suara yang tergolong nyaring. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian peresapan air yang menghasilkan angka untuk mengindikasikan tingkat kepadatan.

Adanya penyusutan bakar ini disebabkan karena terjadinya penguapan sisa air pembentukan (air mekanis) yang belum keluar sempurna waktu pengeringan, pelepasan air kimia, dekomposisi senyawa karbonat, oksidasi senyawa organik (karbon), peleburan feldspar dan kuarsa yang mengakibatkan perubahan ukuran butiran pori. Setelah proses ini selesai penyusutan tidak terjadi lagi. Pada suhu ini proses densifikasi dan kristalisasi badan keramik terjadi.

S. Ferrer et al. (2015) menjelaskan proses yang terjadi selama pembakaran terhadap badan keramik. Pada rentang suhu 40–325°C, kandungan air dan zat-zat organik terurai, terjadi dekomposisi hidroksida, dan hilangnya air terikat pada struktur lempung. Pada rentang 325–700°C, mineral lempung mengalami *dehydroxylation* dan mineral kuarsa bertransformasi dari α -quartz ke β -quartz. Pada rentang suhu 900–1125°C terjadi proses kristalisasi. Dan pada rentang suhu 1125–1190 proses *sintering* dimulai.

Pada suhu bakar 1250°C, badan uji mengalami susut bakar sebesar 10,5% atau diatas angka yang dianggap ideal sebesar 6%. Penyusutan 10,5% ini menyebabkan dimensi awal dari badan keramik sulit dipertahankan. Efek penyusutan yang tidak sama pada badan keramik akan nampak

nyata dengan angka susut bakar yang tinggi, seperti terlihatnya permukaan keramik yang tidak rata atau bergelombang. Hal ini perlu dipertimbangkan dalam disain produk, misalnya dengan menambah ukuran produk prabakar sedikit lebih besar agar produk pascabakar memiliki dimensi yang diinginkan.

Peresapan air berkaitan dengan tingkat kepadatan badan. Makin kecil peresapan airnya maka badan keramik semakin padat. Kepadatan merupakan indikator kekuatan suatu bahan. Pada suhu 1250°C dicapai peresapan air 1,09% suatu angka yang termasuk dalam daerah peresapan air untuk keramik *stoneware* menurut ketentuan ASTM yaitu <3% untuk kelas keramik *stoneware*. Jadi pada suhu ini tingkat kepadatan badan sudah memenuhi persyaratan secara teknis.

Dari data diatas (tabel 4) terlihat bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara penyusutan pada level suhu 850°C dan 1250°C. Demikian juga peresapan air, warna maupun suara. Hal ini menunjukkan pengaruh perbedaan suhu bakar terhadap sifat-sifat fisik bahan baku keramik. Lebih jauh, fenomena penyusutan dan densifikasi ini dijelaskan oleh Reyes Lopez, Simon. (2007) yang mengungkapkan bahwa evolusi mikrostruktur dalam tubuh triaksial yang mengandung kaolin, kuarsa dan anorthoclas adalah sebagai berikut : terjadinya kaolin dehidroksilat pada 494.56°C dan mullitisasi dimulai pada 990 °C, terjadinya pelarutan sebagian α -kuarsa pada suhu lebih tinggi dari 1200 ° C. Mullite terbentuk pada 1050 ° C. Porositas nyata dan penyusutan linear menunjukkan permulaan densifikasi pada 1000 ° C dan munculnya kembang pada suhu lebih tinggi dari 1250 ° C.

Seperti tampak pada gambar 6, massaraga *stoneware* yang menggunakan batuan Gayo sebagai bahan peleburnya mempunyai penampilan putih yang cukup mirip dengan massa raga porselin. Massaraga *stoneware* ini dibuat dengan cara manual tanpa melalui penyaringan menggunakan MFF (Magnetic ferro Filter) yang akan mengurangi kandungan besi di dalamnya, sedangkan massa porselin umumnya dibuat secara massal melalui penyaringan MFF. Jika saat pembuatan

massa *stoneware* ini juga melalui penyaringan menggunakan MFF maka kemungkinan besar warnanya akan lebih putih. Dengan demikian, untuk mendapatkan benda keramik setara dengan porselin secara visual, proses produksinya relatif lebih murah karena konsumsi energi untuk penggunaan magneto ferro filter dapat dihindarkan, prosesnya pun menjadi lebih mudah dan sederhana.

SIMPULAN

Batuan Gayo dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan keramik *stoneware* untuk berbagai peralatan makan (*tableware*) dan *sanitaire*, mengacu kepada terpenuhinya beberapa kriteria standard ISO 6486-1, ISO 1817 / ASTM C326 - 09(2014) dan SNI 7275 : 2008 (*tableware*). Dengan komposisi triaxial yang tepat, susutbakar dapat dikurangi dengan pengurangan kadar lempung secara terukur. Namun untuk menjadi bahan baku keramik secara komersial, mengingat bahwa batu Gayo diambil dari alam tanpa pengolahan, maka perlu dilakukan usaha-usaha benefisiasi dan pembubukan (powderisasi) sehingga mineral tersebut dapat siap pakai.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Tsetsekou, C. Agrafiotis, and A. Milias. (2001) J. Eur. Ceram. Soc., Vol. 21 p. 363
- Dal Bó, Marcelo and Hotza, Dachamir. (2013). Using Recycled Ceramics to make new Triaxial Ceramics. Refractories and Industrial Ceramics. 243-250
- C. Knight, J. (2006). Porcellanite-clay-volcanic ash triaxial ceramics: Physical and mechanical properties. Industrial Ceramics. .95-99
- Cingah, Made. (2011). Pemanfaatan Lumpur Lapindo dan Mineral lokal Feldpar Aceh Tenggara Sebagai Bahan Glasir dan Bodi Keramik *Stoneware*. Laporan Akhir, Program Insentif Kementerian Riset dan Teknologi
- Cingah, Made., dan Effendi, M. Dachyar. (2005), Studi Sifat Campuran 75% R-

- Lombok, 15% W-Lombok, 10% F-Lodoyo Sebagai Bahan Baku Keramik Stoneware Dengan Suhu Bakar 1250°C. Prosiding Seminar Teknologi Untuk Negeri (STUN) , vol. 3, Mei, BPPT
- Effendi, M. Dachyar. (2001). Optimalisasi Proses Penggilingan Bahan Mentah Keramik Stoneware Dengan Peramalan Distribusi Partikel Menggunakan Metode Simulasi Komputer. LOGIC, Poltek UNUD
- Effendi, M. Dachyar. (2004). Rancang Bangun Tungku Berbahan Bakar LPG Dengan Volume Ruang Bakar 1 M3 Suhu Bakar Maksimum 1300 °C Untuk Pembakaran Keramik, Prosiding STUN, BPPT
- Ferrer, Salvador., Mezquita, Ana., Gómez Tena, Maria Pilar, Machi, C, and Monfort, Eliseo. (2015). Estimation of the heat of reaction in traditional ceramic compositions. *Applied Clay Science*. 108.28-39
- L. Correia, S., Oliveira, Antonio, Hotza, Dachamir., and Segadães, A.M.. (2006). Properties of Triaxial Porcelain Bodies: Interpretation of Statistical Modeling. *Journal of the American Ceramic Society*. 89. 3356 - 3365
- Ngun, Bun., Mohamad, Hasmaliza., Katsumata, Ken-ichi Okada, Kiyoshi and Ahmad, Zainal. (2013). Using design of mixture experiments to optimize triaxial ceramic tile compositions incorporating Cambodian clays. *Applied Clay Science*. 87. 97-107
- Nofirman. (1994). Perilaku Material Geologis Padat, IKIP Padang.
- Othman, R and Mohamad, M. (2016). Firing behaviour of ceramic whiteware bodies incorporated with local feldspathic sources. *JURNAL TEKNOLOGI* 78 (10-3), 19-23
- R Bragana, S., C M Lengler., and Bergmann, Carlos. (2011). Spodumene-bearing rock as flux for triaxial ceramic bodies. *Advances in Applied Ceramics*. 293-300
- Reyes Lopez, and Simon. (2007). Characterization of Microstructure in Experimental Triaxial Ceramic Body. *Adv. In Tech. Of Mat. Pro.* 8. 173-178
- Serra, M.F., Picicco, M, Moyas., E, Suarez., Gustavo, Aglietti, E.F., Rendtorff, and Nicolas. (2012). Talc, Spodumene and Calcium Carbonate Effect as Secondary Fluxes in Triaxial Ceramic Properties. *Procedia Materials Science*. 1. 397–402
- Suparta, A. R., Hamzah, F. dan Susilowati, Hitung Keramik, Balai Besar Industri Keramik Bandung (1990) p 29- 46.
- Wirth, Cynthia M. Gomes., De Noni Jr, Agenor, P. Reis, J, A. R. Souza, J Oliveira, Antonio, and Hotza, Dachamir. (2005). Wet Processing of Triaxial Ceramics Using a Mixture Design Approach. *Materials Science Forum - MATER SCI FORUM*. 498-499. 476-481
- Y. Iqbal and W E, Lee. (2000) Microstructural Evolution in Triaxial Porcelain. *J. Am. Ceram. Soc.*, 83 [12] 3121–3127