

Pengaruh Suhu Bakar terhadap Penyerapan Air dan Kuat Lentur pada Pembuatan Keramik *Stoneware* (Kode-BL1P)

The Effect of Firing Temperature on Water Absorption and Flexural Strength on The Preparation of Stoneware Ceramic (Coded-BL1P)

G. Agus Permana Putra Sujana¹, Putu Suardana^{1*}, Totok Nugroho²

¹ Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

² Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) – Balai Teknologi Industri Kreatif Keramik (BTIKK), Suwung Kauh, Tanah Kilap, Denpasar selatan, Bali Indonesia

Email: aguspermanaputrasujana@gmail.com; *suardanaputu@unud.ac.id; totok.nugroho@bppt.go.id

Abstrak – Telah diteliti pengaruh suhu pembakaran terhadap penyerapan air dan kuat lentur dalam pembuatan keramik *stoneware* kode BL1P. Keramik dibuat dalam bentuk balok uji dengan bahan dari Borneo Clay Noodle, RRC *Feldspar*, Kaolin Belitung, Belitung Quartz, Ballclay Bantur, Bentonite, dan Talk dengan metode *casting* sederhana. Balok uji dibakar pada empat variasi suhu, yaitu 850, 900, 1000, dan 1200 °C. Dari hasil pengukuran penyerapan airnya, ditemukan bahwa peningkatan suhu bakar dari 850 °C menjadi 1200 °C mengakibatkan penurunan penyerapan air dari 18,3% sampai dengan 5,5%, sedangkan pengukuran kuat lenturnya menunjukkan peningkatan dari 11,6 kg/cm² hingga 19,8 kg/cm².

Kata kunci: keramik *stoneware*, suhu bakar, daya serap air, kuat lentur.

Abstract – It has been investigated the effect of firing temperature on water absorption and flexural strength in the manufacture of BL1P code stoneware ceramics. Ceramics are made in the form the test block bar with materials from of Borneo Clay Noodle, PRC *Feldspar*, Kaolin Belitung, Belitung Quartz, Ballclay Bantur, Bentonite, and Talk with a simple casting method. The block bar of the molds was burned at four temperature variations, i.e. 850, 900, 1000, and 1200 °C. From the results of measurements of its water absorption, it was found that the increase in firing temperature from 850 °C to 1200 °C showed a decrease in water absorption from 18.3% to 5.5%, while the measurement of its flexural strength showed an increase in flexural strength of 11.6 kg/cm² to 19.8 kg/cm².

Key words: stoneware ceramics, firing temperature, water absorption, flexural strength.

1. Pendahuluan

Keramik *stoneware* menarik karena sifatnya yang plastis, mirip dengan porselin [1]. Keramik *stoneware* dibuat dengan suhu bakar yang relatif tinggi, yaitu antara suhu 1200 °C sampai 1330 °C sehingga keramik yang dihasilnya cukup berkualitas [2]. Keramik jenis ini disukai oleh pengrajin keramik karena mempunyai sifat fisik mentah prabakar (*green body*) yang plastis sehingga dengan teknik putar sangat memungkinkan untuk dibentuk dalam ukuran besar, tidak ada kecenderungan berubah bentuk, retak dan pecah [3].

Tingkat kematangan suatu massa bodi keramik sangat ditentukan oleh kondisi perlakuan suhu bakar (*firing temperature*) yang diberikan. Dalam proses pembakaran terjadi reaksi pembentukan (ikatan kimia) dan pemadatan. Pada transformasi dari keadaan awal (*porous* kompak) sampai keadaan padat yang umumnya dicapai pada suhu di atas 900 °C terjadi perubahan kepadatan, bentuk dan ukuran pori. Selama proses pembakaran terjadi perpindahan materi dari permukaan butiran ke daerah kontak antar butiran sehingga bentuk pori berubah menyerupai bentuk kanal yang terisolasi, sedangkan ukurannya masih tetap. Selanjutnya dengan kenaikan suhu bentuk pori semakin mendekati bentuk bola dengan ukuran semakin kecil. Perubahan volume ruang kosong di dalam keramik berpengaruh terhadap kuat lenturnya. Pada penelitian ini telah dipelajari pengaruh suhu bakar terhadap kemampuan penyerapan air (PA) dan kuat lentur (σ) keramik *stoneware* kode BL1P, yaitu keramik berbahan dasar *noodle clay* Kalimantan, kaolin, *ball clay*, *bentonite*, *feldspar RRT*, *talk* dan kuarsa Belitung

2. Landasan Teori

Secara umum massa bodi *stoneware* dibuat dengan mencampur bahan pengikat (kaolin), bahan pengisi (kuarsa) dan bahan pelebur (*feldspar*). Komposisi campuran dibuat dalam perbandingan tertentu sehingga didapatkan sifat-sifat yang diinginkan, hal ini menyebabkan karakteristik dari massa bodi *stoneware* bervariasi. Pada umumnya perajin keramik memilih massa bodi keramik yang memiliki sifat-sifat fisik mentah prabakar (*green*

body) yang sangat plastis dengan susut kering tidak lebih dari 5%, tidak ada kecenderungan retak dan pecah selama pengeringan, tidak mengandung alkali yang menimbulkan busa serta bahan organik dalam jumlah besar [3]. Sifat pasca bakar pada suhu 1222 °C sampai dengan 1305 °C (pada cone 6 sampai cone 10) susut bakar tidak lebih dari 6%, penyerapan air 1% - 5%, warna coklat sampai oranye muda dengan permukaan yang halus[4].

Masa bodi *stoneware* dibuat dengan mencampurkan beberapa bahan mentah sesuai dengan kebutuhan [5], yaitu: a) Bahan pengisi, berupa mineral kuarsa (SiO₂). Kuarsa merupakan salah satu mineral silika, yaitu *chalcedon*, *dymite*, *crystalite*, *opal*, *lechatelierite*, *coesite* dan *stishovite* [6]. Kuarsa memiliki titik leleh 1715 °C, tahan asam dan basa serta keras. Bahan ini berpengaruh terhadap kekuatan masa bodi keramik, baik sebelum maupun setelah pembakaran. b) Bahan pengikat, berupa mineral-mineral lempung (*clay*) dari kaolinit (Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O). titik leleh bahan ini 1740 °C. *Ballclay*, *talk* dan *bentonite* juga termasuk bahan pengikat [7]. c) Bahan pelebur, yaitu bahan-bahan yang mengandung logam alkali atau alkali tanah seperti *feldspar* kapur, dolomit. *Feldspar* yang paling banyak digunakan berupa *feldspar* kalium-barium yang mempunyai struktur kristal monoklinik dan kelompok *feldspar* natrium-kalsium yang mempunyai struktur kristal triklinik [8]. Titik lebur *feldspar* 1250 °C [2]. Adanya logam alkali atau alkali tanah dalam *feldspar* membantu silika dan alumina melebur dan meleleh pada suhu yang lebih rendah. Leburan *feldspar* membentuk cairan gelas yang mengisi pori-pori, mengikat partikel yang lebih besar. Leburan *feldspar* memegang peranan sebagai pasta yang menyatukan partikel menjadi padat setelah proses pendinginan.

Telah dibuat komposisi bodi keramik *stoneware* dengan kode BL1 dari campuran *noodle clay* Kalimantan, kaolin, *ball clay*, *bentonite*, *feldspar RRT*, *talk* dan kuarsa Belitung dengan suhu pembakaran 1250 °C [9]. Diperoleh bahwa rata-rata nilai penyerapan air (PA) sebesar (3,69 ± 0,15)% . Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran daya serap air dan kekerasan dari keramik *stoneware* masa bodi BL1P untuk variasi suhu pembakaran 850 – 1200 °C.

3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan formula massa bodi keramik seperti pada Tabel 1, jumlah total massa bodi keramik adalah 2000 gram. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. Semua bahan dicampur kemudian ditambahkan air sebanyak 330 mL sehingga terbentuk adonan keramik basah yang homogen. Setelah adonan keramik didiamkan selama 24 jam kemudian dicetak menjadi bentuk balok-balok dengan metode kasting sederhana, hasilnya kita sebut sebagai balok-balok uji. Balok-balok uji didiamkan di dalam ruangan terbuka sampai diperoleh kondisi kering, yaitu ukuran balok-balok uji relatif tidak berubah.

Tabel 1. Formula persentase bahan keramik kode BL1P.

No	Bahan	Persentase
1	<i>Noodle Clay</i> Kalimantan	40,0%
2	<i>Feldspar RRC</i>	13,5%
3	Kaolin Belitung	13,5%
4	Kuarsa Belitung	20,0%
5	<i>Ballclay</i> Bantul	10,0%
6	<i>Bentonite</i>	1,0%
7	<i>Talk</i>	2,0%

Balok-balok uji selanjutnya dibakar pada 4 variasi suhu, yaitu pada 850, 900, 1000 dan 1200 °C selama 24 jam. Massa bodi keramik dalam kondisi kering ditimbang dan dicatat sebagai berat masa bodi kering *k* (gram). Selanjutnya balok-balok uji kering ini direndam di dalam air hingga tidak ada gelembung udara yang ke luar dari balok-balok uji. Untuk tujuan ini balok-balok uji direndam selama 24 jam. Tahap berikutnya balok-balok uji basah ditimbang dan dicatat sebagai berat masa bodi keramik basah *w* (gram). Dari dua hasil pengukuran tersebut selanjutnya dihitung daya serap air *PA* (%) dengan persamaan (1) [9, 10]

$$\text{Peresapan air (PA)} = \frac{w - k}{k} \times 100\% \quad (1)$$

Kuat lentur masa bodi keramik ini ditentukan dengan metode tekan tiga titik (*three points bending*). Untuk tujuan ini maka dilakukan pengukuran tebal *t* (cm), lebar *l* (cm) dan panjang antar penyangga keramik *p* (cm), serta berat beban (*load*) *N* (kg) pada saat terjadi kegagalan struktur (*structural failure*), yaitu pada saat keramik patah. Kekuatan lentur σ dihitung dengan persamaan (2) [11, 12].

$$\sigma = \frac{3 Np}{2 lt^2} \quad (2)$$

dengan σ dalam kg/cm^2 .

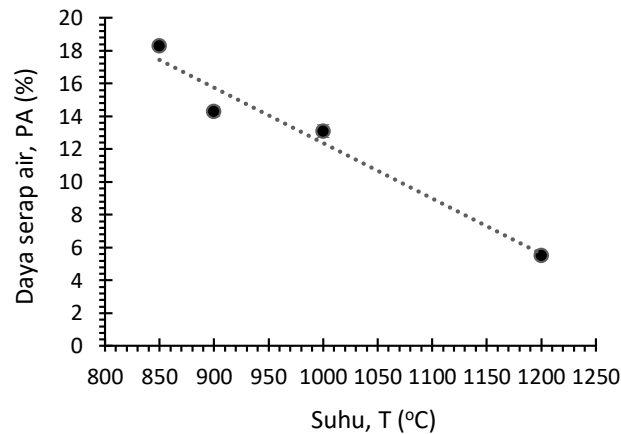
4. Hasil Dan Pembahasan

Dari hasil pengukuran berat massa bodi keramik *stoneware* BL1P dalam keadaan kering k dan dalam keadaan basah w telah dilakukan perhitungan daya serapnya terhadap air dengan hasil perhitungan dengan persamaan (1) ditunjukkan pada kolom kedua pada Tabel 2. Dengan data hasil pengukuran tebal t , lebar l dan panjang antar penyangga keramik p serta berat beban N pada saat keramik patah hasil perhitungan besar kuat lentur keramik *stoneware* BL1P dengan persamaan (2) ditunjukkan pada kolom ketiga dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kemampuan serap terhadap air dan Kekuatan lentur keramik *stoneware* BL1P.

Suhu bakar keramik, T (°C)	Daya serap air, PA (%)	Kuat lentur, σ (kg/cm^2)
850	$18,3 \pm 0,3$	$11,6 \pm 0,8$
900	$14,3 \pm 0,2$	$12,4 \pm 1,2$
1000	$13,1 \pm 0,4$	$13,6 \pm 0,1$
1200	$5,5 \pm 0,1$	$19,8 \pm 2,8$

Berdasarkan data pada Tabel 2 selanjutnya dibuat grafik antara suhu bakar keramik *stoneware* BL1P dan daya serapnya serta grafik antara suhu bakar keramik *stoneware* BL1P dan kuat lenturnya, yang masing-masing ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik suhu bakar dan daya serap air keramik *stoneware* BL1P. Garis putus-putus adalah hasil *fitting* regresi linier.

Pada Gambar 1 tampak bahwa daya serap air menurun dari 18,3% hingga 5,5% dengan meningkatnya suhu pembakaran keramik *stoneware* BL1P dari 850 °C hingga 1200 °C. Dengan menggunakan pendekatan regresi linier diperoleh persamaan perubahan penyerapan air seperti pada persamaan (3) dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,96$.

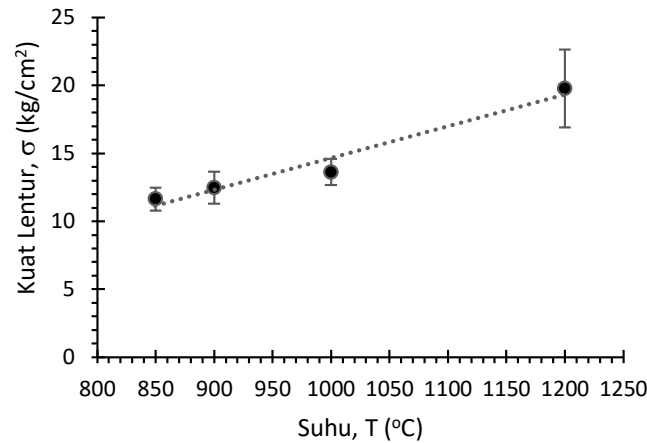
$$PA = -0,04T + 46,26 \quad (3)$$

Penurunan penyerapan air tersebut mengindikasikan semakin berkurangnya volume pori-pori keramik sebagai akibat peningkatan suhu pembakaran.

Kuat lentur keramik diukur dengan stress maksimum yang mampu ditahan oleh keramik tersebut. Stress maksimum yang mampu ditahannya didefinisikan sebagai besar stress sesaat keramik sebelum patah. Pada metode *three point bending* patah terjadi pada bagian tengah dari balok uji [13]. Gambar 2 memperlihatkan perubahan kuat lentur terhadap suhu bakar, tampak bahwa peningkatan suhu pembakaran keramik *stoneware* BL1P dari 850 °C sampai dengan 1200 °C mengakibatkan peningkatan kuat lentur keramik dari 11,6 kg/cm^2 hingga 19,8 kg/cm^2 . Dengan pendekatan regresi linier diperoleh persamaan perubahan kuat lentur sebagai fungsi temperatur seperti dinyatakan oleh persamaan (4) dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,96$.

$$\sigma = 0,02T - 8,66 \quad (4)$$

Dengan peningkatan suhu bakar keramik *stoneware* BL1P dari 850 °C hingga 1200 °C terjadi penyempitan dan pengurangan jumlah pori-pori keramik yang mana mengakibatkan keramik menjadi semakin padat sehingga kuat lenturnya meningkat.



Gambar 2. Grafik kuat lentur terhadap suhu bakar. Garis putus-putus adalah hasil *fitting* regresi linier.

5. Kesimpulan

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa peningkatan suhu bakar dalam proses pembuatan keramik *stoneware* BL1P dari 850 °C hingga 1200 °C berdampak terhadap penyerapan air dan kuat lenturnya. Dalam hal ini, pembakaran dari 850 °C hingga 1200 °C menurunkan daya serap airnya dari 18,3% hingga 5,5% dan meningkatkan kuat lenturnya dari 11,6 kg/cm² hingga 19,8 kg/cm².

Ucapan Terima Kasih

Banyak terima kasih kami ucapkan kepada Unit Pelaksana Teknis (UPT) Laboratorium Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) – Balai Teknologi Industri Kreatif Keramik (BTIKK) atas fasilitas, bahan baku yang telah diberikan serta bimbingannya selama penelitian.

Pustaka

- [1] W.G. Lawrence and R.R. West, *Ceramics Science for Potter*, Pennsylvania: Chilton Book Company, 1982.
- [2] T. Oishi, *Ceramics Body*, Gifu Prefecture Ceramics Research Institute Nagoya, International Training Center. Japan International Cooperation Agency, 1986.
- [3] R. Behrens, *Glaze Project, a Formula of Leadless Glazes*, A Ceramics Monthly Magazine Handbook, Ohio: Profesional Publications, Inc., 1993.
- [4] J.C. Miller and J.N. Miller, *Statistics for Analytical Chemistry*, Ellis Horwood Limited, New York, 1998.
- [5] Supomo, *Karakterisasi dan Pengendalian Bahan Mentah Keramik*, Diklat Quality Control Supervisor Industri Keramik Saniter dan Tableware, Bandung: BBIK, 1998.
- [6] Nelson and C. Glen, *Ceramics a Potter's Handbook*, New York: John Wiley and Sons, 1986.
- [7] B. Alexander, *Panduan Praktis Kamus Keramik Untuk Praktisi, Perajin dan Industri*, Milenia Populer, Jakarta: Australia – Indonesia, 2001.
- [8] B. Mason and B.M. Carleton, *Principles of Geochemistry*, New York: John Wiley & Sons, 1982.
- [9] K.N. Sundari, *Makalah Ilmiah Pengkajian Industri*, Deputi Teknologi Industri Rancang Bangunan & Rekayasa Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Denpasar, Bali, 2011.
- [10] A.W. Vieira, M.D.M Innocentini, E. Mendes, *et al.*, Comparison of Methods for Determining the Water Absorption of Glazed Porcelain Stoneware Ceramic Tiles, *Material Research*, 2017, pp. 1-2.
- [11] C.B. Carter and M.G. Norton, *Ceramic Materials Science and Engineering*, Springer, 2013, pp. 305.
- [12] D.A. Rozo, J.S. Molina and J.F. Gelves, Influence of raw materials and forming technique in the manufacture of stoneware ceramic, *Ingeniería y competitividad*, 2017, pp 93-105.
- [13] L.R.S. Conserva, F.G. Melchiades, S. Nastri, *et al.*, Pyroplastic Deformation of Porcelain Stoneware. In: *Wet vs Dry Processing*, Elsevier, 2016, pp. 3.