KARAKTERISTIK KROMATIK *BONE ASH* SINTETIK BERDASARKAN SUHU KALSINASI

*Chromatic Characterization of Bone Ash Synthetic Based on
Calcination Temperature*

Herlina Damayanti, Ayu Ratnasari dan Kristanto Wahyudi

Balai Besar Keramik, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri
Jalan Ahmad Yani 392 Bandung, Indonesia

Naskah masuk: 18 Desember 2018, Revisi: 25 Januari 2019, Diterima: 6 Februari 2019

ABSTRAK

*en*is dan perubahan warna bone ash sintetik Balai Besar Keramik berdasarkan suhu kalsinasi secara visual adalah putih. Pada penelitian ini sifat kromatik warna bone ash sintetik ditentukan berdasarkan sistem CIELAB untuk mengetahui perubahan warna yang lebih objektif dan menghasilkan nilai yang terukur. Bone ash sintetik dikalsinasi dengan variasi suhu antara 600°C – 1250°C. Masing-masing hasil kalsinasi dijadikan aplikasi glasir ubin pada suhu 1170°C. Panjang gelombang bone ash sintetik kalsinasi 492-574nm dan glasir bone ash 477-542nm, berarti termasuk material putih. Derajat whiteness dan brightness mengalami penurunan dengan nilai terbesar pada bone ash kalsinasi 1250°C, $\Delta\text{whiteness} = -59,90\%$ dan $\Delta\text{brightness} = -61,42\%$. Berdasarkan nilai L^* , a^* dan b^* ruang warna bone ash sintetik bergeser dari Hijau Kuning menjadi Hijau Biru dan indeks whiteness bergeser menuju hitam. Pergeseran warna terkecil adalah bone ash kalsinasi 1000°C, $\Delta E = 13,37$ dan terbesar adalah bone ash kalsinasi 1250°C, $\Delta E = 37,75$. Pergeseran indeks whiteness terkecil adalah bone ash B10, $\Delta W^* = 13,20$ dan terbesar adalah bone ash B125 $\Delta W^* = 36,29$.

Kata Kunci: CIELAB, bone ash sintetik, kromatik, kalsinasi, whiteness, brightness

*T*ype and color change of synthetic bone ash Center for Ceramic based on calcination temperature was white visually. In this study, the chromatic properties of synthetic bone ash were determined based on the CIELAB system to find out more objective color changes and produce measurable values. Synthetic bone ash was calcined with temperature variations between 600°C - 1250°C. Each result of calcination was used as a tile glaze application at 1170°C. The calcined wavelength of synthetic bone ash 492-574nm and 477-542nm bone ash glaze, means

including white material. The degree of whiteness and brightness has decreased with the greatest value in 1250°C calcined bone ash, $\Delta\text{whiteness} = -59.90\%$ and $\Delta\text{brightness} = -61.42\%$. Based on the L^* , a^* and b^* synthetic bone ash color spaces shifted from Green Yellow to Green Blue and the whiteness index shifted towards black. The smallest color shift was 1000°C calcined bone ash, $\Delta E = 13.37$ and the largest is calcined bone ash 1250°C, $\Delta E = 37.75$. The smallest shift in the whiteness index was B10 bone ash, $\Delta W^* = 13.20$ and the largest bone ash B125 $\Delta W^* = 36.29$.

Keywords: CIELAB, synthetic bone ash, chromatic, calcination, whiteness, brightness

I. PENDAHULUAN

Bone ash atau abu tulang sintetik merupakan salah satu material yang diminati saat ini, terutama pengembangannya dalam bidang keramik dan medis. *Bone ash* terdiri dari senyawa oksida kalsium dan fosfat sebagai mineral atau garam fosfat. Parameter penting dalam mensintesis *bone ash* adalah perbandingan Ca/P. *Bone ash* sintetik yang sering digunakan dalam pengembangan biokeramik adalah hidroksiapatit, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, karena memiliki kesamaan komponen mineral dengan tulang. Perbandingan Ca/P hidroksiapatit sebesar 1,67 [1]. Beberapa metode yang digunakan dalam mensintesis *bone ash* sintetik (hidroksiapatit) diantaranya adalah presipitasi, hidrolisis, dan hidrotermal [2-7].

Kristanto Wahyudi, F. Edwin, F., dan Naili Sofiyarningsih, dari Balai Besar Keramik (BBK) telah berhasil mensintesis *bone ash* (hidroksiapatit) berbahan dasar kapur alam dan asam fosfat dengan menggunakan metode presipitasi [8]. *Bone ash sintetik* yang dihasilkan telah diaplikasikan sebagai material bodi *bone china* dalam produk *tableware*. Hal ini didasari oleh *bone ash* sintetik BBK telah memiliki karakteristik khusus, yaitu berwarna putih, tembus cahaya, kualitas glasir dan dekorasi yang tinggi, dan bodinya yang kuat [9].

Warna *bone ash* sintetik BBK sebelum dikalsinasi terlihat putih secara kasat mata, namun akan terlihat putih kebiruan setelah dikalsinasi. Hal serupa juga pernah terjadi pada beberapa penelitian sebelumnya [10, 11]. Tingkat warna

putih ini ditentukan oleh *lightness* (kemampuan material memantulkan cahaya), *chroma* (atribut *brighness*) dan *hue* (kecenderungan warna dari material, misal lebih merah, kuning atau biru)[12]. Warna adalah sensasi yang kita rasakan secara visual dari pembiasan/pantulan cahaya pada permukaan benda [13]. Benda yang sama akan terlihat berbeda tergantung jenis pencahayaan dan sensitivitas penglihatan seseorang. Oleh karena itu, warna bersifat subjektif jika tidak diukur dengan pasti. Untuk mengetahui secara pasti nilai tiga sifat di atas dari material *bone ash* sintetik dan perubahannya, maka dalam penelitian ini akan dilakukan studi kromatik *bone ash* sintetik berdasarkan suhu kalsinasi dan aplikasinya sebagai glasir. Hasil nilai ukuran warna yang diperoleh akan memudahkan pengguna untuk memilih aplikasi warna *bone ash* sintetik sesuai yang diinginkan. Karakteristik kromatik *bone ash* sintetik didefinisikan oleh kolorimetri atau koordinat kromatisitas dengan menggunakan sistem CIE (L^* , a^* , b^*) atau CIELAB[12] yang dikembangkan pada tahun 1976: Warna atau sistem ruang CIELAB didasarkan pada representasi *cartesian* sekuensial atau kontinu dari 3 sumbu orthogonal,

yaitu koordinat L^* ($L^*=0$ hitam dan $L^*=100$ putih), a^* ($a^*>0$ merah, $a^*<0$ hijau), serta b^* ($b^*>0$ kuning, $b^*<0$ biru) [12-17]. Ukuran lain yang bisa diperoleh dengan sistem CIELAB adalah jarak *Euclidian* ΔE (konstanta perbedaan warna) persamaannya adalah :

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \dots (1)[15]$$

Indeks *Whiteness* (W^*) merupakan jarak suatu nilai warna dari titik putih pada ruang CIELAB persamaannya adalah

$$W^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2 + (L^*-100)^2]^{1/2} \dots (2)[15]$$

$W^* = 0$ menunjukkan nilai warna putih

$W^* = 100$ menunjukkan nilai warna hitam.

Sehingga pergeseran terdekat terhadap titik warna putih (ΔW^*) akibat perubahan material adalah :

$$\Delta W^* = W^*(\text{perubahan}) - W^*(\text{asal}) \quad (3)[15]$$

II. METODOLOGI PENELITIAN

Material *bone ash* sintetik diperoleh dari hasil riset Balai Besar Keramik tahun 2016[8]. Material tersebut digunakan dalam penelitian ini baik yang belum dikalsinasi maupun yang sudah dikalsinasi pada suhu 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, 1000°C, 1100°C, 1150°C, 1200°C, dan 1250°C. Sedangkan untuk bahan glasir adalah glasir 107 dari Keramik Indah Bandung, sodium feldspar dari Sibelco dan *cullet* dari Jatiwangi.

Suhu pembakaran glasir adalah 1170°C. Material diuji sifat kromatiknya (*Whitness*, *Brightness*, panjang gelombang, L^* , a^* dan b^*) menggunakan alat *whiteness & color meter* (merek WENZHOU JIAYI INSTRUMENTS CO., LTD.). Karakterisasi kromatik *bone ash* sintetik akan ditampilkan dalam koordinat kromatisitas dengan menggunakan sistem CIE (L^* , a^* , b^*) atau CIELAB.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Material *bone ash* sintetik yang telah disiapkan dengan variasi suhu kalsinasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1 *Bone ash* sintetik dengan variasi suhu kalsinasi

Kode sampel percobaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Identifikasi Variasi Suhu Kalsinasi

Kode sampel	Suhu Kalsinasi
B0	Belum dikalsinasi
B6	600°C
B7	700°C
B8	800°C
B9	900°C
B10	1000°C
B11	1100°C
B115	1150°C
B12	1200°C
B125	1250°C

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 2, nilai *brightness* 83-92% dan *whiteness* berkisar antara 83-91% dengan panjang gelombang 492-574nm. Hal ini menunjukkan bahwa *bone ash* sintetik termasuk kategori material berwarna putih dimana pantulan cahayanya terletak di daerah warna dengan panjang gelombang sekitar 470-570 nm [18]. *Bone ash* yang telah diaplikasikan menjadi glasir derajat *whiteness* berkisar antara 23-61% dan *brightness* 24-62% dan dengan panjang gelombang 477-542nm masih pada rentang panjang gelombang tersebut, prototipe ubin berada pada pantulan cahaya yang menunjukkan warna putih[18].

Tabel 2 Data Hasil Pengujian *Whiteness*, *Brightness*, dan Panjang Gelombang *Bone Ash* Sintetik

Kode	<i>Bone Ash</i> Kalsinasi			Glazir <i>Bone Ash</i>			Δ	Δ
	<i>Whiteness</i> (%)	<i>Brightness</i> (%)	λD (nm)	<i>Whiteness</i> (%)	<i>Brightness</i> (%)	λD (nm)	<i>Whiteness</i> (%)	<i>Brightness</i> (%)
B0	85.50	90.39	573.76	56.30	54.26	488.38	- 29.30	- 36.13
B6	83.34	88.02	567.25	60.21	51.75	480.41	- 23.13	- 36.27
B7	84.92	88.05	562.92	60.46	54.21	481.94	- 24.46	- 33.84
B8	88.00	89.78	564.09	61.36	59.13	485.85	- 26.64	- 30.65
B9	84.41	88.29	571.34	59.52	50.73	479.47	- 24.89	- 37.56
B10	90.82	91.92	551.54	55.99	61.82	542.46	- 34.83	- 30.10
B11	87.74	92.12	547.34	57.85	47.15	477.38	- 36.79	- 44.97
B115	84.90	87.76	507.29	40.02	34.99	480.33	- 44.88	- 52.77
B12	85.56	89.03	500.17	45.87	44.59	487.63	- 40.97	- 44.44
B125	84.20	85.76	492.63	23.63	24.34	493.50	- 59.90	- 61.42

Untuk akurasi pengungkapan warna putih pada *bone ash* sintetik dapat dinyatakan dengan menggunakan sistem warna CIELAB. Berdasarkan sistem CIELAB, warna dinyatakan dalam 3 parameter yaitu: L^* (*Lightness*), a^* (arah warna merah-hijau), dan b^* (arah warna kuning-biru) [19]. Distribusi CIELAB pada *bone ash* sintetik berdasarkan suhu kalsinasi ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, material *bone ash* berada pada rentang warna putih dengan nilai *Lightness* antara 95-98 [19]. Pada kondisi suhu kalsinasi 0-800°C menunjukkan bahwa nilai $CIEa^*$ cenderung menurun dari positif menjadi negatif dan nilai $CIEb^*$ juga cenderung menurun namun dalam rentang positif. Sehingga dengan meningkatnya suhu kalsinasi, material *bone ash* berada pada seri warna

Hijau. Pada kondisi suhu kalsinasi 900-1250°C menunjukkan bahwa nilai $CIEa^*$ menurun dari positif menjadi negatif dan nilai $CIEb^*$ juga menurun namun dalam rentang positif. Sehingga dengan meningkatnya suhu kalsinasi, material *bone ash* berada pada seri warna Hijau. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *bone ash* sintetik pada komposisi glazir transparan akan menimbulkan warna putih pada hasil akhir setelah proses pembakaran ubin. Berdasarkan distribusi CIELAB prototip ubin pada Gambar 3, nilai *Lightness* berada diantara 56-83%, nilai $CIEa^*$ dan $CIEb^*$ berada pada rentang negatif. Hal ini menunjukkan bahwa warna glazir ubin berada seri warna Biru.

Gambar 2. Analisis CIELAB *Bone Ash* Sintetik

Gambar 3. Analisis CIELAB Aplikasi *Bone Ash* Sintetik Sebagai Komponen Glasir Pada Ubin

Gambar 4. Pergeseran Warna Material *Bone Ash* B0-B10 Setelah Diaplikasikan Sebagai Komponen Glasir Pada Ubin

Gambar 4 menunjukkan bahwa telah terjadi pergeseran warna untuk *bone ash* sintetik B0-B10 setelah diaplikasikan menjadi glasir. Nilai warna bergeser dari b^* positif menjadi

b^* negatif, atau cenderung menuju arah biru. Sedangkan nilai warna a^* semakin negatif menuju arah hijau.

Gambar 5. Pergeseran Warna Material *Bone Ash* B11-B125 Setelah Diaplikasikan Sebagai Komponen Glasir Pada Ubin

Pada Gambar 5, menunjukkan fenomena yang berbeda dengan gambar 4. Nilai warna *bone ash* sintetik B11-B125 bergeser ke arah a^* menuju 0 dan b^* negatif. ruang warna tetap berada di Hijau Biru. Dari Gambar 4 dan 5 di atas menunjukkan bahwa telah terjadi pergeseran ruang warna pada material *bone ash* sintetik

saat diaplikasikan sebagai komponen glasir ubin, yaitu secara keseluruhan seri warna Hijau Kuning menjadi Hijau Biru. Dari nilai L^* , a^* , b^* *bone ash* sintetik semua sampel dengan menggunakan persamaan (1), (2) dan (3), akan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Data *Euclidian* ΔE Dan Indeks *Whiteness* ΔW^*

Kode	<i>Bone Ash</i> Kalsinasi				Glasir <i>Bone Ash</i>				ΔE	ΔW^*
	L^*	a^*	b^*	W^*	L^*	a^*	b^*	W^*		
B0	96.88	0.23	1.50	3.47	78.23	-1.77	-0.47	21.85	18.86	18.38
B6	95.81	-0.33	1.38	4.42	63.52	-2.00	-1.88	36.59	32.50	32.16
B7	95.53	-0.42	0.87	4.58	76.73	-1.90	-1.41	23.39	18.99	18.81
B8	96.02	-0.19	0.46	4.01	80.90	-1.74	-0.59	19.19	15.23	15.17
B9	95.94	0.26	1.45	4.32	75.51	-1.62	-1.90	24.61	20.78	20.30
B10	96.95	-0.22	1.20	3.28	83.71	-2.02	1.47	16.48	13.37	13.20
B11	97.39	-1.52	1.26	3.27	72.93	-1.17	-2.26	27.19	24.72	23.92
B115	95.16	-2.08	0.67	5.31	65.32	-0.89	-0.89	34.70	29.90	29.39
B12	95.76	-3.70	0.83	5.69	72.53	-1.44	-0.18	27.51	23.36	21.82
B125	93.92	-4.27	0.17	7.43	56.30	-1.20	0.08	43.72	37.75	36.29

Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa pergeseran warna terkecil adalah *bone ash* B10 dengan $\Delta E = 13,37$ dan terbesar adalah *bone ash* B125 dengan nilai dengan $\Delta E = 37,75$. Indeks *whiteness* W^* bergeser dari cenderung putih (W^* mendekati 0) menuju nilai warna hitam ($15 < W^* < 45$). *Bone ash* B10 mengalami

pergeseran nilai warna putih terkecil $\Delta W^* = 13,20$ dan terbesar adalah *bone ash* B125 $\Delta W^* = 36,29$.

Berdasarkan studi kromatik, *bone ash* sintetik baik yang masih berupa serbuk maupun yang telah diaplikasikan pada glasir ubin menunjukkan warna putih. Hal ini didasari oleh teori yang menyatakan

bahwa *whiteness* adalah kebalikan dari *yellowness*, dimana benda-benda yang menunjukkan warna putih tidak mengandung warna kuning sama sekali di dalamnya [20].

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil uji sifat kromatik untuk material *bone ash* kalsinasi dan aplikasi glasir ubin, dapat disimpulkan bahwa derajat *whiteness* dan *brightness* mengalami penurunan dengan penurunan terbesar pada *bone ash* B125, $\Delta\text{whiteness} = -59,90\%$ dan $\Delta\text{brightness} = -61,42\%$ namun masih termasuk kategori putih karena memiliki panjang gelombang yang berada di antara panjang gelombang 492-574 nm. Sedangkan berdasarkan nilai L^* , a^* dan b^* ruang warna *bone ash* sintetik bergeser dari Hijau Kuning menjadi Hijau Biru dan indeks *whiteness* bergeser menuju hitam. Pergeseran warna terkecil adalah *bone ash* B10 dengan $\Delta E = 13,37$ dan terbesar adalah *bone ash* B125 dengan nilai dengan $\Delta E = 37,75$. Pergeseran indeks *whiteness* terkecil adalah *bone ash* B10, $\Delta W^* = 13,20$ dan terbesar adalah *bone ash*

B125 $\Delta W^* = 36,29$. Berdasarkan hasil penelitian, material *bone ash* bisa menjadi alternatif bahan pewarna putih pada produk keramik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Maria Vallet-Regi. and Jose Maria Gonzales-Calbet, "Calcium Phosphates as Substitution of Bone Tissues", *Progress in Solid State Chemistry*, 32, 1–31, (2004)
2. Masayuki Asada., Yoshinari Miura., and Akiyoshi Osaka, "Hydroxyapatite Crystal Growth on Calcium Hydroxyapatite Ceramics", *Journal of Materials Science*, 23, 3202-3205, (1988)
3. M. Jarcho. and C.H. Bolen, "Hydroxylapatite Synthesis and Characterization in Dense Polycrystalline Form", *Journal of Materials Science*, 11, 2027-2035, (1976)
4. H. Monma. and T. Kamiya, "Preparation of Hydroxyapatite by the Hydrolysis of Brushite", *Journal of Materials Science*, 22, 4247-4250, (1987)
5. D.-M Liu., T.Troczinski., and D. Hakimi, "Effect of Hydrolisis on the

- Phase Evolution of Water-based Sol-gel Hydroxiapatite and Its Application to Bioactive Coatings”, *Journal of Materials Science: Material in Medicine*, 13, 657-665, (2002)
6. E. Sada., H. Kumazawa., and Y. Murakami, “Hydrothermal Synthesis of Crystalline Hydroxyapatite Ultrafine Particles”, *Chem. Eng. Comm*, 103, 57-64, (1991)
 7. Takeo Hattori., Yasuhiko Iwadate., and Tomoyoshi Kato, “Hydrothermal Synthesis of Hydroxyapatite from Calcium Pyrophosphate”, *Journal of Materials Science Lettres*, 8, 305 306, (1989)
 8. Kristanto Wahyudi., Frank Edwin., dan Naili Sofiyarningsih, “Sintesis dan Karakterisasi Bone Ash Sintetik dari Bahan Alam”, *Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia*, 25 (2), 46-58, (2016)
 9. Alpagut Kara., and Ron Stevens, “Characterisation of Biscuit Fred Bone China Body Microstructure. Part I: XRD and SEM of Crystalline Phases”, *Journal of the European Ceramic Society*, 22, 731–736, (2002)
 10. Li Yubao., C.P.A.T. Klein., Zhang Xingdong., and K. de Groat, “Relationship Between the Colour Change of Hydroxyapatite and the Trace Element Manganese”, *Biomaterials*, 14 (13), 969-972, (1993)
 11. Isaac Mayer., Monica Iliescu., Orit Jacobsohn., Mireille Richard-Plouet., Tamara Niazov., Jacques Werckmann., Olaf Burghaus., and Dirk Reinen, “Manganese in Precipitated Hydroxyapatites”, *Eur. J. Inorg. Chem.*, 1445-1451, (2003)
 12. Qianqian Pan, Stephen Westland, Tooth color and whitening – digital technologies, *Journal of Dentistry* 74 (2018) S42-S46.
 13. O. I. V. (2006) Determination of chromatic characteristics according to CIELab. Resolution Oeno 1/2006. In: Compendium of international analysis of methods—OIV: chromatic characteristics.
 14. Jaroslav Pospisil, Jan Hrdy, Jan Hrdy Jr, Basic methods for

- measuring the reflectance color of iron oxides, *Optik* 118 (2007) 278–288.
15. O. I. V. (2006) Determination of chromatic characteristics according to CIE Lab. Resolution Oeno 1/2006. In: Compendium of international analysis of methods—OIV: chromatic characteristics.
16. Andrew Joiner and Hopkinson, Yan Deng, Stephen Westland, A review of tooth colour and whiteness, *Journal of dentistry* 36s (2008) s2 – s7.
17. Jiun-Yao Chang, Wen-Cheng Chen, Ta-Ko Huang, Jen-Chyan Wang, Po-Sung Fu, Jeng-Huey Chen, Chun-Cheng Hung, Evaluating the accuracy of tooth color measurement by combining the Munsell color system and dental colorimeter, *Journal of Medicine Sciences* (2012) 28, 490-494.
18. Rabia Korifi, Yveline LeDre', Jean-Francois Antinelli, Robert Valls, Nathalie Dupuy, CIEL*a*b* color space predictive models for colorimetry devices – Analysis of perfume quality, *Talanta* 104(2013)58–66.
19. Ernst Ganz, “Whiteness: photometric specification and colorimetric evaluation”, *Applied Optics*, 15, 9, (1976)
20. J. J. P Aparicio., and J. Lehrke, “Method for Colour Adjustment in Coloured Opaque Glazes (I)”, *Qualicer 94, Castellon (Spain)*, (1994)
21. Claudio Puebla, “Whiteness assessment: A Primer”, *Axiphos GmbH, Germany*, 1-64, (2006)