

PEMANFAATAN LIMBAH MARMER DAN BATUKAPUR UNTUK PEMBUATAN BATA EKSPOSE BERBASIS BODI WOLASTONIT SINTETIS

Utilization of Marble and Limestone Wastes for Making the Exposed Bricks Based Synthetic Wollastonite

FRANK EDWIN dan SUBARI

Balai Besar Keramik
Jalan Jend. Achmad Yani 392 Bandung 40272
Telp. (022) 7206221
e-mail : frankedwin@gmail.com

ABSTRAK

Percobaan pembuatan bata ekspose berbasis bodi wolastonit sintesis menggunakan bahan baku utama limbah marmer atau batukapur lolos ayakan standar Tyler 200 mesh telah dilakukan dengan komposisi optimum campuran bahan terdiri dari 55% serbuk marmer atau batukapur dan 45% silika dengan kadar air 8%. Pembakaran dilakukan pada suhu 1100 °C, waktu penahanan selama 3 jam. Dengan menggunakan bahan utama limbah marmer diperoleh hasil uji fisis/mekanis sebagai berikut : warna bakar putih, densitas 1,47 g/cc, penyerapan air 35,72%, porositas 52,55%, kekerasan 4 (skala Moh's) dan kuat tekan 12,71 MPa. Sedangkan dengan menggunakan bahan utama batukapur diperoleh hasil uji fisis/mekanis sebagai berikut : warna bakar putih, densitas 1,50 g/cc, penyerapan air 31,79%, porositas 47,80%, kekerasan 4 - 5 (skala Mohs) dan kuat tekan 13,09 MPa. Hasil analisis XRD menunjukkan pertumbuhan fasa kristalin wolastonit untuk bodi MP I (bahan utama limbah marmer) mencapai 41,84%. Sedangkan untuk bodi KP I (bahan utama batukapur) pertumbuhannya meningkat hampir 2 kali lipat yaitu sebesar 80,02%. Hasil percobaan pembuatan bata ekspose berwarna spesifik putih ini dapat dikembangkan untuk pedestrian atau jalan taman yang mudah menyerap air, bata dinding bangunan atau bata tahan api isolasi.

Kata kunci : bata ekspose, wolastonit sintesis, limbah marmer, batukapur.

ABSTRACT

Experiments on exposed brick making based on synthetic wollastonite body using the main raw materials of marble waste or limestone passing 200 mesh of standard sieve had been done with optimum material composition of 55% marble powder or limestone and 45% silica with 8% water content. The firing temperature was performed at 1100 °C with soaking time of 3 hours. By using the main material of marble waste, the physical/mechanical properties of the brick are found as follows: the color of fired brick is white with 1.47 g/cc of density; 35.72% of water adsorption; 52.55% of porosity; 4 of Moh's hardness scale and 12.71 MPa of compressive strength. While by using the main material of limestone the physical/mechanical properties of the brick are found as follows: the color of fired brick is also white with 1.50 g/cc of density; 31.79% of water adsorption; 47.80% of porosity; 4-5 of hardness and 13.09 MPa of compressive strength. The results of XRD analysis shows the growth of wollastonite phases for MP I body (main material of marble waste) reaches 41.84%. As for KPI body (main material of limestone), the growth increases almost two-folds in the amount of 80.02%. The experimental result of the exposed brick making with specific white color can be developed i.e. for pedestrian or courtyard garden which is easy in adsorbing water as well as for building wall or insulation brick.

Keywords : exposed brick, synthetic wollastonite, marble waste, limestone.

PENDAHULUAN

Potensi cadangan batu marmer yang ditemukan di beberapa propinsi di Indonesia cukup besar, diantaranya di Kabupaten. Tulung Agung Jawa Timur dengan cadangan sebesar 4.328.500 m³, di Kabupaten Lombok Tengah sebesar 10.200.000 m³, Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara sebesar 45.865 juta m³ dan Kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan dengan jumlah cadangan ratusan juta ton (Tushadi, 1990). Industri pemotongan dan pengolahan marmer secara keseluruhan di Indonesia menghasilkan limbah debu marmer ± 200.000 ton pertahun dari 2 juta m² marmer yang diproduksinya. (Suripto dkk., 2009). Marmer terbentuk dari hasil rekristalisasi batukapur (batu gamping) karena itu keberadaannya selalu berasosiasi dengan batukapur walaupun tidak setiap ada batukapur akan ada marmer. Mineral utama marmer adalah kalsit atau dolomit dan/atau kapur yang tersilifikasi, sehingga kadar silikanya tinggi. Potensi cadangan batukapur di Indonesia sangat besar diperkirakan 28,678 milyar ton, sebagian besar berada di Sumatera Barat dengan jumlah cadangan sebesar 23,23 milyar ton atau hampir 81% dari seluruh cadangan batukapur di Indonesia (Anonim, 2000).

Penelitian ini dimaksudkan untuk merealisasikan kebijakan pemerintah dalam pengelolaan limbah industri dan hilirisasi industri berbasis sumberdaya alam lokal, maka dilakukan upaya untuk mencari alternatif teknologi pemanfaatan limbah marmer dan batukapur seoptimal mungkin untuk pembuatan bata ekspose berbasis wolastonit sintetis. yang diharapkan dapat memberi nilai tambah.

Percobaan pemanfaatan limbah debu marmer dan abu terbang batubara untuk pembuatan ubin keramik pernah dilakukan pada tahun 2009 (Suripto, dkk., 2009). Komposisi bahan optimum yang ditemukan adalah 55% abu terbang batubara, 25% debu marmer dan 20% lempung Plered, pada suhu pembakaran 1180 °C. Ubin keramik yang dihasilkan memiliki karakteristik sebagai berikut : penyerapan air 22,18%, porositas 37,16%, permeabilitas 2,83 cc/jam.cm², kekerasan 4,5 skala Moh's, dan kuat lentur 74,21 kg/cm². Sarkar *et al.*, 2006 dalam penelitiannya membuat ubin keramik menggunakan debu marmer dari jenis

batukapur tersilifikasi dan abu terbang yang rendah kadar kapurnya, namun tinggi kadar aluminanya; dengan komposisi 75 % debu marmer dan 25 % abu terbang diperoleh ubin keramik pada suhu pembakaran 1200 °C ditahan selama 2 jam dengan porositas semu 45 % volume dan kekuatan tekan 15 MPa. Fasa mineral yang terbentuk adalah *anorthite*, kuarsa dan fasa gelas.

Dalam penelitian ini akan dicoba pembuatan bata ekspose berbasis wolastonit sintetis dengan memanfaatkan limbah debu marmer atau batukapur (batugamping) yang dicampur dengan silika halus. Proses sintering bodi keramik dimaksudkan untuk mendapatkan tingkat porositas; bila porositasnya < 5% termasuk bodi padat dan jika porositasnya 20 - 30 % termasuk bodi porus (Jianfeng *et al*, 2012). Dengan perkataan lain bodi keramik mempunyai tingkat porositas berkisar 5 – 30%. Sedangkan apabila ditinjau dari permeabilitas bodi terhadap penetrasi air, bodi keramik akan termasuk *permeable* atau dapat dirembesi air bila nilai penyerapan air diatas 20 % (SNI 0028-1987-A). Wolastonit (CaSiO₃) adalah salah satu mineral yang terbentuk dari campuran kalsium dan silika berwarna putih-krem, secara teoritis memiliki komposisi CaO = 48,3% dan SiO₂ = 51,7%. Sifat-sifat baik yang dimiliki antara lain sifat *heat loss* dan koefisien muai panjang yang rendah, susut bakar dan densitas yang relatif kecil, porositas yang besar namun masih memiliki kekuatan yang cukup baik pada kondisi sinter yang normal, serta memiliki sifat tahan api suhu rendah sehingga dapat digunakan sebagai bahan tahan api isolasi (Adylov *et al.* 2012). Wolastonit dapat diperoleh dari alam atau buatan maupun sintetis. Wolastonit alam umumnya berupa β-wolastonit yang sulit diperoleh dalam jumlah besar. Sedangkan wolastonit sintetis tergantung dari suhu pembakarannya yang dapat dibuat sebagai β-wolastonit atau sebagai α-wolastonit (*pseudowollastonite*) sesuai kebutuhan. *Pseudowollastonite* terdapat dalam bentuk struktur kristal *pseudo-hexagonal*, sedangkan β-wolastonit terdapat dalam bentuk struktur kristal triklin (Kushiro, 2001; Yamanaka dan Mori, 2000). Wolastonit yang lazim dipasaran adalah wolastonit sintetis dalam bentuk β-wolastonit (β-CaOSiO₂) yang mempunyai harga koefisien muai panjang jauh lebih rendah dibandingkan α-wolastonit. β-wolastonit akan

berubah menjadi α -wolastonit pada suhu 1125 °C dan α -wolastonit sudah mengalami peleburan pada suhu 1140°C (Sulistarihani 1994; Adylov *et al.*, 2012). Pembuatan β -wolastonit dipengaruhi oleh kualitas bahan baku, ukuran butir, kondisi pembakaran, jenis dan jumlah aditif atau dispersan yang ditambahkan (Sulistarihani, 1994). Jenis aditif anorganik yang sering dipakai di antaranya adalah *poly ethylene glycol*, *dextrin*, dan *dolapic CE 64*, *calgon*, atau SHMP (Nour *et al.*, 2007). Pencampuran antara kalsium (batu kapur atau marmer) dengan silika secara homogen sesuai rasio molar $\text{CaO} : \text{SiO}_2 = 1 : 1$, dan dibakar pada suhu antara 1000 – 1100 °C, dapat menghasilkan β -wolastonit dengan struktur mikro pori yang kuat (Demidenko dan Konkina, 2003).

METODE

Teknologi pembuatan bata ekspose berbasis bodi wolastonit pada prinsipnya mengatur komposisi bahan utama kalsium yaitu marmer atau batukapur bersama silika, dengan parameter perbandingan bahan utama dan variasi penambahan aditif pada temperatur *sintering* 1100 °C, ditahan selama 3 jam. Bahan limbah marmer dan batukapur yang digunakan berasal dari Citatah Jawa Barat, sedangkan pasir silika dari PT. Sibelco, Cikarang, Jawa Barat. Bahan aditif yang digunakan adalah *poly ethylene glycol* (PEG) dan *dextrin* (DEX) sebagai perekat serta *calgon* sebagai dispersan. Fungsi aditif adalah untuk mengatur pembentukan pori sehingga luas permukaan kontak menjadi lebih besar pada rentang suhu bakar 1000 -1150 °C. Rongga-rongga diantara butiran diharapkan membentuk struktur pori sehingga densitasnya menjadi ringan dengan kekuatan yang baik. Komposisi bahan utama marmer/kapur dan silika didesain berdasarkan perbandingan molar $\text{CaO} : \text{SiO}_2 = 1 : 1,20$.

Sebanyak 12 komposisi benda uji/bodi telah dipersiapkan dengan perbandingan bahan yang telah ditentukan (Tabel 1). Bahan-bahan tersebut dicampur merata dan dimasukkan ke dalam cetakan benda uji, kemudian ditekan dengan menggunakan *hydraulic press* pada

tekanan pembentukan 350 kg/cm². Benda-benda uji kemudian dikeringkan menggunakan *electric drying cabinet* selama 3 hari. Hari pertama dikeringkan pada suhu 75°C, hari kedua pada suhu 100°C, dan hari ketiga pada suhu 105°C. Setelah benda uji menjadi kering dilakukan pengukuran panjang dan lebarnya, untuk menghitung susut kering. Selanjutnya benda uji dibakar dalam tungku pembakaran pada suhu 1100 °C. Benda uji yang sudah dibakar selanjutnya dikarakterisasi fisis antara lain : susut bakar, penyerapan air, porositas, densitas, kuat tekan dan kekerasan. Uji kuat tekan dilakukan dengan alat *universal testing machine*. Selain itu dilakukan analisis kimia dan mineralogi terhadap benda uji. Analisis mineral dilakukan dengan alat X-RD untuk mengetahui intensitas fasa kristalin wolastonit yang terbentuk pada benda uji. Analisis rasional mineral dilakukan untuk mengetahui jumlah persen fasa mineral yang terbentuk secara kuantitatif. Pelaksanaan percobaan pembuatan bata ekspose berbasis wolastonit ini dapat dilihat pada diagram alir Gambar 1.

Tabel 1. Desain komposisi bodi

No	Kode komp. Bodi	Satuan, % Berat		
		Serbuk kapur/marmer	Serbuk silika	Aditif PEG/Dex
1	MP I	55	45	10
2	MP II	61	39	10
3	MP III	67	33	10
4	MD I	55	45	10
5	MD II	61	39	10
6	MD III	67	33	10
7	KP I	55	45	10
8	KP II	61	39	10
9	KP III	67	33	10
10	KD I	55	45	10
11	KD II	61	39	10
12	KD III	67	33	10

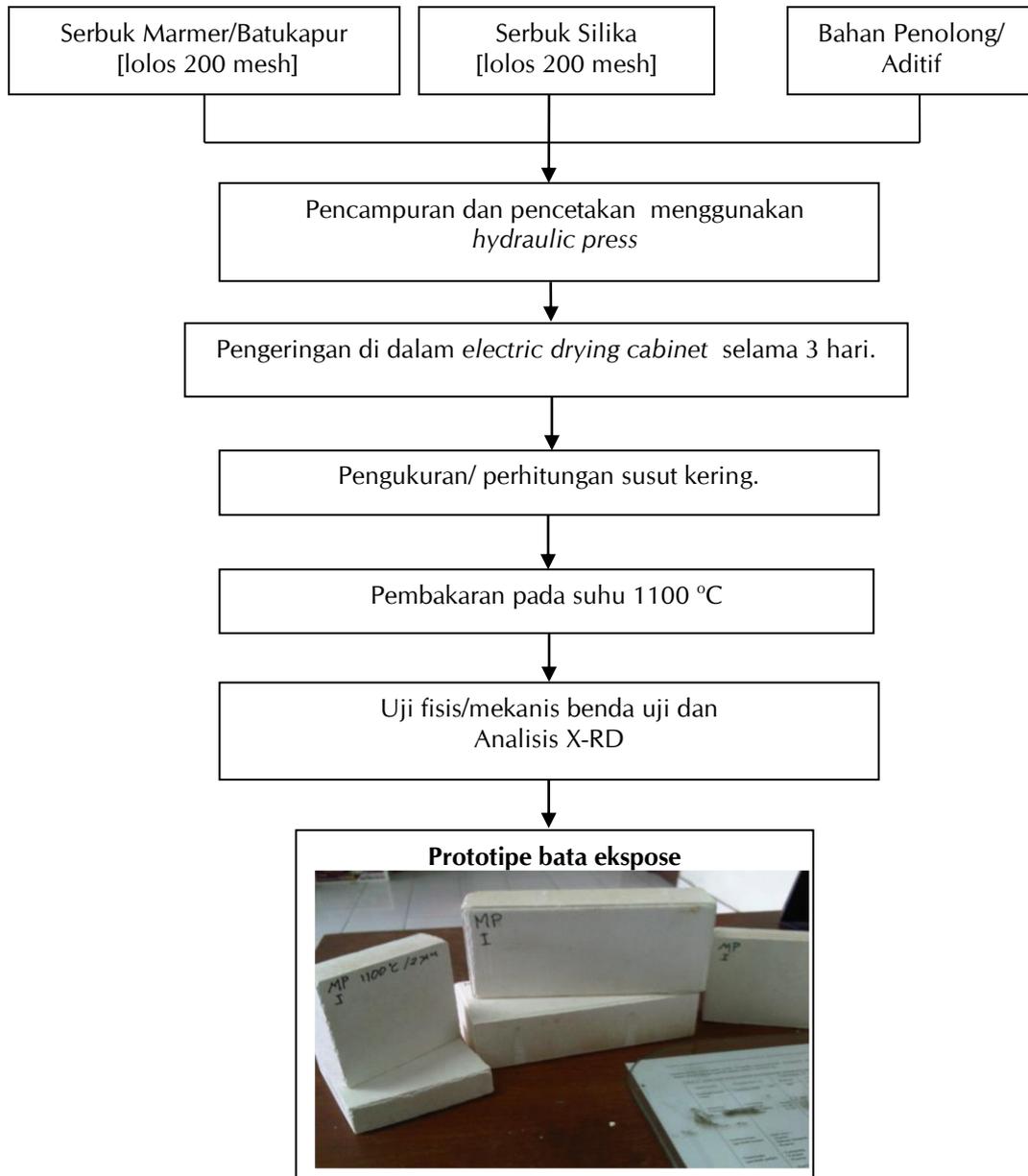
Keterangan :

MP = Marmer + PEG

MD = Marmer + DEX

KP = Kapur + PEG

KD = Kapur + DEX



Gambar 1. Diagram alir percobaan pembuatan Bata Ekspose Wolastonit

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisis dan Mekanis

Hasil uji fisis dan mekanis benda uji setelah dibakar pada suhu 1100 °C dapat dilihat pada Tabel 2. Variasi komposisi dan aditif ternyata tidak berpengaruh banyak terhadap perubahan susut kering dan susut bakar benda uji. Susut kering dan susut bakar rata-rata nilainya relatif kecil yaitu masing-masing sebesar 4,21% dan 2,14 %. Sedangkan penyerapan air berbanding lurus dengan

porositas, dengan kata lain semakin besar porositas benda uji maka semakin besar penyerapan airnya. Semakin banyak penambahan bahan utama kalsium (limbah marmer atau batukapur) pada komposisinya, cenderung menyebabkan semakin besar persentase porositas dan penyerapan airnya, hal ini disebabkan oleh jumlah bahan volatil (CO_2) yang dibebaskan lebih besar saat dibakar dan meninggalkan volume (pori) namun menyebabkan semakin kecil kekuatan mekanisnya (Jianfeng *et al.* 2012). Hasil pengujian terhadap benda uji MP I dan KP I

dengan komposisi bahan 55% Marmer atau Batu Kapur dan 45% Silika, dengan penambahan aditif *Poly Ethylene Glycol* (PEG) memberikan kuat tekan sedikit lebih tinggi dibanding dengan komposisi bodi lainnya, yaitu sebesar 12,7 Mpa untuk benda uji MP I dan sebesar 13,1 Mpa untuk benda uji KP I. Uji kekerasan bodi berdasarkan skala Moh's menunjukkan benda uji KP I dan MP I dengan komposisi optimal 55% kapur atau marmer dan 45% silika menghasilkan angka kekerasan 4 - 5 (skala Moh's) yang relatif lebih keras dibanding komposisi benda uji lainnya, hal ini disebabkan pada komposisi optimal tersebut telah terbentuk fasa mineral sekunder wolastonit pada suhu sintering 1100 °C sehingga berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan mekanis benda uji. Pada suhu sintering tersebut benda uji sudah sangat padat hal ini terbukti dari nilai kekuatan tekan sebesar > 100 kg/cm². Secara stoikiometri reaksi antara CaO dan SiO₂ pada suhu pembakaran 1125°C sudah terbentuk reaksi wolastonit (CaSiO₃) yang tertvitrifikasi secara sempurna (Philippe *et al.* 2007). Penambahan aditif PEG (*Poly Ethylene Glycol*) pada komposisi tersebut juga memberi pengaruh yang cukup signifikan terhadap kekuatan mekanis benda uji hingga dua kali lebih besar dibanding penambahan aditif Dextrin, karena PEG memiliki tingkat polimerisasi dan luas permukaan (*surface area*) yang lebih baik serta mudah larut dalam air dibanding Dextrin.

Menurut Philippe *et al.* 2007 pemakaian PEG dalam campuran komposisi bodi keramik sebanyak 2-3 % sudah berfungsi sangat baik sebagai *binder*.

Karakteristik Kimia dan Mineralogi

Hasil analisis kimia dari bahan baku yang digunakan untuk pembuatan bata ekspose berbasis wolastonit sintesis ini dapat dilihat pada Tabel 3, dan untuk komposisi benda uji dapat dilihat pada Tabel 4. Dari komposisi bahan baku menunjukkan bahwa debu marmer atau batu kapur yang digunakan termasuk batukapur kalsit dengan kadar CaO cukup tinggi mendekati 56 %. Demikian pula kandungan SiO₂ pada silika cersil cukup murni diatas 95 %. Kadar senyawa oksida besi (Fe₂O₃) dalam silika yang sangat kecil sebesar 0,07 %, tidak berpengaruh terhadap terbentuknya wolastonit (CaOSiO₂), meskipun terbentuknya senyawa CaO Fe₂O₃ sangat mungkin terjadi mulai suhu pembakaran 900 °C tetapi jumlahnya relatif sangat kecil, terbukti dari hasil pembakaran benda uji yang berwarna putih bersih.

Tabel 3. Komposisi Kimia Bahan Baku Utama

Satuan: %				
No.	Unsur Kimia	Debu marmer Padalarang	Kapur Padalarang	Silika Cersil
1	SiO ₂	1,04	1,58	96,97
2	Al ₂ O ₃	< LOD	< LOD	0,68
3	Fe ₂ O ₃	0,04	0,06	0,07
4	TiO ₂	< LOD	< LOD	0,11
5	CaO	55,34	53,52	0,56
6	MgO	0,25	0,98	0,54
7	Na ₂ O	0,25	0,22	0,17
8	K ₂ O	0,05	0,20	0,64
9	Hilang Pijar	43,03	43,20	0,26

Ket : *Limit Of Detection* (LOD): Al₂O₃ 0,17 %, TiO₂ 0,07 %

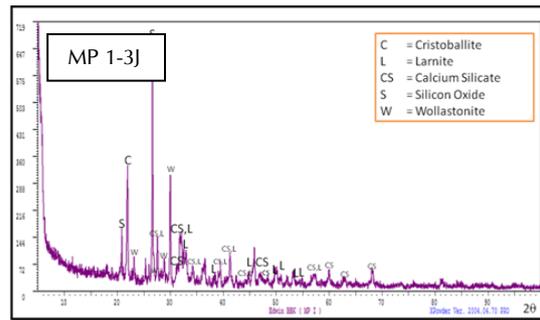
Tabel 2. Hasil uji fisis dan mekanis benda uji pada suhu pembakaran 1100 °C

Kode	Susut Kering (%)		Susut Bakar (%)		Penyerapan Air (%)	Porositas (%)	Densitas (g/cc)	Kuat Tekan (MPa)	Kekerasan (Moh's)
	SK pjg	SK lbr	SB pjg	SB lbr					
MP I	4	5	-1,92	-2,44	35,72	52,55	1,47	12,708	4
MP II	4,4	4,6	-2,64	-2,31	38,45	55,49	1,44	8,796	3 - 4
MP III	4	4,8	-2,25	-2,19	39,3	56,24	1,43	6,907	2 - 3
MD I	4,2	4,8	-2,08	-1,47	40	56,72	1,42	6,62	2 - 3
MD II	4,2	4,6	-2,01	-1,43	41,35	58,26	1,41	5,337	2 - 3
MD III	4	5	-0,1	-2,32	43,69	60,8	1,39	5,787	2 - 3
KP I	4,4	4,6	-2,92	-2,72	31,79	47,8	1,51	13,094	4 - 5
KP II	4,2	4,8	-2,84	-2,23	34,03	51,39	1,52	8,153	3 - 4
KP III	3,96	4,8	-2,21	-2,31	41,6	58,59	1,41	-	-
KD I	4,6	4,6	-2,48	-2,85	44,27	61,07	1,38	6,266	2 - 3
KD II	4,4	4,3	-2,09	-2,18	40,4	57,4	1,42	-	-
KD III	4,16	4,6	-2,13	-2,4	-	-	-	-	-

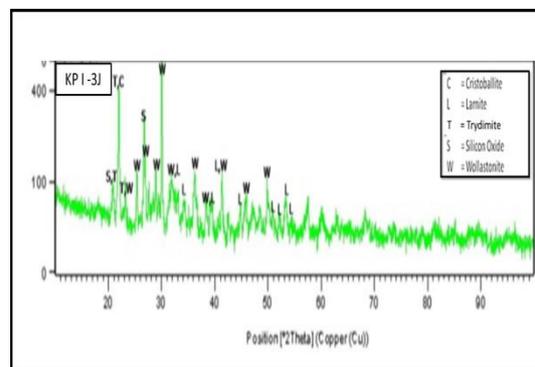
Tabel 4. Komposisi Kimia Benda Uji MP I dan KP I
Satuan: %

No.	Unsur Kimia	KP I	MP I
1	SiO ₂	56,0	55,67
2	Al ₂ O ₃	0,68	0,25
3	Fe ₂ O ₃	0,22	0,25
4	TiO ₂	0,05	0,03
5	CaO	37,81	39,88
6	MgO	0,40	0,13
7	Na ₂ O	2,25	1,75
8	K ₂ O	0,43	0,60
9	Hilang Pijar	2,16	1,18

Gambar 2 menunjukkan difraktogram hasil analisis XRD benda uji MP I setelah pembakaran pada suhu 1100 °C dengan penahanan selama 3 jam, terlihat fasa β-wolastonit yang terbentuk masih sangat kecil dengan intensitas yang lemah, hal ini disebabkan marmer berasal dari hasil rekristalisasi batukapur pada kondisi tekanan dan termal yang cukup tinggi sehingga struktur kristal marmer menjadi lebih stabil dibanding batukapur, hal ini diperkirakan akan mempengaruhi transformasi pembentukan mineral sekunder wolastonit. Berbeda dengan difraktogram hasil XRD benda uji KP I (Gambar 3) setelah pembakaran pada suhu yang sama, fasa β-wolastonit yang terbentuk lebih dominan dengan intensitas yang cukup tinggi meskipun masih tercampur SiO₂. Untuk mengetahui jumlah persen (%) fasa mineral yang terbentuk secara kuantitatif, digunakan metode analisis perhitungan rasional dengan menggabungkan hasil analisis XRD (Gambar 2 dan 3) dengan hasil analisis kimia (Tabel 4) yaitu dengan cara mengasumsikan bahwa jenis mineral yang terbentuk mempunyai rumus tertentu yang jumlah persen oksidanya dapat menentukan jumlah mineralnya (Sena da Fonseca, et al. 2013). Hasil analisis rasional pada Tabel 5 menunjukkan secara kuantitatif jumlah persen mineral yang terbentuk pada benda uji KP I dan MP I setelah dibakar pada suhu sintering 1100°C. Keberadaan wolastonit pada benda uji KP I lebih dominan hingga mencapai 80,02 % tanpa menyisakan residu kalsium silikat, diduga karena kandungan kalsium terhadap silikat dalam pembentukan fasa wolastonit lebih reaktif dibanding benda uji MP I dimana fasa wolastonit yang terbentuk hanya sebesar 41,84 % sehingga masih menyisakan residu kalsium silikat sebesar 41,84 %.



Gambar 2. Difraktogram hasil analisis X-RD untuk benda uji MP 1



Gambar 3. Difraktogram hasil analisis XRD untuk benda uji KP 1

Tabel 5. Analisis Rasional Mineral

No.	Komp. Mineral	Satuan : %	
		MP I	KP I
1	Wolastonit	41,84	80,02
2	Larnite	4,92	6,38
3	Kalsium Silikat	41,84	-
4	Kristobalit, Trydimit, Silicon Oksida	11,39	13,6

Nilai Ekonomi Bata Ekspose Wolastonit

Sebagai gambaran didasarkan atas hasil percobaan berdasarkan atas hasil pembuatan komposisi bodi atau bata ekspose wolastonit dengan cara pembentukan pres kering diperlukan pemakaian bahan baku (tepung kapur, silika dan bahan penolong) sebanyak 250 kg dengan biaya sebesar Rp.3.052.000,- . Selain itu diperlukan biaya utilitas dan upah langsung sebesar Rp.1.950.000,- sehingga total biaya langsung sebesar Rp.3.052.000,- + Rp.1.950.000,- = Rp. 5.002.000,- Untuk biaya tidak langsung seperti pemakaian bahan

bakar gas, penyusutan & pemeliharaan alat/mesin dan biaya administrasi yaitu sebesar Rp.2.550.000,-. Total biaya langsung dan tak langsung bata ekspose wolastonit adalah sebesar Rp.5.002.000,- + Rp. 2.550.000,- = Rp. 7.552.000,-. Dari total biaya tersebut diatas diperoleh perkiraan harga pokok produksi bata ekspose wolastonit sebesar Rp.7.552.000,- : 250 kg = Rp.30.208 per 10 buah atau Rp.3000,- per buah ukuran bata 20 x 10 x 5 cm. Sementara harga pasaran saat ini untuk bata sejenisnya seperti bata isolasi jenis samot mencapai lebih dari Rp. 10.000,- per buah. Oleh karena itu, pembuatan bata ekspose wolastonit yang bersifat *permeable* ini dapat dikembangkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Bata ekspose berbasis bodi wolastonit sintesis dapat dibuat dengan komposisi optimum campuran bahan 55% serbuk marmer/batukapur dan 45% silika dengan kadar air 8 %, suhu bakar 1100 °C ditahan selama 3 jam. Peningkatan pertumbuhan fasa mineral wolastonit pada suhu pembakaran optimal 1100 °C memberi pengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan mekanis bodi. Nilai penyerapan air diatas 20 % menunjukkan bodi keramik bersifat *permeable* atau dapat dirembesi air sesuai persyaratan SNI 0028-1987-A.

Karena ketersediaan bahan baku yang berlimpah di Indonesia, selain digunakan untuk dinding bangunan dapat dikembangkan pula sesuai kebutuhan antara lain untuk *pedestrian* atau jalan taman yang dapat menyerap air dan untuk bata isolasi jenis samot dalam tungku pembakaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada anggota tim peneliti dan perekayasa di Balai Besar Keramik atas kerjasamanya dan kepada redaksi Jurnal Tekmira yang telah banyak membantu hingga dimuatnya karya tulis ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adylov G.T, Voronov G.V, Gamostaeva S.A, Kulagiva N.A, Mansurova E.P, Rumi M.Kh.

2012. Use of wollastonite from the Koitashskae Deposit in the Production of lining bricks, *Journal of Refractories and Industrial Ceramics*, 43[11], pp.359-361.

SNI 0028-1987-A, Badan Standar Nasional Indonesia.

Demidenko, N.I. and Konkina, E.S. 2003. Sintering of Ceramic Mixtures Based on Natural Wollastonite, *Glass and Ceramics* 6 [1/2], pp.17-18.

Philippe Boch and Jean Claude Niepce, 2007. *Ceramics Materials, Process, Properties and Applications*, Penerbit ISTE. Ltd., USA, pp.184-187.

Jianfeng W.U, Guanghui LENG, Xiaohong XU, Yaxiang ZHANG, Xinbin LAO, Li Kun. 2012. Preparation and Properties of Ceramic Facing Brick from East Lake Sediment, *Journal of Wuhan University of Technology Material Science*, Volume 27, Issue 1, pp.154-159.

Kushiro, L., 2001. Wollastonit -pseudowollastonite inversion, *Year Book - Carnegie Inst.* Washington 63, pp. 83 – 84.

Nour, W.M.N, Mostofa A.A, Ibrahim, D.M. 2007. Ceramics on Synthetic Wollastonite, *Interceram*, Vol.56 [6], pp. 424 - 428.

Sulistarihani, N., 1994. Pembuatan Wolastonit dengan cara pembakaran, *Prosiding Seminar Hasil Litbang Industri Keramik*, Balai Besar Keramik, hal. 21-29.

Sarkar R, Das S.K, Mandal P.K, Maiti H.S. 2006. Phase and Microstructure Evolution During Hydrothermal Solidification of Clay-Quartz Mixture with Marble Dust Source of Reactive Lime, *Journal of European Ceramics Society*, 26, pp.297-304.

Suripto, Pujiono dan Muchtar, 2009. Pemanfaatan Limbah Abu Terbang Batu Bara dan Limbah Debu Marmer Untuk Bahan Baku Pembuatan Ubin Keramik, *Jurnal Keramik & Gelas Indonesia*, Vol. 18 No. 1, hal. 50 – 60.

Sena da Fonseca B, Simao JAR, Galhano C. 2013. Effect of Coastal Environment in Clay Facing Bricks and Roof Tiles, *Annual International Interdisciplinary Conference, AIIC*, 24-26 April, Azores-Portugal, pp. 145.

Tushadi, 1990. *Bahan Galian Industri Indonesia*, Direktorat Sumberdaya Mineral, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi, hal 4-23.

Yamanaka, I., Mori, H., 2000. *The structure and polytypes of Alpha CaSiO₃ (Pseudowollastonite)*. *Acta. Crystallogr. Sect.B, Struct. Crystallogr. Chem.* B37, pp.1010-1017.