

PENGEMBANGAN ZEOKERAMIK BERBAHAN BAKU LIMBAH PADAT INDUSTRI SEBAGAI BAHAN BANGUNAN RAMAH LINGKUNGAN

Danang Nor Arifin¹ dan Priyo Hartanto¹

¹UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI
Jl. Cihaur No.2 Desa Kertajaya, Kec. Simpenan, Kab. Sukabumi
E-mail : Danang_NA@yahoo.com

Sari

Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI telah memperoleh formula komposit keramik yang disebut zeokeramik. Namun, formula tersebut belum diterapkan pada masyarakat industri. Bahan baku utama (sebagai matrik), yaitu: zeolit (Zeo) limbah industri pertambangan zeolit di Sukabumi dan samod (SM) limbah industri genteng di Palimanan yang digunakan sebagai bahan pembanding. Sebagai bahan pengisi yaitu *fly ash* (FA) dari limbah PLTU Suralaya dan abu sekam padi (RHC) limbah dari industri penggilingan padi di Majalaya. Metode pembuatan produk prototipe dengan tahapan: persiapan bahan, formulasi dan pencampuran, pencetakan, pengeringan dan pemanasan dalam oven. Enam jenis formula (komposisi bahan), yaitu: komposisi A (Zeo, FA, RHC), komposisi B (Zeo, FA), komposisi C (SM, FA), komposisi D (SM, FA, RHC), komposisi E (SM, FA, RHC), dan komposisi F (Zeo, FA, RHC). Keenam komposisi dicetak menggunakan alat tekan secara manual dengan bentuk dan ukuran standar matras yang digunakan. Kemudian dikeringkan dan dipanaskan pada suhu 150°C dalam oven selama 24 jam. Pengamatan visual dari produk prototipe, menunjukkan bahwa produk berbahan baku zeolit memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan produk yang terbuat dari samod. Kelebihan produk berbahan baku zeolit terutama dalam hal estetika dan berat jenis rendah atau relatif lebih ringan dan kemampuan untuk menyerap dan lulus air (permeabilitas tinggi). Penambahan volume RHC sekitar 50-10% dapat meningkatkan kuat tekan, tetapi jika lebih dari 10% dapat mengakibatkan perubahan presisi, bahkan retak atau rusak. Mengingat prototipe produk menggunakan bahan baku limbah padat industri, sehingga dapat dianggap sebagai bahan bangunan ramah lingkungan.

Kata kunci : Zeokeramik, limbah padat industri, bahan bangunan, ramah lingkungan.

Abstract

Research Center for Geotechnology LIPI has obtained ceramic composite formula called zeoceramics. However, this formula has not been applied to industrial society. The main raw material (as the matrix), namely: zeolite (Zeo) which is a waste of zeolite mining industry in Sukabumi and samod (SM) in Palimanan tile industrial waste used as comparative material. As a filler material is fly ash (FA) from Suralaya waste and rice husk ash (RHC) waste from rice milling industry in Majalaya. Method for making prototype products in phases: preparation of materials, formulation and mixing, molding, drying and heating in the oven. Six types of formula (composition), namely: composition A (Zeo, FA, RHC), composition B (Zeo, FA), composition C (SM, FA), composition D (SM, FA, RHC), composition E (SM, FA, RHC), and the composition F (Zeo, FA, RHC). The six compositions are pressured using a press tool manually with the mattress standard shapes and sizes that are used. Then dried and heated at 150°C in the oven for 24 hours. Visual observations of the prototype product, indicating that the zeolite based products give better results when compared to products made from raw samod. The excess of zeolite based products especially in terms of aesthetics and low density or relative is lighter

and its ability to absorb and pass water (high permeability). Addition of RHC approximately 50-10% volume can increase the compressive strength, but if more than 10% can result in a change of precision, even cracked or broken. Considering the prototype product using raw materials industrial solid waste, so it can be regarded as environmentally friendly building materials.

Keyword: *Zeoceramics, solid waste industry, building materials, eco-friendly*

PENDAHULUAN

Melimpahnya bahan baku, seperti limbah padat hasil penambangan zeolit di daerah Sukabumi, limbah industri genteng (samod) di daerah Palimanan dan abu sekam padi (RHC, *Rice Hush Carbon*) di daerah Majalaya belum dimanfaatkan secara optimal merupakan peluang yang cukup menjanjikan untuk mengembangkan hasil penelitian zeokeramik.

Pengembangan bidang kajian yang lebih spesifik seperti pengelolaan sumberdaya bahan galian atau mineral berwawasan lingkungan dapat dilakukan melalui rekayasa mineral/material. Beberapa variasi komposisi bahan yang dibentuk dalam benda coba telah dilakukan pengujian sifat-sifat fisik dan mekaniknya. Hasil pengujian terhadap benda coba tersebut, diantaranya memperlihatkan bahwa zeolit sebagai matrik mempunyai bobot isi ($1,3 - 1,5 \text{ kg/cm}^3$), % penyerapan air (20-25 %), dan kuat tekan ($100 - 150 \text{ kg/cm}^2$). Sedangkan samod sebagai matrik mempunyai bobot isi ($1,5 - 2,0 \text{ kg/cm}^3$), % penyerapan air ($< 10 \%$), dan kuat tekan ($100 - 150 \text{ kg/cm}^2$) (Sumarnadi, 2002; 2007). Berdasarkan karakteristik benda coba tersebut, pengembangan pemanfaatan selanjutnya akan ditindak lanjuti dengan cara memvisualisasikan ke dalam bentuk prototipe produk yang dilakukan di UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon- LIPI, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Permasalahannya adalah sejauh mana formula zeokeramik tersebut dapat divisualisasikan ke dalam bentuk prototipe produk sehubungan dengan adanya perbedaan bentuk dan ukuran. Sebagai hipotesis dalam kegiatan pengembangan ini bahwa dengan pemilihan parameter yang tepat dan dengan mengacu formula zeokeramik dapat dibentuk prototipe produk *paving block* dan bata ringan berbahan baku limbah padat industri, yang dapat digunakan sebagai bahan lantai atau dinding bangunan.

Maksud dari kegiatan pengembangan ini adalah upaya dalam rangka mengimplementasikan antara produk penelitian dengan aplikasinya disamping untuk meraih peluang pasar.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari kegiatan pengembangan ini adalah untuk memperoleh prototipe produk berupa *paving block* dan bata ringan yang dapat digunakan sebagai bahan untuk lantai dan/atau dinding bangunan yang ramah lingkungan. Oleh karena itu kegiatan pengembangan ini menjadi penting untuk dilakukan karena selain pemanfaatan limbah juga untuk perlindungan lingkungan. Hasil prototipe produk tersebut selanjutnya juga akan dilakukan kajian kelayakan, baik dari aspek teknis, ekonomi maupun aspek lingkungan pada kegiatan pengembangan mendatang. Prototipe produk tersebut pada akhirnya dapat diimplementasikan ke masyarakat industri guna terciptanya kerjasama yang saling menguntungkan.

METODOLOGI

Landasan Teori

Secara umum zeokeramik menjadi keras dan kuat disebabkan oleh adanya ikatan kimia pada proses pemanasan. Ikatan kimia atau ikatan antar atom dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan logam dan ikatan *van der wals*. Zeokeramik pada

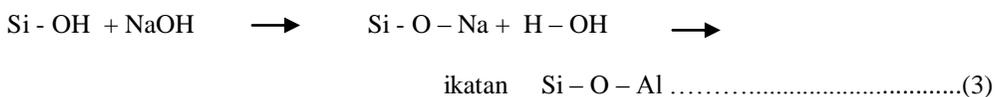
umumnya mempunyai ikatan ion, ikatan kovalen dan ikatan antara keduanya. Ikatan ion disebabkan oleh gaya tarik menarik elektrostatis atau bertambahnya elektron pada atom. Sedangkan ikatan kovalen adalah ikatan atom yang memakai elektron secara bersama. Kedua ikatan ini memberikan sifat yang mengarah pada kekuatan dan membentuk struktur kristal yang tidak sederhana. Ikatan kovalen sangat kuat sehingga kristalnya bersifat sangat keras. Baik ikatan ion maupun ikatan kovalen dapat memberikan sifat mekanik yang kuat dan keras (Surdia T dan Saito S, 1995).

Sedangkan mekanisme terjadinya ikatan ion dapat dijelaskan melalui persamaan berikut :

Ikatan Si-O tanpa kation :



Ikatan Si-O dengan kation :



Ikatan Si - O dari bahan yang akan direkat bereaksi dengan H - OH dari perekat dan akan membentuk ikatan silanol Si - OH. Ikatan Si - OH ini melepaskan ion H⁺ dan digantikan oleh ion Na⁺ dari NaOH (perekat) membentuk Si - O - Na (pertukaran kation), dengan cara yang sama Al dari *fly ash* membentuk ikatan Si - O - Al yang keras sehingga bodi keramik menjadi kuat (Estiaty L.M, 2003). Ketika memvisualisasikan formula kedalam bentuk prototipe produk, kemungkinan terjadinya penurunan kualitas seperti cacat struktur atau perubahan tingkat presisi baik bentuk maupun ukuran dapat diatasi dengan cara :

1. Peningkatan jumlah ikatan kimia (ikatan ion, ikatan kovalen dan ikatan antara keduanya) bodi keramik: Secara kimia, penguatan bodi keramik dapat terjadi karena bertambahnya ikatan kimia antara fasa penguat (*fly ash* dan *water glass*) terhadap fasa matrik (zeolit) yang kompatibel, sedangkan angka muai penguat harus lebih besar atau sama dengan angka muai matriknya. Kondisi tersebut diperlukan untuk menghindari adanya cacat struktur yang akan berpengaruh terhadap kekuatan mekanik zeokeramik.
2. Peningkatan kuat tekan dan kuat lentur secara bersamaan : Secara teoritis kuat tekan dan kuat lentur bodi keramik pada umumnya tidak sejalan, namun demikian penambahan sejumlah abu sekam padi (RHC, *rice husk carbon*) diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur, atau paling tidak dapat mempertahankan kuat tekannya akibat perubahan komposisi bodi keramik. Sedangkan secara mekanis, penguatan dapat terjadi oleh karena fasa yang dapat berubah bentuknya tidak dapat mengalami perubahan regangan tersendiri tanpa perubahan bentuk fasa lainnya. Jika bahan komposit keramik ini mengalami tegangan, maka matrik dan *filler* harus dapat dideformasi bersamaan, meskipun keduanya mempunyai *modulus elasticity* yang jauh berbeda. Oleh karena itu, fasa yang memperkuat harus mempunyai *modulus elasticity* yang lebih tinggi, sehingga dapat menanggung beban tambahan. Menurut Van Vlack dan Djaprie (1983), ada 2 (dua) hal yang harus diperhatikan pada saat meneruskan (transfer) beban. Pertama, bahwa ikatan antara kedua bahan harus cukup baik untuk mendukung tegangan geser. Kedua, bahwa penguatan akan efektif jika penguatan secara kontinyu. Ketidaksinambungan setempat dapat menimbulkan gangguan dalam meneruskan beban ke matrik yang lebih lemah. Sebagai akibat, matrik yang akan

berubah bentuk. Sementara beban gaya geser, dipikul oleh adanya ikatan kimia bukan oleh ikatan mekanis.

3. Mengatasi atau meningkatkan peredaman tegangan terkonsentrasi pada bodi keramik: Kunci utama untuk mengatasi atau meningkatkan peredaman tegangan terkonsentrasi pada bodi keramik adalah memperkecil ukuran butir dan pada kondisi sinter bentuk kristal yang terbentuk tetap dipertahankan agar jangan sampai mengglas. Ukuran butir yang halus dapat mencegah terjadinya perambatan retakan (*crack*), demikian juga jika terbentuk gelas maka retakan lokal akan menjalar melalui gelas tersebut.

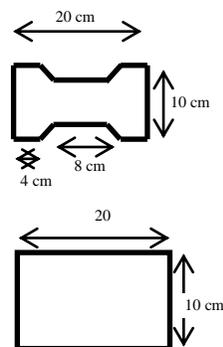
Bahan dan Peralatan

Bahan baku utama (sebagai matrik) yakni: zeolit (ZEO) yang merupakan limbah padat industri pertambangan zeolit di daerah Sukabumi dan samod (SM) merupakan limbah padat industri genteng di daerah Palimanan digunakan sebagai bahan pembanding. Pemilihan zeolit didasarkan pada sifat zeolit yang berongga, memiliki ukuran pori tertentu yang dapat digunakan sebagai penyaring molekul, penukar ion maupun sebagai penyerap. Namun yang penting adalah bagaimana membentuk struktur pori (*porous*) yang menerus (*open pore struktur*), sehingga air dapat dialirkan dari permukaan bidang satu ke permukaan bidang yang berseberangan. Demikian pula samod, juga bersifat higroskopis atau menyerap air, sehingga akan mempermudah terjadinya ikatan fisik terhadap bahan perekat (*binder*). Sebagai bahan pengisi (*filler*), 2 (dua) jenis bahan, yakni: *fly ash (FA)* merupakan limbah padat industri PLTU Suralaya dan abu sekam padi (RHC, *rice husk carbon*) merupakan limbah padat industri penggilingan padi di daerah Majalaya. Kedua jenis bahan tersebut juga bersifat higroskopis dan mengandung silika cukup tinggi, sehingga mempermudah dalam proses pengikatan baik secara fisik maupun secara kimia (ikatan ion dan ikatan kovalen). Dengan demikian, kedua jenis bahan tersebut setelah ditambah bahan pengikat (BP) dan air setelah dicetak dan dikeringkan dapat berfungsi sebagai material pengikat.

Sedangkan jenis peralatan yang digunakan adalah alat cetak tekan yang dioperasikan secara manual, alat tersebut dilengkapi dengan beberapa jenis matras sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan (Gambar 1). Peralatan lainnya berupa alat pengukur volume, timbangan dan peralatan untuk pencampuran dan pengadukan serta *oven* sebagai alat pengering.



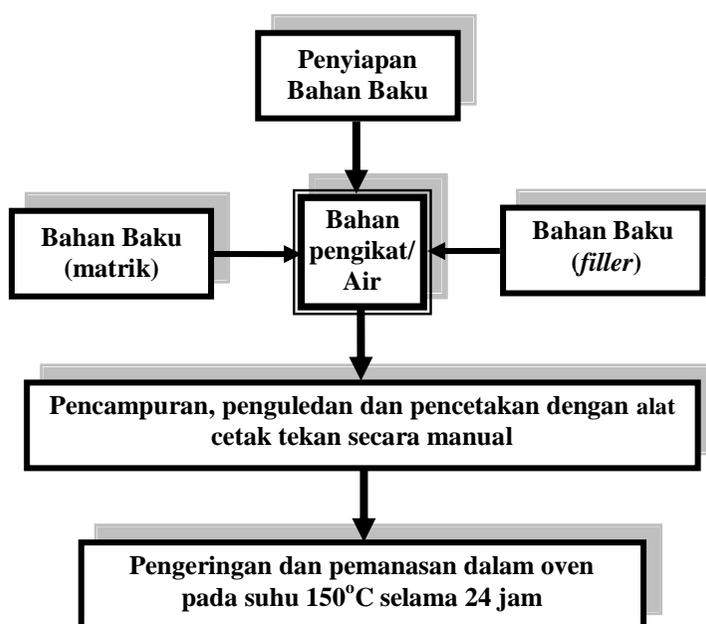
Dimensi ukuran :



Gambar 1. Alat cetak tekan dan dimensi ukuran matras prototipe produk

Metoda

Metoda pembentukan prototipe produk dilakukan dengan tahapan seperti diperlihatkan pada bagan alir Gambar 2. Penyiapan bahan baku dilakukan dengan proses peremukan (*crushing*) dan penyaringan (*screnning*). Ukuran butir bahan baku (matrik) bervariasi, yakni: kategori kasar (-4+16 mesh), sedang (-16+30 mesh) dan halus (-30+65 mesh) sangat halus (-65 mesh). Sedangkan ukuran butir bahan pengisi (*filler*), adalah lolos saringan -200 mesh untuk mempermudah terjadinya ikatan ion (kimia). Komposisi bahan baku diatur dengan mengacu hasil penelitian sebelumnya, yang mencerminkan perbedaan masing-masing komposisi bahan baku berdasarkan perbandingan antara rasio: Solid/Liquid, sedangkan nilai rasio: BP/AIR dibuat sama (seragam). Demikian pula perlakuan pencampuran dan pencetakan dengan tekanan yang relatif sama. Pengeringan dilakukan pada kondisi kering udara dan sebagian contoh dilanjutkan dengan proses pemanasan dalam oven pada suhu 150°C selama 24 jam. Hasil pencetakan akan diobservasi mengenai bobot isi, presisi dan cacat struktur baik pada saat pengeringan maupun setelah pemanasan.



Gambar 2. Bagan alir pembentukan prototipe produk

HASIL DAN PEMBAHASAN

Formulasi prototipe produk :

Dasar pemilihan formula bahan baku prototipe produk mengacu hasil penelitian terdahulu (Agustinus, 2007) yang menunjukkan bahwa Rasio antara: BP/AIR = 4/1 dan Rasio antara: Solid/Liquid = 5/1 memberikan sifat-sifat fisik dan mekanik yang cukup baik. Oleh karena itu, formula (komposisi bahan) dalam pembuatan prototipe ini dapat divariasikan menjadi 6 (enam) formula seperti disajikan pada Tabel 1. Selanjutnya formula tersebut akan divisualisasikan dalam bentuk prototipe produk untuk mengetahui kualitas produk melalui observasi proses pembentukan hingga terbentuknya prototipe produk.

Tabel 1. Komposisi Bahan Baku *Paving Block* *)

No.	Kode	Matrik		Filler		Liquid		Rasio	
		ZEO	SM	FA	RHC	BP	AIR	S/L	BP/AIR
1	A	8,5	-	3,5	1	2	0.50	5,2/1	4/1
2	B	8	-	5	-	2	0.50	5,2/1	4/1
3	C	-	6	5	1	2	0.50	4,8/1	4/1
4	D	-	8	5	-	2	0.50	5,2/1	4/1
5	E	-	5	5	2	2	0.50	4,8/1	4/1
6	F	4,75	-	0,25	-	1	0.25	4,0/1	4/1

*) Semua satuan ukuran volume dalam liter

Pembentukan prototipe produk :

Proses pembentukan dilakukan secara manual, fenomena diamati semenjak mulai dari proses penyiapan alat, pencampuran bahan baku, pengisian dan pencetakan, pengeringan udara hingga pembakaran dalam oven. Hasil pembentukan prototipe produk, baik berbentuk *paving block* maupun bentuk bata seperti disajikan pada Gambar 3. Pada gambar tersebut memperlihatkan gambaran tentang beberapa jenis bentuk dari komposisi bahan, termasuk observasi terhadap prototipe produk yang mengalami cacat struktur. Mengacu hasil penelitian Sumarnadi (2002) bahwa bata keramik berbahan baku agregat pada umumnya mempunyai kemampuan untuk meloloskan air. Walaupun demikian, observasi masih terbatas pada proses pembentukan prototipe produk, sementara untuk pengukuran terhadap kemampuan meloloskan air (permeabilitas) akan dilakukan pada program pengembangan berikutnya.



Gambar 3. Foto prototipe produk berbentuk *paving block* dan bentuk bata

Observasi prototipe produk :

Berdasarkan observasi secara visual hasil pembentukan prototipe produk terhadap 6 (enam) jenis formula (komposisi bahan) dijelaskan sebagai berikut :

1. Komposisi A :

Komposisi A berbahan baku utama adalah zeolit sebagai matrik dengan variasi ukuran butir terdiri dari 5 liter berbutir halus (-30 + 65 mesh), 1 liter berbutir sedang (- 16 + 30 mesh) dan 2,5 liter berbutir kasar (- 4 + 16 mesh), sedangkan bahan pengisi berupa 3,5 liter Fly Ash (FA)

dan 1 liter *rice husk carbon (RHC)*. Rasio antara Bahan Pengikat (BP) / Air = 4/1, atau terdiri dari 2 liter BP dan 0,5 Air. Dengan demikian rasio : Solid/Liquid = 13/2,50 atau sekitar 5,2/1.

Hasil observasi terhadap kedua jenis bentuk dan ukuran komposisi A seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil observasi prototipe produk komposisi A **)

No	Bentuk	Tebal (cm)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Bobot isi (gram/cm ³)	Diskripsi
1		5,5	990	1150	1,16	Bentuk struktur relatif halus, butiran antar material terlihat jelas Sudut tercetak halus, profil terbentuk jelas Pori - pori kecil
2		5,0	1260	1300	1,03	

***) Kondisi setelah pemanasan dalam oven

2. Komposisi B :

Komposisi B terdiri dari 8 liter zeolit sebagai matrik dengan ukuran butir relatif kasar (-4 +16 mesh), sedangkan bahan pengisi berupa 5 liter *Fly Ash (FA)*. Rasio antara Bahan Pengikat (BP) / Air = 4/1, atau terdiri dari 2 liter BP dan 0,5 Air. Dengan demikian rasio : Solid/Liquid = 13/2,50 atau sekitar 5,2/1. Hasil observasi terhadap kedua jenis bentuk dan ukuran komposisi B seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil observasi prototipe produk komposisi B **)

No	Bentuk	Tebal (cm)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Bobot isi (gram/cm ³)	Diskripsi
1		5,0	900	1050	1,16	Bentuk agak kasar. Profil kurang jelas karena besarnya material penyusun Sudut tercetak jelas. Pori -pori kasar s/d halus
2		5,0	1260	1350	1,07	

***) Kondisi setelah pemanasan dalam oven

3. Komposisi C :

Komposisi C berbahan baku utama adalah samod sebagai matrik dengan variasi ukuran butir terdiri dari 2 liter berbutir sangat halus (- 100 mesh), 1 liter berbutir halus (-30 + 65 mesh), 1 liter berbutir sedang (- 16 + 30 mesh) dan 1 liter berbutir relatif kasar (- 4 + 16 mesh), sedangkan bahan pengisi berupa 5 liter *Fly Ash (FA)* dan 1 liter *rice husk carbon (RHC)*. Rasio antara *Bahan Pengikat (BP)* / Air = 4/1, atau terdiri dari 2 liter BP dan 0,5 Air. Dengan demikian rasio: Solid/Liquid = 12/2,50 atau sekitar 4,8/1. Hasil observasi terhadap jenis bentuk dan ukuran komposisi C seperti disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil observasi prototipe produk komposisi C)**

No	Bentuk	Tebal (cm)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Bobot isi (gram/cm ³)	Diskripsi
1		5,5	990	1450	2.15	Bentuk struktur relatif halus, butiran antar material terlihat jelas. Sudut tercetak halus, profil terbentuk
2		5,0	1260	1650	1.72	

***) Kondisi setelah pemanasan dalam oven

4. Komposisi D :

Komposisi D terdiri dari samod sebagai matrik, 2 liter berbutir halus (-30 + 65 mesh), 3 liter berbutir sedang (- 16 + 30 mesh) dan 3 liter berbutir relatif kasar (- 4 + 16 mesh), sedangkan bahan pengisi berupa 5 liter *Fly Ash (FA)*. Rasio antara *Bahan Pengikat (BP)* / Air = 4/1, atau terdiri dari 2 liter BP dan 0,5 Air. Dengan demikian rasio : Solid/Liquid = 13/2,50 atau sekitar 5,2/1. Hasil observasi terhadap kedua jenis bentuk dan ukuran komposisi D seperti disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil observasi prototipe produk komposisi D)**

No	Bentuk	Tebal (cm)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Bobot isi (gram/cm ³)	Diskripsi
1		5,9	1062	1600	1,51	Bentuk agak kasar. Profil kurang jelas karena besarnya material penyusun Sudut tercetak jelas. Pori -pori kasar s/d halus
2		5,5	1386	1750	1,59	

***) Kondisi setelah pemanasan dalam oven

5. Komposisi E :

Komposisi E terdiri dari 5 liter samod sebagai matrik dengan ukuran butir relatif kasar (- 4 + 16 mesh), sedangkan bahan pengisi berupa 5 liter *Fly Ash (FA)* dan 2 liter *rice husk carbon (RHC)*. Rasio antara Bahan Pengikat (BP) / Air = 4/1, atau terdiri dari 2 liter BP dan 0,5 Air. Dengan demikian rasio: *Solid/Liquid* = 12/2,50 atau sekitar 4,8/1. Hasil observasi terhadap jenis bentuk dan ukuran komposisi E seperti disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil observasi prototipe produk komposisi E^{})**

No	Bentuk	Tebal (cm)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Bobot isi (gram/cm ³)	Diskripsi
1		5,9	1062	1600	1,51	Bentuk struktur relatif kasar. Butiran material pembentuk kasar Sudut tercetak halus.
2		5,5	1386	1650	1.30	Profil terbentuk jelas Pori - pori kecil Retakan 14 cm di sisi samping

^{**}) *Kondisi setelah pemanasan dalam oven*

6. Komposisi F :

Komposisi F berbahan baku utama adalah zeolit sebagai matrik dengan variasi ukuran butir terdiri dari 2,5 liter berbutir halus (-30 + 65 mesh), 1,5 liter berbutir sedang (-16 + 30 mesh) dan 1,25 liter berbutir kasar (- 4 + 16 mesh), sedangkan bahan pengisi berupa 0,25 liter *Fly Ash (FA)*. Rasio antara Bahan Pengikat (BP) / Air = 4/1, atau terdiri dari 1 liter BP dan 0,25 Air. Dengan demikian rasio: *Solid/Liquid* = 5/1,25 atau sekitar 4,0/1. Hasil observasi terhadap kedua jenis bentuk dan ukuran komposisi F seperti disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil observasi prototipe produk komposisi F^{})**

No	Bentuk	Tebal (cm)	Volume (cm ³)	Berat (gram)	Bobot isi (gram/cm ³)	Diskripsi
1		6,5	1170	1250	1.14	Bentuk relatif halus Pori -pori sedang Sudut tercetak jelas tetapi ada yang kasar
2		5,5	1386	1450	1.09	Profil tercetak jelas

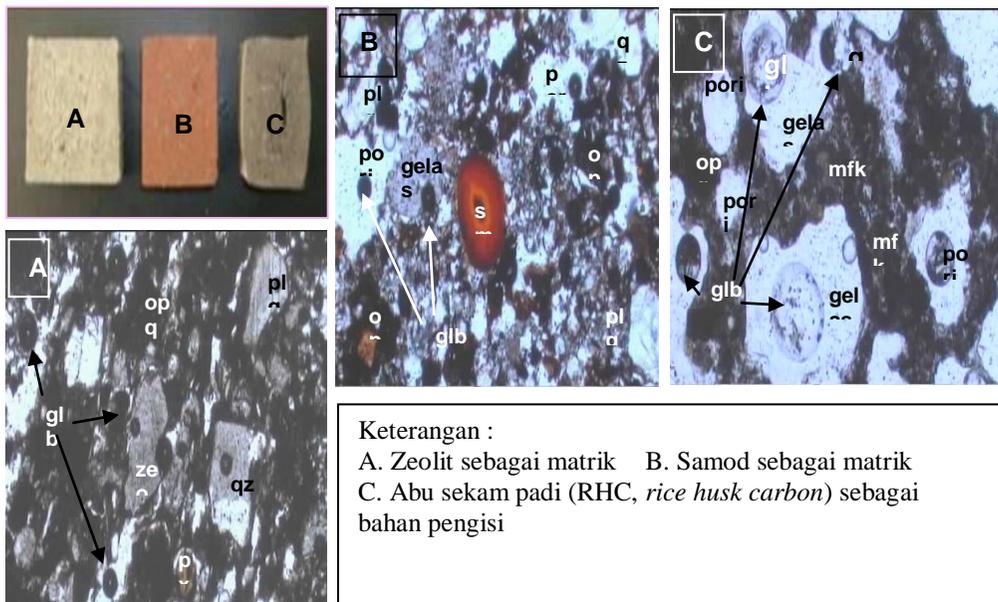
^{**}) *Kondisi setelah pemanasan dalam oven*

Walaupun secara kasar, nilai bobot isi zeolit sebagai matrik menunjukkan nilai bobot isi yang relatif ringan, yakni sekitar 1,16 gram/cm³, demikian pula pada penambahan abu sekam padi (*RHC, rice husk carbon*). Penambahan abu sekam padi lebih dari 10 %, dapat mengakibatkan cacat struktur, seperti perubahan presisi, retak bahkan hingga mengakibatkan pecah. Sedangkan

nilai bobot isi samod sebagai matrik memperlihatkan nilai bobot isi relatif lebih besar, yakni mencapai antara 1,5 – 2,15 gram/cm³.

Hasil observasi berdasarkan analisis mikroskop terhadap 3 (tiga) contoh sayatan tipis benda coba (lihat Gambar 4) menunjukkan bahwa :

- Zeolit sebagai matrik memperlihatkan adanya struktur menerus, baik pori maupun gelembung yang terbentuk.
- Samod sebagai matrik, terdapat sedikit gelembung dan pori dan relatif lebih padat sehingga mempunyai nilai bobot isi lebih besar.
- Abu sekam padi (*RHC, rice husk carbon*) sebagai bahan pengisi, walaupun terbentuk banyak gelembung yang cukup besar sehingga nilai bobot isi relatif lebih kecil, namun karena berdiri sendiri atau secara terpisah sehingga tidak ada struktur menerus antar gelembung tersebut.



Gambar 4. Foto mikrograf pada sayatan tipis benda coba

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembentukan prototipe produk berupa *paving block* dan bata maupun hasil observasi menunjukkan bahwa :

- Pada prinsipnya keenam formula (komposisi bahan) dapat divisualisasikan baik ke- dalam bentuk *paving block* maupun bata.
- Prototipe produk berbahan baku (matrik) zeolit pada umumnya mempunyai nilai estetika lebih baik dan nilai bobot isi lebih rendah (1,03 gram/cm³) jika dibandingkan dengan prototipe produk berbahan baku (matrik) samod (2,15 gram/cm³) .
- Penambahan abu sekam padi (*rice husk carbon, RHC*) lebih dari 10 % volume dapat mengakibatkan terjadinya cacat struktur (retak atau pecah).

Guna mengetahui sampai sejauhmana kemampuan prototipe produk tersebut untuk meloloskan air disarankan untuk melakukan uji permibialitas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ir. Eko Tri Sumarnadi Agustinus, M.T. atas diskusi dan bimbingan teknis lapangan rekan-rekan UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon-LIPI.

DAFTAR PUSTAKA

- Estiaty, L.M, dan Sumarnadi. E.T.A., 2003. *Zeolit Alam Sebagai Matriks Pembuatan Lantai Keramik: Penelitian Pendahuluan*. Riset Geologi dan Pertambangan, Jilid 13 No 1 Tahun 2003, ISSN 0125-9849, Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI, Bandung , hal : 65 –75.
- Sumarnadi, E.T.A., Sudaryanto dan Zulkarnain, I., 2002. *Agregat Unggul Berbahan Baku Lempung Untuk Konstruksi Ringan*. Prosiding Seminar Iptek Nuklir dan Pengelolaan Sumber Daya Tambang, ISBN : 979-8769-11-2, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta , hal : 171-185.
- Sumarnadi, E.T.A., 2007. *Bata Keramik Suhu Bakar Rendah Sebagai Bahan Bangunan Konstruksi Ringan*. Prosiding Seminar Geoteknologi, Kontribusi Ilmu Kebumihan dalam Pembangunan Berkelanjutan, ISBN 978-979-799-227-9, LIPI Press, Jakarta, hal : 207 – 214.
- Surdia, T. dan Saito, S., 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan ketiga, PT. Pradnya paramita, Jakarta, hal : 285 – 336.
- Van Vlack dan Djaprie, S., 1983. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Elements of Materials Science and Engineering)*. Penerbit Erlangga, Jakarta, hal : 303 – 342