

PENGEMBANGAN ZEOKERAMIK SEBAGAI BAHAN BANGUNAN RAMAH LINGKUNGAN: *Klasifikasi Mutu Paving Block berdasarkan SNI*

Danang Nor Arifin¹ dan Priyo Hartanto¹

¹UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI
E-mail: Danang_NA@yahoo.com

Abstrak

Pengembangan formulasi zeokeramik hasil penelitian Puslit Geoteknologi – LIPI telah dilakukan di UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI. Bahan baku utama yang digunakan yaitu zeolit (Zeo), sedangkan bahan pengisinya adalah fly ash (FA) dan Rice Husk Carbon (RHC). Kegiatan pengembangan menghasilkan prototipe paving block dengan berbagai komposisi. yaitu komposisi A (Zeo, FA), Komposisi B (Zeo, FA), Komposisi C (Zeo, FA), Komposisi X₁ (Zeo, FA, RHC), Komposisi X₂ (Zeo, FA, RHC), Komposisi X₃ (Zeo, FA, RHC) dan Komposisi X₄ (Zeo, FA, RHC). Ketujuh komposisi dicetak menggunakan alat tekan secara manual dengan bentuk dan ukuran standar matras yang digunakan. Hasil cetakan kemudian dikeringkan dalam keadaan udara bebas, selama 6 hari kemudian dilakukan pemanasan dalam oven bersuhu 150°C selama 24 jam. Uji laboratorium menunjukkan kuat tekan rata – rata terbesar terdapat pada sampel X₃ yaitu 201.67 Kg/Cm², sedangkan kuat tekan terkecil terdapat pada sampel B yaitu 51.33 Kg/Cm². Syarat Klasifikasi Mutu Beton Paving Block berdasarkan SNI 03-0691-1996 maka untuk sampel A, B, C, dan X₄ belum memenuhi syarat sedangkan untuk sampel X₁ dan X₂ bisa digunakan untuk paving block pejalan kaki dan sampel X₃ bisa digunakan untuk paving block pelataran parkir.

Kata kunci: zeokeramik, paving blok, kuat tekan, SNI

PENDAHULUAN

Di daerah Jawa Barat banyak dijumpai limbah padat hasil penambangan maupun industri. Sebagai contohnya adalah limbah hasil penambangan zeolit di daerah Sukabumi, kemudian PLTU Suralaya menghasilkan limbah padat berupa fly ash (abu terbang) dan daerah Majalaya terdapat limbah hasil pengolahan padi berupa abu sekam padi (RHC, Rise Husk Carbon). Hal ini merupakan peluang yang cukup menjanjikan untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pengembangan hasil penelitian zeokeramik.

Pengembangan pengelolaan sumber daya bahan galian atau mineral berwawasan lingkungan dapat dilakukan melalui rekayasa mineral/material. Pengujian sifat fisik dan mekanik terhadap beberapa variasi komposisi bahan yang dibentuk dalam benda coba. Hasil pengujian terhadap benda coba tersebut diantaranya memperlihatkan bahwa zeolit sebagai matrik mempunyai bobot isi (1,3 - 1,5 kg/cm³), % penyerapan air (20-25 %), dan kuat tekan (100 -150 kg/cm²). Sedangkan samod sebagai matrik mempunyai bobot isi (1,5 - 2,0 kg/cm³), % penyerapan air (< 10 %), dan kuat tekan (100 -150 kg/cm²) (Sumarnadi E.T, 2007).

Berdasarkan karakteristik benda coba tersebut telah dilaksanakan kegiatan pengembangan pemanfaatan di UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon LIPI. Hasil yang diperoleh adalah dengan formulasi komposisi bahan zeokeramik dalam bentuk prototipe berupa paving blok maupun bata ringan. Prototipe produk berbahan baku zeolit pada umumnya mempunyai bobot isi lebih rendah (1,03 gr/cm³) jika dibandingkan dengan prototipe yang berbahan baku samod (2,15 gr/cm³). Penambahan RHC lebih dari 10% volume dapat mengakibatkan cacat struktur (Arifin, D.N, 2010).

Maksud dari kegiatan pengembangan ini adalah sebagai kegiatan lanjutan dalam rangka mengimplementasikan antara produk penelitian dengan aplikasinya disamping untuk meraih peluang pasar dimana volume kebutuhan paving block di Indonesia cukup besar. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengetahui sejauh mana sifat fisik (kuat tekan) prototipe paving blok sehingga dapat digunakan sebagai bahan bangunan untuk lantai maupun dinding yang ramah lingkungan. Kegiatan pengembangan ini penting untuk dilakukan karena selain pemanfaatan limbah hasil penambangan maupun industri juga untuk perlindungan lingkungan. Hasil prototipe produk tersebut selanjutnya juga akan dilakukan kajian kelayakan

baik aspek ekonomis maupun aspek lingkungan pada kegiatan pengembangan mendatang. Produk prototipe produk tersebut diharapkan dapat diimplementasikan ke masyarakat industri guna terciptanya kerjasama yang saling menguntungkan.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengetahui sejauh mana sifat fisik (kuat tekan) prototipe paving blok sehingga dapat digunakan sebagai bahan bangunan untuk lantai maupun dinding yang ramah lingkungan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia.

METODOLOGI

Landasan Teori

Zeokeramik adalah keramik dengan menggunakan zeolit sebagai salah satu komponen fillernya. 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 RHC diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur, atau paling tidak dapat mempertahankan kuat tekannya akibat perubahan komposisi bodi keramik.
3. Mengatasi atau meningkatkan peredaman tegangan terkonsentrasi pada bodi keramik: adalah dengan cara memperkecil ukuran butir dan pada kondisi sinter bentuk kristal yang terbentuk tetap dipertahankan agar jangan sampai menggelas. Ukuran butir yang halus dapat mencegah terjadinya

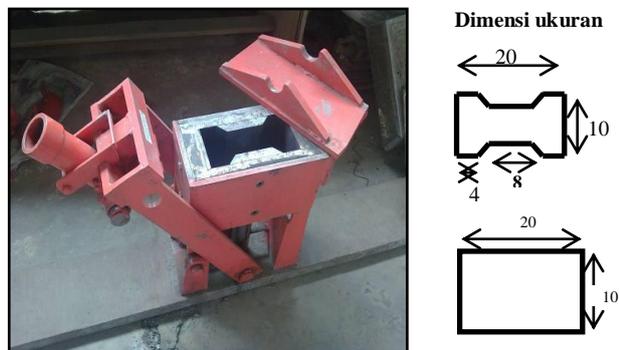
perambatan retakan (*crack*), demikian juga jika terbentuk gelas maka retakan lokal akan menjalar melalui gelas tersebut.

Metoda Pengumpulan Data

Bahan dan Peralatan

Bahan baku utama yakni: zeolit (ZEO) dan *fly ash* (FA). 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. Bahan pengisi yakni: RHC yang bersifat higroskopis dan mengandung silika cukup tinggi, sehingga mempermudah dalam proses pengikatan baik secara fisik maupun secara kimia. Jenis bahan tersebut setelah ditambah bahan pengikat (BP) dan air setelah dicetak dan dikeringkan dapat berfungsi sebagai material pengikat. Ukuran butir (*mesh*) yang digunakan adalah: Zeolit (-4 + 8) *mesh*; (-8 + 16) *mesh*; (-16 + 30) *mesh*; (-30 + 50) *mesh*; (-50 + 100) *mesh*; (-100 + 200) *mesh*; (-200) *mesh*.

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.



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

Metoda

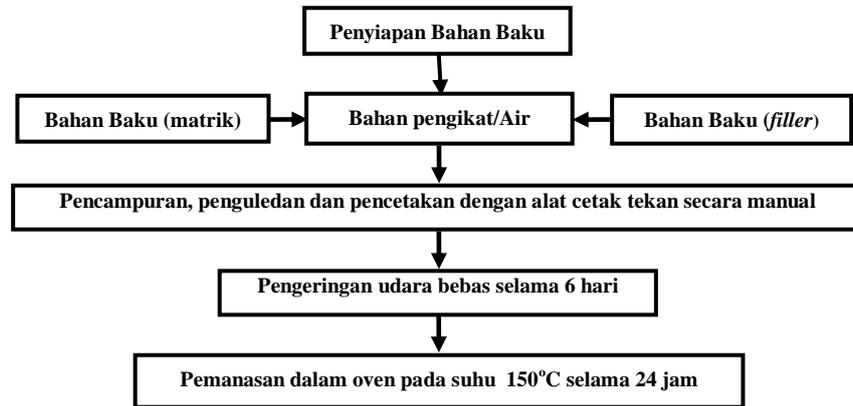
Pembentukan prototipe produk dilakukan dengan tahapan seperti diperlihatkan pada bagan alir Gambar 2. Penyiapan bahan baku dilakukan dengan proses peremukan (*crushing*) dan penyaringan (*screening*). Komposisi bahan baku diatur dengan mengacu hasil penelitian sebelumnya yang mencerminkan perbedaan masing-masing komposisi bahan baku berdasarkan perbandingan antara ratio: Solid/Liquid, sedangkan nilai ratio: BP/AIR dibuat sama, 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. Hasil pencetakan akan dilakukan uji kuat tekan dan diobservasi mengenai bobot isi, presisi dan cacat struktur baik pada saat pengeringan maupun setelah pemanasan.

Formulasi prototipe produk :

Dasar pemilihan formula bahan baku prototipe produk mengacu hasil penelitian terdahulu (Sumarnadi E.T, 2007) yang menunjukkan bahwa Ratio antara: BP/AIR = 4/1 dan Ratio antara: Solid/Liquid = 5/1 memberikan sifat-sifat fisik dan mekanik yang cukup baik. Oleh karena itu, formula dalam pembuatan prototipe ini dapat divariasikan menjadi tujuh 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.

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.



Gambar 2. Bagan alir pembentukan prototipe produk

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

No.	Kode	Matrik	Ukuran Butir (<i>mesh</i>)	Filler		Liquid		Ratio	
		Zeo		FA	RHC	BP	Air	S/L	BP/Air
1.	A	5,5	(-4 + 8)	5	-	2	0,5	5,8/1	4/1
		3	(-8 + 16)						
		1	(-100 + 200)						
2.	B	3	(-4 + 8)	5	-	2	0,5	5,4/1	4/1
		2	(-8+16)						
		1	(-16 + 30)						
		1	(-30 + 50)						
		1	(-50 + 100)						
		0,5	(-100 + 200)						
3.	C	1	(-16 + 30)	5	-	2,25	0,75	4,25/1	3/1
		0,75	(-30 + 50)						
		1	(-50 + 100)						
		2	(-100 + 200)						
		3	(-200)						
4.	X ₁	5,175	(-4 + 8)	5,5	0,25	2	0,5	6,18/1	4/1
		3,325	(-8 + 16)						
		0,7	(-50 + 100)						
		0,5	(-100 + 200)						
5.	X ₂	5,175	(-4 + 8)	5	0,5	2	0,5	6,08/1	4/1
		3,325	(-8 + 16)						
		0,7	(-50 + 100)						
		0,5	(-100 + 200)						
6.	X ₃	5,175	(-4 + 8)	5	0,75	2	0,5	6,18/1	4/1
		3,325	(-8 + 16)						
		0,7	(-50 + 100)						
		0,5	(-100 + 200)						
7.	X ₄	5,175	(-4 + 8)	5	1	2	0,5	6,28/1	4/1
		3,325	(-8 + 16)						
		0,7	(-50 + 100)						
		0,5	(-100 + 200)						

*) Semua satuan ukuran volume dalam liter

HASIL

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. Mengacu hasil penelitian Sumarnadi, dkk., (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 (permiabilitas) akan dilakukan pada program pengembangan berikutnya.



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

Pengujian kuat tekan

Prototipe produk *paving block* dan bata dilakukan uji kuat tekan di Laboratorium Pengujian Pusat Litbang Permukiman Bidang Bahan Bangunan Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman Bandung didapat hasil sebagai berikut (Tabel 2).

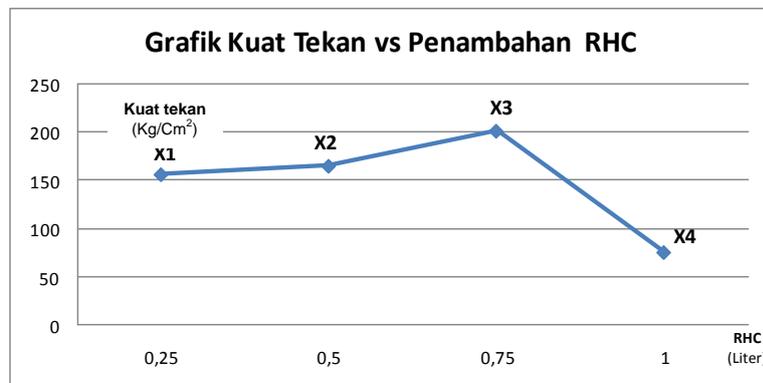
Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Prototipe Paving Block dan Bata Ringan

No	Tgl cor/ kode	Ukuran (cm)			Luas bidang Tekanan (cm ²)	Berat (g)	Beban (Kg)	Kuat tekan (Kg/cm ²)	
		P (panjang)	L (lebar)	T (tinggi)				Masing ²	Rata ²
1	X1	4.7	4.7	4.7	22.09	224.70	3,325	150.52	156.56
2		4.7	4.7	4.7	22.09	221.21	3,750	169.76	
3		4.7	4.7	4.7	22.09	223.20	3,300	149.39	
1	X2	5.0	5.0	5.0	25.00	208.84	4,000	160.00	165.33
2		5.0	5.0	5.0	25.00	245.12	4,300	172.00	
3		5.0	5.0	5.0	25.00	232.25	4,100	164.00	
1	X3	5.0	5.0	5.0	25.00	247.30	5,050	202.00	201.67
2		5.0	5.0	5.0	25.00	271.07	5,150	206.00	
3		5.0	5.0	5.0	25.00	253.25	4,925	197.00	
1	X4	4.7	4.7	4.7	22.09	250.88	1,650	74.69	75.83
2		4.7	4.7	4.7	22.09	261.75	1,700	76.96	
3		4.7	4.7	4.7	22.09	260.52	1,675	75.83	
1	A	5.0	5.0	5.0	25.00	270.65	1,725	69.00	68.33
2		5.0	5.0	5.0	25.00	269.15	1,700	68.00	
3		5.0	5.0	5.0	25.00	258.60	1,700	68.00	
1	B	5.0	5.0	5.0	25.00	253.42	1,325	53.00	51.33
2		5.0	5.0	5.0	25.00	258.60	1,225	49.00	
3		5.0	5.0	5.0	25.00	256.20	1,300	52.00	
1	C	5.0	5.0	5.0	25.00	260.91	1,725	69.00	66.67
2		5.0	5.0	5.0	25.00	263.10	1,625	65.00	
3		5.0	5.0	5.0	25.00	258.30	1,650	66.00	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Pengujian Pusat Litbang Permukiman Bidang Bahan Bangunan Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman Bandung

ANALISIS/DISKUSI

Dari Tabel 2 dapat dilihat berdasarkan komposisi bahan baku, sampel yang tidak ditambah dengan RHC yaitu sampel A, sampel B dan sampel C yang memiliki kuat tekan rata-rata paling besar adalah sampel A (68.33 Kg/Cm^2) dan yang memiliki kuat tekan rata-rata paling kecil adalah sampel B (51.33 Kg/Cm^2). Sedangkan sampel yang ditambah dengan RHC yaitu sampel X₁, sampel X₂, sampel X₃ dan sampel X₄ yang memiliki kuat tekan rata-rata paling besar adalah sampel X₃ (201.67 Kg/Cm^2) dan yang memiliki kuat tekan rata-rata paling kecil adalah sampel X₄ (75.83 Kg/Cm^2). Penambahan RHC lebih dari 10% volume dapat mengakibatkan terjadinya cacat struktur (Arifin, D.N, 2010).



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Rata – Rata dengan Penambahan RHC

Berdasarkan hasil uji laboratorium diatas maka dapat dilakukan perbandingan kegunaan (peruntukan) *paving block* dengan syarat Klasifikasi Mutu Beton *Paving Block* berdasarkan SNI.

Tabel 3. Klasifikasi Mutu Beton *Paving Block* menurut SNI 03-0691-1996

Jenis	Kuat Tekan (mPa*)		Ketahanan Aus		Penyerapan Air	Peruntukan
	Rata-rata	Minimum	Rata-rata	Minimum		
A	40	35	0,090	0,103	3	Jalan
B	20	17	0,130	0,149	6	Pelataran Parkir
C	15	12,5	0,160	0,184	8	Pejalan kaki
D	10	8,5	0,219	0,251	10	Taman dan pengguna lain

Keterangan : * mPa = mega Pascal (1 mPa = 10 kg/cm^2)

Dari Tabel 3 di atas maka dapat ditentukan penggunaan prototipe *paving block* hasil pengembangan di UPT LUTP Jampang Kulon sebagai berikut:

Tabel 4. Jenis penggunaan prototipe paving block berdasarkan SNI

Sampel	Kuat tekan (mPa)	Jenis penggunaan menurut SNI
A	6,83	-
B	5,13	-
C	6,67	-
X1	15,66	C (Digunakan untuk pejalan kaki)
X2	16,53	C (digunakan untuk pejalan kaki)
X3	20,17	B (Digunakan untuk pelataran parkir)
X4	7,58	-

KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan dan uji laboratorium hasil pengembangan formula zeokeramik menunjukkan bahwa:

1. Berdasarkan komposisi bahan baku, sampel yang tidak ditambah dengan RHC yaitu sampel A, sampel B dan sampel C yang memiliki kuat tekan rata-rata paling besar adalah sampel A (68.33 Kg/Cm^2) dan yang memiliki kuat tekan rata-rata paling kecil adalah sampel B (51.33 Kg/Cm^2). Sedangkan sampel yang ditambah dengan RHC yaitu sampel X_1 , sampel X_2 , sampel X_3 dan sampel X_4 yang memiliki kuat tekan rata-rata paling besar adalah sampel X_3 (201.67 Kg/Cm^2) dan yang memiliki kuat tekan rata-rata paling kecil adalah sampel X_4 (75.83 Kg/Cm^2)
2. Berdasarkan syarat Klasifikasi Mutu Beton *Paving Block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 maka untuk sampel A, B, C, dan X_4 belum memenuhi syarat sedangkan untuk sampel X_1 dan X_2 bisa digunakan untuk *paving block* pejalan kaki dan sampel X_3 bisa digunakan untuk *paving block* pelataran parkir.

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

- Arifin D.N dan Hartanto P, 2010. *Pengembangan Zeokeramik Berbahanbaku Limbah Padat Industri sebagai Bahan Bangunan Ramah Lingkungan*. Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi – LIPI, ISBN : 978-979-8636-17-2, Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Bandung, hal: 165 – 175.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-0691-1996 Bata beton (*paving block*), http://websitesni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/1009, September 2011.
- Estiaty. L.M, dan Sumarnadi. E.T, 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, Sudaryanto, Zulkarnaen 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. Agustinus, 2007. *Bata Keramik Suhu Bakar Rendah Sebagai Bahan Bangunan Konstruksi Ringan*. Prosiding Seminar Geoteknologi, Kontribusi Ilmu Kebumihan dalam Pembangunan Berkelanjutan, ISBN 978-979-799-255-5, Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Bandung, hal: 207 – 214.
- Surdia T dan Saito S, 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik, Cetakan ketiga*. PT. Pradnya paramita, Jakarta, hal: 285 – 336.