



ANALISIS SIFAT MEKANIK GENTENG KERAMIK HASIL CAMPURAN LUMPUR LAPINDO

Sriatun ✉ Agus Yulianto, Sulhadi

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang,
Indonesia, 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Maret 2013
Disetujui Maret 2013
Dipublikasikan Mei 2013

Keywords:

Ceramic genteng, Dolomite,
Phosphate

Abstrak

Telah berhasil dibuat genteng keramik dengan cara di press menggunakan bahan aditif dolomit dan fosfat dengan temperatur sintering 800oC ditahan selama 2 jam. Variasi komposisi dengan campuran bahan aditif yaitu lumpur+dolomit dan lumpur+fosfat dengan perbandingan dari 5% s/d 50%, dengan interval sebesar 5%. Campuran aditif (lumpur+dolomit+fosfat) memiliki perbandingan variasi dari 5% s/d 20% dengan interval sebesar 5%. Parameter pengujian dan karakterisasi sampel meliputi densitas, porositas, kekerasan dan pengamatan morfologi menggunakan mikroskop MS-804. Hasil karakterisasi nilai kekerasan dolomit menurun, porositas semakin naik. Pada penambahan bahan aditif fosfat mempunyai hasil kekerasan lebih baik daripada menggunakan dolomit. Densitas fosfat lebih kecil dapat mengisi pori-pori dari lumpur Lapindo yang lebih besar. Dolomit dengan pori-pori yang lebih besar dari lumpur, tidak dapat mengisi pori-pori lumpur Lapindo seluruhnya sehingga membuat nilai porositasnya tinggi. Komposisi optimum genteng press didapatkan pada komposisi 75% lumpur Lapindo, 15% dolomit, dan 10% fosfat alam. Adapun karakteristik genteng press pada komposisi tersebut adalah sebagai berikut: densitas= 1,51 g/cm³, porositas=7,9% dan kekerasan= 2688,37 kg/cm² atau 234 kgf/mm², dan menghasilkan genteng press dengan densitas dan porositas lebih rendah dari genteng pada umumnya dan memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari pada genteng press dipasaran.

Abstract

Manufacture of ceramic genteng using Lapindo mud had been done successfully, was made using additive materials of dolomite and phosphate. The mixed material was sintered at 800oC in 2 hours. Composition variation with additive material mix (clay+dolomite) and (clay+ phosphate) with a ratio of 5% s/d 50%. Test parameter and sample characterization such as density, porosity, strength, and micrography observation with MS-804 microscope. The results of characterization dolomite down hardness values, and the rising value of their porosity, while the addition of phosphate additives had been test better results than using dolomite, due to the smaller density of phosphate could fill the pores of larger Lapindo mud, while the lower-density dolomite mud can could not fill the pores completely Lapindo mud that makes high porosity values. Optimum composition genteng keramik on composition 75% clay, 15% dolomite, and 10% phosphate. The characteristics of genteng keramik in composition is as follows : density = 1,51 g cm⁻³, porosity= 7,9% and hardness= 2688,37 kg cm⁻² or 234 kgf mm⁻², and produced roofpress with a low density and lower porosity than roof of commonly, and more high than genteng keramik market.

© 2013 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Gedung D7 lantai 2 Kampus UNNES, Semarang, 50229
E-mail: chibhicee@yahoo.co.id

PENDAHULUAN

Semakin pesat kemajuan zaman, penggunaan genteng untuk atap rumah masih digunakan hingga kini. Seperti di Pulau Bali yang kebanyakan dari penduduknya masih menggunakan genteng sebagai atap rumahnya. Karena harga yang lebih ekonomis dan memiliki kelebihan yang lainnya.

Lumpur Lapindo berpotensi sebagai bahan baku untuk pembuatan bahan bangunan, dalam skala besar guna mendukung pengadaan bahan bangunan (Mukono dan Triwulan,2006). Hasil penelitian pendahuluan tentang kekuatan genteng keramik lumpur Lapindo (Setyowati,2009) menunjukkan bahwa pada prosentase campuran lumpur Lapindo tertentu akan menghasilkan genteng keramik dengan kekuatan yang cukup baik. Adanya penelitian terdahulu yaitu pengaruh penggunaan lumpur Lapindo berdasarkan Standart Nasional Indonesia Lapindo (Setyowati, 2007 a) memberikan informasi kelayakan genteng keramik Lapindo meskipun masih diperlukan penelitian lebih lanjut.

Sedangkan Genteng yang berbahan tanah liat yang dicampur dengan lumpur Lapindo lebih kuat dibandingkan dengan genteng yang berbahan tanah liat (Wirayasa dkk, 2007). Lumpur Sidoarjo dapat dikembangkan sebagai bahan bangunan keramik khususnya bata merah dan genteng (Lasino dkk, 2010). Sebagai bahan alternatif pengganti tanah liat yang semakin berkurang. Sehingga lumpur Lapindo dapat dijadikan sebagai bahan pengganti tanah liat sebagai bahan pembuatan genteng keramik yang memiliki kualitas lebih baik dari genteng di pasaran. Bahan aditif dolomit digunakan untuk menguatkan genteng keramik dan fosfat alam untuk mengisi pori-pori dari lumpur Lapindo.

Genteng press yang mempunyai kualitas baik adalah genteng press yang memiliki kekerasan tinggi, akan tetapi porositas dan densitasnya rendah. Dengan kekerasan yang tinggi, maka genteng press tersebut tidak akan mudah pecah, dan dengan porositas yang rendah maka genteng press tersebut tidak banyak menyerap air pada saat terkena hujan sehingga lebih awet dan tidak mudah ditumbuhi lumut. (Kiswanto, 2011).

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan ini menggunakan metode eksperimen. Eksperimen dilakukan di Laboratorium Kemagnetan Bahan, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Semarang, pembuatan genteng keramik dilakukan di laboratorium dan di tempat pembuatan genteng press di Desa Pasucen –

Pati. Sementara itu, hasil sampel genteng keramik yang diperoleh dilakukan analisis mekaniknya dan uji sifat morfologi di Laboratorium Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Semarang, untuk uji kekerasan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

Langkah Kerja

Proses Homogenisasi

Pada penelitian ini, percampuran antara bahan dilakukan dengan menggunakan ball mill, karena percampuran material bahan baku keramik dengan bahan aditif yang sudah diatur komposisi dan ukuran bulir yang sama sehingga dapat bercampur homogen.

Pencetakan

Proses selanjutnya merupakan proses pembentukan bahan dengan cara menekan serbuk material (tahanan kompaksi) dengan menggunakan dokrak hidrolik untuk mengangkat beban agar dapat di press dan menjadi sampel sesuai cetakan.

Sintering

Sintering adalah proses pemadatan dari sekumpulan serbuk pada temperature tinggi, yang mendekati titik leburnya, sehingga terjadi perubahan struktur morfologi seperti pengurangan jumlah dan ukuran pori, pertumbuhan butir, peningkatan densitas dan penyusutan volume. Sampel di sintering dengan suhu 800oC kemudian ditahan selama 2jam.

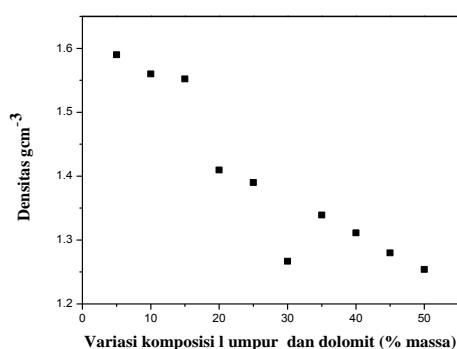
Pengujian dan Karakterisasi sampel

Pengujian sampel yang sudah jadi adalah untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan sifat mekaniknya yang meliputi uji densitas, uji porositas, dan uji kekerasan/kekuatan. Serta melihat struktur morfologi menggunakan mikroskop MS-804 dan untuk pengujian kekerasan menggunakan alat California Bearing ratio (CBR)

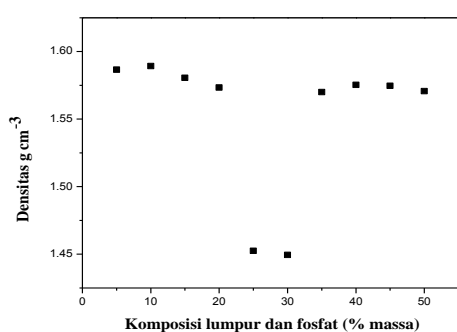
HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Nilai densitas

Dengan menggunakan prinsip Arcimedes untuk menghitung besarnya densitas dalam sampel, dan hasil yang diperoleh dapat dilihat dalam grafik 4.1 di bawah ini, diperoleh bahwa nilai densitas dengan komposisi lumpur Lapindo dan dolomit berkisar antara 1,25-1,59 g/cm³. Hasil pengukuran dan perhitungannya dapat dilihat pada lampiran A.



Gambar 4.1 Distribusi denditas genteng keramik komposisi lumpur + dolomit



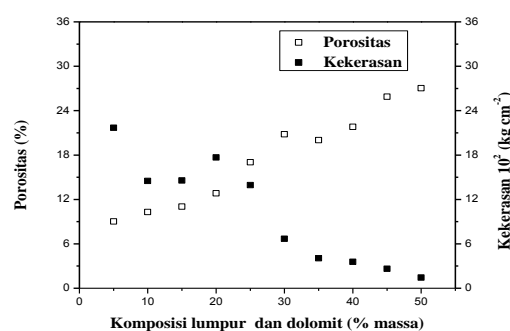
Gambar 4.2 Distribusi denditas genteng keramik komposisi lumpur + fosfat

Dari hasil karakterisasi nilai densitas antara genteng Lumpur Lapindo dengan dolomit pada Gambar 4.1 dengan nilai densitasnya semakin menurun dengan penambahan bahan aditif dolomit, karena pada dolomit memiliki pori-pori yang lebih besar. Sehingga semakin besar penambahan komposisi dolomit (dalam % massa) akan menurunkan nilai densitas genteng press, sehingga densitas genteng press dengan aditif dolomit yang lebih banyak, akan memiliki densitas lebih rendah (Kiswanto, 2011).

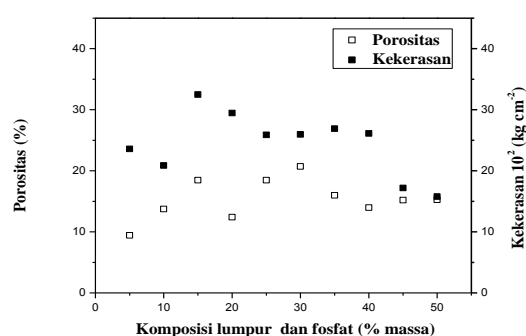
Pada campuran lumpur Lapindo dengan fosfat Alam pada Gambar 4.2 menunjukkan nilai densitasnya tidak menurun drastis tetapi masih stabil yaitu nilai densitasnya 1,45-1,59 g cm⁻³, karena fosfat alam sebagai pengisi pori-pori lumpur Lapindo sehingga porinya lebih kecil dapat masuk ke dalam rongga lumpur lapindo yang kosong.

1.2 Nilai Porositas dan Kekerasan

Dengan menggunakan hukum Archimedes kita dapat menghitung porositas, dan hasilnya pada gambar 4.3 dan 4.4:



Gambar 4.3 Distribusi porositas genteng keramik komposisi lumpur + dolomit



Gambar 4.4 Distribusi porositas genteng keramik komposisi lumpur + fosfat

Hasil karakterisasi nilai porositas dan kekerasan pada Gambar 4.3 dengan bahan aditif dolomit terlihat nilai porositasnya semakin naik dengan penambahan bahan aditif dolomit. Fungsi awalnya sebagai penguat ternyata sebaliknya sehingga mempengaruhi nilai kekerasannya yang menjadi berbanding terbalik. Pori dari dolomit yang lebih besar dari lumpur tidak dapat mengisi kekosongan rongga dalam lumpur sehingga mengakibatkan porositasnya tinggi dan kekuatannya semakin turun dan mudah pecah.

Pada Gambar 4.4 dengan penambahan bahan aditif fosfat alam menunjukkan nilai porositas yang tidak turun tetapi cenderung lebih stabil, sehingga mempengaruhi nilai kekerasannya juga stabil. Pori-pori dari fosfat alam yang lebih kecil dapat mengisi kekosongan dari rongga-rongga dari lumpur Lapindo sehingga tidak membuat nilai porositasnya semakin tinggi dan kekerasannya rendah. Dengan nilai densitas yang baik adalah pada komposisi 95% lumpur Lapindo dan 5% dolomit, begitu juga untuk fosfat alam.

1.3 Nilai Densitas, Porositas dan Kekerasan dengan Komposisi Lumpur Lapindo, Dolomit, dan Fosfat alam

Prinsip Archimedes tidak hanya digunakan untuk mencari nilai densitas, tetapi juga digunakan untuk mengukur dan menghitung nilai porositas pada genteng keramik. Table hasil pengukuran nilai densitas, porositas dan kekerasan dengan menggunakan variasi komposisi bahan lumpur Lapindo, dolomit, dan fosfat dapat dilihat pada table dibawah ini:

furnice terlihat nilai densitas semakin turun, nilai porositas semakin naik tetapi nilai kekerasannya masih terlihat stabil. Penambahan aditif dolomit dan fosfat alam dapat mengisi pori-pori lumpur Lapindo yang tidak terisi oleh dolomit. Sampel yang menunjukkan komposisi baik dengan cara A yaitu dengan nilai densitas Densitas=1,62 g cm⁻³, porositas=9,83% , kekerasan= 3343,95 kg cm⁻² masuk dalam standart SNI dengan produk tingkat I karena nilai porositas di genteng SNI dari 12%-20% dan kekerasan berkisar 90-120 kgf mm⁻³.

Table 1.1 Nilai Densitas, Porositas, dan Kekerasan dengan Komposisi Lumpur lapindo, Dolomit dan Fosfat

	No	Komposisi (% massa)			Parameter								
		Lumpur	Dolomit	Posfat	Densitas (g cm ⁻³)			Porositas (%)			Kekerasan (kg cm ⁻²)		
					A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	100	-	-	1,64	3,13	1,23	7,93	9,41	15,91	1444,13	3497,89	1574,28	
2	90	5	5	1,62	1,59	1,23	9,83	7,79	14,47	3343,95	2130,23	2623,25	
3	85	10	5	1,62	1,43	1,29	10,76	7,32	15,90	2659,24	1759,55	2502,33	
4	85	5	10	1,62	1,45	1,41	10,95	6,10	13,71	4617,24	2297,30	2381,40	
5	80	10	10	1,48	1,26	1,38	12,42	8,28	16,61	1218,15	2064,90	2399,21	
6	80	15	5	1,60	1,37	1,26	10,86	10,47	17,61	2460,19	2484,60	2205,55	
7	80	5	15	1,49	1,38	1,12	12,59	8,57	15,66	3216,56	2595,87	2623,26	
8	75	15	10	1,50	1,51	1,27	13,35	8,00	15,07	3622,61	2468,04	2586,05	
9	75	10	15	1,47	1,35	1,22	11,00	8,21	15,09	3240,45	2688,37	2325,58	
10	70	20	10	1,47	1,34	1,29	11,70	8,21	14,81	2627,39	1613,76	2102,33	
11	70	10	20	1,47	1,44	1,43	13,46	7,92	14,94	1544,59	2345,68	2130,23	

Keterangan:

A : Cara pembuatan genteng keramik dengan di press dan di furnice

B : Cara pembuatan genteng keramik dengan di cetak dan di bakar manual

C: Cara pembuatan genteng keramik dengan di cetak dan difurnice

Dari hasil karakterisasi sampel pada tabel diatas yang terdiri dari data parallel. Dengan nilai densitas, porositas dan kekerasan pada Tabel 1.1 menggunakan variasi komposisi lumpur Lapindo, dolomit, dan fosfat . Cara pembuatan di press dan

Hasil karakterisasi dari campuran lumpur Lapindo, dolomit, dan fosfat alam dengan pembuatan dicetak di tempat pembuatan genteng, pembakaran manual. Nilai densitas lebih rendah dari hasil sebelumnya, dan nilai porositas yang lebih stabil tidak semakin turun, karena proses pembuatan yang ditambah dengan air kemudian di campurkan menjadi bentuk adonan dan di cetak, penambahan air ini yang membuat campuran aditif dolomit dan fosfat alam menjadi dapat masuk ke dalam pori-pori lumpur lapindo sehingga nilai porositasnya dan densitas rendah tetapi nilai kekerasannya tinggi. Pada

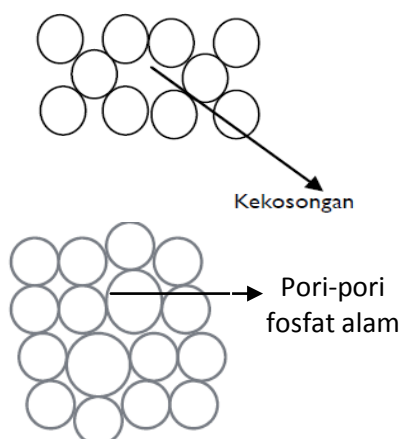
sampel kolom B menunjukkan komposisi yang baik yaitu: Densitas=1,35g cm⁻², porositas= 8,21%, kekerasan=2688,37 kg cm⁻² masuk dalam produk SNI dalam tingkat I.

Untuk hasil karakterisasi campuran lumpur Lapindo, dolomit, dan fosfat alam dengan pembuatan di cetak di tempat pembuatan genteng, pada pembakaran yang difurnice. Kolom C menunjukkan densitasnya lebih rendah daripada cara dibakar, tetapi nilai porositasnya lebih besar yaitu berkisar 13,37-17,61g cm⁻². Cara pembakaran menggunakan furnice dengan suhu tinggi dan terjaga stabil temperaturnya, sehingga dolomit sedikit bercampur dengan fosfat alam fungsinya untuk mengisi pori-pori dari lumpur Lapindo yang lebih besar. Karakterisasi dengan nilai uji baik pada densitas= 1,33 g cm⁻², porositas= 14,47 %, kekerasan=2623,25 kg cm⁻² berdasarkan dengan nilai porositas yang masuk dalam kategori II dalam standart SNI tetapi memiliki kekuatan yang baik.

Genteng press yang memiliki kualitas baik adalah genteng press yang memiliki kekerasan tinggi atau tahan terhadap tekanan tinggi dan nilai densitas juga porositasnya tidak tinggi (Kiswanto,2011). Dengan kekerasan tinggi genteng press menjadi tidak mudah pecah, dan dengan nilai porositas yang rendah membuat genteng press tersebut tidak banyak air yang diserap pada saat hujan sehingga lebih awet tidak ditumbuhi lumut. Densitas dengan nilai yang rendah membuat berat genteng cenderung lebih ringan sehingga tidak member beban yang besar terhadap penyangga atap rumah.

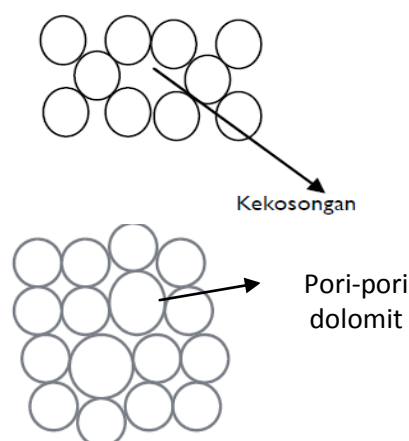
Visualisasi untuk gambar diatas:

- Pada campura lumpur Lapindo+fosfat alam



Gambar 1.1 pori-pori fosfat alam yang masuk ke lumpur Lapindo

- Pada campuran lumpur Lapindo+ dolomit









Gambar 1.2 pori-pori dolomit yang masuk ke lumpur Lapindo

Dari gambar diatas diketahui bahwa dengan penambahan fosfat alam dapat mengisi pori-pori dari lumpur Lapindo yang lebih besar, sehingga nilai densitasnya tinggi. Untuk nilai porositas yang berbanding terbalik dengan densitas, dan nilai kekerasannya menjadi lebih tinggi tidak semakin menurun tetapi berada ditengah-tengah. Sedangkan pada dolomit yang memiliki nilai densitas lebih tinggi dari pada lumpur Lapindo, sehingga pori-pori dari lumpur Lapindo tidak dapat diisi oleh dolomit sepenuhnya sehingga membuat nilai dari porositasnya tinggi dan nilai densitas rendah, sehingga membuat kekerasannya menjadi menurun, karena semakin banyak penambahan dari dolomit membuat genteng itu semakin rapuh.





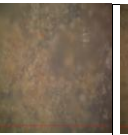


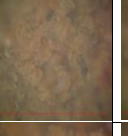




Hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1000x untuk masing-masing sampel dengan komposisi lumpur Lapindo dan dolomit dalam penelitian ini ditunjukkan pada komposisi 95% lumpur Lapindo dan 5% dolomit dapat dilihat pada gambar dibawah ini dengan kadar dolomit yang rendah membuat nilai porositas rendah dan kekuatannya tinggi. Sedangkan semakin banyak komposisi dolomit yang dipakai maka semakin banyak terlihat dolomit dalam sampel, dan warnanya putih, yang membuat nilai porositas semakin naik karena pori-pori dolomit yang besar sehingga tidak seluruhnya masuk dalam pori-pori lumpur Lapindo.

Hasil pengamatan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x dapat dilihat dalam gambar menunjukkan bahwa posfat telah masuk ke dalam pori-pori lumpur Lapindo yang membuat nilai porositas dari lumpur itu tidak terlalu tinggi.

Tabel 1.2. Pengamatan Morfologi satu bahan aditif

Komposisi (%massa)	Campuran Lumpur + Dolomit	Campuran Lumpur Lapindo + fosfat alam
75+25		
55+45		
50+50		

Tabel 1.3. Pengamatan Morfologi dua bahan aditif.

Komposisi (% massa)	Campuran lumpur + dolomit+ Fosfat alam (press & furnace)	Campuran lumpur + dolomit+ fosfat alam (cetak & press)	Campuran lumpur + dolomit+ fosfat alam (cetak & furnace)
100			
90+5+5			
75+15+10			
70+10+15			

Dalam uji mikroskop pada Tabel 1.3 diatas, komposisi bahan menggunakan lumpur Lapindo 100% dan perbesaran 1000x tidak terlihat warna putih seperti gambar yang menggunakan dolomit. Terlihat titik yang bersinar itu adalah silika. Pada data pengamatan nilai porositasnya rendah, dan untuk gambar dengan komposisi 75% lumpur Lapindo, 15% dolomit, dan 10% fosfat alam dan perbesaran 1000x terlihat adanya warna putih dolomit dan fosfat alam yang waktu sintering mengisi pori-pori pada lumpur Lapindo, yang mempengaruhi nilai porositasnya menjadi rendah. dengan menggunakan perbesaran 1000x terlihat adanya bintang coklat dan putih saling bercampur yang mengisi rongga-rongga kosong dari lumpur Lapindo. Dengan komposisi yang sama dan dengan pembuatan dan pembakaran yang berbeda

ternyata memperlihatkan hasil morfologi dari sampel hamper sama. Dari hasil morfologi ini kita dapat melihat permukaan dari sampel genteng keramik dengan penambahan aditif itu saling mengisi pori-pori lumpur.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu hasil pengamatan morfologi dengan menggunakan Digital CCD Mikroskop MS-804 menunjukkan bahwa bahan aditif fosfat dapat mengisi pori-pori dari lumpur Lapindo. Pada gambar ditunjukkan adanya bintang coklat pada penambahan bahan aditif fosfat. Untuk penambahan bahan aditif dolomit terlihat semakin banyak bintang putih yang bercampur dengan lumpur. Campuran lumpur Lapindo, dolomit, dan fosfat alam terlihat dalam mikroskop bintang putih dan coklat yang bercampur. Karakterisasi sifat mekanik dengan campuran lumpur dan dolomit didapatkan nilai porositas yang semakin tinggi sehingga nilai kekerasan berbanding terbalik. Untuk karakterisasi lumpur dan fosfat didapatkan dengan nilai densitas, porositas, dan kekerasan yang lebih stabil. Dengan mengutamakan kekerasan maka kita dapat menyimpulkan bahwa komposisi optimum genteng press pada komposisi 75% lumpur Lapindo, 10% dolomit, dan 15% fosfat alam. Adapun karakteristik genteng press pada komposisi tersebut adalah sebagai berikut: densitas= 1,35 g/cm³, porositas = 8,21% dan kekerasan = 2688,37 kg/cm². Sehingga penelitian ini sesuai dengan tujuan menghasilkan genteng keramik kuat, dengan porositas rendah, dan densitas rendah sesuai dengan standar SNI.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, Moh & Bagus Irawan.2010. Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Suhu Sintering Terhadap Kekerasan Keramik Lumpur Lapindo. Jurnal Unimus ISBN: 978.979.704.883.9: 290-295.
- Deputi Bidang TPSA-BPPT, 2006, Pengelola Luapan Air dan Lumpur di Porong Sidoarjo, Sidoarjo.
- Gunradi, Rudy dan Suprpto, Sabtanto Joko.2007.Penelitian Endapan Lumpur Di daerah Porong Kabupaten Sidoarjo Provinsi Jawa Timur. Pusat Sumber Daya Geologi. Sidoarjo – Jawa Timur.
- Kiswanto, Heri. 2011, Optimasi Sifat – sifat Mekanik Genteng Press dengan Bahan Adiktif Silika dan Dolomit. Skripsi Semarang. Universitas Negeri Semarang

- Kurniasari, Heni Dwi. 2008. Solidifikasi Limbah Alumina dan Sand Blasting PT. Pertamina IV Cilacap sebagai Campuran Bahan Pembuat Keramik. Skripsi Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.
- Lasino, dkk, 2010, Penelitiann Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo untuk Bata Merah Dan Genteng. Jurnal Permukiman,5 (3): 132-138.
- M. Paganelli, D. Sighinolfi. (2009).Ceramic Forum International. DKG 86 No. 3
- Mohsen, Q & El-maghraby,2010. Characterization and Assesment of Saudi Clays Raw Material at Different Area. Arabian Journals of Chemistry. 3: 271-277
- Mukono dan Triwulan, 2006, Bahan Bangunan dari Lumpur Lapindo Aman bagi Kesehatan. ITS : Surabaya. <http://www.its.ac.id/semuaberita.php>.
- Musabbikhah, Putro Sartono, 2007. Variasi Komposisi Bahan Genteng Soka Untuk Mendapatkan Daya Serap Air Yang Optimal. Jurnal Media mesin, 8(2): 59 – 64 ISSN 1411 – 4348.
- Setyowati, E. W,2009. Lapindo sebagai Campuran untuk meningkatkan Kekuatan Genteng Keramik. Jurnal Teknik Sipil,3 (1): 1978-5658.
- Setyowati, E. W. dan Dwiyanto A, 2007 a, Pengaruh Penggunaan Lumpur Lapindo Terhadap Kuat Lentur Genteng Keramik. Malang Jurusan Sipil Fakultas Teknik Unibraw.
- Wirayasa, Made Anom, dkk, 2007, pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai Bahan Pengganti Tanah Liat pada Produksi Genteng Keramik. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 11 (2): 29-36.