

PEMANFAATAN LUMPUR MARMER, LIMBAH STYROFOAM DAN ABU LAYANG BATUBARA UNTUK PEMBUATAN BATA BETON BERLUBANG

Andy Mizwar⁽¹⁾, Erika Agustini⁽¹⁾, Gilang Samudra⁽²⁾, dan M. Auliannoor⁽³⁾

⁽¹⁾ Prodi Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat

⁽²⁾ Prodi Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat

⁽³⁾ Prodi Kimia - MIPA Universitas Lambung Mangkurat

Ringkasan

Limbah padat berupa lumpur marmer, limbah styrofoam dan abu layang batubara telah menjadi masalah lingkungan, khususnya di Kalimantan Selatan. Salah satu alternatif penanganan limbah tersebut adalah dengan cara memanfaatkannya menjadi bata beton berlubang.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan lumpur marmer, limbah styrofoam dan abu layang batubara sebagai bahan pembuatan bata beton berlubang yang murah dan ramah lingkungan. Dalam penelitian ini lumpur marmer dan styrofoam digunakan sebagai agregat halus pendamping pasir sedangkan abu layang batubara digunakan sebagai bahan perekat pendamping semen.

Data penelitian diambil dengan melakukan eksperimen uji kuat tekan di laboratorium terhadap 12 sampel bata beton berlubang dengan komposisi campuran antara semen (sn), abu layang batubara (ab), lumpur marmer (mr), styrofoam (st) dan pasir (ps) yang berbeda. Juga dilakukan uji karakteristik bahan untuk mengetahui kandungan logam berat (Cu, Cd, Cr dan Zn) dalam sampel bata beton berlubang, serta analisa harga produksi masing-masing sampel untuk mengetahui nilai ekonomi bata yang dihasilkan. Seluruh hasil uji dan analisa dibandingkan dengan standar PU dan pasaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bata beton berlubang yang dihasilkan memiliki berat yang lebih ringan dari standar PU dan pasaran, biaya produksi lebih murah dari standar PU dan pasaran, dan bata beton berlubang dengan komposisi 3 sn:1 ab:10 mr:2 st:3 ps memiliki kuat tekan lebih besar daripada standar pasaran dan memenuhi baku mutu lingkungan.

Kata Kunci : bata beton berlubang, lumpur marmer, styrofoam, abu layang

1. PENDAHULUAN

Limbah padat berupa lumpur marmer, limbah styrofoam dan abu layang batubara telah menjadi masalah lingkungan, khususnya di Kalimantan Selatan. Lumpur marmer dan serpihan pecahan marmer merupakan material buangan dari industri kerajinan batu marmer. Pengolahan dan pemanfaatan material buangan tersebut masih sangat sedikit. Pecahan marmer yang berbentuk pipih dan memanjang biasanya digunakan sebagai bahan urug atau sebagai pengganti agregat kasar pembuatan SCC (*Self Compacting Concrete*), sedangkan lumpur marmer hanya dibiarkan kering dilahan terbuka. Industri kerajinan batu marmer juga menggunakan styrofoam atau gabus putih untuk melakukan pengepakan. Styrofoam sisa proses pengepakan, selain memakan tempat untuk penyimpanannya juga termasuk limbah padat yang sulit untuk digradasi oleh lingkungan secara alami, karena tidak ada mikroorganisme pengurainya.

Selain permasalahan tersebut, proses pembakaran batubara untuk unit pembangkit listrik menghasilkan bahan sisa berupa abu batubara yang secara nyata menimbulkan masalah lingkungan tersendiri di hampir diseluruh Indonesia termasuk juga di Kalimantan Selatan. Pada pembakaran ± 2.000 ton/hari di PLTU Asamasam Kalimantan Selatan menghasilkan ± 80 ton/hari abu batubara yang terdiri dari ± 16 ton/hari *bottom ash* dan ± 64 ton/hari *fly ash*. Sejak tahun 2004 abu batubara yang dihasilkan PLTU Asamasam ditampung pada lokasi khusus (*ash pond*) yang saat ini telah mencapai ± 100.000 ton abu batubara dan sudah melampaui kapasitas tampungan. Jumlah abu batubara yang sudah melampaui kapasitas penampungan tersebut berpotensi mengganggu lingkungan sekitar. Pada saat musim hujan dikawatirkan abu batubara akan longsor dan terba-wa aliran air, sedangkan pada musim kemarau abu batubara berpotensi terbawa angin yang akan mengganggu kualitas udara.

Salah satu solusi alternatif dan inovatif untuk meminimalisasi pencemaran lingkungan dari ke tiga sumber tersebut adalah pemanfaatan lumpur marmer, limbah styrofoam dan abu layang batubara sebagai bahan pembuat bata beton berlubang. Dalam hal ini lumpur marmer dan *styrofoam* digunakan sebagai agregat halus pendamping pasir sedangkan abu layang batubara digunakan sebagai bahan perekat pendamping semen.

2. DASAR TEORI

Marmer dan Lumpur Marmer

Marmer dalam Geologi adalah batuan metamorfosa yang berasal dari batu gamping yang berubah tekstur dan komposisi mineralnya akibat pengaruh temperatur dan tekanan. Marmer dalam pengertian umum adalah semua batuan alam yang tersusun oleh satu atau lebih mineral (kalsit atau dolomit) yang dapat dipoles hingga mengkilap. Dalam industri batu ornamen, batuan jenis ini mempunyai nilai ekonomis yang sangat baik dan dikenal sebagai marmer komersial.

Lumpur marmer merupakan salah satu limbah dari industri kerajinan batu marmer. Kandungan kimia lumpur marmer didominasi oleh Kalsium Oksida (CaO) sebanyak 55,07%, juga beberapa bahan lain diantaranya Silikon Dioksida (SiO₂) 0,13% dan Alumunium Dioksida (Al₂O₃) sebanyak 0,31% (Wihardi, 2006).

Abu Layang Batubara

Secara umum abu batubara didefinisikan sebagai bahan tak terbakar yang tersisa setelah proses pembakaran batubara. Berdasarkan ukuran partikelnya, abu batubara dapat dibedakan menjadi abu dasar (*bottom ash*) dan abu layang (*fly ash*). Abu dasar didefinisikan sebagai abu sisa pembakaran batubara yang jatuh ke bagian dasar tungku pembakar batubara dengan distribusi volume 10 – 15 % dari total abu yang dihasilkan, sedangkan abu layang didefinisikan sebagai abu sisa pembakaran batubara yang keluar dari tungku pembakar batubara bersama aliran gas buang dengan distribusi volume 85 – 90 % dari total abu yang dihasilkan (SNI 13-7169-2006 dan Sukandarrumidi, 1995).

Ditinjau dari sifat fisiknya, abu batubara secara umum memiliki tekstur lempung berdebu dengan 65 – 90 % dari partikel berdiameter kurang dari 0,01 mm, memiliki nilai kerapatan isi (*bulk density*) yang rendah (1,01 – 1,43 g/cm³), konduktivitas hidrolis lambat dan berat jenis 1,6 – 3,1 g/cm³. Sedangkan berdasarkan sifat kimianya, komponen utama dari abu batubara adalah silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃) serta besi oksida (Fe₂O₃) dan sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium dan belerang dengan rumus empiris

nya : Si_{1,0}Al_{0,45}Ca_{0,51}Na_{0,047}Fe_{0,039}Mg_{0,020}K_{0,013}Ti_{0,011} (Putri M., 2008). Kandungan karbon dalam abu batubara dinyatakan dalam persentase *Loss on Ignition* (LOI) yang sangat berpengaruh pada warna dan kualitas abu layang (Hoffman, 2000).

Pada dasarnya abu layang batubara tidak memiliki kemampuan mengikat seperti semen, namun dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus maka oksida silika yang ada di dalam abu layang batubara akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat (Wardhono, 2010).

Styrofoam

Styrofoam atau *expanded polystyrene* biasa dikenal sebagai gabus putih yang umumnya digunakan sebagai pembungkus barang-barang elektronik. Polystyrene ini dihasilkan dari *styrene* (C₆H₅CH=CH₂) yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin carbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Pembentukan *styrofoam* dimulai dengan pembentukan *polystyrene* dari *styrene* (monomer) kemudian dihembuskan udara ke dalam *polystyrene* dengan menggunakan CFC (*Cloro Fluro Carbon*) sebagai *blowing agent*. *Polystyrene* yang kandungannya 95% udara dan 5% styrene merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu di bawah 100°C. Dalam bentuk butiran (*granular*) *styrofoam* mempunyai berat jenis sangat kecil yaitu berkisar antara 13-16 kg/m³.

Penggunaan *styrofoam* dalam bahan pembuatan beton dapat diaplikasikan sebagai rongga udara dan menjadikan beton lebih ringan. Selain sebagai bahan dasar pembuatan batako *styrofoam* juga mulai diaplikasikan sebagai bahan batu bata, pot bunga, hingga media tanaman. Dalam industri skala rumah tangga, batako *styrofoam* yang biasa dibuat dari campuran 50% *styrofoam*, 40 % pasir, dan 10% semen (Surani, 2009).

Bata Beton Berlubang (Hollow Block)

Menurut SNI 03-0349-89 tentang Persyaratan Mutu Bata Beton Berlubang (*hollow block*) adalah bata beton yang mempunyai luas penampang lubang lebih dari 25 % luas permukaan batanya dan volume lubangnya lebih dari 25 % dari volume bata secara keseluruhan. Bahan untuk membuat bata beton berlubang (*hollow block*) adalah pasir (agregat) sebagai bahan pengisi yang banyak mengandung silika (SiO₂), semen portland sebagai bahan pengikat dan air untuk memudahkan bahan-bahan tersebut dapat tercampur dan bereaksi dengan sempurna.

Mutu bata beton berlubang dibedakan menjadi empat tingkatan, yaitu :

- Bata beton berlubang mutu I adalah bata beton berlubang yang dapat digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap)
- Bata beton berlubang mutu II adalah bata beton berlubang yang dapat digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (untuk konstruksi dibawah atap)
- Bata beton berlubang mutu III adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, untuk dinding penyekat serta konstruksi lainnya di bawah atap.
- Bata beton berlubang mutu IV adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi seperti penggunaan dalam mutu III tetapi selalu terlindungi dari hujan dan terik matahari (diplester dan dibawah atap).

Tabel 1. Persyaratan Mutu Bata Beton Berlubang

Persyaratan Mutu	Satuan	Mutu Bata Beton Berlubang			
		I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto & rata-rata minimum	kg/cm ²	70	50	35	20
2. Kuat tekan bruto masing-masing benda uji, minimum	kg/cm ²	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-

Sumber : SNI 03-0349-89

Untuk dimensi (panjang, lebar dan tebal) syarat ukuran standar dan toleransi, seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2. Syarat Dimensi Standar dan Toleransi Bata Beton Berlubang

Jenis Bata Beton Berlubang	Ukuran dan Toleransi (mm)			Tebal Dinding Sekat Lubang (mm)	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
Kecil	400±3	200±3	100±3	20	15
Besar	400±3	200±3	100±3	25	20

Sumber : Standar Spesifikasi Bahan Bangunan

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Struktur, dan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat pada bulan Februari sampai Juni

2010. Bahan penelitian yang digunakan adalah; (1) semen tipe I dengan merek dagang Holcim, (2) pasir sungai, (3) abu layang batubara dari limbah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Asam-asam, (4) lumpur marmer dari limbah PT. Mohusindo, dan (5) *styrofoam* dari limbah kemasan pengepakan barang PT. Mohusindo.

Penelitian dilaksanakan dalam 4 tahapan yaitu; (1) pengujian sifat fisik bahan, (2) pembuatan sampel bata beton berlubang, (3) pengujian sampel bata beton berlubang, dan (4) analisis ekonomi. Pengujian sifat fisik bahan dilakukan pada setiap bahan penelitian untuk mengetahui berat volumenya yang akan digunakan untuk menentukan komposisi campuran sampel bata beton berlubang. Pembuatan sampel bata beton berlubang terdiri atas 12 variasi campuran antara semen, abu layang batubara, lumpur marmer, *styrofoam* dan pasir yang setiap variasi dibuat masing-masing 5 buah sampel. Sebagai perbandingan dibuat 5 buah sampel standar PU dan 5 buah sampel pasaran.

Tabel 3. Komposisi Campuran Bahan Sampel Bata Beton Berlubang

No. Sampel	Perbandingan Volume				
	Semen	Abu Layang	Lumpur Marmer	Styro-foam	Pasir
A1	3	1	12	0	3
A2	3	1	10	2	3
A3	3	1	8	4	3
B1	2	2	12	0	3
B2	2	2	10	2	3
B3	2	2	8	4	3
C1	1	3	12	0	3
C2	1	3	10	2	3
C3	1	3	8	4	3
D1	0	4	12	0	3
D2	0	4	10	2	3
D3	0	4	8	4	3
PU	4	-	-	-	15
PS	1	-	-	-	9

Setiap variasi campuran kemudian dicampur dengan air (w/c = 0,45) lalu diaduk hingga rata dan dicetak pada cetakan bata beton berlubang berukuran 9 cm x 19 cm x 39 cm. Hasil cetakan dikeluarkan lalu disusun di tempat yang teduh untuk proses pengeringan selama 28 hari lamanya.

Setelah sampel bata beton berlubang dikeringkan selama 28 hari maka sampel siap untuk diuji, meliputi:

1. Pengujian Berat Volume Sampel
Pengujian ini dilakukan dengan menimbang berat masing-masing sampel berbanding dengan volume masing-masing sampel.
2. Uji Kuat Tekan (*Compression Test*)
Uji kuat tekan dilakukan dengan cara memberikan beban tekan pada permukaan sampel (10 cm x 20 cm) dengan menggunakan mesin press berkapasitas 5 ton sampai sampel pecah.
3. Uji Karakteristik Bahan
Uji karakteristik bahan dimaksudkan untuk mengetahui sifat atau karakteristik kimia dari sampel yang telah diuji kuat tekan sampai pecah yaitu dengan menganalisa kandungan Cu, Cd, Cr dan Zn. Dengan melakukan pengujian ini akan diketahui keamanan sampel dan kemampuan sampel bata beton berlubang dalam mengimobilisasi bahan pencemar yang sudah terkungkung. Pengujian karakteristik bahan ini menggunakan metode Titrasi, Spektrofotometri dan AAS.

Analisis ekonomi dilakukan dengan melakukan perhitungan total biaya produksi yang digunakan dalam pembuatan setiap batako geopolimer pada masing-masing variasi komposisi campuran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat fisik bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan terutama untuk mengetahui berat volume masing-masing bahan dalam keadaan kering. Hasil pengujian ditunjukkan pada Grafik dalam Gambar 1.

Dari grafik tersebut diketahui bahwa berat volume semen sebesar 1,132 gr/cm³, pasir 1,625 gr/cm³, abu layang 1,213 gr/cm³ dan lumpur marmer 1,437 gr/cm³. Sedangkan berat volume styrofoam 0,013 gr/cm³. Berat volume bahan akan mempengaruhi berat bahan pada masing-masing komposisi campuran bata beton berlubang.



Gambar 1. Grafik Hasil Pemeriksaan Berat Volume Bahan

Bata beton berlubang yang dicetak adalah jenis batako berlubang untuk pasangan dinding, dengan dimensi 9 cm x 19 cm x 39 cm atau dengan volume 6.669 cm³, sehingga berat masing-masing bahan dalam campuran komposisi sampel batako adalah seperti diperlihatkan dalam tabel 4.

Setelah hasil cetakan dikeringkan selama 28 hari, dilakukan pengujian berat volume sampel bata beton berlubang untuk mengetahui beban total per-luasan pasangan dinding. Berat sampel diketahui dengan cara menimbang berat masing-masing sampel yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan Grafik pada Gambar 2.

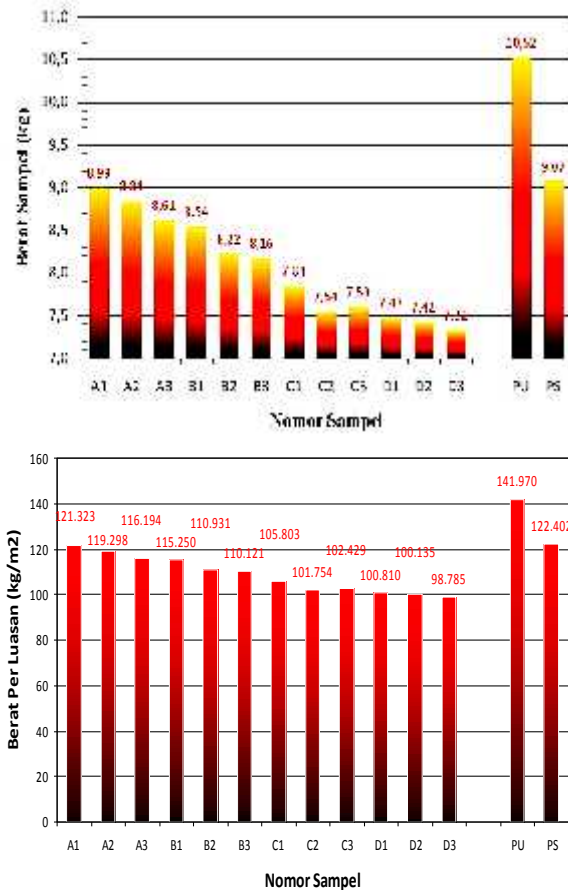
Tabel 4. Berat Bahan Dalam Campuran Komposisi Sampel Batako

No Sampel	Berat Bahan (kg)				
	Semen <i>x</i> = 1,132 gr/cm ³	Fly Ash <i>x</i> = 1,213 gr/cm ³	Lumpur Marmer <i>x</i> = 1,437 gr/cm ³	Styrofoam <i>x</i> = 0,013 gr/cm ³	Pasir <i>x</i> = 1,625 gr/cm ³
A1	1,31	0,47	6,66	0,00	1,88
A2	1,31	0,47	5,55	0,01	1,88
A3	1,31	0,47	4,44	0,02	1,88
B1	0,87	0,94	6,66	0,00	1,88
B2	0,87	0,94	5,55	0,01	1,88
B3	0,87	0,94	4,44	0,02	1,88
C1	0,44	1,41	6,66	0,00	1,88
C2	0,44	1,41	5,55	0,01	1,88
C3	0,44	1,41	4,44	0,02	1,88
D1	0,00	1,87	6,66	0,00	1,88
D2	0,00	1,87	5,55	0,01	1,88
D3	0,00	1,87	4,44	0,02	1,88
PU	1,75	-	-	-	9,41
PS	0,83	-	-	-	10,73

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Volume Batako

No Sampel	W (kg)					W'	q (kg/m ²)
	#1	#2	#3	#4	#5		
A1	8,90	9,10	9,25	8,85	8,80	8,99	121,323
A2	8,75	9,00	9,90	8,75	9,00	8,84	119,290
A3	8,60	9,30	9,85	8,70	8,80	8,81	116,194
B1	8,50	8,50	8,60	8,10	8,50	8,54	115,250
B2	8,35	9,00	9,20	8,25	8,00	8,22	110,931
B3	8,19	8,00	7,90	8,30	8,15	8,16	110,121
C1	7,80	7,90	8,00	7,75	7,70	7,81	105,803
C2	7,80	7,80	7,90	7,10	7,90	7,84	101,754
C3	7,79	7,90	7,65	7,50	7,15	7,69	102,429
D1	7,45	7,25	7,50	7,60	7,5	7,47	100,810
D2	7,30	7,30	7,50	7,65	7,30	7,42	100,135
D3	7,10	7,20	7,10	7,15	7,15	7,32	98,785
PU	10,35	10,40	10,55	10,60	10,70	10,52	141,970
PS	8,80	8,90	9,20	9,00	9,35	9,07	122,402

Keterangan : W' = berat rata-rata
q = berat total per-luasan pasangan dinding



Gambar 2. Grafik Hasil Pemeriksaan Berat Sampel Batako

Dari tabel dan grafik di atas dapat dilihat bahwa seluruh sampel yang telah dibuat lebih ringan dibandingkan dengan standar PU mau-

pun pasaran. Berat rata-rata sampel berkisar antara 7,32 – 8,99 kg dengan berat total per-luasan pasangan dinding antara 98,785 – 121,323 kg/m², sedangkan standar PU 10,52 kg (141,970 kg/m²) dan pasaran 9,07 kg (122,402 kg/m²). Ringannya sampel yang dibuat dikarenakan adanya substitusi penggunaan pasir yang mempunyai berat volume 1,625 gr/cm³ dengan lumpur marmer dan styrofoam yang mempunyai berat volume 1,437 gr/cm³ dan 0,013 gr/cm³.

Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa masing-masing sampel memiliki kuat tekan bervariasi antara 8,889 – 37,156 MPa yang dapat dikategorikan sebagai batako kualitas IV sampai dengan I berdasarkan SNI 03-0349-89. Sedangkan kuat tekan batako standar PU sebesar 44,267 MPa dan batako pasaran sebesar 26,044 MPa. Berdasarkan Tabel 6 dan Grafik dalam Gambar 3 diketahui bahwa sebagian besar sampel berada di atas kuat tekan standar pasaran, namun masih berada di bawah kuat tekan standar PU. Sampel yang kuat tekannya lebih besar ataupun sebanding dengan standar pasaran adalah sampel A1 sampai dengan C2 dan sampel yang memiliki kuat tekan yang tertinggi adalah sampel batako A2.

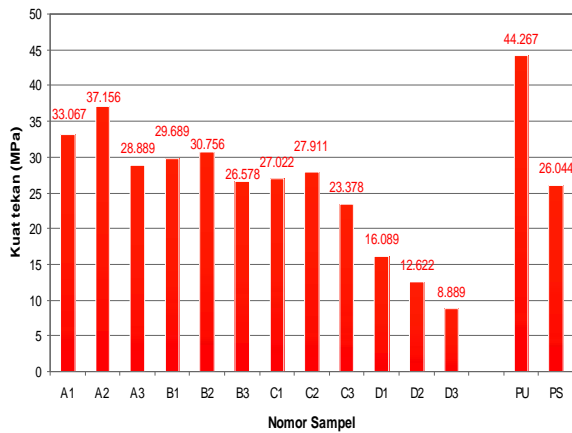
Tabel 6. Hasil Uji Tekan Sampel Batako

No. Sampel	Kuat Tekan Batako [MPa]					Rerata (MPa)
	#1	#2	#3	#4	#5	
A1	33,778	32,000	32,414	31,558	35,558	33,067
A2	36,444	30,222	37,333	37,333	36,444	37,156
A3	30,222	29,333	28,000	27,111	29,779	28,889
B1	29,333	29,333	29,333	30,222	30,167	29,889
B2	30,222	31,111	30,222	31,111	30,167	30,756
B3	26,222	26,667	27,556	25,776	26,667	26,579
C1	26,667	28,000	27,556	26,667	26,222	27,022
C2	27,556	28,000	28,000	27,111	28,889	27,911
C3	28,111	29,444	29,000	29,111	29,889	29,378
D1	17,333	16,888	15,111	15,111	16,000	16,089
D2	17,444	17,333	17,000	17,889	17,444	17,622
D3	8,000	10,667	8,000	8,444	9,444	8,309
PU	43,556	46,667	43,111	43,556	44,444	44,267
PS	26,222	25,333	26,222	26,667	25,779	26,044

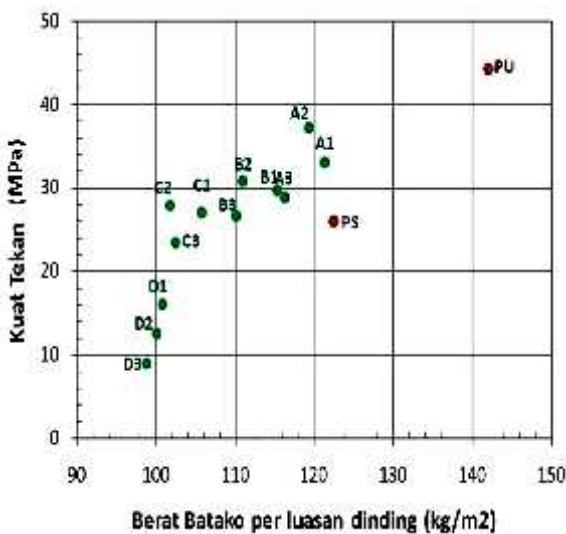
Ditinjau dari variasi komposisi penggunaan lumpur marmer dan styrofoam, diketahui bahwa penggunaan kedua bahan tersebut mempengaruhi kuat tekan batako. Pada komposisi sampel A1 (3 sn:1 ab:12 mr:0 st:3 ps) kuat tekannya sebesar 33,067 MPa, sedangkan pada sampel A2 (3 sn:1 ab:10 mr:2 st:3 ps) kuat tekannya meningkat menjadi 37,156 MPa dan untuk sampel A3 (3 sn:1 ab:8 mr:4 st:3 ps) kuat

tekannya turun menjadi 28,889 MPa. Begitu pula pada perbandingan komposisi sampel B, C dan D.

Untuk mengetahui tingkat keamanan lingkungan terutama yang berkaitan dengan keberadaan logam berat pada masing-masing sampel bata beton berlubang yang telah dibuat, maka dilakukan uji karakteristik kimia dengan parameter Cu, Cd, Cr dan Zn. Pengujian karakteristik kimia dilakukan berdasarkan variasi jumlah abu layang pada masing-masing sampel. Berdasarkan Tabel 7 dan Grafik dalam Gambar 5 diketahui bahwa sampel A-2 dan B-2 memenuhi kriteria baku mutu logam berat berdasarkan Keputusan Kepala Bapedal No. 03/Bapedal/09/1995.



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Sampel Batako



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Sampel Batako Terhadap Berat Batako Per-Luasan Pasangan Dinding

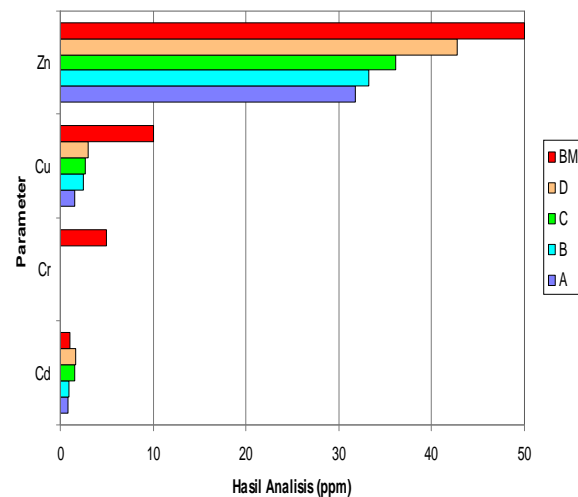
Selain mengetahui karakteristik fisik dan kimia sampel batako, juga dilakukan perhitungan keekonomisan sampel. Berdasarkan Grafik dalam Gambar 6, harga semua sampel masih re-

latif lebih murah dibandingkan standar PU dan standar pasaran (kecuali sampel A1) sehingga dapat dikatakan bata beton berlubang ini sebagai batako yang ekonomis. Dari Grafik dalam Gambar 6 juga diketahui bahwa semakin sedikit penggunaan semen maka semakin ekonomis atau lebih murah biaya produksinya.

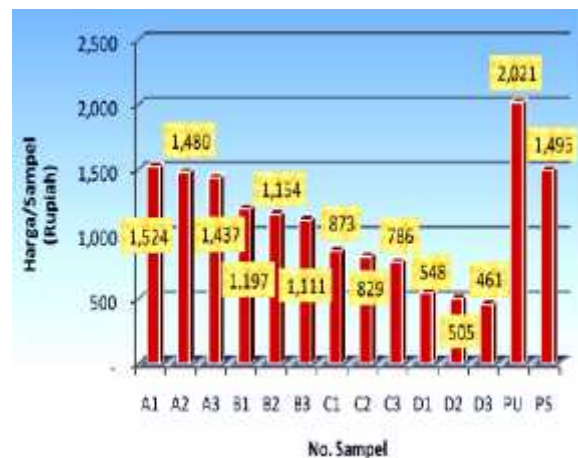
Tabel 7. Hasil Analisis Logam Berat

Parameter	Hasil Analisis (ppm)				BM*)
	A-2	B-2	C-2	D-2	
Cd	0.8	0.95	1.55	1.65	1
Cr	ttt	ttt	ttt	ttt	5
Cu	1.57	2.52	2.73	2.98	10
Zn	31.8	33.2	36.1	42.8	50

Keterangan : *) Baku Mutu : KepKa Bapedal No. 03/Bapedal/09/1995



Gambar 4. Grafik Hasil Analisis Logam Berat



Gambar 5. Grafik Perbandingan Harga Sampel

5. PENUTUP

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bata beton berlubang yang dihasilkan memiliki berat yang lebih ringan dari batako standar PU dan pasaran, biaya produksi lebih murah dari standar PU dan pasaran, dan bata beton berlubang dengan komposisi 3 sn:1 ab:10 mr:2 st:3 ps (sampel A2) memiliki kuat tekan lebih besar daripada batako pasaran dan memenuhi baku mutu lingkungan.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, (1989), SNI 03-0349-89.
2. Anonim, (2002), Indonesia Power. PLTU Suralaya.
3. Hoffman, G. K. (2000). *Fly Ash Usage in the Western United States*, NM Bureau of Mines & Mineral Resources, <http://www.wrashg.org>, akses tanggal 3 April 2009.
4. Kasam, Luqman H., & Evelin. (2008). *Karakteristik Batako dari Limbah Alumina Pengolahan Minyak Bumi*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung.
5. Putri, M., (2008), *Abu Layang Batubara Sebagai Adsorben*, <http://majarimagazine.com>, akses tanggal 3 April 2009.
6. Sukandarrumidi, (1995), "*Bahan Galian Industri*", Gama Press, Yogyakarta.
7. Surani. (2009). *Batako dari Limbah Styrofoam*, <http://www.inovasi.lipi.go.id>, akses 25 September 2009.
8. Wihardi, T.M., Herman P, Kenedi S, Ambo D. (2006). Pecahan Marmer sebagai Pengganti Parsial Agregat Kasar Self Compacting Concrete (SCC), *Design dan Kontruksi* Vol 5, No.1.
9. Wardhono, A., (2010)., Pemanfaatan Abu Terbang Sebagai Bahan Baku Pembuatan Batako, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil VI*, ISBN 978-979-99327-5-4, ITS, Surabaya.
10. Wardhono, A., (2010)., Pengaruh Penggunaan Kapur Terhadap Uji Kuat Tekan Paving Stone Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang dan NaOH, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Ramah Lingkungan Dalam Pembangunan Berkelanjutan*, ISBN 978-979-3984-30-8, ITN, Malang.