

PENGARUH PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI PENGGANTI SEMEN TERHADAP NILAI KUAT TEKAN DAN KEMAMPUAN RESAPAN AIR STRUKTUR PAVING

Agoes Soehardjono, Prastumi, Taufik Hidayat, Gagoek Soenar Prawito
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang

ABSTRAK

Paving block saat ini semakin diminati sebagai bahan perkerasan jalan. Hal ini dikarenakan *paving block* mempunyai sedikit nilai seni karena bentuk dan pola pemasangannya yang bervariasi, selain itu biaya yang dikeluarkan lebih sedikit daripada bahan perkerasan jalan lainnya, misalnya aspal. Dengan kenyataan tersebut maka bahan yang digunakan akan semakin berkurang, terutama semen yang tergantung pada bahan asli yang terdapat pada daerah tertentu. Oleh karena itu, penulis berfikir untuk mencari bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai semen, dalam hal ini dipilih *bottom ash*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyerapan air dan kuat tekan yang terjadi dan untuk mengetahui mutunya yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996 dengan penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti semen. Pembuatan *paving block* menggunakan pasir lumajang, semen Gresik tipe PPC, air yang berasal dari PDAM di daerah pabrik pembuatan dan *bottom ash* yang berasal dari PLTU di Rembang. *Paving block* dibuat dengan ukuran 20 × 10 dengan tebal 6 cm dan dibuat dengan komposisi 1 semen dan 3 pasir. Benda uji dibuat dengan 9 variasi, yaitu 0%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55% dan 60% dari berat semen. Setiap variasi akan dibuat 10 buah benda uji untuk pengujian penyerapan air dan 15 buah benda uji untuk pengujian kuat tekan. Hasil pengujian gradasi pasir menunjukkan bahwa pasir termasuk dalam zona 2 yang berarti termasuk pasir agak kasar. Dari hasil pengujian penyerapan air dan kuat tekan *paving block*, diketahui bahwa penggunaan 25%, 30%, 35% dan 40% termasuk antara mutu A dan mutu B, penggunaan 45% termasuk antara mutu B dan mutu C dan 50%, 55% dan 60% termasuk antara mutu C dan mutu D.

Kata kunci : *bottom ash*, kuat tekan, *paving block*, penyerapan air, semen

Pendahuluan.

Pada era globalisasi yang semakin maju dewasa ini, menyebabkan meningkatnya pembangunan fisik di Indonesia, salah satunya pada bidang konstruksi. Semakin banyak inovasi – inovasi baru dalam bidang ini, mulai dari alternatif bahan pembuatan beton hingga bahan perkerasan jalan. Perkerasan jalan yang umumnya menggunakan media aspal, saat ini sering terlihat perkerasan jalan dengan media selain aspal, yaitu *paving block*. *Paving block* adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* itu (SNI 03-

0691-1996). Dengan mengacu pada penjelasan di atas, seiring makin berkembangnya zaman dikhawatirkan akan berkurangnya bahan baku yang dipakai, khususnya semen. Dengan kenyataan tersebut, maka dianggap perlu untuk melakukan pengembangan teknologi bahan untuk mendapatkan bahan baku baru yang dapat dijadikan sebagai alternatif bahan yang lebih baik. Dalam hal ini dipilih alternatif menggunakan *bottom ash* hasil dari limbah PLTU di Rembang.

Bottom ash

Bottom ash adalah bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat

daripada *fly ash*. *Bottom ash* dibedakan menjadi *dry bottom ash* dan *wet bottom ash* berdasarkan jenis tungkunya. Beberapa sifat fisis, kimia dan mekanis yang penting dari *bottom ash* adalah sebagai berikut :

Sifat fisis

Sifat fisis dari *bottom ash* berdasarkan bentuk, warna, tampilan, ukuran, *specific gravity*, *dry unit weight* dan penyerapan dari *wet* dan *dry bottom ash* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Sifat kimia

Pada prinsipnya *bottom ash* tersusun dari silika (Si), aluminium (Al) dan besi (Fe), dengan prosentase yang lebih kecil kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan senyawa lainnya. Berikut **Tabel 2** menyajikan sifat kimia dari *bottom ash*.

Sifat mekanis

Tabel 3 berisi beberapa nilai dari sifat mekanis *bottom ash* dan *boiler slag*, yaitu karakteristik pemadatan (*dry density*, kelembaban optimum), karakteristik daya tahan (test abrasi Los Angeles), nilai CBR dan permeabilitas.

Tabel 1. Sifat fisis *bottom ash*

Sifat Fisis <i>Bottom ash</i>	<i>Wet</i>	<i>Dry</i>
Bentuk	Angular / bersiku	Berbutir kecil / granular
Warna	Hitam	Abu-abu gelap
Tampilan	Keras, mengkilap	Seperti pasir halus, sangat berpori
Ukuran (% lolos ayakan)	No.4 (90-100%)	1.5 s/d 3/4 in (100%)
	No.10 (40-60%)	No.4 (50-90%)
	No.40 (10%)	No.10 (10-60%)
	No.200 (5%)	No.40 (0-10%)
Specific gravity	2.3-2.9	2.1-2.7
Dry Unit Weight	960-1440 kg/m ³	720-1600 kg/m ³
Penyerapan	0.3-1.1 %	0.8-2.0 %

Sumber: *Coal Bottom ash/Boiler Slag- Material Description, 2000*

Tabel 2. Sifat kimia *bottom ash*

Parameter	Hasil Analisa	
	Kadar	Satuan
Si	29.40 ± 0.03	%
Mg	1.17	%
Ca	14.55 ± 6.13	%
Fe	590.33 ± 0.89	Ppm
Al	0.2576 ± 0.0001	%

Sumber: *Penelitian Bottom ash di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA, 2012*

Tabel 3. Sifat mekanis *bottom ash*

Sifat mekanis	<i>Dry Bottom ash</i>	<i>Wet Bottom ash</i>
Max. Dry Density	1210-1620 kg/m ³	1330-1650 kg/m ³
Kelembaban Optimum	12-24% (umumnya <20)	8-20%
Test Abrasi LA (% kehilangan)	30-50	24-48
Sodium Sulfat Soundness test (% kehilangan)	1.5-10	1-9
Kuat Geser (sudut geser)	38-42° 38-45% (ukuran butir < 9.5 mm)	38-42° 38-46° (ukuran butir < 9.5 mm)
CBR (%)	40-70	40-70
Koefisien permeabilitas	10 ⁻² - 10 ⁻³ cm/det	10 ⁻² - 10 ⁻³ cm/det
Friable partikel (kerak batu bara)	Ada	tidak ada

Sumber: *Coal Bottom ash/Boiler Slag- Material Description, 2000*

Tabel 4. Perbandingan sifat kimia *bottom ash* dan bahan penyusun semen

Parameter	Konsentrasi rata-rata (%)	
	<i>bottom ash</i>	Semen
Si	29.040	23.13
Ca	14.550	58.66
Fe	0.059	4.62
Al	0.2576	8.76

Penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti semen

Pada penelitian ini *bottom ash* digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan *paving block*. Berikut perbandingan sifat kimia dari *bottom ash* dan bahan penyusun semen dalam **Tabel 4**.

Karakteristik *Paving Block*

1. Penyerapan air *paving block*

Dengan adanya penyerapan air *paving block* maka akan membantu mengurangi jumlah air yang berada di jalan yang menggunakan media *paving block* karena selain air dapat mengalir ke saluran drainase jalan, air juga dapat menyerap ke *paving block* dan akan menyerap ke dalam tanah. Semakin besar mutu dari *paving block* maka semakin kecil prosentase penyerapan air.

2. Kuat tekan *paving block*

Dalam SNI 03-0691-1996 dijelaskan mengenai mutu dari *paving block* yang diklasifikasikan menjadi empat jenis berdasarkan kuat tekan dan penyerapan air.

Kuat tekan *paving block* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- Jenis dan kualitas dari semen, pasir dan bahan penambah lainnya.
- Perbandingan jumlah semen dengan pasir.
- Perbandingan berat air dengan semen.
- Cara pembuatannya berdasarkan seberapa besar pemadatan *paving block*.

Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Mark Whittaker, Rachel Taylor, Qui Li, Shuangxin Li and Dr. Leon Black mengenai “*The Effects of Bottom Ash as a Partial Cement Replacement*”, dijelaskan bahwa penggunaan bottom ash sebagai pengganti semen dengan prosentase 10 % hanya sedikit berpengaruh pada kuat tekan mortar, tetapi pada prosentase 40 % terjadi penurunan kuat tekan yang besar. Mortar yang diteliti tersebut dibuat dengan komposisi semen : air : pasir adalah 1 : 0,5 : 3 dan kuat tekan maksimal pada setiap pengujian dilakukan pada waktu 28 hari.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wisnumurti, Sri Murni

Dewi, dan Agoes Suhardjono MD pada tahun 2011 mengenai “*Masonry Behavior of Local Brick from East-java Indonesia*”, dijelaskan mengenai mortar dengan komposisi 1 semen : 3 pasir kuat tekannya lebih besar daripada mortar dengan komposisi 1 semen : 5 pasir dan 1 semen : 7 pasir.

Berdasarkan kedua penelitian tersebut maka penelitian penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti semen ini dirasa dapat dikerjakan yaitu dengan menggunakan komposisi campuran 1 semen : 3 pasir.

Tabel 5. Klasifikasi mutu *paving block*

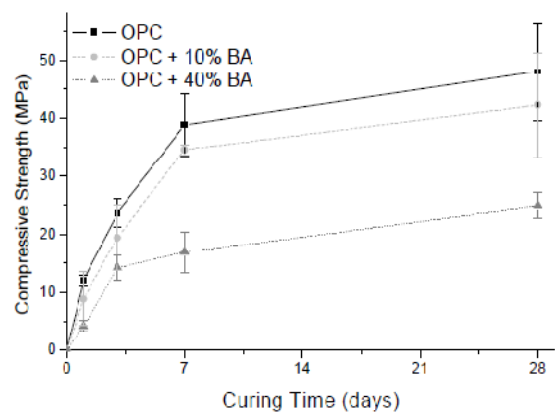
Mutu	Kuat Tekan (Mpa)		Penyerapan Air
	Rata - rata	Min	rata-rata maks %
A	40	35	3
B	20	17	6
C	15	12.5	8
D	10	8.5	10

Sumber: SNI 03-0691-1996

Tabel 6. Perbandingan komposisi mortar

Material	Compressive stress (kg/cm ²)
Mortar 1:3	130.04
Mortar 1:5	79.81
Mortar 1:7	48.01

Sumber: Wisnumurti, et al. 2011

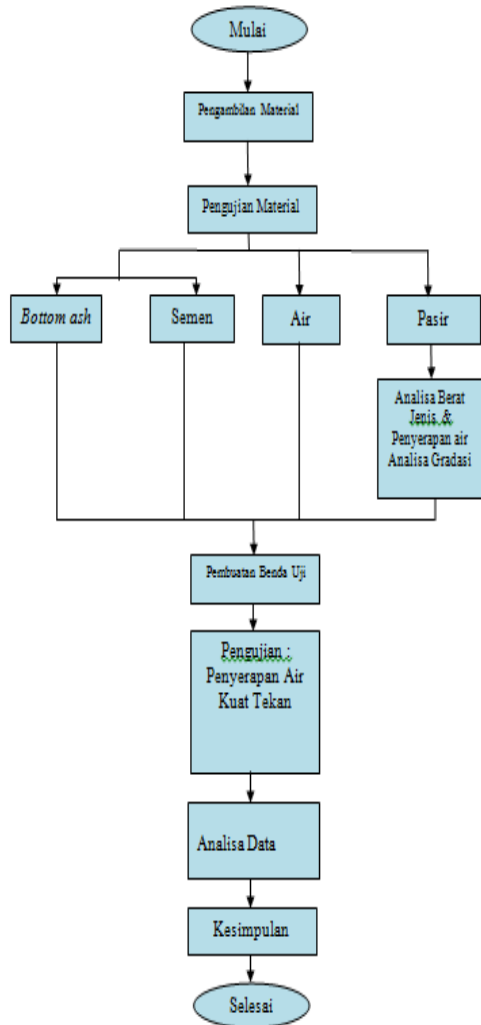


Gambar 1. Grafik *compressive strength* mortar

Sumber :Mark Whittaker, et. al.

Metode penelitian.

Metode penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Bagan dibawah ini :



Gambar 2.Diagram alir penelitian

Untuk mengetahui adanya pengaruh pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen dalam pembuatan *paving block* terhadap penyerapan air dan kuat tekan *paving block*, maka perlu diadakan uji hipotesis penelitian. Analisa hipotesis yang digunakan ialah analisis variansi satu arah (*one way -ANOVA*) dengan kontrol

perlakuan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan stabilitas pada kondisi variasi campuran *bottom ash* pada setiap perlakuan.

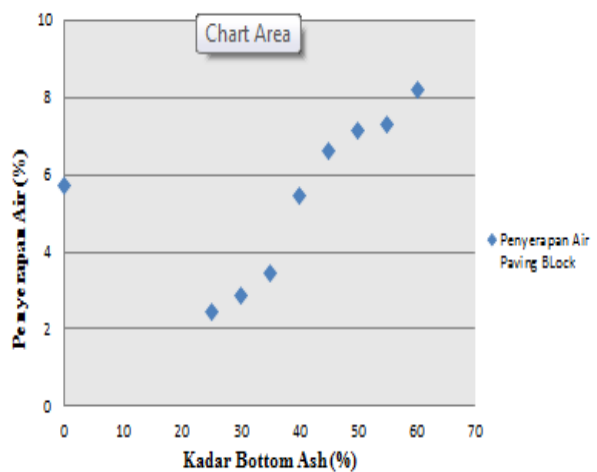
Hasil dan pembahasan.

Tabel 7. Komposisi bahan-bahan pembuatan *paving block*

No.	1 paving block				25 paving block					
	semen %	B.A %	pasir kg	semen kg	B.A kg	air kg	pasir kg	semen kg	B.A kg	air kg
1	100	0	1.65	0.55	0.00	0.28	41.25	13.75	0.00	6.88
2	75	25	1.65	0.41	0.14	0.28	41.25	10.31	3.44	6.88
3	70	30	1.65	0.39	0.17	0.28	41.25	9.63	4.13	6.88
4	65	35	1.65	0.36	0.19	0.28	41.25	8.94	4.81	6.88
5	60	40	1.65	0.33	0.22	0.28	41.25	8.25	5.50	6.88
6	55	45	1.65	0.30	0.25	0.28	41.25	7.56	6.19	6.88
7	50	50	1.65	0.28	0.28	0.28	41.25	6.88	6.88	6.88
8	45	55	1.65	0.25	0.30	0.28	41.25	6.19	7.56	6.88
9	40	60	1.65	0.22	0.33	0.28	41.25	5.50	8.25	6.88
TOTAL			14.85	3.08	1.87	2.48	371.25	77	46.75	61.88

Tabel 8. Rata – rata penyerapan air *paving block*

Variasi	Komposisi Bahan (%)		Rata-rata Penyerapan air (%)
	semen	bottom ash	
1	100	0	5.72
2	75	25	2.43
3	70	30	2.89
4	65	35	3.43
5	60	40	5.48
6	55	45	6.63
7	50	50	7.15
8	45	55	7.32
9	40	60	8.22

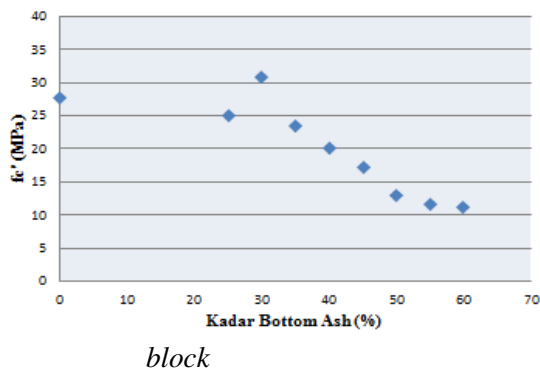


Gambar 3. Grafik rata – rata penyerapan air *paving block*

Tabel 9. Rata – rata kuat tekan *paving block*

Variasi	Komposisi Bahan		f_c' MPa
	Semen (%)	Bottom ash (%)	
1	100	0	27.74
2	75	25	24.96
3	70	30	30.92
4	65	35	23.55
5	60	40	20.09
6	55	45	17.15
7	50	50	12.98
8	45	55	11.56
9	40	60	11.27

Gambar 4. Grafik rata – rata kuat tekan *paving block*

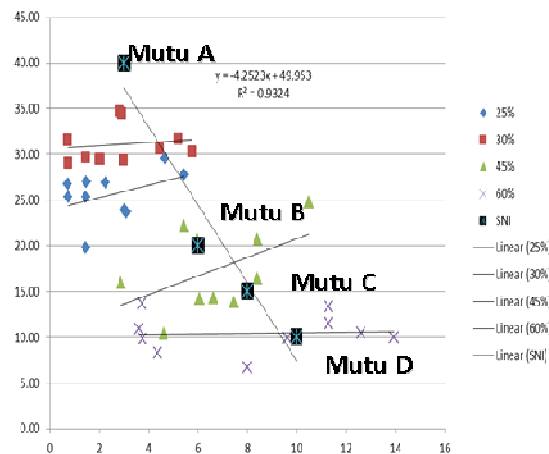


Hubungan penyerapan air dengan kuat tekan *paving block*

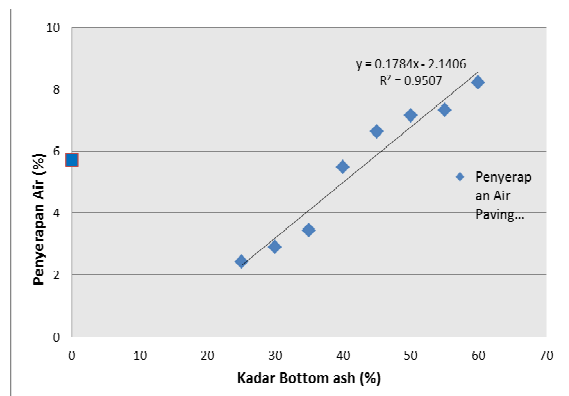
Penyerapan air menunjukkan kemampuan *paving block* dalam menyerap air. Semakin besar kemampuan *paving block* dalam menyerap air maka akan berbanding terbalik dengan kemampuannya menahan beban, yaitu kuat tekannya akan semakin kecil.

Tabel 10. Penyerapan air dan kuat tekan *paving block* dengan 25%, 30%, 45% dan 60% bottom ash

No.	25%		30%		45%		60%	
	Penyerapan Air (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Penyerapan Air (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Penyerapan Air (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Penyerapan Air (%)	Kuat Tekan (Mpa)
1	4.65	29.55	2.80	34.75	2.88	15.95	8.00	6.75
2	3.03	23.90	2.00	29.45	4.62	10.40	12.61	10.50
3	3.08	23.65	0.73	29.10	6.06	14.25	3.60	10.90
4	0.74	25.30	0.72	31.60	6.62	14.30	3.73	13.70
5	1.46	19.80	2.90	34.45	7.46	13.85	9.60	9.95
6	1.46	25.30	5.76	30.30	8.40	16.40	4.35	8.25
7	1.48	26.95	2.96	29.40	8.40	20.75	11.29	11.45
8	0.72	26.75	5.19	31.75	5.43	22.15	3.76	9.85
9	5.43	27.75	4.41	30.65	5.97	20.60	11.29	13.40
10	2.24	26.90	1.43	29.70	10.48	24.80	13.93	10.00
11		26.50		28.65		21.95		6.10
12		28.15		20.55		16.60		16.15
13		24.70		35.50		14.95		10.20
14		21.10		35.80		12.80		17.35
15		18.05		32.10		17.45		14.45



Gambar 5. Grafik Penyerapan air dan kuat tekan *paving block* dengan 25%, 30%, 45% dan 60% bottom ash

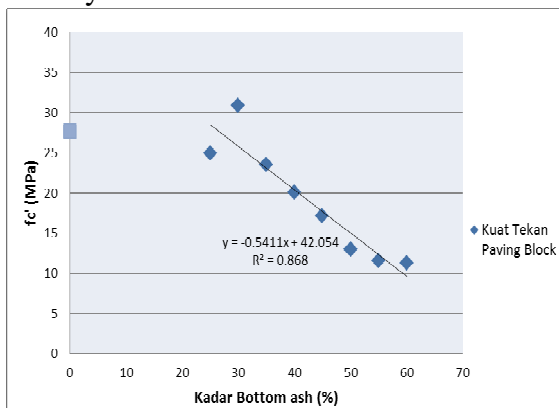


Gambar 6. Grafik analisis regresi penyerapan air *paving block*

Dari **Gambar 6** diketahui bahwa grafik cenderung naik seiring dengan bertambahnya bottom ash. Dengan menggunakan persamaan regresi di atas, maka akan diketahui tingkat penyerapan air dari paving block. Semakin besar kadar bottom ash yang digunakan, maka akan semakin besar pula tingkat penyerapan airnya.

Dari **Gambar 7** diketahui bahwa grafik cenderung turun seiring dengan bertambahnya bottom ash. Dengan menggunakan persamaan regresi di atas, maka akan diketahui nilai kuat tekan dari paving block. Semakin besar kadar bottom

ash yang digunakan, maka nilai kuat tekannya akan semakin turun.



Gambar 7. Grafik analisis regresi kuat tekan paving block

Kesimpulan dan saran.

Dari hasil pengujian dan pembahasan pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen terhadap penyerapan dan kuat tekan paving block dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ada pengaruh yang nyata dari pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen terhadap penyerapan air paving block. Hal ini ditunjukkan dengan adanya kenaikan prosentase penyerapan air seiring dengan bertambahnya *bottom ash* yang digunakan, karena semakin banyak pori – pori yang terdapat pada paving block
2. Ada pengaruh yang nyata dari pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan paving block. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan kuat tekan seiring dengan bertambahnya *bottom ash* yang digunakan, karena sifat semen yang mampu mengikat dan mengeras di dalam air tidak dapat digantikan seluruhnya oleh *bottom ash* dan karena penggunaan air dalam jumlah yang sama dalam semua variasi.
3. Untuk pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen dalam pembuatan paving block, dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Untuk penggunaan 25%, 30%, 35% dan 40% termasuk antara mutu A dan mutu B baik dari segi penyerapan air maupun kuat tekan. Dari keempat variasi tersebut, variasi 30% *bottom ash* merupakan prosentase yang paling maksimum bila digunakan dalam campuran paving block antara mutu A dan mutu B karena kuat tekannya menunjukkan nilai tertinggi.
- b. Untuk penggunaan 45% termasuk antara mutu B dan mutu C baik dari segi penyerapan air maupun kuat tekan.
- c. Untuk penggunaan 50%, 55% dan 60% termasuk antara mutu C dan mutu D baik dari segi penyerapan air maupun kuat tekan. Dari ketiga variasi tersebut, variasi 50% *bottom ash* merupakan prosentase yang paling maksimum bila digunakan dalam campuran paving block antara mutu C dan mutu D karena kuat tekannya menunjukkan nilai tertinggi.

Saran

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada penghasil limbah *bottom ash*, produsen paving block dan peneliti bahan bangunan bahwa *bottom ash* yang bersangkutan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti semen walaupun dengan prosentase tertentu. Untuk saran yang dapat peneliti sampaikan adalah sebagai berikut :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan *bottom ash* sebagai pengganti semen pada pembuatan paving block dengan memvariasikan faktor air semen, karena dalam penelitian ini hanya digunakan satu faktor air semen. Adanya penelitian lanjutan ini diharapkan dapat diketahui faktor air semen yang optimal dalam pembuatan paving block.

2. Melihat kandungan kimia *bottom ash* terutama kalsium, ternyata senyawa kalsium yang terkandung di dalamnya masih kurang dibanding dengan semen. Apabila dalam penelitian selanjutnya *bottom ash* akan dimanfaatkan sebagai pengganti semen, maka disarankan menambahkan kapur alami dimaksudkan agar menambahkan senyawa kalsium yang kurang pada *bottom ash*.
3. Apabila dalam penelitian lanjutan juga meninjau *paving block*, sebaiknya dalam pencampuran bahan – bahan dengan *bottom ash* dilakukan dengan cara manual bila benda uji yang dibuat dalam jumlah kurang dari 100 m² (± 96 buah) dari setiap satu kali pembuatan agar dapat tercampur secara merata.

Daftar pustaka.

- ACI 318-89. 1989. *Building code requirements for reinforced concrete*. American Concrete Institute, Detroit.
- ASTM C.33-82, “*Standard Spesification for Concrete Aggregate*.”
- Mark Whittaker, Rachel Taylor, Qui Li, Shuangxin Li & Dr. Leon Black. “*The Effects of Bottom Ash as a Partial Cement Replacement*”, diakses Agustus 2012
- Wibowo, Sapto Satryo. 2012. *Pengaruh Penggunaan Piropilit Dan Variasi Jenis Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Paving*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Wisnumurti, Sri Murni Dewi & Agoes Suhardjono. 2011. Masonry Behavior of Local Brick from East-java Indonesia. *Journal of Applied Sciences Research*, 7(6): 849-852