

Sifat Fisis dan Mekanis Bata Beton dari Sekam Padi *(Physical and Mechanical Properties Concrete Block Made from Rice Husk)*

Lasino, Bambang Sugiharto

Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman. Jl. Panyawungan,
Cileunyi Wetan, Bandung 40393

Corresponding author: lsn_pu@yahoo.com (Lasino)

Abstract

The objectives of this research were to analyze the physical and mechanical properties of concrete block and paving block composites made from rice husk. Cement and aggregate ratio for concrete block and paving block were set at 1:6, 1:8, 1:10, and 1:4, 1:6, respectively. The content of rice husk ash in aggregate was varied from 0 to 60%. The physical and mechanical properties of concrete composite were evaluated. The results indicated that with or without rice husk ash addition, the higher the portion of aggregate added resulted in the lower the density and compression strength of concrete block and paving block. The higher the portion of rice husk ash added also resulted in the lower the density and compression strength of concrete block and paving block. Addition of rice husk up to 40% on the cement and aggregate mixtures with ratio of 1:6 resulted in concrete block composite with B2 grade. Addition of rice husk up to 60% on the cement and aggregate mixture with ratio of 1:4 resulted in paving block composite with 2nd state.

Key words: building material, compression strength, concrete block, paving block, rice husk

Pendahuluan

Sekam padi adalah bagian terluar dari butir padi yang merupakan hasil sampingan setelah proses penjemuran dan penggilingan padi. Sekitar 20% dari bobot padi adalah sekam, sekam padi diperoleh sebagai *by product* dari proses penggi-liran gabah menjadi beras. Pemanfaatan sekam melalui intervensi teknologi belum banyak menarik minat investor, misalnya untuk bahan bangunan dan energi listrik. Selain untuk meningkatkan nilai tambah hasil produksi, pemanfaatan sekam padi merupakan bentuk intervensi teknologi, sejalan dengan konsep *zero waste* yang ramah lingkungan. Berdasarkan sebaran wilayah penghasil beras, Pulau Jawa masih merupakan wilayah penghasil terbesar 28,6 juta ton (55,6 %), diikuti

oleh Pulau Sumatra sekitar 11,5 juta ton (22,4 %) dan Pulau Sulawesi 5,4 juta ton (0,6 %) (BPPT 2008).

Dengan tingkat produksi nasional sebesar 57,16 juta ton, maka potensi sekam yang dihasilkan adalah sebesar 11,43 juta ton per tahun. Nilai manfaat ekonomi langsung dari produksi sekam tersebut yang saat ini banyak dimanfaatkan di P. Jawa untuk pembakaran dalam proses pembakaran bata/genteng. Pembakaran sekam dapat menghasilkan abu sekam sekitar 20 % yang mengandung silika yang dapat dijadikan campuran bahan bangunan semen dengan kualitas yang baik. Tujuan dari kegiatan ini adalah pengkajian pemanfaatan sekam padi untuk bahan bangunan, sedangkan sasaran yang ingin dicapai adalah tersedianya informasi

pemanfaatan sekam untuk bahan bangunan.

Sekam padi berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan bangunan berkualitas tinggi. Penggunaan sekam padi untuk batu cetak (*con block* dan *paving block*) dapat dilakukan baik secara langsung maupun setelah menjadi abu sekam dengan proporsi antara 15 % sampai dengan 40 % dari total agregat dan dapat menghasilkan kekuatan tekan 20 kg cm⁻² sampai dengan diatas 70 kg cm⁻² tergantung perbandingan antara semen dan agregat yang digunakan (Attmann 2010, Kemen PU 2008, Baker 2006, Lasino 2005).

Dalam rangka pemanfaatan yang optimal dari sumber daya yang melimpah sekam padi di Indonesia maka sifat fisis dan mekanis bata beton (*con block* dan *paving block*) pada berbagai rasio semen dan agregat, serta kadar abu sekam dilaporkan pada tulisan ini.

Bahan dan Metode

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen, agregat dan abu sekam padi. Abu sekam padi diambil dari hasil pembakaran bata dengan tungku rakyat di Jatiwangi Kabupaten Majalengka, Jawa Barat, berbentuk butiran halus berwarna abu-abu kehitam-hitaman. Selanjutnya dilakukan penghalusan sebelum digunakan sebagai campuran pembuatan benda uji sesuai kebutuhan pengujian. Peralatan uji yang digunakan adalah mesin aduk (*mixer*), alat cetak *con block* dan *paving block*, mesin uji *universal testing machine* (UTM) kapasitas 100 ton, jangka sorong, timbangan, meteran dan alat bantu lainnya untuk mencetak dan merawat benda uji.

Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan membuat benda uji *con block* dan *paving block* dari abu sekam padi sebagai bahan substitusi pada agregat. Seluruh bahan disiapkan di laboratorium. Pasir diayak dan disimpan dalam karung, dan untuk abu sekam padi dilakukan penghalusan, pengayakan dan penyimpanan dalam karung.

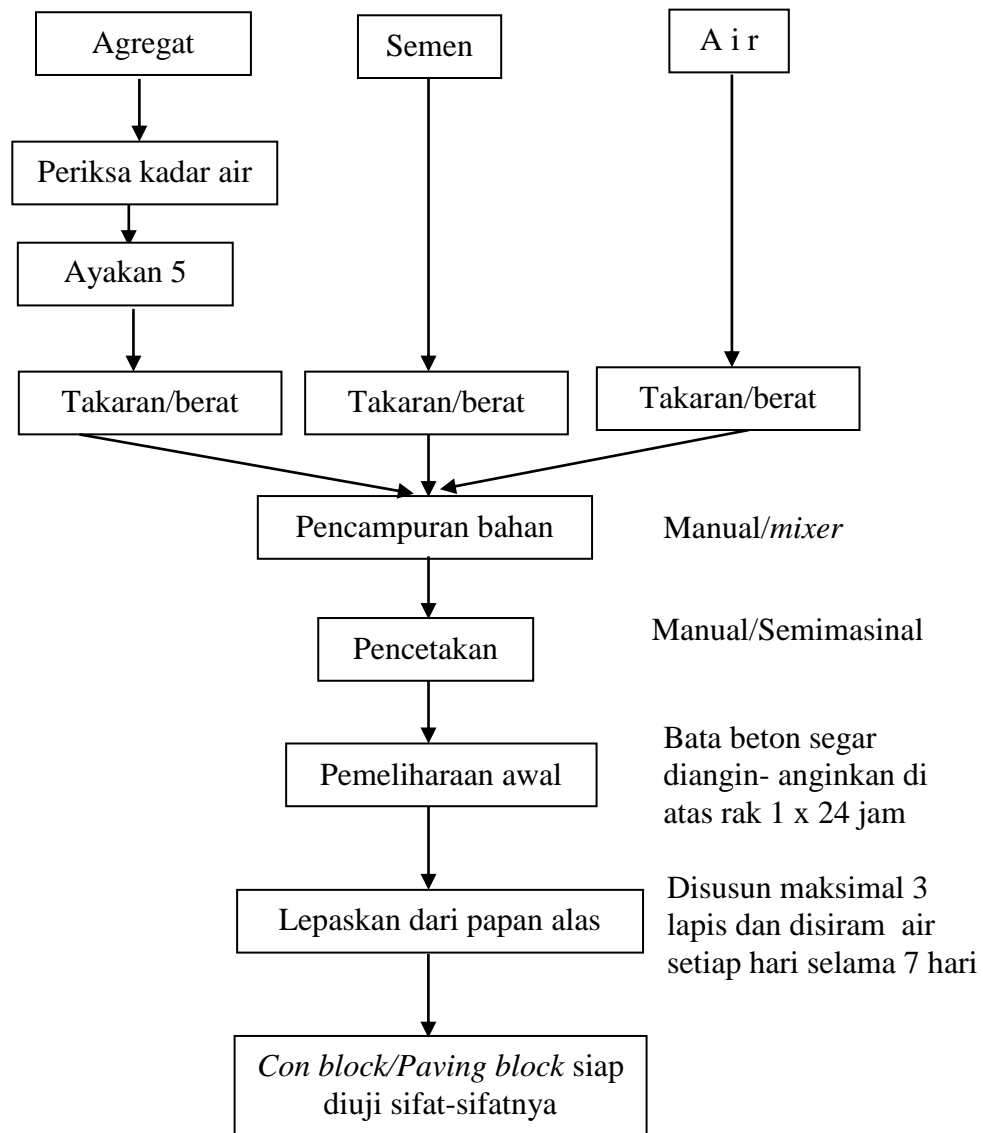
Penakaran bahan dilakukan dengan penimbangan untuk selanjutnya diaduk dengan mesin aduk (*mixer*) dan dicetak dengan mesin pencetak semi masinal (*compacting and vibrating*) untuk menghasilkan produk yang padat kompak dan stabil. Proses persiapan, pembuatan dan pengujian *con block* dan *paving block* ditampilkan pada Gambar 1. Selanjutnya benda uji dirawat (*curing*) di ruang lembab (terlindung dari pengaruh cuaca) selama 28 hari. Setelah umur 28 hari dilakukan pengujian terhadap terhadap benda uji. Parameter yang diamati meliputi kuat tekan, kadar air, penyerapan air dan berat jenis. Data yang didapat dibandingkan dengan standar yang berlaku di Indonesia untuk *con block* dan *paving block*.

Analisis data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan penelitian faktorial dengan 2 faktor. Pada penelitian seri 1 yaitu “Pengaruh variasi campuran semen dan agregat dan kandungan abu sekam padi terhadap sifat fisis dan mekanis *con blok*”. Terdapat 2 variabel bebas yaitu variasi campuran semen dan agregat yaitu 1:6, 1:8, dan 1:10 dan kandungan abu sekam padi yaitu 0, 20, 40, dan 60%.

Penelitian seri 2 yaitu “Pengaruh variasi campuran semen dan agregat dan kandungan abu sekam padi terhadap sifat fisis dan mekanis *paving block*”, terdapat 2 variabel bebas yaitu variasi campuran semen dan agregat yaitu 1:4 dan 1:6 dan kandungan abu sekam padi yaitu 0, 20, 40, dan 60%. Variabel terikat kedua seri penelitian tersebut sama yaitu sifat fisis (kadar air, penyerapan air dan berat

jenis) dan sifat mekanis (keteguhan tekan). Masing-masing perlakuan dilakukan 6 ulangan. Kekuatan tekan *con block* dan *paving block* yang di dapat juga dibandingkan dengan syarat minimal kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-2002 (BSN 2002) (Tabel 1 dan 2). Tabel 3 dan 4 menampilkan rancangan komposisi *con block* dan *paving block* yang dibuat dalam penelitian ini.



Gambar 1 Bagan alir proses pembuatan *con block* dan *paving block*.

Tabel 1 Syarat-syarat sifat mekanis *con block*.

No.	Syarat mekanis	Satuan	Tingkat mutu <i>con block</i>			
			I	II	III	IV
1.	Kuat tekan minimum	Kgf cm ⁻²	70	50	35	20
2.	Kuat tekan bruto minimum	Kgf cm ⁻²	65	45	30	17
3.	Penyerapan air maksimum	%	25	35	-	-

Sumber: SNI 03-0691-2002 (BSN 2002)

Tabel 2 Syarat-syarat sifat mekanis *paving block*

Mutu	Kuat tekan minimum (kgf cm ⁻²)	Kerasan minimum (mm menit ⁻¹)	Penyerapan air rata-rata maks (%)
A	400	0,103	3
B	200	0,149	6
C	150	0,184	8
D	100	0,251	10

Sumber: SNI 03-0691-2002 (BSN 2002)

Tabel 3 Rancangan komposisi campuran *con block*

Kode	Komposisi campuran		Perbandingan agregat (%)	
	Semen	Agregat	Pasir	Abu sekam
I-1	1	6	100	0
I-2			80	20
I-3			60	40
I-4			40	60
II-1	1	8	100	0
II-2			80	20
II-3			60	40
II-4			40	60
III-1	1	10	100	0
III-2			80	20
III-3			60	40
III-4			40	60

Tabel 4 Rancangan komposisi campuran *paving block*

Kode	Komposisi campuran		Perbandingan agregat (%)	
	Semen	Agregat	Pasir	Abu sekam
I-1	1	4	100	0
I-2			80	20
I-3			60	40
I-4			40	60
II-1	1	6	100	0
II-2			80	20
II-3			60	40
II-4			40	60

Hasil dan Pembahasan

Sifat fisis dan mekanis *con block*

Tabel 5 menampilkan sifat fisis *con block* yaitu berat jenis, penyerapan air dan kadar air pada berbagai variasi campuran semen dan agregat dengan kandungan abu sekam padi 20%. Nilai berat jenis *con block* hasil penelitian berkisar antara 1,34-1,52 g ml⁻¹. Berat jenis *con block* semakin menurun secara linier dengan semakin bertambahnya campuran agregat dalam *con block*. Hal ini disebabkan semen dan pasir memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan agregat, sehingga apabila dalam suatu campuran memiliki kandungan semen dan pasir yang lebih sedikit maka berat jenis *con block* yang dihasilkan semakin kecil dan *con block* yang dihasilkan menjadi lebih ringan. Nilai penyerapan air dan kadar air *con block* hasil penelitian berturut-turut berkisar antara 16,27-21,18% dan 8,71-9,98%. Nilai penyerapan air dan kadar air *con block* meningkat dengan semakin meningkatnya proporsi agregat dalam *con block*. Semakin tinggi kandungan abu sekam padi maka semakin tinggi nilai penyerapan air. Hal ini dikarenakan sekam padi bersifat menyerap air (hidrofilik) sehingga nilai penyerapan air dan kadar air dari *con block* yang dihasilkan semakin tinggi (Lande 2008).

Tabel 6 dan Gambar 2, 3, dan 4 menampilkan sifat mekanis yaitu kekuatan tekan *con block* pada berbagai variasi campuran semen dan agregat dan kandungan abu sekam padi. Tiga campuran semen dan agregat (1:6, 1:8, dan 1:10) serta 4 variasi kadar abu sekam (0, 20, 40, dan 60 %) diaplikasikan pada penelitian ini. Nilai kekuatan tekan *con block* hasil penelitian berkisar antara 24,78-86,90 kgf cm⁻². Nilai kekuatan tekan *con block* tertinggi terdapat pada

con block yang dibuat dengan perbandingan semen dan agregat 1:10 dan dengan kandungan abu sekam padi sebanyak 40%. Nilai kekuatan tekan *con block* terendah terdapat pada *con block* yang dibuat dengan perbandingan semen dan agregat 1:6 dan dengan kandungan abu sekam padi sebanyak 20%. Gambar 2, 3, dan 4 menampilkan kekuatan tekan *con block* pada berbagai kandungan abu sekam padi pada perbandingan semen dan agregat 1:6, 1:8, dan 1:10.

Kekuatan tekan *con block* sangat dipengaruhi oleh jumlah agregat dan kandungan abu sekam padi dalam komposisi *con block* yang dihasilkan. Semakin banyak kandungan agregat dan kandungan abu sekam padi dalam komposisi *con block* maka kekuatan tekan *con block* yang dihasilkan menurun secara linier. Adanya agregat dan abu sekam padi pada *con block* dalam jumlah yang terlalu banyak akan mengurangi kepadatan, kekompakan dan sifat *workable* dari *con block* yang dihasilkan sehingga kekuatan tekannya menurun, disamping juga disebabkan semakin berkurangnya kadar semen pada campuran (Puslitkim 2009).

Karakteristik abu sekam padi yang halus, banyak mengandung silika dan bersifat pozzolanik memberikan kontribusi positif terhadap kekuatan *con block* yang dihasilkan karena bahan yang bersifat *cementitious* tersebut akan membantu ikatan antara semen dan agregat. Selain ikatan kimia, abu sekam padi tersebut juga memberikan kontribusi terhadap kepadatan *con block* yang dihasilkan sehingga *con block* yang dihasilkan menjadi lebih massif dan kuat. Keuntungan lainnya adalah komponen yang dihasilkan memiliki bobot yang lebih ringan dibanding bata normal pada umumnya. Hasil penelitian penggunaan abu sekam padi untuk bahan substitusi

dalam pembuatan agregat ringan menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar abu sekam padi pada agregat akan menghasilkan bobot agregat yang semakin ringan (Puslitkim 2009).

Mengacu kepada kekuatan tekan minimum yang disyaratkan dalam standar *con block* menurut SNI 03-0691-2002 (BSN 2002), maka *con block* yang dihasilkan semuanya memenuhi standar mutu A1 (kuat tekan minimum 20 kgf cm⁻²) dan dapat diaplikasikan untuk dinding non struktural yang terlindung cuaca. Untuk *con block* dengan perbandingan semen dan agregat 1:6

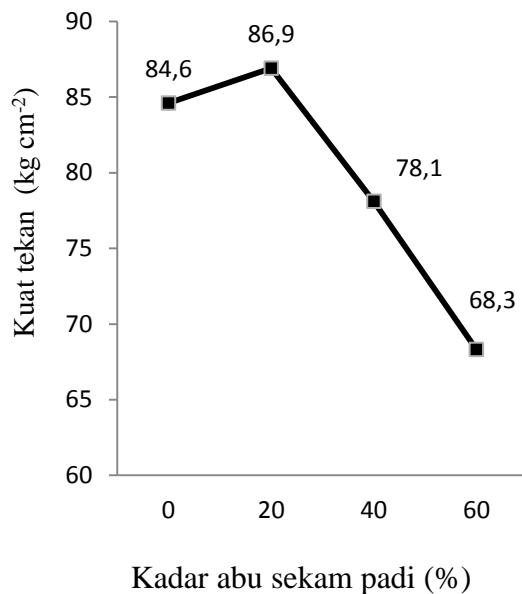
dengan kandungan abu sekam padi sampai 60% dan campuran agregat dan semen 1:8 dengan kandungan abu sekam padi hingga 20% memenuhi standar mutu B1 (kuat tekan minimum 50 kgf cm⁻²) dan dapat diaplikasikan untuk dinding non struktural yang tidak terlindung cuaca. *Con block* dengan perbandingan semen dan agregat 1:6 dengan kandungan sekam padi hingga 40% memenuhi syarat mutu B2 (kuat tekan minimum 70 kgf cm⁻²) dan dapat diaplikasikan untuk dinding struktural yang tidak terlindung cahaya.

Tabel 5 Sifat fisis *con block* pada berbagai perbandingan semen dan agregat

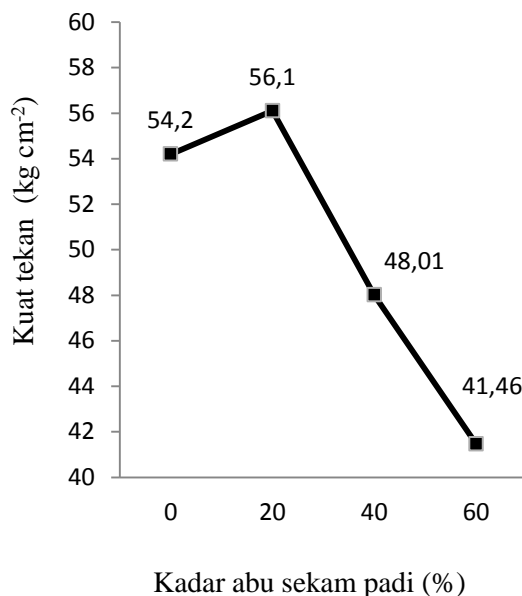
No	Jenis pengujian	Perbandingan semen dan agregat dengan kadar abu sekam 20 %		
		1:6	1:8	1:10
1.	Berat jenis (g ml ⁻¹)	1,52	1,46	1,34
2.	Penyerapan air (%)	16,27	18,34	21,18
3.	Kadar air (%)	8,71	9,53	9,98

Tabel 6 Hasil uji kuat tekan *con block*

Kode	Komposisi campuran		Perbandingan agregat (%)		Kuat tekan rata-rata (kgf cm ⁻²)	Syarat minimal kuat tekan (kgf cm ⁻²)
	Semen	Agregat	Pasir	Abu sekam		
I-1	1	6	100	0	84,60	Mutu A-1 = 20 Mutu A-2 = 35 Mutu B-1 = 50 Mutu B-2 = 70
I-2			80	20	86,90	
I-3			60	40	78,10	
I-4			40	60	68,30	
II-1	1	8	100	0	54,20	
II-2			80	20	56,10	
II-3			60	40	48,01	
II-4			40	60	41,46	
III-1	1	10	100	0	34,53	
III-2			80	20	36,12	
III-3			60	40	28,46	
III-4			40	60	24,78	



Gambar 2 Kuat tekan *con block* pada berbagai kadar abu sekam padi (semen: agregat = 1:6).



Gambar 3 Kuat tekan *con block* pada berbagai kadar abu sekam padi (semen: agregat = 1:8).

Berdasarkan hasil di atas maka dapat disimpulkan penggunaan abu sekam sebagai bahan substitusi dalam campuran diperoleh nilai optimum sekitar 20 sampai 40% dari total agregat, karena pada kadar tersebut memiliki kesetimbangan antara kandungan bahan bersifat semen, agregat dan luas permukaan butir yang perlu diselimuti oleh semen.

Sifat fisis dan mekanis *paving block*

Tabel 7 menampilkan sifat fisis *paving block* yaitu berat jenis, penyerapan air dan kadar air pada berbagai variasi campuran semen dan agregat dengan kandungan abu sekam padi 20%. Nilai berat jenis *paving block* hasil penelitian berkisar antara 1,96-2,12 g ml⁻¹.

Berat jenis *paving block* menurun dengan bertambahnya campuran agregat dalam *paving block*. Hal ini disebabkan semen dan pasir memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan agregat, sehingga apabila dalam suatu campuran memiliki kandungan semen dan pasir yang lebih sedikit maka berat jenis *paving block* yang dihasilkan semakin kecil dan *paving block* menjadi lebih ringan. Nilai penyerapan air dan kadar air *conblock* hasil penelitian berturut-turut berkisar antara 8,25-9,32% dan 6,18-7,24%. Nilai penyerapan air dan kadar air *paving block* meningkat dengan semakin meningkatnya proporsi agregat dalam *paving block*. Hal ini dikarenakan sekam padi bersifat menyerap air (hidrofilik) sehingga nilai penyerapan air dan kadar air dari *paving block* yang dihasilkan semakin tinggi (Lande 2008).

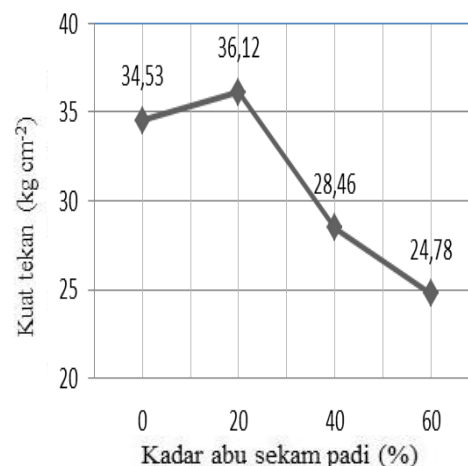
Tabel 8, Gambar 5 dan 6 menampilkan sifat mekanis yaitu keteguhan tekan *paving block* pada berbagai variasi campuran semen dan agregat dan berbagai kandungan abu sekam padi.

Dua campuran semen dan agregat (1:4 dan 1:6) serta 4 variasi kadar abu sekam (0, 20, 40, dan 60 %) diaplikasikan pada penelitian ini. Nilai kekuatan tekan *paving block* hasil penelitian berkisar antara 117,46-272,70 kgf cm⁻². Nilai kekuatan tekan *paving block* tertinggi terdapat pada *paving block* yang dibuat dengan perbandingan semen dan agregat 1:4 tanpa adanya tambahan abu sekam padi. Nilai kekuatan tekan *paving block* terendah terdapat pada *paving block* yang dibuat dengan perbandingan semen dan agregat 1:6 dan dengan kandungan abu sekam padi sebanyak 60%. Gambar 5 dan 6 menampilkan kekuatan tekan *paving block* pada berbagai kandungan abu sekam padi pada perbandingan semen dan agregat 1:4 dan 1:6.

Kekuatan tekan *paving block* sangat dipengaruhi oleh jumlah agregat dan kandungan abu sekam padi dalam komposisi *paving block* yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar agregat yang ditambahkan maka kekuatan tekan *paving block* semakin turun pada kandungan kadar abu sekam padi yang sama. Pada campuran semen dan agregat yang sama, semakin banyak kandungan abu sekam padi yang ditambahkan maka semakin rendah kekuatan tekan *paving block* yang dihasilkan. Seperti halnya pada komposit *con block*, hal serupa terjadi pada komposit *paving block* yang dihasilkan yaitu adanya agregat dan abu sekam padi pada *paving block* dalam jumlah yang banyak akan mengurangi kepadatan, kekompakan dan sifat *workable* dari *paving block* yang dihasilkan sehingga kekuatan tekannya menurun (Puslitkim 2009).

Abu sekam padi halus, mengandung banyak silika dan bersifat pozolanik memberikan kontribusi positif terhadap kekuatan *paving block* karena bahan yang bersifat *cementitious* tersebut akan

membantu ikatan antara semen dan agregat. Selain ikatan kimia, abu sekam padi tersebut juga memberikan kontribusi terhadap kepadatan *paving block* yang dihasilkan sehingga *paving block* yang dihasilkan menjadi lebih massif dan kuat. Keuntungan lainnya adalah *paving block* menjadi lebih ringan dibandingkan tanpa adanya campuran abu sekam padi. Hasil penelitian penggunaan abu sekam padi untuk bahan substitusi dalam pembuatan agregat ringan menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar abu sekam padi pada agregat akan menghasilkan bobot agregat yang semakin ringan (Puslitkim 2009).



Gambar 4 Kuat tekan *con block* pada berbagai kadar abu sekam padi (semen: agregat = 1:10).

Mengacu kepada kekuatan tekan minimum yang disyaratkan dalam standar *paving block* menurut SNI 03-0691-2002 (BSN 2002) maka *paving block* dengan campuran semen dan agregat 1:4 yang dihasilkan dengan atau tanpa penambahan abu sekam padi semuanya memenuhi standar mutu II (kuat tekan minimum 200 kgf cm⁻²) dan

dapat digunakan sebagai lapis perkerasan jalan (*pavement*) kelas III.

Untuk *paving block* dengan perbandingan semen dan agregat 1:6 dengan kandungan abu sekam padi sampai 20% memenuhi standar mutu III (kuat tekan minimum 150 kgf cm⁻²) dan dapat digunakan sebagai lapis perkerasan jalan lingkungan perumahan yang dilalui kendaraan ringan. Untuk *paving block* dengan perbandingan semen dan agregat 1:6 dengan kandungan abu sekam padi sampai 20-60% memenuhi standar mutu IV (kuat tekan minimum 100 kgf cm⁻²)

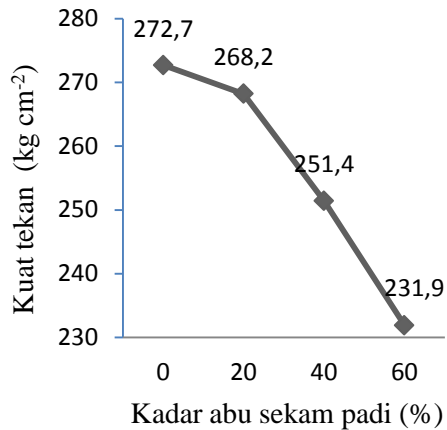
dan dapat digunakan sebagai lapis perkerasan jalan setapak dan taman. Berdasarkan nilai kuat tekannya, penggunaan abu sekam sebagai bahan substitusi dalam pembuatan *paving block* diperoleh nilai optimum 20% dari total agregat, karena pada kadar tersebut memiliki kesetimbangan antara kandungan bahan bersifat semen, agregat dan luas permukaan butir yang perlu diselimuti oleh semen.

Tabel 7 Sifat fisis *paving block* pada berbagai perbandingan semen dan agregat

No	Jenis pengujian	Perbandingan semen dan agregat dengan kadar abu sekam 20 %	
		1:4	1:6
1.	Berat jenis, g ml ⁻¹	2,12	1,96
2.	Penyerapan air (%)	8,25	9,32
3.	Kadar air (%)	6,18	7,24

Tabel 8 Hasil uji kuat tekan *paving block*

Kode	Komposisi campuran		Perbandingan agregat (%)		Kuat tekan rata-rata (kg cm ⁻²)	Syarat minimal kuat tekan (kg cm ⁻²)
	Semen	Agregat	Pasir	Abu sekam		
I-1			100	0	272,70	
I-2	1	4	80	20	268,20	
I-3			60	40	251,40	
I-4			40	60	231,90	
II-1			100	0	176,22	Mutu I = 400
II-2	1	6	80	20	164,92	Mutu II = 200
II-3			60	40	143,34	Mutu III = 150
II-4			40	60	117,46	Mutu IV = 100

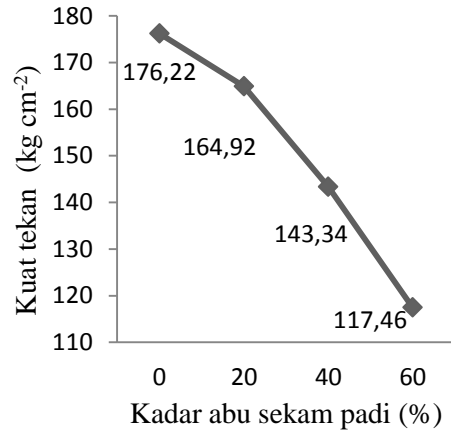


Gambar 5 Kuat tekan *paving block* pada berbagai kadar abu sekam padi (semen: agregat = 1:4).

Kesimpulan

Abu sekam padi sebanyak 20% dapat digunakan sebagai bahan substitusi agregat dalam pembuatan *con block*. *Con block* dengan nisbah semen dan agregat 1:10 dapat memenuhi mutu A1 dengan kuat tekan minimum 20 kg cm⁻² dan dapat digunakan untuk pasangan dinding non struktural yang terlindung dari cuaca. *Con block* dengan nisbah semen dan agregat 1:8 dapat memenuhi mutu A2 dengan kuat tekan minimum 35 kg cm⁻² dan dapat digunakan untuk pasangan dinding non struktural yang tidak terlindung dari cuaca. *Con block* dengan nisbah semen dan agregat 1:6 dapat memenuhi mutu B2 dengan kuat tekan minimum 70 kg cm⁻² dan dapat digunakan untuk pasangan dinding pemikul beban/struktural yang tidak terlindung dari cuaca.

Abu sekam padi sebanyak 60% dapat digunakan sebagai bahan substitusi agregat dalam pembuatan *paving block*. *Paving block* dengan perbandingan semen dan agregat 1:6 dengan kandungan abu sekam padi sampai 20% memenuhi standar mutu III dengan nilai



Gambar 6 Kuat tekan *paving block* pada berbagai kadar abu sekam padi (semen: agregat = 1:6).

kuat tekan minimum 150 kgf cm⁻² dan dapat digunakan sebagai lapis perkerasan jalan lingkungan perumahan yang dilalui kendaraan ringan. *Paving block* dengan perbandingan semen dan agregat 1:6 dengan kandungan abu sekam padi sampai 20-60% memenuhi standar mutu IV dengan kuat tekan minimum 100 kgf cm⁻² dan dapat digunakan sebagai lapis perkerasan jalan setapak dan taman. Abu sekam padi juga berfungsi meningkatkan kepadatan dan mengurangi bobot dari bata yang dihasilkan sehingga berat komponen bangunan menjadi lebih ringan.

Daftar Pustaka

- Attmann O. 2010. *Green Architecture, Advanced Technologies and Material*. New York: Mc Graw Hill.
- Baker S. 2006. *Sustainable Development*. New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- [BPPT] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2008. *Pengkajian Potensi Jerami dan Sekam Padi di Indonesia*. Jakarta: BPPT.

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Bata Beton (Paving Block)*. SNI 03-0691-2002. Jakarta: BSN.
- [Kemen PU] Kementerian Pekerjaan Umum. 2008. *Kajian Kebijakan Strategis Potensi dan Pemanfaatan Sekam dan Abu Sekam di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Lande F. 2008. *Pra Studi Kelayakan Proyek, Agribisnis Padi Organik di Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan*. Luwu: Pemda Kab. Luwu.
- Lasino. 2005. *Pengembangan Bahan Bangunan Ekologis dalam Menunjang Pembangunan Berkelanjutan Bidang ke-PU-an*. Bandung: Puslitkim.
- [Puslitkim] Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman. 2009. *Pengkajian Pemanfaatan Sekam Padi untuk Bahan Bangunan*. Bandung: Puslitkim.
- Riwayat naskah (*article history*)
- Naskah masuk (*received*): 15 Agustus 2012
- Diterima (*accepted*): 2 Nopember 2012