

KARAKTERISTIK BETON BUSA MENGGUNAKAN ABU CANGKANG KERANG HIJAU SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN PORTLAND

Triastuti¹, Ananto Nugroho¹, Rianto²

Abstract

Since the increasing awareness to environmental issue, many researchers are developing of concrete technology from waste material or natural material. This research used the green muscle shell as replacement cement which the percentage of substitution cement were 0%, 5%, & 5% and 10% by weight. The aim of this research are to know the characteristics of foam concrete (physic and mechanic) include density, compressive strength and flexural strength. The result of this research are 604 kg/m³ - 697 kg/m³ for the density, 1,4 – 1,6 MPa for the compressive strength and 0,85 – 0,95 MPa for flexural strength.

Keywords : foam concrete, green muscle shell, density, compressive strength, flexural strength

Abstrak

Dengan semakin meningkatnya kepedulian terhadap masalah lingkungan, pengembangan bahan beton diupayakan berasal dari limbah atau bahan organik. Dalam penelitian ini, cangkang kerang hijau digunakan sebagai bahan pengganti semen dengan kadar yang digunakan sebesar 0%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat total semen. Ruang lingkup penelitian ini termasuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari beton busa yang meliputi berat jenis beton busa, kuat tekan dan kuat lentur. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa berat jenis beton busa sebesar 604 kg/m³ sampai 697 kg/m³. Kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 1.4 MPa – 1.6 MPa. Sedangkan kuat lenturnya sebesar 0.85 MPa – 0.95 MPa.

Kata Kunci : beton busa, cangkang kerang hijau, kuat lentur

1. PENDAHULUAN

Bangunan-bangunan di dunia saat ini banyak yang menggunakan konstruksi beton. Oleh karena itu, sifat-sifat beton seperti kuat tekan beton dan bahan-bahan penyusunnya menjadi bagian terpenting untuk diperhatikan dalam membuat konstruksi bangunan. Pada tahun 2050, diperkirakan populasi di dunia ini bertambah sekitar sampai 9 milyar (Mehta & Monteiro, 2006). Hal ini akan menyebabkan meningkatnya permintaan kebutuhan rumah dan bangunan. Permintaan kebutuhan ini akan meningkatkan permintaan kebutuhan beton. Diperkirakan peningkatan kebutuhan akan beton berkisar antara 18 milyar ton per tahunnya (Mehta & Monteiro, 2006).

Meningkatnya kebutuhan beton juga akan mempengaruhi meningkatnya kebutuhan akan semen. Setiap 1 ton semen Portland akan memproduksi sekitar 1 ton karbondioksida di

udara (Aprianti et al., 2015). Selain itu, selama memproduksi semen dan beton juga ada isu-isu seperti emisi karbondioksida, penggunaan energi dalam jumlah yang besar, pembongkaran sisa-sisa beton dan isu-isu lingkungan lainnya sehingga beton dianggap tidak ramah terhadap lingkungan

2. TINJAUAN PENELITIAN

Beberapa penelitian berusaha mencari bahan alternatif pengganti semen Portland, misalnya dengan memanfaatkan bahan-bahan dari limbah industri dan limbah pertanian. Limbah industri dan limbah pertanian seperti abu terbang, terak tanur tinggi, abu sekam padi, abu batang gandum, abu ampas tebu, abu cangkang kelapa sawit dll adalah bahan-bahan yang pernah diteliti sebagai pengganti semen Portland.

¹). Pusat Penelitian Biomaterial – LIPI

²). Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Negeri Jakarta

Pemanfaatan limbah-limbah industri dan limbah pertanian serta penggunaan kembali bahan yang sudah tidak mempunyai nilai ekonomi merupakan upaya agar beton dapat bersifat lebih ramah terhadap lingkungan (Li *et. al.*, 2015). Selain itu, hal ini juga dapat menurunkan biaya pembuangan limbah di tempat pembuangan akhir. Di samping itu, penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa limbah bidang perikanan, seperti limbah cangkang kerang, juga dapat digunakan. Bahan limbah seperti sekam padi dan cangkang kerang ini mempunyai potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan (Wahyuni *et. al.*, 2014).

Pada tulisan ini, dibahas salah satu jenis bahan beton yang juga ramah lingkungan yaitu beton busa (*foam concrete*). Beton ini terdiri atas komponen dasar dan bahan tambahan. Komponen dasar meliputi semen, pasir dan air (untuk mortar) dan agregat. Sedangkan bahan tambahan dapat berupa abu terbang, *plasticizer* dan serat (Amran *et. al.*, 2015). Beton busa dengan berat jenis rendah akan menghasilkan beban mati yang rendah, konduktifitas yang rendah dan kuat tekan yang bagus. Keunggulan sifat-sifat beton busa tersebut membuatnya cocok untuk digunakan sebagai dalam konstruksi pipa-pipa yang diletakkan pada suhu tinggi karena dapat mencegah kerusakan selama pemasangan. (Yang *et. al.*, 2005).

Pemanfaatan abu cangkang kerang dalam pembuatan bata sebagai bahan pengganti kapur terbukti memberikan keuntungan sosial. Pada penelitian sebelumnya (Li *et al.*, 2015) memperlihatkan bahwa penggunaan abu cangkang kerang dalam pembuatan bata tanpa dibakar dapat meningkatkan kuat tekan dan durabilitas dari bata. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar cangkang kerang jika digunakan sebagai bahan tambahan pada beton busa, khususnya pengaruhnya terhadap sifat-sifat mekanik dan fisik beton busa. Sifat mekanik yang diamati meliputi kuat tekan dan kuat lentur, sedangkan sifat fisik yang ditinjau adalah berat jenis beton busa.

3. BAHAN dan METODE

A. Bahan

Cangkang kerang yang digunakan berasal dari cangkang kerang hijau yang diperoleh dari

pasar Muara Angke, Jakarta Utara. Pertama-tama cangkang kerang hijau dibersihkan menggunakan air untuk menghilangkan kotoran garam yang melekat sebelum digunakan. Setelah itu cangkang kerang dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah kering, cangkang kerang dihancurkan menggunakan *hammer mill*. Setelah dihancurkan, cangkang kerang dibakar pada suhu 600⁰C selama 12 jam. Abu cangkang kerang kemudian diayak menggunakan ayakan no 100 (Li *et al.*, 2015).

Komponen kimia dari cangkang kerang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Kimia Cangkang Kerang

Komposisi	Kadar (% berat)
CaO	66,70
MgO	22,28
SiO ₂	7,88
Al ₂ O ₃	1,25
Fe ₂ O ₃	0,03

Sumber : (Siregar, S, 2009)

Semen Portland yang digunakan adalah semen Portland tipe 1 dengan kemasan 50 kg per zak. Agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari sungai Cimangkok, Sukabumi, Jawa Barat. Berdasarkan ASTM C 125-92, ukuran agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 10 dan tertahan pada saringan No.200. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan pasir yang lolos saringan No. 20 dan 200.

Ada 2 jenis *foam agent* yaitu *foam agent* yang protein *hydrolize*-nya berasal dari bahan alam dan bahan buatan (sintetis). *Foam agent* yang dipakai dalam penelitian ini adalah jenis *sintetis* yang berfungsi sebagai pembuat rongga agar beton menjadi lebih ringan. . Penggunaan *foam agent* yang berasal dari sintetis jika dicampurkan dengan air maka perbandingannya 1 liter *foam agent* : 30 liter air. Oleh karena itu dalam penelitian ini menggunakan perbandingan 1 liter *foam agent* : 30 liter air. Untuk menghasilkan busa, *foam agent* dilarutkan terlebih dahulu dengan air, kemudian dengan menggunakan *foam generator* larutan air dan *foam agents* tersebut diubah menjadi busa. Lalu busa yang dihasilkan kemudian dicampurkan ke dalam campuran pasta beton busa.

Pengujian terhadap material yang akan digunakan meliputi pengujian terhadap kadar lumpur, berat jenis, pengujian kandungan zat organik, penyerapan air dan pengujian kadar air.

B. Metode

Dalam perencanaan mix design, digunakan standar ASTM C796-97 sebagai rujukan dimana kuat tekan minimum yang dihasilkan adalah 1,4 MPa. .

Kadar abu sekam padi 10% sebagai bahan pengganti semen pada beton merupakan persentase optimum yang dapat digunakan untuk menghasilkan kuat tekan maksimum (Zhang et al, 1996). Oleh karena itu pada penelitian ini persentase abu kerang yang digunakan sebagai pengganti semen adalah 0%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat semen.

Pada beton busa, untuk mendapatkan berat jenis di bawah 1000 kg/, komposisi yang digunakan adalah 1 agregat : 1 semen. Sedangkan target beton busa adalah beton dengan massa jenis rendah dengan berat jenis anatar 20 – 800 kg/m³ maka komposisi perbandingan semen dan pasir pada penelitian ini adalah 1:1. *Mix design* beton busa dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Komposisi Bahan Campuran Beton Busa untuk 1 m³

Kode	Bahan				
	Semen Portland kg	Abu cangkang kerang kg	Air kg	Agregat Halus kg	Foaming Agents kg
M 0	410	0	118	410	1.42
M 5	389.5	20.5	118	410	1.42
M 7.5	379.2	30.75	118	410	1.42
M 10	369	41	118	410	1.42

Dalam pembuatan beton busa, terlebih dahulu pasir dan semen Portland dicampur hingga kedua bahan menjadi homogen. Lalu ditambahkan air sesuai dengan perhitungan faktor air bahan pengikat (semen dan abu kulit kerang) yang telah direncanakan. Kemudian diaduk secara perlahan sampai diperoleh adukan yang homogen. Setelah itu masukkan busa yang dihasilkan oleh *foam generator*, lalu aduk kembali hingga semua bahan tercampur dan seragam. Setelah adukan beton tercampur dengan rata, kemudian adukan dituang ke dalam cetakan beton yang berbentuk silinder ukuran diameter 3 inchi dan tinggi 6 inchi serta balok ukuran 4 x 4 x 16 cm. Kemudian benda

uji disimpan di tempat yang terhindar dari goncangan, segera setelah dicetak, cetakan diselubungi dengan plastic untuk menghindari penguapan. Setelah 7 hari, cetakan beton dapat dilepas. Kemudian beton dapat diletakkan di tempat yang aman dalam kondisi suhu ruang sampai dilakukan pengujian.

Pengujian kuat tekan (ASTM C 796-97) dan kuat lentur (ASTM C 133-1997) dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Pusat Penelitian Biomaterial LIPI pada bulan September 2014. . Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 3 inchi dan tinggi 6 inchi. Pengujian kuat lentur hanya dilakukan pada umur beton 28 hari saja dengan benda uji berbentuk balok ukuran 4 x 4 x 16 cm. Pengujian kuat tekan menggunakan alat uji tekan beton manual hidrolik dengan *Hand Operated* merk Teguh Primatama kapasitas 300 kN dengan ketelitian sebesar 6 kN, sedangkan pengujian kuat lentur menggunakan Universal Testing Machine.

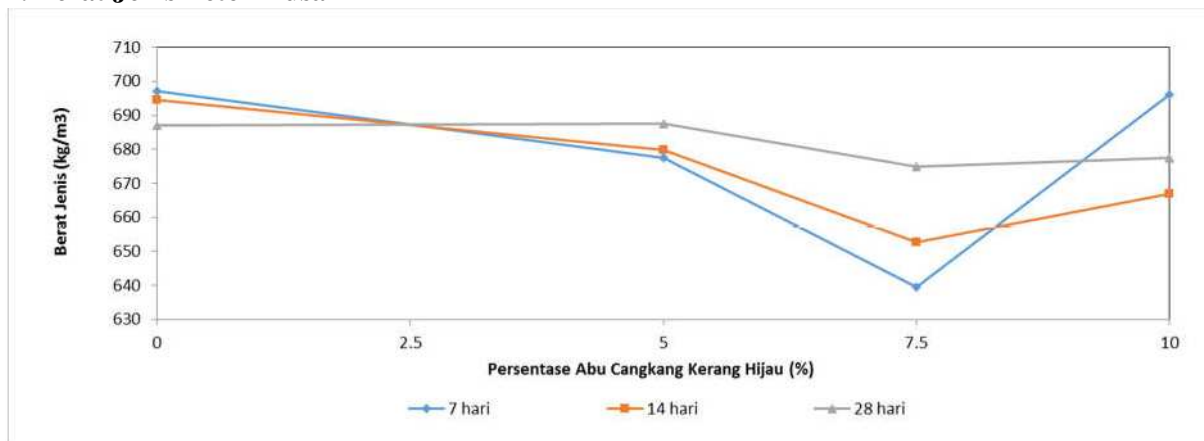
4. HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton Busa

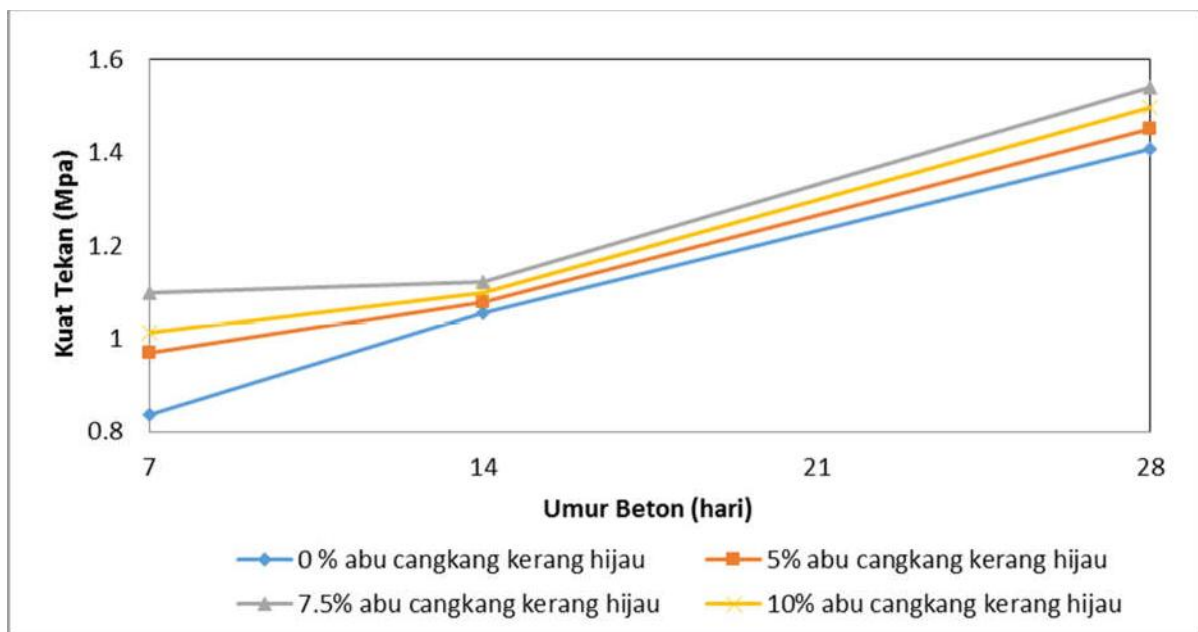
Dari hasil pengujian didapat bahwa berat jenis abu kulit kerang hijau sebesar 3,16, kadar lumpur dalam pasir sebesar 3,96%, berat jenis pasir sebesar 2,2 , penyerapan air pada pasir sebesar 2,79%, kadar air yang ada dalam pasir sebesar 9,27%, dan pasir tidak mengandung zat organik.

Gambar 1 memperlihatkan hubungan antara berat jenis dengan persentase abu kulit kerang hijau. Berat jenis beton busa pada umur 28 hari lebih kecil dari pada berat jenis pada umur 7 hari. Hal ini terjadi pada beton busa dengan kadar abu kerang hijau 0% dan 10%. Penurunan berat jenis pada umur 28 hari dikarenakan air yang terjebak pada rongga-rongga beton busa sudah menguap dan meninggalkan rongga-rongga udara. Sedangkan pada beton busa dengan kadar abu kulit kerang 5% dan 7.5%, berat jenis pada umur 28 hari lebih besar dibandingkan pada umur 7 hari. Hal tersebut bisa terjadi disebabkan pada saat pencetakan beton busa tidak seragam beratnya atau tidak padat sehingga masih berongga pada saat dicetak.

B. Berat Jenis Beton Busa



Gambar 1. Hubungan Berat Jenis dengan persentase abu cangkang kerang hijau.



Gambar 2. Hubungan antara Kuat Tekan dengan Umur Beton

Tabel 3, memperlihatkan berat jenis yang dihasilkan dalam penelitian ini. Berat jenis beton busa yang dihasilkan pada umur 7 hari sebesar 639 kg/m^3 sampai 697 kg/m^3 ; umur 14 hari sebesar 652 kg/m^3 sampai 604 kg/m^3 ; dan umur 28 hari sebesar 674 kg/m^3 sampai 687 kg/m^3 . Berdasarkan berat jenis yang dihasilkan yaitu sebesar 674 kg/m^3 - 687 kg/m^3 , maka beton busa ini memenuhi syarat sebagai beton ringan (Amran et al., 2015).

Berat jenis beton busa dengan menggunakan abu cangkang kerang hijau lebih

rendah daripada berat jenis beton busa tanpa menggunakan abu cangkang kerang hijau (0% abu kerang hijau). Hasil ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Wang, *et. al.* 2013.

Menurut Ramamurthy, *et. al.* 2009, berat jenis beton busa adalah sekitar $400 - 1600 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan beton yang dihasilkan di dalam penelitian ini mempunyai berat jenis sekitar 600 kg/m^3 . Oleh sebab itu, beton ini memenuhi persyaratan sebagai beton dengan jenis beton busa.

C. Kuat Tekan

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara kuat tekan dengan umur beton. Kuat

tekan meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Kuat tekan terendah pada umur 7 hari ada pada beton busa dengan kadar abu

kerang 0%. Sedangkan kuat tekan tertinggi pada beton busa dengan kadar abu cangkang kerang hijau 7.5%. Hal ini pun terjadi pada umur beton 14 hari dan 28 hari. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu cangkang kerang hijau sebagai bahan pengganti semen dalam beton busa optimum pada 7.5% abu kerang. Lebih dari 7.5%, kuat tekannya akan menurun. Kuat tekan yang meningkat dengan pertambahan penggunaan cangkang kerang tiram (Li *et. al.*, 2015) ternyata berlaku juga pada penggunaan abu cangkang kerang hijau dalam pembuatan beton busa.

Persentase kuat tekan beton busa pada umur 7 hari dengan kadar abu cangkang kerang hijau 0%, 5%, 7.5% dan 10% adalah masing-masing 59%, 67%, 71% dan 68%. Sedangkan pada umur 14 hari persentase kuat tekannya adalah masing 75%, 74%, 73% dan 74%. Persentase kenaikan kuat tekan pada umur 7 dan 14 hari untuk beton busa dengan kadar abu cangkang kerang hijau sebesar 7.5%, kenaikannya tidak terlalu tajam.

Pada umur 7 dan 14 hari kuat tekan rata-rata beton busa sudah mencapai masing-masing 67% dan 75% dari kuat tekan pada umur 28 hari. Persentase abu cangkang kerang hijau yang digunakan dalam adukan beton busa dapat mempengaruhi kenaikan kuat tekan beton busa pada umur beton 7 hari. Kenaikan kuat tekan yang significant pada awal-awal umur beton dipengaruhi adanya reaksi antara abu cangkang kerang hijau, semen portland dan air. Hal ini hampir sama dengan penelitian yang diperoleh Yang *et. al.* (2005) dimana kuat tekan yang dihasilkan pada umur 7 hari sudah mencapai 80% dari kuat tekan pada umur 28 hari ketika menggunakan camkang kerang sebagai bahan pengganti agregat halus.

Kuat tekan di awal-awal umur beton dengan abu cangkang kerang hijau sebagai pengganti semen Portland menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton busa tanpa abu cangkang kerang hijau (0% abu cangkang kerang hijau) Begitu juga kuat tekan yang dihasilkan pada umur 28 hari. Kuat tekan di awal awal umur beton busa menunjukkan yang menyatakan bahwa kuat tekan meningkat secara tajam pada awal umur beton, setelah itu kuat tekannya meningkat secara pelan pelan.

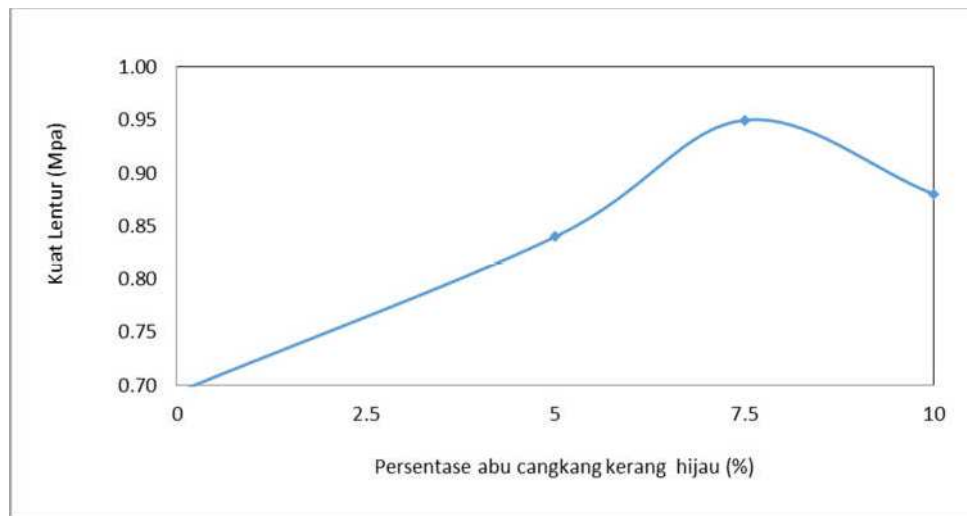
Sehingga dapat disimpulkan bahwa abu kerang hijau dapat mempercepat pengerasan beton busa pada umur awal beton busa

Tabel 3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Umur Beton

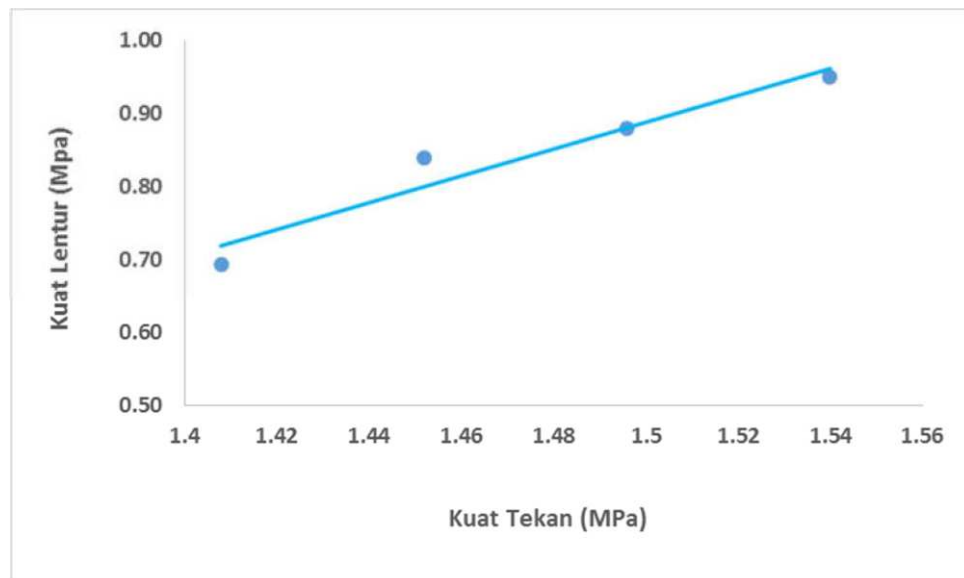
Persentase Abu cangkang kerang hijau %	Sampel	Umur Beton		
		kg/m3		
		7	14	28
0	1	768.75	713.18	698.97
	2	706.15	681.48	687.21
	3	662.13	703.19	669.98
	4	687.67	688.22	677.72
	5	660.98	686.92	701.23
	Rata rata	697.136	694.598	687.022
5	1	681.25	690.82	712.64
	2	668.72	678.91	699.18
	3	677.33	688.86	687.26
	4	669.97	662.35	663.99
	5	690.14	677.96	674.47
	Rata rata	677.482	679.78	687.508
7.5	1	639.21	660.95	690.95
	2	647.95	638.68	688.68
	3	628.77	641.12	661.12
	4	638.12	637.97	687.97
	5	642.89	685.17	645.17
	Rata rata	639.388	652.778	674.778
10	1	688.95	648.88	675.95
	2	667.23	662.62	688.25
	3	674.76	685.37	649.68
	4	731.12	662.12	686.29
	5	718.88	675.37	686.89
	Rata rata	696.188	666.872	677.412

Kuat tekan beton busa yang dihasilkan dalam penelitian ini pada umur 28 hari berkisar antara 1.4 MPa – 1.5 MPa sehingga memenuhi target mix design di awal yang sesuai dengan persyaratan ASTM C796-97.

D. Kuat Lentur



Gambar 3. Hubungan kuat lentur dengan persentase abu cangkang kerang hijau



Gambar 4 Hubungan antara kuat tekan dengan kuat lentur.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara kuat lentur dengan persentase abu cangkang kerang hijau. Dari **Gambar 3** memperlihatkan bahwa kuat lentur berbanding lurus dengan peningkatan kadar abu cangkang kerang hijau, namun setelah 7,5% abu cangkang kerang hijau kuat tekan, rasio air dengan bahan pengikat (semen dan abu cangkang kerang) serta umur beton.

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara kuat tekan dengan kuat lentur pada umur 28 hari. Pada umumnya kuat lentur berbanding lurus dengan kuat tekan yang dihasilkan. Begitu juga dengan beton busa, kuat tekan yang dihasilkan berbanding lurus dengan kuat

kuat lenturnya menurun. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kuat lentur maksimum yang dihasilkan pada penelitian beton busa ini adalah pada 7,5% abu cangkang kerang hijau. Kuat lentur dapat berkaitan dengan

lenturnya. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya dimana kenaikan kuat tekan berbanding lurus dengan kenaikan kuat lentur. (Lim *et. al.*, 2013). Persentase kenaikan kuat lentur pada umur 28 hari adalah sekitar 22-38%.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa abu kerang hijau dapat digunakan sebagai pengganti semen dengan kadar optimum sebesar 7,5%. Kuat tekan, kuat lentur dan berat jenis pada 7,5% abu cangkang kerang hijau memenuhi persyaratan ASTM C796-97 untuk beton busa ringan. Selain itu, penggunaan abu kerang hijau mempunyai sifat pemercepat pengerasan pada beton busa di awal-awal umur beton. . Beton busa dengan dengan persentase cangkang kerang hijau 7.5% menghasilkan kuat tekan 1,54 MPa dapat digunakan sebagai bahan non struktur seperti dinding rumah atau batafoam.

REFERENSI

- Amran, Y. H. M., Farzadnia, N., & Ali, A. A. A. (2015). Properties and applications of foamed concrete; A review. *Construction and Building Materials*, 101, 990–1005. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.112>
- Aprianti, E., Shafigh, P., Bahri, S., & Nodeh, J. (2015). Supplementary cementitious materials origin from agricultural wastes – A review, 74, 176–187.
- Li, G., Xu, X., Chen, E., Fan, J., & Xiong, G. (2015). Properties of cement-based bricks with oyster-shells ash. *Journal of Cleaner Production*, 91, 279–287.
- Lim, S. K., Tan, C. S., Lim, O. Y., & Lee, Y. L. (2013). Fresh and hardened properties of lightweight foamed concrete with palm oil fuel ash as filler. *Construction and Building Materials*, 46, 39–47. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.04.015>
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2006). *Concrete: microstructure, properties, and materials*. Concrete. <http://doi.org/10.1036/0071462899>
- Ramamurthy, K., Kunhanandan Nambiar, E. K., & Indu Siva Ranjani, G. (2009). A classification of studies on properties of foam concrete. *Cement and Concrete Composites*, 31(6), 388–396. <http://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.04.006>
- Wahyuni, A. S., Supriani, F., Elhusna, & Gunawan, A. (2014). The performance of concrete with rice husk ash, sea shell ash and bamboo fibre addition. *Procedia Engineering*, 95(Scescm), 473–478. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.207>
- Wang, H. Y., Kuo, W. Ten, Lin, C. C., & Po-Yo, C. (2013). Study of the material properties of fly ash added to oyster cement mortar. *Construction and Building Materials*, 41, 532–537. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.021>
- Yang, E. I., Yi, S. T., & Leem, Y. M. (2005). Effect of oyster shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties. *Cement and Concrete Research*, 35(11), 2175–2182. <http://doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.03.016>
- Zhang MH, Lastra R, Maholtra VM. (1996). Rice husk ash paste and concrete : some aspects of hydration and the microstructure of the interfacial zone between the agregate and paste. *Cement and Concrete Research*, 26(6), 963-977.