

Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan

Triastuti

Pusat Penelitian Biomaterial – LIPI, Jl. Raya Bogor KM. 46 Cibinong Bogor
E-mail: triastuti@biomaterial.lipi.go.id

Ananto Nugroho

Pusat Penelitian Biomaterial – LIPI, Jl. Raya Bogor KM. 46 Cibinong Bogor
E-mail: ananto@biomaterial.lipi.go.id

Abstrak

Saat ini pemanasan global menjadi isu yang menarik bagi para aktivis lingkungan hidup. Dalam bidang konstruksi, terutama bidang bahan bangunan, penggunaan semen Portland dalam pembuatan beton menjadi salah satu penyumbang penyebab pemanasan global. Oleh karena itu, saat ini para peneliti bidang material mencoba untuk mencari alternative bahan pengganti semen Portland. Sekam padi yang merupakan salah satu produk dari bidang pertanian yang dihasilkan oleh tanaman padi, banyak sekali ditemukan di negara-negara tropis, seperti di Indonesia. Pemanfaatan abu sekam padi sudah dari dulu digunakan sebagai bahan pengganti semen Portland dalam pembuatan beton. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan abu sekam padi dalam pembuatan beton busa ringan. Persentase kadar abu sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0%, 10%, 15% dan 20% dari berat semen. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis, kuat tekan dan kuat lentur. Berat jenis yang dihasilkan oleh beton busa ringan sebesar 700 kg/m³. Kuat tekan terbesar didapat pada kadar abu sekam padi sebesar 15% dan 20% yaitu 1.45 MPa. Beton busa ringan tanpa menggunakan abu sekam padi menghasilkan kuat lentur terbesar yaitu sebesar 0.76 MPa.

Kata – kata Kunci: Abu sekam padi, beton busa ringan, berat jenis, kuat tekan, kuat lentur.

Abstract

Nowadays, global warming is a big issue for activist of environment. On construction, especially in building material, utilization of Portland cement on concrete material is one of contribution of global warming. Therefore, recently, many researchers of building material try to search material alternative to substitution cement Portland. Rice husk is one of agriculture product which was produced by rice, it can be found in tropic country such as Indonesia. Utilization of rice husk ash has been used a long time ago to substitute cement Portland on concrete. The aim of this research is to use rice husk ash on the lightweight foam concrete. Percentage of rice husk which used in this research are 0%, 10%, 15% and 20% of cement Portland (by weight). The test of characteristic of lightweight foam concrete in this research are the density test, compressive strength test and flexural strength test. The density is less than 700 kg/m³. The highest of compressive strength is 1.45 MPa on 15% and 20% rice husk ash. Then the highest of flexural strength is 0.76 MPa on 0% rice husk ash.

Keywords: Rice husk ash, lightweight foam concrete, density, compressive strength, flexural strength.

1. Pendahuluan

Aprianti, dkk. (2015) mengatakan bahwa untuk memproduksi 1 ton semen Portland itu akan menghasilkan kurang lebih 1 ton gas CO₂ ke atmosfer. Sehingga penggunaan semen Portland dalam proses pembuatan beton untuk konstruksi dapat merusak lingkungan sehingga proses tersebut menjadi tidak ramah lingkungan dalam pengembangan lingkungan yang berkelanjutan.

Pemanasan global menjadi hal yang sangat diperhatikan di dunia ini. Oleh karena itu, pengurangan produksi karbondioksida sebagai salah satu penyumbang pemanasan global menjadi topik yang sangat menarik untuk dikembangkan. Salah satu cara untuk mengurangi efek rumah kaca dan pemanasan global dalam bidang

konstruksi adalah dengan cara mengurangi produksi semen Portland serta mengurangi penggunaan semen Portland dalam pembuatan beton.

Beberapa penelitian saat ini mencoba untuk mengurangi penggunaan semen Portland menggunakan bahan-bahan alternative lainnya atau bahan-bahan yang sudah tidak terpakai dan dibuang oleh industry ataupun dari sector pertanian seperti *fly ash* (abu terbang), silica fume, terak tanur tinggi dll. Bahan-bahan yang sudah tidak terpakai dalam bidang pertanian dan biasanya hanya dibuang saja tanpa dimanfaatkan seperti sekam padi, ampas tebu dll. Bahan-bahan ini jika akan digunakan sebagai material pengganti semen harus mempunyai sifat-sifat pozolan serta mempunyai kandungan Silika (Si) dan Aluminium (Al) yang tinggi. Material pengganti semen yang digunakan dalam pembuatan beton jika tidak memerlukan proses

tambahan dapat mengurangi emisi karbondioksida di atmosfer (Aprianti, *et al.*, 2015).

Sekam padi banyak ditemukan di negara-negara penghasil padi seperti Indonesia, Malaysia, Thailand dll. Abu sekam padi diperoleh dari pembakaran kulit padi. Warna abu sekam padi dari putih keabu-abuan sampai hitam, warna ini tergantung dari sumber sekam padi dan suhu pembakaran. Jumlah sekam padi yang dihasilkan sekitar 20% - 33% dari berat padi dan tiap tahunnya dihasilkan sekitar 137 juta ton (Lim, *et al.*, 2012). Abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen yaitu bahan tambah untuk konstruksi dengan tujuan meningkatkan nilai tambah dalam pembuatan beton yang mempunyai sifat-sifat yang lebih bagus (Xu, *et al.*, 2012). Produksi bahan semen dari abu sekam padi sudah direkomendasikan untuk negara-negara berkembang karena hal ini dapat mengurangi masalah yang diakibatkan oleh sekam padi sebagai bahan sisa dari lahan pertanian (Ajiwe, *et al.*, 2000 ; Xu, *et al.*, 2012).

Berdasarkan berat jenisnya, beton dapat dibagi menjadi 3 katagori yaitu beton normal dengan berat jenis sekitar 2400 kg/m³, beton ringan dengan berat jenis dibawah 1800 kg/m³ dan beton dengan berat jenis lebih dari 3200 kg/m³ (Mehta dan Monteiro, 2006). Sedangkan berdasarkan kuat tekannya beton dapat terbagi menjadi 3 katagori yaitu beton dengan kuat tekan rendah (kuat tekannya di bawah 20 MPa), beton dengan kuat tekan menengah (kuat tekannya antara 20-40 Mpa), beton kuat tekan tinggi (kuat tekannya melebihi 40 MPa) (Mehta dan Monteiro, 2006).

Beton busa adalah beton ringan yang terdiri dari semen Portland atau mortar yang mempunyai bentuk struktur yang berongga yang tercipta dari gelembung-gelembung udara dan mempunyai berat jenis antara 400 – 1600 kg/m³. Beton busa mempunyai sifat-sifat antara lain sebagai bahan isolasi suhu dan suara serta mudah diproduksi (Mydin, *et al.*, 2012).

Saat ini dengan perkembangan teknologi, beton busa ringan merupakan produk inovasi untuk sektor konstruksi dengan memiliki manfaat seperti berat jenis ringan antara 1000-600 kg/m³, tahan terhadap api, isolasi terhadap suhu dan suara dll dibandingkan dengan beton normal (Lim, *et al.*, 2013).

Tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton busa ringan serta untuk mengetahui karakteristik dari beton busa ringan yang dihasilkan. Selama ini abu sekam padi sudah dipakai dalam pembuatan beton normal maupun beton ringan, namun dalam beton busa ringan, abu sekam padi belum pernah dimanfaatkan dan diteliti karakteristiknya.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan yang digunakan

Beton busa ringan dalam penelitian ini terdiri dari

semen Portland Tipe 1, pasir Cimangkok, abu sekam padi, air dan *foaming agent*. Abu sekam padi yang digunakan adalah sebesar 0%, 10%, 15% dan 20% sebagai pengganti semen Portland. Agregat halus atau pasir yang digunakan adalah agregat dengan ukuran partikelnya kurang dari 4,75 mm tetapi lebih dari 75 µm (mesh ukuran No. 200). Abu sekam padi merupakan hasil pembakaran sekam padi yang pada umumnya mempunyai kadar silika lebih dari 90% (Antiohos, 2014).

2.2 Metode

Mutu beton busa ringan yang direncanakan adalah $f'c$ 1,4 MPa dengan nilai f_{as} 0,4. Proporsi bahan campuran beton ringan dapat dilihat pada **Tabel 1**. Beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi digunakan sebagai pembanding atau kontrol.

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran berat jenis setiap benda uji, serta pengujian kuat tekan dan kuat lentur dari beton busa ringan. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton busa ringan berumur 7, 14 dan 28 hari dengan menggunakan benda uji silinder berukuran diameter 3 inchi dan tinggi 6 inchi sesuai dengan ASTM C 796-97. Sedangkan pengujian kuat lentur dilakukan pada umur 28 hari saja dengan menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 4 x 4 x 16 cm sesuai dengann ASTM C 133-1997. Pengujian kuat lentur digunakan untuk mengukur kuat tarik lentur. Pengukuran berat jenis benda uji beton ringan dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan.

Tabel 1. Komposisi bahan campuran beton ringan

Kode	Bahan				
	Sement Portland (kg)	Abu sekam padi (kg)	Air (kg)	Agregat halus (kg)	Foaming Agent (kg)
M0	410	0	118	410	1.42
M10	369	41	118	410	1.42
M15	348.5	61.5	118	410	1.42
M20	328	82	118	410	1.42

Dalam pembuatan beton busa ringan, pertama-tama pasir, semen dan abu sekam padi, diaduk hingga tercampur rata dan homogen menggunakan *mixer* beton. Kemudian air dimasukkan secara perlahan-lahan dalam campuram dan diaduk hingga menjadi adukan yang homogen. Setelah adukan menjadi homogen, masukkan busa yang dihasilkan oleh *foam generator*. Sebelum memasukkan busa, *foam agent* dilarutkan terlebih dahulu dengan air dengan rasio 1 : 30 (berdasarkan volume). Setelah 7 hari, benda uji dikeluarkan dari cetakkan kemudian diletakkan di laboratorium pada suhu 25^oC. Benda uji disimpan dengan melapisinya menggunakan plastik untuk menghindari penguapan.

Pengujian kuat tekan menggunakan alat uji tekan beton manual hidrolik dengan Hand Operated dengan kapasitas

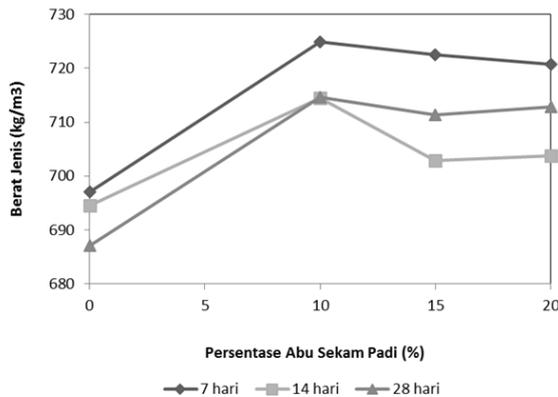
300 kN dengan ketelitian sebesar 6 kN, sedangkan pengujian kuat lentur menggunakan *Universal Testing Machine*.

3. Hasil dan Pembahasan

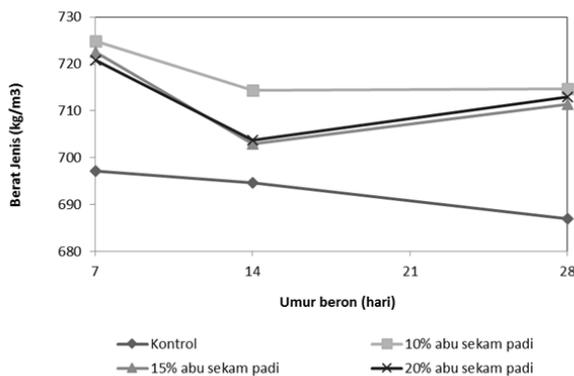
3.1 Berat jenis

Berat jenis beton busa yang dihasilkan pada umur 7 adalah 697 kg/m^3 - 721 kg/m^3 . Pada umur 14 hari didapatkan 695 kg/m^3 - 714 kg/m^3 . Sedangkan pada 28 hari, berat jenis yang dihasilkan adalah 687 kg/m^3 - 715 kg/m^3 . Dari **Gambar 1** didapat bahwa berat jenis pada yang menggunakan abu sekam padi sebesar 15% dan 20% mempunyai berat jenis yang sama. Berat jenis yang menggunakan abu sekam padi sebesar 10% menghasilkan berat jenis tertinggi dan berat jenis terendah diperoleh pada beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi. Berat jenis beton busa dengan menggunakan abu sekam padi sebesar 15% dan 20% pada umur 14 hari lebih rendah dari pada berat jenis pada umur 28 hari.

Berat jenis yang dihasilkan rata-rata sekitar 700 kg/m^3 sehingga dapat memenuhi persyaratan sebagai beton busa yang mempunyai persyaratan bahwa berat jenisnya antara 400 kg/m^3 - 1600 kg/m^3 (Mydin, *et al.*, 2012).



Gambar 1. Hubungan berat jenis beton busa dengan persentase abu sekam padi



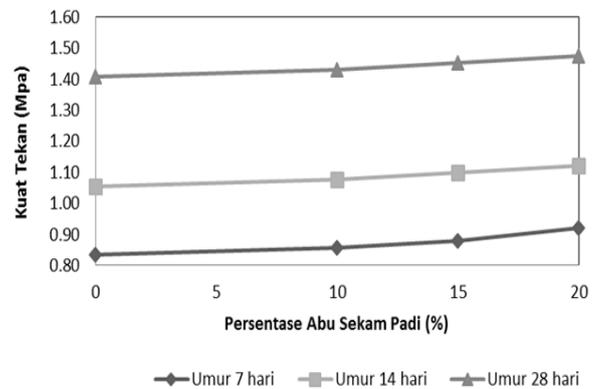
Gambar 2. Hubungan antara berat jenis dengan umur beton

Berat jenis pada beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi semakin bertambah umur, berat jenisnya semakin menurun. Sedangkan pada beton busa menggunakan 15% dan 20% abu sekam padi sebagai pengganti semen, pada umur 14 hari berat jenisnya lebih rendah daripada umur 28 hari. Tidak demikian dengan beton busa menggunakan 10% abu sekam padi sebagai pengganti semen Portland, berat jenis pada umur 14 hari dan 28 hari berat jenisnya hampir sama.

Gambar 2 menunjukkan bahwa berat jenis beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi menghasilkan berat jenis terendah dibandingkan dengan berat jenis beton busa yang menggunakan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen. Beberapa sifat-sifat fisik dari beton busa berkaitan atau tergantung dengan berat jenis beton busa pada saat mengeras (Ramamurthy, Kunhanandan Nambiar, dan Indu Siva Ranjani, 2009).

3.2 Kuat tekan

Kuat tekan pada beton merupakan fungsi dari proses hidrasi semen yang relative pelan dan biasanya dilakukan pengujian kuat tekan pada umur benda uji 7, 14 dan 28 hari.



Gambar 3. Hubungan kuat tekan dengan umur beton

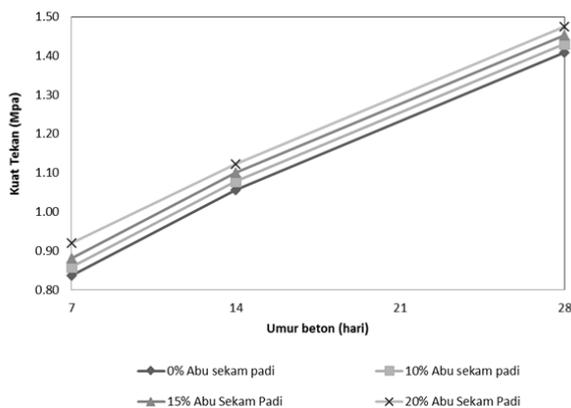
Kuat tekan yang dihasilkan berkisar antara 0,84 MPa - 0,92 MPa pada umur 7 hari, 1,06 MPa - 1,122 MPa pada umur 14 hari dan 1,41 MPa - 1,474 MPa pada umur 28 hari. Kuat tekan yang dihasilkan oleh beton busa menggunakan abu sekam padi rata-rata lebih besar daripada kuat tekan beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi. Kenaikan kuat tekan beton busa yang menggunakan abu sekam padi rata-rata sebesar 1,5 - 4,8 % dibandingkan dengan kuat tekan beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi.

Penambahan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan ketika 10% abu sekam padi digunakan untuk menggantikan semen Portland (Bie, *et al.*, 2015). Pada penelitian ini, penggunaan abu sekam padi sampai 20 % dapat meningkatkan kuat tekan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Givi, *et al.* (2010), Zhang, *et al.* (2000) dan Zhang, *et al.* (1996) yang mengatakan bahwa optimal kadar abu sekam padi yang dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen

Portland adalah 10 – 15% untuk menghasilkan kuat tekan maksimum. Demikian juga Ganesan, *et al.* (2008) yang menunjukkan bahwa kuat tekan mortar yang menggunakan abu sekam padi akan meningkat sampai 15% penggunaan abu sekam padi, pada penggunaan 30% abu sekam padi kuat tekannya akan sama dengan kuat tekan kontrol dan setelah penggunaan 35% abu sekam kuat tekannya akan turun.

Kenaikkan kuat tekan pada beton busa dengan penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti semen Portland disebabkan karena adanya kadar silika dan ukuran partikel yang sangat halus dari abu sekam padi (Ganesan, 2008). Selain itu abu sekam padi diketahui juga sebagai material yang mempunyai sifat pozolan yang tinggi karena abu sekam padi mempunyai struktur pori yang kecil dengan daerah permukaan yang lebar (Chao-Lung, *et al.* 2011). Adanya formasi rantai C-S-H yang lebih banyak mengakibatkan berkurangnya sifat Portlandite pada beton busa akibat reaksi yang terjadi antara abu sekam padi dengan Ca^{2+} , ion OH^- atau $Ca(OH)_2$ pada hidrasi semen. Kenaikan kuat tekan ini juga disebabkan adanya gabungan pengurangan kadar CH yang menyebabkan aktifitas pozolan (Soares, *et al.*, 2015).

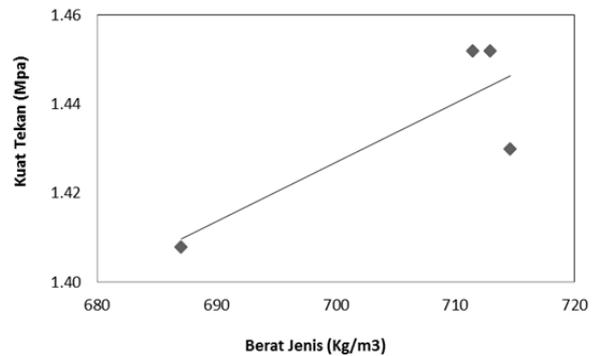
Gambar 4 memperlihatkan bahwa kuat tekan beton busa mengalami peningkatan sebanding dengan bertambahnya umur beton. Kuat tekan pada umur 7 hari rata-rata besarnya 60% dari kuat tekan pada umur 28 hari, dan kuat tekan pada umur 14 hari rata-rata besarnya 75% dari kuat tekan pada umur 28 hari.



Gambar 4. Hubungan antara kuat tekan dengan umur beton busa

Berdasarkan Chao-Lung, *et al.* (2011), pada umur awal, penambahan abu sekam padi pada beton akan menurunkan kuat tekannya akibat kenaikan rongga-rongga kapiler dan akumulasi CH pada interface sehingga strukturnya tidak padat. Hal ini tidak terjadi pada beton busa dengan penambahan abu sekam padi. Sejak awal, kuat tekan yang dihasilkan oleh beton busa ringan lebih tinggi daripada kuat tekan beton busa ringan tanpa menggunakan abu sekam padi.

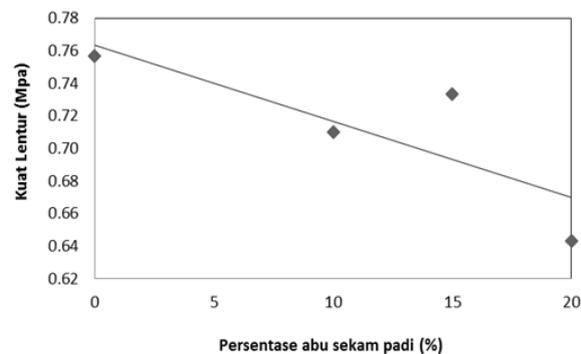
Pada umumnya kuat tekan akan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan berat jenis (Narayanan dan Ramamurthy, 2000), hal ini juga terjadi pada beton busa seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 5**.



Gambar 5. Hubungan antara kuat tekan dengan berat jenis

3.3 Kuat lentur

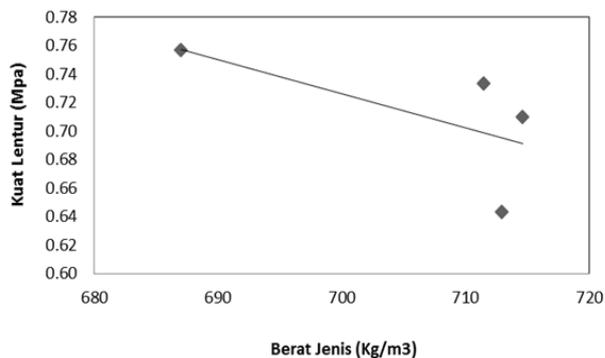
Dari **Gambar 6** dapat dilihat bahwa semakin besar abu sekam padi yang digunakan akan menghasilkan kuat lentur yang semakin kecil. Sehingga hubungan antara kuat lentur dengan persentase abu sekam padi adalah berbanding terbalik. Kuat lentur terbesar diperoleh pada beton busa tanpa menggunakan abu sekam padi sebesar 0.76 MPa, dan kuat lentur terendah pada beton busa dengan menggunakan abu sekam padi sebesar 20% yaitu 0.64 MPa.



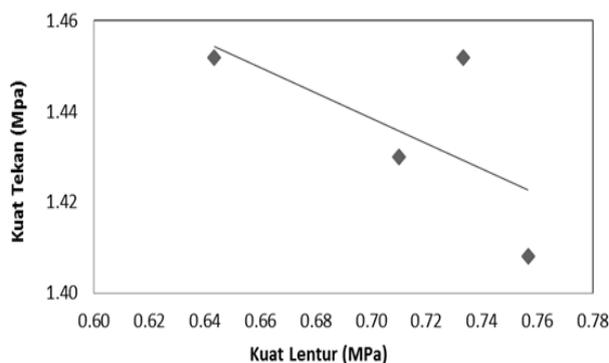
Gambar 6. Hubungan antara kuat lentur dengan persentase abu sekam padi (%)

Semakin besar nilai kuat lentur yang dihasilkan pada beton busa, maka berat jenis yang dihasilkan semakin kecil sehingga hubungan antara kuat lentur dengan berat jenis adalah berbanding terbalik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7**.

Menurut Mehta dan Monteiro (2006) pada umumnya, kuat lentur beton rata-rata sekitar 10 - 15% dari besarnya kuat tekan yang dihasilkan sedangkan menurut Lim dkk (2013), kuat lentur berkisar antara 26 - 32 % dari kuat tekan. Sama dengan pendapat Valore (1954) bahwa rasio kuat lentur dengan kuat tekan pada beton cellular adalah berkisar antara 25% - 35%. Namun pada penelitian ini kuat lentur beton busa yang dihasilkan rata-rata sebesar 44 – 53% dari kuat tekannya. Semakin besar kuat tekan yang dihasilkan maka kuat lenturnya pun semakin kecil, seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 8**.



Gambar 7. Hubungan antara kuat lentur dengan berat jenis



Gambar 8. Hubungan antara kuat tekan dengan kuat lentur

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. kadar abu sekam padi sebesar 20% dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton busa ringan.
2. Kuat tekan dari beton busa ringan yang dihasilkan dalam penelitian ini semuanya sesuai dengan *mix design* yaitu mempunyai kekuatan 1,4 MPa.
3. Berat jenis yang diperoleh rata-rata sebesar 700 kg/m³, sehingga memenuhi persyaratan sebagai beton ringan.

Daftar Pustaka

- Ajiwe, V.I.E., Okeke, C.A., Akigwe, F.C., 2000, *A preliminary study of manufacture of cement from rice husk ash*. *Bioresource Technol.* 73, 37-39.
- Aprianti, Evi, Payam, Shafigh., Syamsul, Bahri., and Javad, Nodeh Farahani, 2015, *Supplementary Cementitious Materials Origin from Agricultural Wastes - A Review*, *Construction and Building Materials* 74(April):176-87.
- Antiohos, S.K., Papadakis, V.G., Tsimas, S., 2014, *Rice husk ash (RHA) effectiveness in cement and concrete*

as a function of reactive silica and fineness. *Cement and Concrete Research* (61-62) 20-21.

- A.N, Givi., S.A, Rashid., F.N.A, Aziz., M.A.M, Salleh., 2010, *Assessment of the effects of rice husk ash particle size on strength water permeability and workability of binary blended concrete*. *Construction and Building Materials* (24) 2145-2150.
- ASTM C 796, 1997, Standard Test Method for Foaming Agents for Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam.
- ASTM C 133, 1997, Standard Test Methods for Cold Crushing Strength and Modulus of Rupture of Refractories.
- Bie, R.S., Song, X.F., Liu, Q.Q., Ji, X.Y., Chen, P., 2015, *Studies on effects of burning conditions and rice husk ash (RHA) blending amount on the mechanical behaviour of cement*. *Cement Concrete Composite* 55:162-168.
- Ganesan, K., Rajagopal, K., Thangavel, K., 2008, *Rice husk ash blended cement : Assessment of optimal level of replacement for strength and permeability properties of concrete*. *Construction and Building Material* (22) 1675-1683.
- Hwang, Chao-Lung., Bui Le, Anh-Tuan., Chen, Chun-Tsun, 2011, *Effect of rice husk on the strength and durability characteristics of concrete*. *Construction and Building Materials* (25) 3768-3772.
- M.H, Zhang., R, Lastra., V.M, Maholtra, 1996, *Rice husk ash paste and concrete : some aspects of hydration and the microstructure of the interfacial zone between the aggregate and paste*. *Cement Concrete Research* 26 (6) 79-86.
- Lim, J.S., Manan, Z.A., Alwi, S.R.W., Hashim, H., 2012, *A review on utilization of biomass from rice industry as a source of renewable energy*. *Renew. Sustainable Energy Rev.* 16, 3084-3094.
- Lim, Siong Kang., Tan, Siang Cher., Lim, Ooi Yuan., Lee, Yeng Ling., 2013, *Fresh and hardened properties of lightweight foamed concrete with palm oil fuel ash as filler*. *Construction and Building Materials* (46) 39-47.
- Mehta, P.Kumar., Monteiro, Paulo J.M., 2006, *Concrete Microstructure, Properties and Materials*. Third Edition.
- Mydin, Md Azree Othuman and Y.C, Wang., 2012, *Mechanical Properties of Foamed Concrete Exposed to High Temperatures*, *Construction and Building Materials* 26 (1) : 638 – 54. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.06.067>)
- Narayanan N, Ramamurthy K, 2000, *Structure and properties of aerated concrete : a review*. *Cement and Concrete Composite* (22) 321-329.

- Ramamurthy, K., E.K, Kunhanandan Nambiar., and G, Indu Siva Ranjani., 2009, A Classification of Studies on Properties of Foam Concrete, *Cement and Concrete Composites* 31(6):388–96. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.04.006>).
- Soares, L.W.O., Braga, R.M., Freitas, J.C.O., Ventura, R.A., 2015, *The effect of rice husk ash as pozzolan in addition to cement Portland class G for oil well cementing*.
- Valore, RC., 1954, *Cellular concrete part 2 physical properties*. *ACI J* (50), 817-836.
- Ya, Mei Zhang., Wei, Sun., Han, Dong Yan., 2000, *Hydration of high-volume fly ash cement pastes*. *Cement Construction Composite* 22 (6) 445-452.
- Xu, W., Lo, T.Y., Memon, S.A., 2012, *Microstructure and reactivity of rice husk ash*. *Construction and Building Materials*, 29, 541-547.