

ABSORPSI AIR KOMPOSIT SEMEN SEKAM PADI DENGAN PENAMBAHAN POZZOLAN ABU SEKAM PADI DAN KAPUR PADA MATRIKS SEMEN

Water Absorption of rice Husk-Cement Composite by Adding Rice Husk Ash and Lime to the Cement Matrix

Bakri dan Baharuddin

ABSTRACT

This research aimed to determine the role of rice husk ash as pozzolanic material in reducing water absorption of rice husk cement composite. Rice husk ash obtained by burning rice husk conventionally in kiln drum. Preparation of water absorption testing samples was conducted according to ASTM C 140, while ASTM C 90 used to evaluate the desired water absorption. Rice husk ash as of 40 % significantly reduced water absorption of the composite, but only rice husk ash of 20 % dan 30 % fulfilled the ASTM C 90 requirement. Addition of lime in the mixture increased the water absorption.

Key words: *pozzolamic, water absorption, rick husk, rice husk ash.*

PENDAHULUAN

Keberhasilan penggunaan kayu untuk menghasilkan komposit semen baik berbentuk panel maupun blok memacu penggunaan bahan ligno-selulosa alami lainnya terutama yang berasal dari tanaman pertanian untuk membuat produk sejenis. Bahan-bahan berligno-selulosa umumnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan komposit baik yang menggunakan matriks polimer sintetis seperti resin *thermosetting* maupun matriks keramik seperti semen.

Serat alami dari tanaman pertanian seperti serat batang tanaman sereal (batang jagung), serat dari phloem (*jute, kenaf, flax, dan hemp*), serat dari daun (sisal dan nenas), serat dalam buah dan kulit buah (kapas, sabuk kelapa, dan sekam padi), dan rumput (rumput gajah) merupakan bahan potensial untuk menghasilkan material komposit.

Serat alami selama ini paling banyak digunakan sebagai bahan komposit yang menggunakan matriks polimer baik sintetis maupun alami. Produk komposit serat alami yang menggunakan matriks polimer sintetis *thermoplastic* yang cukup berkembang di Amerika Serikat saat ini adalah *wood/natural fiber-plastic composites* (WPCs). Selain itu penggunaan perekat atau matriks keramik atau anorganik untuk serat alami juga mulai dikembangkan di berbagai negara termasuk penggunaan serat alami sekam padi. Beton ringan mungkin dapat dibuat dari sekam padi karena sifat serat sekam padi pada campuran beton dapat

mengurangi kerapatan beton (Jauberthie *et al.*, 2000).

Sekam padi merupakan bahan berligno-selulosa seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Silika sekam padi dalam bentuk kristalin (*quartz dan opal*) dan amorf terkonsentrasi pada bagian permukaan luar dan sedikit pada bagian dalam sekam (Jauberthie *et al.*, 2000). Kandungan kimia sekam padi terdiri atas 50% selulosa, 25 – 30% lignin, dan 15 – 20% silika (Ismail and Waliuddin, 1996). Porositas sekam padi yang sangat tinggi yaitu sekitar 79 % menyebabkan sekam padi dapat menyerap air dalam jumlah yang banyak (Kaboosi, 2007). Namun demikian karena mengandung lignin dan silika yang cukup tinggi menyebabkan sekam padi sulit terdekomposisi oleh air dan jamur perusak dan pembusuk sehingga cocok digunakan sebagai agregat komposit semen.

Masalah yang mungkin terjadi dalam pemanfaatan sekam padi untuk pembuatan komposit yang menggunakan matriks keramik (semen) yaitu besarnya nilai absorpsi air yang terjadi. Untuk mengatasi penyerapan air dalam jumlah yang banyak pada komposit semen maka volume dan ukuran rongga komposit semen harus dikurangi. Pengurangan volume dan ukuran rongga komposit semen dapat dilakukan dengan menambahkan bahan pozzolan pada matriks semen yang digunakan. Bahan pozzolan ini jika bercampur dengan semen dan air akan menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) sekunder setelah proses hidrasi berlangsung. CSH sekunder ini akan mengurangi

bahkan menutup rongga yang terbentuk pada komposit semen sehingga akan mengurangi permeabilitas air yang akan masuk ke agregat sekam padi.

Pasta semen setelah proses hidrasi selalu mengandung rongga-rongga berupa makropori, pori kapiler, dan pori gel dengan ukuran yang bervariasi. Rongga-rongga ini menempati 5 – 6 % volume pasta semen yang telah terhidrasi. Pori gel merupakan lapisan antar ruang CSH yang memiliki jarak antara 1 nm sampai beberapa nm. Pori kapiler merupakan rongga-rongga yang tidak terisi oleh senyawa hasil hidrasi yang memiliki diameter 10 sampai 50 nm pada pasta semen yang memiliki rasio air/semen rendah.

Pori kapiler tidak akan terbentuk jika air yang menempati ruang-ruang digantikan oleh senyawa hasil hidrasi selama proses hidrasi terjadi. Ketika proses hidrasi terjadi ruang-ruang yang diisi oleh air pada pasta semen akan ditempati oleh senyawa-senyawa hasil hidrasi terutama CSH yang akan mengurangi permeabilitas dan meningkatkan kekuatan pasta semen (Thomas *et al.*, 2008). Makropori terjadi dalam bentuk gelembung udara ketika pecampuran pasta semen dilakukan yang memiliki diameter antara 0,05 sampai 0,2 mm.

Hu and Stroeven (2005) mengemukakan bahwa pengetahuan mengenai struktur pori secara rinci diperlukan untuk memahami sifat-sifat kekuatan dan ketahanan komposit semen namun hingga saat ini karakteristik struktur pori secara kuantitatif masih merupakan tantangan karena kerumitan jaringan interkoneksi pori dalam pasta semen. Pengaruh bahan tambahan seperti pozzolan terhadap terbentuknya struktur mikro hasil hidrasi pada pasta semen juga belum banyak diketahui (Peterson *et al.*, 2006). Bentz (2007) menganalogkan hidrasi semen dalam konstruksi skala besar sebagai jembatan bangunan yang menghubungkan partikel-partikel semen dan sebagai bendungan yang memutuskan hubungan ruang pori kapiler yang terisi air. Ketika jembatan mikro struktur merupakan kondisi kritis dalam pengembangan sifat-sifat mekanis maka bendungan mikro struktur membatasi pengangkutan dan meningkatkan ketahanan semen. Ketika hidrasi semen menghubungkan partikel-partikel semen secara bersama-sama maka hidrasi semen juga memutuskan porositas kapiler yang terisi air.

Manfaat sekam padi saat ini telah dikembangkan pula sebagai bahan baku untuk menghasilkan abu pozzolan yang dikenal di dunia sebagai abu sekam padi (*rice husk ash*). Abu sekam padi yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi

pada suhu 400° – 500° C akan menjadi silika *amorphous* dan pada suhu lebih besar dari 1000° C akan menjadi silika kristalin (Shinohara and Kohyama, 2004). Kandungan silika pada abu sekam padi berkisar antara 92 – 95 %, sangat porous dan ringan, dan memiliki luas permukaan yang sangat besar (DTI, 2003). Muthadhi *et al.* (2007) mengemukakan bahwa abu sekam padi memiliki aktivitas pozzolanic yang sangat tinggi sehingga lebih unggul dari *Supplementing cementitious material* (SCM) lainnya seperti *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*.

Penggunaan abu sekam padi dengan kombinasi campuran yang sesuai pada semen akan menghasilkan komposit semen yang lebih baik (Singh *et al.*, 2002). Abu sekam padi telah digunakan sebagai bahan pozzolan reaktif yang sangat tinggi untuk meningkatkan mikrostruktur pada daerah transisi interfase antara pasta semen dan agregat. Walaupun Sarawathy and Song (2007) menyarankan penggunaan abu sekam padi sebesar 25 % untuk membuat komposit semen tetapi penggunaan abu sekam padi sampai 30 % sebagai pengganti sebagian semen masih dapat mengurangi penetrasi klorida, mengurangi permeabilitas, meningkatkan kekuatan, dan meningkatkan sifat anti karat komposit semen. Abu sekam padi telah digunakan sebagai SCM dalam pembuatan beton yang memiliki kekuatan tinggi dan permeabilitas rendah pada jembatan, bangunan dermaga, dan bangunan pembangkit tenaga nuklir karena abu sekam padi dapat meningkatkan reaksi pozzolan untuk pembentukan kalsium silikat hidrat (Dakrouy and Gasser, 2008).

BAHAN DAN METODE

Bahan penelitian terdiri atas semen Portland tipe I, kapur, sekam padi, dan air destilasi yang tersedia di Makassar. Abu pozzolan sekam padi dibuat seperti yang dilakukan oleh Harsono (2002) dan Ganesan *et al.* (2008). Instrumen penelitian terdiri atas gelas ukur, timbangan digital, thermometer, hygrometer caliper, molder kubus 50 x 50 x 50 mm, baskom, ember, kantong plastik, dandang aluminium, drum ayakan, mixer, tanur, dan komputer. Penelitian dilaksanakan pada Januari sampai Mei 2010 di laboratorium Pemanfaatan dan Pengolahan Hasil Hutan Universitas Hasanuddin.

Penelitian yang dilaksanakan merupakan penelitian eksperimental yang menggunakan percobaan faktorial. Rancangan dasar yang

digunakan dalam percobaan faktorial adalah rancangan acak lengkap (RAL). Rancangan acak lengkap ini terdiri atas 3 faktor sebagai variabel bebas yaitu faktor abu sekam padi (A) yaitu persentase berat abu sekam padi terhadap berat matriks (Semen + Kapur + abu sekam padi), faktor sekam padi (B) yaitu persentase berat sekam padi terhadap berat matriks (Semen + Kapur + Abu Sekam Padi), dan faktor persentase perbandingan semen dan kapur (C) yaitu rasio berat semen dan kapur terhadap berat (Semen + Kapur). Faktor A terdiri atas 4 taraf yaitu 0 % (A0), 20 % (A1), 30 % (A2), dan 40 % (A3), faktor B terdiri atas 2 taraf yaitu 30 % (B1) dan 40 % (B2), dan faktor C terdiri atas 3 taraf yaitu 100 : 0 (C1), 75 : 25 (C2), dan 50 : 50 (C3).

Prosedur pembuatan dan pengujian contoh uji absorpsi air merujuk pada ASTM C 140 dengan berbagai penyesuaian seperti ukuran contoh uji dan pelaksanaan *curing*. Sedangkan indikator nilai absorpsi air dievaluasi dengan menggunakan kriteria ASTM C 90. Pembuatan contoh uji dilakukan dengan cara memasukkan masing-masing campuran berdasarkan kombinasi percobaan ke dalam molder kubus yang memiliki ukuran 50 x 50 x 50 mm. Jumlah ulangan pada setiap kombinasi campuran adalah 3 buah. Campuran yang telah dimasukkan ke dalam molder disimpan selama 1 hari kemudian dikeluarkan dari molder dan disimpan pada suhu ruangan selama 7 hari *curing period*. Contoh uji dicelup selama 24 jam dan setelah itu ditimbang dalam keadaan tergantung untuk mendapatkan berat contoh uji dalam air (W_i). Contoh uji dikeluarkan dari air kemudian dibiarkan selama 1 menit dan permukaannya dilap. Contoh uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat

contoh uji jenuh air (W_s). Contoh uji kemudian disimpan pada suhu 24° C selama 21 hari *curing period* lanjutan. Contoh uji ditimbang setelah 21 hari *curing period* lanjutan sebagai berat contoh uji kering udara (W_e). Contoh uji kemudian dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 100° C – 115° C selama 24 jam. Contoh uji dikeluarkan dari dalam tanur kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat contoh uji kering tanur (W_d). Absorpsi dihitung berdasarkan rumus $A \text{ (kg/m}^3\text{)} = \{(W_s - W_d) / (W_s - W_i)\} \times 1000$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan nilai absorpsi air contoh uji rata-rata dapat dilihat pada Lampiran 1. Nilai absorpsi air contoh uji rata-rata pada Lampiran 1 berkisar antara 275,1 kg/m³ pada komposisi campuran A1B1C1 {(20 : 30 : (100 : 0))} sampai dengan 363,8 kg/m³ pada komposisi campuran A3B2C3{(40:40: (50 : 50))}. Berdasarkan persyaratan nilai absorpsi air maka hanya perlakuan komposisi campuran A1B1C1 dan A2B1C1 yang memenuhi syarat ASTM C 90.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan pada faktor A (persentase abu sekam padi), B (persentase sekam padi), dan C (perbandingan semen dan kapur) berpengaruh nyata terhadap absorpsi air contoh uji. Sedangkan interaksi antar faktor perlakuan menunjukkan pengaruh yang tidak nyata terhadap absorpsi air. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh masing-masing faktor A, B, dan C maka dilakukan uji lanjut BJK dengan menggunakan prosedur Tukey yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1, 2, dan 3.

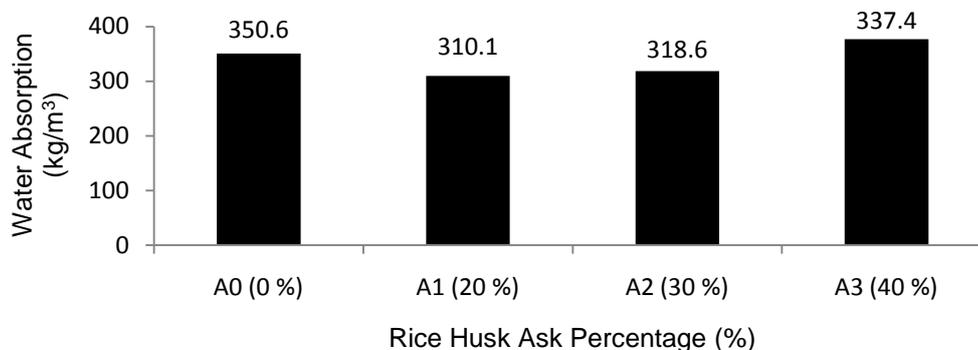


Figure 1. Main effect of rice husk ash percentage to the water absorption

Nilai absorpsi air contoh uji rata-rata sebagai akibat dari pengaruh faktor A pada berbagai persentase abu sekam padi dapat dilihat pada Histogram 1. Histogram 1 menunjukkan nilai absorpsi air contoh uji rata-rata karena pengaruh faktor A (persentase abu sekam padi) masing-masing adalah 350,6, 337,4, 318,6, dan 310,1 kg/m³ yang terjadi pada persentase abu sekam padi A0 (0 %), A3 (40 %), A2 (30 %), dan A1 (20 %).

Histogram 1 menunjukkan pula bahwa absorpsi air contoh uji pada semua komposisi campuran yang menggunakan abu sekam padi yaitu A3 (40 %), A2 (30 %), dan A1 (20 %) memiliki nilai yang lebih kecil dari komposisi campuran yang tidak menggunakan abu sekam padi (0 %). Hal ini membuktikan bahwa penggunaan abu sekam padi dapat menurunkan nilai absorpsi air contoh uji dengan nilai terendah yaitu 310,1 kg/m³ terjadi pada penambahan persentase 20 % (A1).

Hasil uji BNJ pada Tabel 1 mengenai pengaruh faktor A (persentase abu sekam padi) terhadap absorpsi air menunjukkan bahwa nilai absorpsi air contoh uji rata-rata terendah sebesar 310,1 kg/m³ terjadi pada perlakuan persentase abu sekam padi 20 % dan nilai absorpsi air contoh uji rata-rata tertinggi sebesar 350,6 kg/m³ terjadi pada perlakuan persentase abu sekam padi 0 %. Tabel 1 menunjukkan pula bahwa perlakuan persentase abu sekam padi 20 % dan 30 % berbeda nyata dengan perlakuan persentase abu sekam padi 0 % dan 40 % dan perlakuan persentase abu sekam padi 40 % berbeda nyata dengan perlakuan persentase abu sekam padi 0 %.

Table 1. Tukey's HSD test of main effect A (rice husk ash percentage) to the water absorption (kg/m³)

A (%)	Average Water Absorption (kg/m ³)	BNJ 0,05 = 10,13
20	310,1	a
30	318,6	a
40	337,4	b
0	350,6	c

Remark: same letter indicate no significant difference

Perbedaan nilai absorpsi air contoh uji karena pengaruh faktor A (persentase abu sekam padi) berhubungan dengan jumlah air yang diserap oleh contoh uji. Jumlah air yang diserap tergantung pada volume rongga contoh uji yang dapat diisi oleh air sedangkan volume rongga yang dapat diisi oleh air dapat diketahui dari nilai porositas contoh uji.

Semakin tinggi nilai porositas maka semakin besar volume rongga yang dapat diisi oleh air.

Nilai porositas contoh uji yang disebabkan oleh faktor abu sekam padi pada A0 (0 %) lebih besar dari A2 (20%), A3 (30 %), dan A4 (40 %). Dengan demikian volume rongga contoh uji yang disebabkan oleh faktor abu sekam padi pada A0 (0 %) lebih besar dari A2 (20%), A3 (30 %), dan A4 (40 %). Perbedaan volume rongga ini disebabkan oleh karena abu sekam padi memiliki peran untuk mengurangi ukuran rongga-rongga pori. Semakin banyak CSH yang dihasilkan oleh reaksi abu sekam padi dengan CH maka semakin banyak pori yang memiliki ukuran lebih kecil sehingga daya tampung pori terhadap air semakin berkurang. Jumlah air yang semakin berkurang pada contoh uji menghasilkan nilai absorpsi yang semakin rendah.

Nilai absorpsi air yang kecil akibat penambahan abu sekam padi pada semen dapat terjadi karena semakin berkurangnya air yang dapat ditampung oleh contoh uji. Semakin berkurangnya air yang dapat ditampung terjadi karena 2 faktor yaitu (1) semakin kecilnya rongga pori atau semakin kecilnya ruang zona interfisial dan (2) tertutupnya interkoneksi antara rongga-rongga pori dan zona interfisial sehingga terjadi deperkolasi yang memutuskan hubungan antara pori dan zona interfisial. Rongga pori dan zona interfisial menjadi lebih kecil karena pembentukan CSH sekunder di permukaan bagian dalam pori dan zona interfisial. Jika rongga pori yang sangat kecil dipenuhi oleh CSH sekunder maka pori ini akan tertutup dan memutuskan hubungan transportasi air antar pori. Semakin banyak pori yang tidak memiliki interkoneksi maka semakin sedikit air yang dapat diserap oleh contoh uji. Air yang terjebak dalam rongga pori yang tidak memiliki interkoneksi dengan pori lainnya tidak akan melakukan pergerakan dalam contoh uji dan tidak diperhitungkan sebagai air yang diserap. Air yang dihitung sebagai air yang diserap dalam contoh uji adalah air yang dapat bergerak ke dalam dan ke keluar contoh uji melalui pori yang saling terhubung.

Nilai absorpsi air contoh uji rata-rata sebagai akibat dari pengaruh faktor B pada berbagai taraf persentase sekam padi dapat dilihat pada Histogram 2. Histogram 2 menunjukkan nilai absorpsi air contoh uji rata-rata karena pengaruh faktor B (persentase sekam padi) masing-masing adalah 317,0 dan 341,4 kg/m³ yang terjadi pada persentase sekam padi B1 (30 %) dan B2 (40 %).

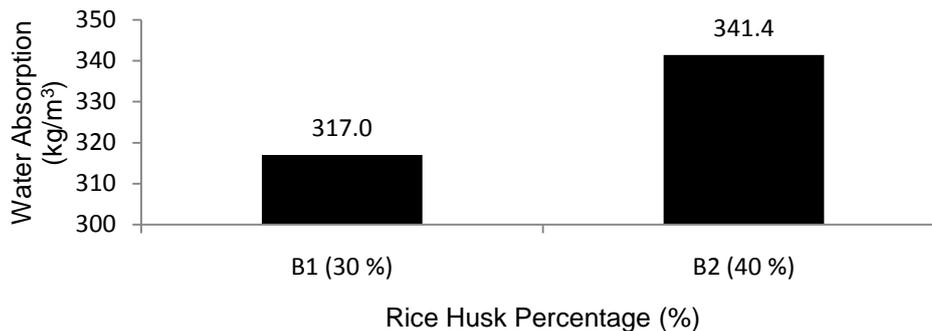


Figure 2. Main effect of rice husk percentage to the water absorption

Hasil uji BNJ pada Tabel 2 mengenai pengaruh faktor B (persentase sekam padi) terhadap absorpsi air menunjukkan bahwa nilai absorpsi air contoh uji rata-rata terendah sebesar 317,0 kg/m³ terjadi pada perlakuan persentase sekam padi 30 % dan nilai absorpsi air contoh uji rata-rata tertinggi sebesar 341,4 kg/m³ terjadi pada perlakuan persentase sekam padi 40 %. Tabel 2 menunjukkan pula bahwa perlakuan persentase sekam padi 40 % berbeda nyata dengan perlakuan persentase sekam padi 30 %.

Table 2. Tukey's HSD test of main effect B (rice husk percentage) to the water absorption (kg/m³)

B (%)	Average Water Absorption (kg/m ³)	BNJ 0,05 = 2,42
30	317,0	a
40	341,4	b

Remark: same letter indicate no significant difference

Perbedaan nilai absorpsi air contoh uji karena pengaruh faktor B (persentase sekam padi) disebabkan oleh jumlah air yang dapat diserap oleh contoh uji. Jumlah air yang dapat diserap oleh sekam padi tergantung pada kemampuan sekam padi untuk menyerap air dan kemampuan air menembus rongga pori contoh uji sampai ke permukaan agregat sekam padi.

Air yang dapat diserap oleh sekam padi mulai terjadi pada saat pencampuran semua bahan contoh uji. Semua bahan akan menyerap air dengan cepat pada saat pencampuran dilakukan. Semen akan menggunakan air untuk melangsungkan proses hidrasi sedangkan air pada sekam padi tersimpan

dalam rongga-rongga pori sekam padi. Air yang diserap oleh sekam padi dapat digunakan oleh semen untuk melakukan proses hidrasi sehingga jumlah air yang tersimpan pada rongga-rongga pori sekam padi menjadi berkurang ketika proses hidrasi selesai. Namun demikian karena porositas sekam padi yang cukup tinggi yaitu sekitar 79 %, maka jumlah air yang dapat tersimpan oleh sekam padi yaitu sekitar 790 kg/m³. Dengan demikian sekam padi akan memiliki kemungkinan yang besar untuk menyimpan air dalam jumlah yang besar walaupun proses hidrasi telah selesai. Semakin banyak agregat sekam padi yang terdapat pada campuran semen maka semakin banyak air yang mungkin dapat tersimpan pada sekam padi setelah proses hidrasi selesai.

Nilai absorpsi contoh uji yang disebabkan oleh pengaruh faktor persentase sekam padi jika dinyatakan dalam persen adalah sebesar 30 % pada B1 dan 35 % pada B2. Jika dibandingkan dengan nilai absorpsi air komposit semen yang menggunakan jenis agregat lainnya maka nilai absorpsi air yang menggunakan sekam padi pada penelitian ini tergolong cukup besar. *Cement-bonded particleboard* yang menggunakan partikel kayu *Pinus silvestris* pada komposisi 30 % dari berat semen yang diteliti oleh Alpar *et al.* (2003) memiliki absorpsi air sebesar 24 %. *Cementboard* yang menggunakan serat sabuk kelapa pada komposisi 50 % dari berat semen yang diteliti oleh Asasutjarit *et al.* (2007) memiliki absorpsi air sebesar 20 %. Sedangkan *cementboard* yang dibuat oleh Unifix Inc. yang menambahkan serat gelas pada lapisan permukaan memiliki absorpsi air di bawah 8 % (Unifix Inc., 2009). Tetapi penelitian yang dilakukan oleh Subyakto dan Prasetya (1996) pada *pulp*

cementboard yang dibuat dari agregat pulp bambu pada komposisi 30 % dari berat semen menunjukkan nilai absorpsi air yang cukup besar yaitu 49,21 %. Hasil-hasil penelitian ini membuktikan bahwa kemampuan jenis serat untuk menyerap air berbeda sehingga nilai absorpsi air pada komposit semen yang dihasilkan juga berbeda.

Kemampuan air menembus rongga-rongga pori setelah contoh uji mengeras juga berpengaruh terhadap jumlah air yang dapat diserap oleh sekam padi. Contoh uji yang telah mengeras menghasilkan berbagai macam jenis rongga pori yang bisa berhubungan tergantung interkoneksi yang terbentuk di antara pori satu dengan lainnya. Air harus melewati zona interfisial melalui interkoneksi pori lainnya untuk mencapai permukaan sekam padi. Zona interfisial di permukaan sekam padi dapat berhubungan dengan pori gel dan pori kapiler tergantung pada banyaknya CSH dan CH yang terbentuk di sekeliling zona interfisial. Jika zona interfisial yang umumnya dikelilingi oleh kristal CH kemudian di antaranya terbentuk CSH primer yang membuat rongga pori kapiler atau pori gel yang ditutup oleh CSH sekunder maka air akan sulit memasuki wilayah zona interfisial. Demikian pula jika zona interfisial yang di sekitarnya terdapat banyak CH kemudian bereaksi dengan abu sekam padi maka akan terbentuk CSH sekunder yang akan menutup zona interfisial. Tetapi jika rongga-rongga pori ini tidak tertutup oleh pembentukan CSH sekunder maka rongga-rongga pori ini akan berhubungan dengan zona interfisial yang memudahkan air untuk diserap oleh sekam padi. CH yang banyak terdapat di sekitar zona interfisial ketika berhubungan dengan air akan memisahkan Ca^{2+} dan OH^- larut pada larutan dalam pori yang mengakibatkan zona interfisial semakin terbuka sehingga air dan Ca^{2+}

dapat diserap oleh sekam padi. Air akan mengisi pori-pori sekam padi sedangkan Ca^{2+} akan terikat pada asam silicic yang terbentuk dari silika sekam padi pada saat bereaksi dengan basa kuat semen. Ca^{2+} lainnya akan bergabung dengan silika abu sekam padi membentuk CSH sekunder yang akan memperkecil atau menutup ruang zona interfisial kembali. Sedangkan ion OH^- hasil pemisahan CH akan mempertahankan kondisi basa larutan dalam pori untuk memutuskan ikatan silika pada abu sekam padi yang selanjutnya akan membentuk CSH sekunder.

Nilai absorpsi air contoh uji rata-rata sebagai akibat dari pengaruh faktor C pada berbagai taraf perbandingan semen dan kapur dapat dilihat pada Histogram 3. Histogram 3 menunjukkan nilai absorpsi air contoh uji rata-rata karena pengaruh faktor C (perbandingan semen dan kapur) masing-masing adalah 313,7, 324,2, dan 349,6 kg/m^3 yang terjadi pada perbandingan persentase semen dan kapur C1 (100 : 0), C2 (75 : 25), dan C3 (50 : 50).

Hasil uji BNJ pada Tabel 3 mengenai pengaruh faktor C (perbandingan persentase semen dan kapur) terhadap absorpsi air menunjukkan bahwa nilai absorpsi air contoh uji rata-rata terendah sebesar 313,7 kg/m^3 terjadi pada perlakuan perbandingan persentase semen dan kapur 100 : 0 dan nilai absorpsi air contoh uji rata-rata tertinggi sebesar 349,6 kg/m^3 terjadi pada perlakuan perbandingan persentase semen dan kapur 50 : 50. Tabel 3. menunjukkan pula bahwa perlakuan perbandingan persentase semen dan kapur 50 : 50 berbeda nyata dengan perlakuan perbandingan persentase semen dan kapur 75 : 25 dan 100 : 0. Demikian pula perlakuan perbandingan persentase semen dan kapur 75 : 25 berbeda nyata dengan perlakuan perbandingan persentase semen dan kapur 100 : 0.

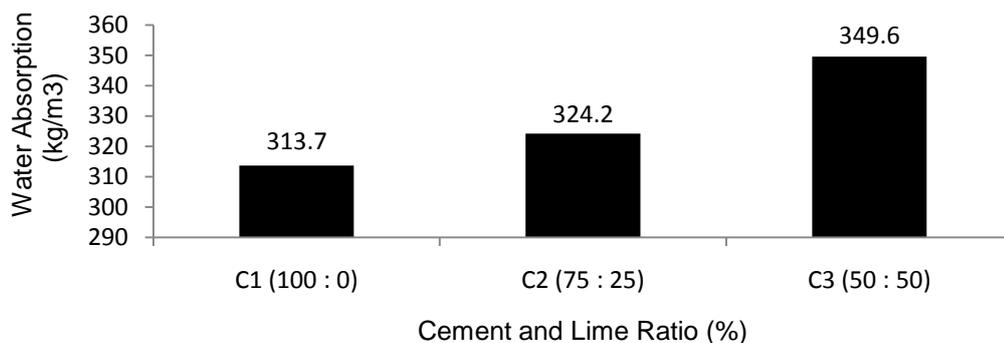


Figure 3. Main effect of cement and lime ratio to the water absorption

Table 3. Tukey's HSD test of main effect C (cement and lime ratio) to the water absorption (kg/m^3)

C (%)	Average Water Absorption (kg/m^3)	BNJ 0,05 =7,96
100 : 0	313,7	a
75 : 25	324,2	b
50 : 50	349,6	c

Remark: same letter indicate no significant difference

Perbedaan nilai absorpsi air contoh uji akibat perlakuan faktor perbandingan persentase semen dan kapur pada Tabel 3 disebabkan oleh karena bertambahnya persentase kapur pada perbandingan persentase semen dan kapur. Semakin banyak kapur pada pasta campuran semen maka jumlah CH yang terbentuk akan semakin banyak dan sebaliknya jumlah CSH yang terbentuk semakin sedikit.

Air pada campuran digunakan untuk menghasilkan CSH, CH dan senyawa hasil hidrasi lain. Pada saat setelah *setting* dan *harden* selesai, sisa air yang tidak bereaksi dalam contoh uji berada pada pori gel, pori kapiler, zona interfisial, dan terikat pada CSH. Air yang berada pada rongga-rongga pori dapat melakukan transportasi sedangkan yang terikat pada CSH tidak dapat berpindah kecuali pada suhu di atas 1000°C . Dalam keadaan jenuh pada saat air masuk ke dalam contoh uji maka air akan mengisi rongga-rongga pori dan dapat melakukan transportasi ke seluruh bagian berongga yang saling terhubung dalam contoh uji. Gerakan air tergantung struktur pori (koneksitas antar rongga pori dan ukuran pori), kondisi contoh uji (retak), mekanisme ikatan (jenis unsur yang terikat oleh air), kondisi lingkungan (suhu, kelembaban dan tekanan), dan mekanisme transportasi (absorpsi kapiler, penetrasi karena tekanan, dan difusi). Kecepatan air masuk ke dalam contoh uji sangat tergantung pada gaya kapilaritas pada pori kapiler. Gaya kapilaritas tergantung tegangan permukaan, viskositas, dan kerapatan cairan. Gerakan air kapiler lebih cepat terjadi pada pori yang memiliki ukuran yang lebih kecil.

Jumlah CSH yang sedikit walaupun menghasilkan jumlah rongga pori kapiler yang sedikit tetapi cenderung membentuk rongga pori berukuran besar karena kurangnya kumpulan CSH yang terbentuk. Selain itu CSH memiliki sifat yang kurang kristalin sehingga dapat membentuk rongga

kecil (*micro void*) di wilayah amorf. Jika struktur CSH tidak tersusun oleh banyak CSH maka rongga kecil ini akan terbuka untuk menyerap air. Jumlah kapur yang banyak akan menghasilkan CH yang banyak dan bersifat kristalin serta tidak berongga. tetapi dapat larut dalam air yang menyebabkan CH terurai sehingga dapat memperbesar pori terutama pada zona interfisial. Zona interfisial akan membesar dan dapat menghubungkan dengan pori kapiler sehingga air akan dapat masuk ke permukaan sekam padi. Karena ukuran pori menjadi besar maka jumlah air yang diserap juga menjadi lebih banyak.

KESIMPULAN

Penambahan pozzolan abu sekam padi sebesar 20%, 30 %, dan 40 % menurunkan nilai absorpsi air komposit semen sekam padi namun hanya abu sekam padi sebesar 20 % dan 30 % yang memenuhi syarat ASTM C 90. Sedangkan penambahan kapur meningkatkan nilai absorpsi air komposit semen sekam padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpar, T., Takats, P., and Hatano, Y. 2003. Porosity of Cement-Bonded Particleboards Hardened by CO₂ Injection and Cured by Hydration. *JARQ*. 37 (4): 263 – 268.
- Asasutjarit, C., Hirunlabh, J., Khedari, J., Charoenvai, S., Zeghmati, B., and Shin, U. C. 2007. Development of Coconut Coir-based Lightweight Cement board. *Construction and Building Materials*. 21: 277–288.
- Bentz, D. P. 2007. Cement hydration: building bridges and dams at the microstructure level. *Materials and Structures*. 40: 397– 404.
- Dakroury, A. El. and Gasser, M. S. 2008. Rice Husk Ash (RHA) as Cement Admixture for Immobilization of Liquid Radioactive Waste at Different Temperatures. *Journal of Nuclear Materials*. 381: 271– 277.
- DTI. 2003. *Rice Husk Ash Market Study*. DTI/Pub URN 03/668. United Kingdom: Brozeoak Ltd (Contractor).
- Ganesan, K., Rajagopal, K., and Thangavel, K. 2008. Rice husk ash blended cement: Assessment of Optimal Level of Replacement for Strength and Permeability Properties of

- Concrete. *Construction and Building Materials*. 22 (8): 1675 – 1683.
- Harsono, H. 2002. Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi. *Jurnal ILMU DASAR*. 3 (2): 98 -103.
- Hu, J. and Stroeven, P. 2005. Size Characterisation of Pore Structure for Estimating Transport Properties of Cement Paste. *Heron*. 50 (1): 41 – 54.
- Ismail, M. S. and Waliuddin, A. M. 1996. Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete. *Construction and Building Materials*. 10 (1): 521 – 526
- Jauberthie, R., Rendell, F. Tamba, S. and Cisse', I. K. 2000. Origin of the Pozzolanic Effect of Rice Husks. *Construction and Building Materials*. 14: 419 – 423.
- Kaboosi, K. 2007. The Feasibility of Rice Husk Application as an Envelope Material in Subsurface Drainage System. Islamic Azad University, Science and Research Branch. Tehran, Iran.
- Muthadhi, A., Anitha, R. and Kothandaraman, S. 2007. Rice Husk Ash – Properties and Its Uses: A Review. *IE(I) Journal-CV*, 88: 50 – 56.
- Peterson, V. K., Neumann, D. A, and Livingston, R. A. 2006. Hydration of Cement: The Application of Quasielastic and Inelastic Neutron Scattering. *Physica. B*: 481– 486.
- Saraswathy, V. and Song, Ha-Won. 2007. Corrosion Performance of Rice Husk Ash Blended Concrete. *Construction and Building Materials*. 21: 1779–1784.
- Shihonara, Y. and Kohyama, N. 2004. Quantitative Analysis of Tridymite and Cristobalite Crystallized in Rice Husk Ash by Heating. *Industrial Health*. 42: 277– 285.
- Singh, N. B., Singh, V. D., Rai, S. and Chaturvedi, S. 2002. Effect of lignosulfonate, calcium chloride and their mixture on the hydration of RHA-blended Portland cement. *Cement and Concrete Research*. 32: 387–392.
- Subyakto dan Prasetya, B. 1996. Sifat Fisik dan Mekanik Papan Pulp Semen (Pulp Cementboard) dari Bahan Lignoselulosa. *Prosiding Seminar Fisika. Jakarta*. 40 – 47.
- Thomas, J. J., Allen, A. J., and Jennings, H. M. 2008. Structural Changes to the Calcium–Silicate–Hydrate Gel Phase of Hydrated Cement with Age, Drying, and Resaturation. *J. Am. Ceram. Soc.* 10: 1 – 8.
- UNIFIX Inc. 2000. *PermaBase Cement Board Construction Guide*. UNIFIX Inc. Bromont, Canada.

Diterima : 12 Desember 2009

Bakri dan Bahruddin

Lab. Pemanfaatan dan Pengolahan Hasil Hutan
Department of Forestry, Forestry Faculty
Hasanuddin University – Indonesia

Appendix 1. The observation of water absorption (kg/m³) to the test sample

Perlakuan			Ulangan			Total	Rata-rata
			1	2	3		
A0	B1	C1	325.6	339.8	320.2	985,6	328,5
		C2	331.7	345.3	328.5	1005,5	335,2
		C3	350.9	362.0	350.2	1063,1	354,4
	B2	C1	339.7	360.6	329.9	1030,2	343,4
		C2	364.4	372.6	363.9	1100,9	367,0
		C3	370.8	384.4	369.4	1124,6	374,9
A1	B1	C1	270.0	289.6	265.6	825,2	275,1
		C2	284.9	303.4	140.7	865,0	288,3
		C3	328.3	348.2	320.4	996,9	332,3
	B2	C1	301.3	327.8	296.6	925,7	308,6
		C2	314.3	334.2	308.7	957,2	319,1
		C3	330.1	360.6	321.0	1011,7	337,2
A2	B1	C1	270.0	293.1	269.7	832,8	277,6
		C2	289.5	309.8	279.8	879,1	293,0
		C3	334.1	348.3	330.1	1012,5	337,5
	B2	C1	331.2	322.7	322.1	976,0	325,3
		C2	325.1	335.4	316.9	977,4	325,8
		C3	349.6	368.0	339.9	1057,5	352,5
A3	B1	C1	312.3	320.7	310.2	943,2	314,4
		C2	320.8	330.5	319.9	971,2	323,7
		C3	341.7	350.8	338.2	1030,7	343,6
	B2	C1	336.5	344.5	330.1	1011,1	337,0
		C2	339.7	350.7	334.4	1024,8	341,6
		C3	361.8	372.1	357.5	1091,4	363,8