

Kajian Eksperimen Kuat Tekan Beton Ringan Menggunakan Agregat Bambu dan Bahan Tambah Beton

(Experimental Study on the Compressive Strength of Lightweight Concrete Containing Bamboo Aggregate and Additive)

M. RIANGENDARTO, M. HERI ZULFIAR

ABSTRACT

The use bamboo as a substitute aggregate is an effort to reduce the density and static load of structural elements. This research focuses on the problem related to the specific gravity and compressive strength of the use of bamboo as a lightweight concrete aggregate. Specimens were produced using additive and 10 mm maximum grain size of bamboo aggregate as a substitute for split aggregate, in a lightweight concrete composite systems. Variation of bamboo content as a substitute aggregate were selected being 0% (normal), 20%, 40%, 60%, 80% and 100% by weight of split aggregate. The samples are in the form of cylinder (of 15 cm diameter and 30 cm height), while the compression testing were performed after 14 days of treatment. The results showed that the lightweight concrete containing 80% of bamboo aggregate possessing compressive strength 5,86 MPa, which is below the minimum standard of ACI of 17,2 MPa.

Keywords: lightweight concrete, bamboo aggregate, compressive strength.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material, khususnya teknologi beton, telah membuka gagasan pada pemanfaatan material organik sebagai bahan penyusun maupun bahan tambah. Pemakaian bahan organik dimaksudkan untuk meminimalisir dampak sifat beton yang kurang baik, diantaranya adalah berat jenis yang cukup tinggi sehingga akan menimbulkan efek pembebanan akibat beratnya sendiri.

Merujuk pada sifat-sifat material organik khususnya bambu, terdapat beberapa permasalahan, diantaranya adalah kemampuan bambu untuk mengembang atau menyusut yang cukup tinggi akibat penyerapan air dan sangat lemah terhadap ekspose lingkungan yang ekstrim. Sifat serapan air yang cukup tinggi tersebut apabila dipakai sebagai material penyusun beton dikhawatirkan menyebabkan volume bambu akan berekspansi pada saat proses hidrasi pasta semen, sehingga menyebabkan beton menjadi retak.

Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut, pada penelitian ini akan dikembangkan metode *flowing concrete* dengan menambahkan bahan *additive* tipe C (*superplastisizer Viscocrete-10*) pada campuran beton yang akan memungkinkan beton memiliki nilai *slump* yang tinggi dan mampu memadat dengan sendirinya (*self compacting*), namun memiliki waktu ikat awal cepat sehingga beton lebih cepat mengeras. Kemampuan beton mengalami hidrasi awal akan menghambat ekspansi volume agregat bambu, sehingga beton yang dihasilkan lebih baik. Metode *flowing concrete* ini akan dipakai dalam proses produksi beton.

Beberapa pertimbangan tersebut mengantar pada suatu analisis dan pemikiran untuk merencanakan produksi beton dengan metode *flowing concrete* dengan pemakaian agregat bambu dan bahan *additive Viscocrete 10* dalam satu sistem komposit beton ringan, dengan orientasi mereduksi berat jenis, meningkatkan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan daktilitas dan ketahanan beton terhadap beban kejut (*impact load*).

Beton ringan adalah beton yang tersusun atas agregat ringan. Agregat ringan yang digunakan umumnya merupakan hasil produksi pembakaran (batu bara, *slag*, lempung dan lain-lain). Berat jenis agregat rata-rata 1900 kg/m³ atau berdasarkan kepentingan strukturnya berkisar antara 1440 kg/m³ sampai 1850 kg/m³, dengan kekuatan tekan rata-rata pada umur 28 hari lebih besar dari 17,2 MPa (ACI 318-08, 2008).

Menurut Tjokrodinuljo (2004), terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi berat jenis beton atau membuat beton lebih ringan, antara lain:

1. dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menambah bubuk aluminium ke dalam campuran adukan beton.
2. dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung atau agregat buatan, sehingga beton yang dihasilkan akan lebih ringan dari pada beton biasa.
3. dengan cara membuat beton tanpa menggunakan butir-butir agregat halus atau pasir yang disebut beton non pasir.

Tjokrodinuljo (2004) secara garis besar telah membagi penggunaan beton ringan menjadi tiga, yaitu:

1. untuk nonstruktur dengan berat jenis antara 240 kg/m³ sampai 800 kg/m³ dan kuat tekan antara 0,35 – 7 MPa, yang umumnya digunakan untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.
2. untuk struktur ringan dengan berat jenis antara 800 kg/m³ sampai 1400 kg/m³ dan kuat tekan antara 7 – 17 MPa, yang umumnya digunakan untuk dinding yang juga memikul beban.
3. untuk struktur dengan berat jenis antara 1400 kg/m³ sampai 1800 kg/m³ dan kuat tekan lebih dari 17 MPa, yang dapat digunakan sebagaimana beton normal.

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai kepadatan sekitar 300 – 1850 kg/m³. Agregat ringan biasanya digunakan atas pertimbangan ekonomis dan struktural. Pertimbangan ekonomis biasanya didasarkan atas biaya produksi untuk menghasilkan

agregat ringan dan pengerjaan struktur betonnya sendiri. Secara struktural pertimbangan didasarkan atas berat volume dan kepadatan dari beton yang terbentuk, karena akan lebih ringan dibandingkan menggunakan agregat konvensional. Dengan demikian jika digunakan untuk struktur atas akan lebih ringan yang pada akhirnya beban konstruksi menjadi lebih ringan.

Agregat ringan dalam standar SNI 03-2461-2002 (2002) terdiri dari 2 macam, yaitu:

1. agregat ringan buatan yang merupakan hasil proses pengembangan, pemanasan atau sintering dari bahan terak tanur tinggi, lempung, diatome, abu terbang, batu sabak, batu obsidian.
2. agregat ringan alami diperoleh secara alami, seperti batu apung dan scoria, batu letusan gunung atau batuan lahar.

Menurut ASTM C330-03 (2003), agregat ringan dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

1. agregat ringan yang dihasilkan dari sisa/residu proses produksi atau pembakaran tanah liat dan lain-lain.
2. agregat ringan yang dihasilkan melalui pengolahan bahan alam, misalnya batu apung.

Bambu adalah jenis material organik yang terdiri dari glukosa dan serat (selulosa) seperti layaknya kayu pada umumnya. Yang membedakan adalah arah serat, sehingga dapat diketahui manfaat dan fungsinya sebagai elemen struktur. Kelemahan bambu adalah usia pakai yang relatif singkat akibat ekspos perubahan lingkungan, sehingga penggunaan bambu sebagai elemen struktur harus terlindung. Penggunaan agregat bambu memberikan konsekuensi penurunan pada nilai kuat tekan, karena bambu memiliki angka keausan dan kemampuan mengembang-menyusut yang tinggi, dan kekuatan struktur yang lebih rendah daripada agregat konvensional. Untuk mengantisipasi penurunan kekuatan lebih jauh akibat adanya keterbatasan kekuatan bambu tersebut, maka ukuran agregat bambu dibuat dengan bentuk butiran yang lebih kecil agar memiliki volume yang lebih padat. Penggunaan bambu sebagai agregat akan menghasilkan beton yang lebih ringan dari beton yang menggunakan agregat konvensional, yang pada akhirnya akan membuat konstruksi menjadi lebih ringan.

Bambu memiliki angka serapan air sekitar 15 – 20 % dan kemampuan mengembang-menyusut yang cukup besar, sehingga perlu diperhitungkan penambahan jumlah air dalam campuran beton, supaya tidak merusak proses kimiawi pengikatan semen dengan air pada saat proses hidrasi.

Pada umumnya kekuatan beton dipengaruhi oleh kekuatan komponen penyusunnya yaitu; pasta semen, rongga, agregat dan *interface* antara pasta semen dengan agregat. Pemakaian agregat bambu yang mempunyai kemampuan kembang susut tinggi akan menyebabkan retakan pada saat hidrasi awal sehingga kuat belah atau tekannya menurun. Oleh karena itu untuk mendapatkan hidrasi awal beton yang cepat, maka diperlukan adanya penambahan *Sika Viscocrete-10* (*superplasticizer* yang berbasis *polycarboxylate*), di mana beton segar mampu mengalir dan memadat dengan sendiri dan hidrasi awal cepat. Hidrasi awal yang cepat akan mengakibatkan beton mengeras lebih cepat dan menghambat ekspansi volume agregat bambu, sehingga beton yang dihasilkan menjadi lebih kuat. Pada pengujian kuat tekan digunakan Persamaan 1 dan Persamaan 2

$$fc' = \frac{F}{A} \quad (1)$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (2)$$

dengan

- fc' = kuat tekan atau kuat belah (MPa)
 F = beban maksimum (kg)
 A = luas penampang benda uji (cm^2)
 D = diameter benda uji (cm)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yaitu melakukan teknik dan jenis perlakuan yang berbeda pada setiap kelompok variabel penelitian, di bawah kondisi buatan (*artificial condition*).

Desain Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dari pemeriksaan bahan susun yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen dan bahan

aditif, yang selanjutnya hasilnya akan dianalisis untuk menentukan proporsi campuran beton.

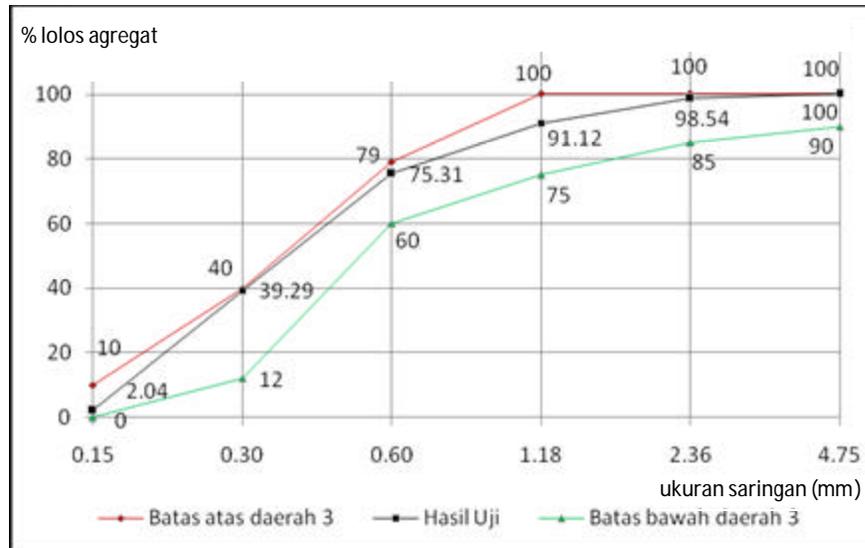
Setelah semua pengujian material selesai, langkah selanjutnya adalah perancangan campuran beton berdasarkan SK-SNI T-15-1990-03 (1990). Penelitian ini menggunakan nilai faktor air semen (*water-to-cement ratio*) yang umum digunakan pada proses produksi beton yaitu sebesar 0,4.

Dalam penelitian ini komposisi agregat bambu ditentukan dalam lima variasi, yaitu 0% (normal), 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari berat agregat konvensional.

Benda uji yang telah berumur 14 hari diuji tekan dengan menggunakan *compressive testing machine*, untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji.

Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

1. Pemeriksaan gradasi agregat halus dilakukan untuk mengetahui variasi distribusi butiran agregat dan angka modulus halus butiran. Agregat sebaiknya mempunyai gradasi yang bervariasi, agar volume pori antar agregat yang terbentuk menjadi kecil. Jika butiran agregat seragam, maka volume pori antar agregat yang terbentuk menjadi besar. Modulus halus butiran merupakan indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Dari hasil pemeriksaan gradasi, pasir kali Progo berada pada daerah 3, yaitu pasir agak halus dengan modulus halus butiran sebesar 3,289 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.
2. Berat jenis pasir jenuh kering muka (*SSD*) sebesar 2,86, sedangkan penyerapan air dari kondisi kering menjadi keadaan jenuh kering muka sebesar 2,6%.
3. Kadar lumpur pasir sebesar 13,8%, lebih besar dari nilai standar yang ditetapkan yaitu 5 %, sehingga dalam penggunaan pasir perlu dicuci.
4. Dalam penelitian ini pasir yang akan digunakan untuk adukan adalah pasir dalam keadaan jenuh kering muka (*SSD*), yang dalam keadaan ini pasir tidak bisa menyerap air lagi sewaktu pengadukan. Kadar air untuk pasir pada kondisi *SSD* didapat sebesar 1,17 %.



GAMBAR 1. Hasil pengujian gradasi pasir

Kondisi ini termasuk dalam koridor yang normal dimana kadar air untuk agregat halus pada umumnya antara 1% - 2% (Mulyono, 2003).

5. Berat satuan agregat halus berfungsi untuk mengidentifikasi apakah agregat tersebut porous atau mampat. Semakin besar berat satuan, maka semakin mampat agregat tersebut. Hal ini akan berpengaruh juga nantinya pada proses pengerjaan beton dalam jumlah besar, dan juga berpengaruh pada kuat tekan beton. Jika agregatnya porous maka dapat terjadi penurunan kuat tekan beton. Pada pemeriksaan ini berat satuan pasir SSD didapat sebesar 1,51 gram/cm³, berarti pasir termasuk agregat normal (1,50 – 1,80 gram/cm³).

Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Split)

1. Split yang digunakan berukuran maksimum 10 mm.
2. Berat jenis split jenuh kering muka adalah 2,5 sehingga batu ini tergolong agregat normal, yaitu antara 2,5 sampai 2,7 (Tjokrodinuljo, 2004).
3. Kadar air untuk split pada kondisi SSD didapat sebesar 3,01%.
4. Keausan split sebesar 41,5%, sedikit di atas batas maksimum yang ditetapkan (40%) untuk pembuatan beton dengan mutu beton K125 – K225 atau kelas mutu II.

5. Kadar lumpur sebesar 1,6%, lebih tinggi dari nilai standar yang ditetapkan yaitu 1%, sehingga dalam penggunaan split perlu dicuci.
6. Kadar air untuk split pada kondisi SSD didapat sebesar 1,83%. Kondisi ini termasuk dalam koridor yang normal dimana kadar air untuk agregat kasar pada umumnya 2% (Mulyono, 2003). Dalam penelitian ini split yang akan digunakan untuk adukan adalah split dalam keadaan jenuh kering muka, dimana dengan keadaan jenuh kering muka ini split tidak bisa menyerap air lagi sewaktu pengadukan.
7. Berat satuan split SSD didapat sebesar 1,52 gram/cm³.

Hasil Pemeriksaan Agregat Bambu

1. Agregat bambu yang digunakan merupakan agregat kasar berukuran maksimum 10 mm (Gambar 2).
2. Berat jenis agregat bambu sebesar 0,347 gram/cm³.
3. Kadar air agregat bambu pada kondisi SSD diperoleh sebesar 19%.

Kebutuhan Material Campuran Beton (Mix Design) per Meter Kubik

Setelah dilakukan pengujian material penyusun beton, direncanakan jumlah kebutuhan



GAMBAR 3. Benda uji silinder beton-agregat bambu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Beton Segar

Sebelum pencetakan benda uji beton, terlebih dahulu dilakukan pengujian beton segar pada masing-masing adukan berupa uji *slump* untuk mengetahui kemudahan dalam pengerjaan (*workability*). Hasil pengujian *slump* selengkapnya disajikan dalam Gambar 4.

Agregat bambu memiliki kecenderungan menyerap air yang cukup tinggi, yang akan mempengaruhi kadar air dalam campuran beton dan berakibat pada nilai kelecakan beton (*workability*). Pada penelitian ini persentase agregat bambu yang semakin besar dalam campuran beton menyebabkan nilai *slump* semakin rendah.

Pengujian Beton Keras (Hardened Concrete)

1. Pengaruh Persentase Agregat Bambu terhadap Serapan Air Beton

Setelah beton dicor dalam cetakan dan mengeras, selanjutnya dilakukan identifikasi berat benda uji awal. Setelah beton mengalami masa perawatan, dilakukan pengujian untuk mengetahui serapan air beton selama berada dalam rendaman air. Hasil pengujian serapan air selengkapnya disajikan pada Gambar 5.

Agregat bambu memiliki kecenderungan menyerap air cukup tinggi yang akan berpengaruh terhadap kadar air dalam campuran beton dan menyebabkan nilai kelecakan beton (*workability*). Persentase

agregat bambu yang semakin besar dalam campuran beton akan menyebabkan persentase serapan air semakin tinggi.

2. Pengaruh Persentase Agregat Bambu terhadap Berat Jenis Beton

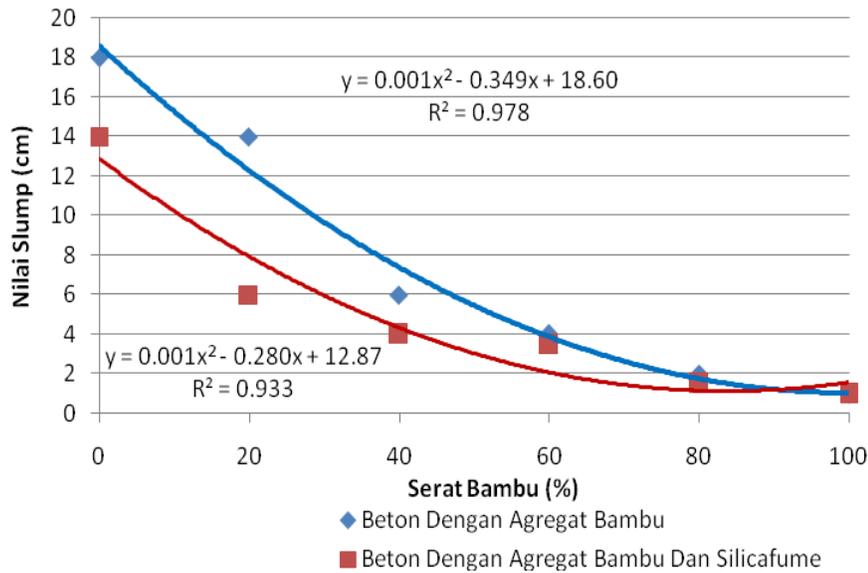
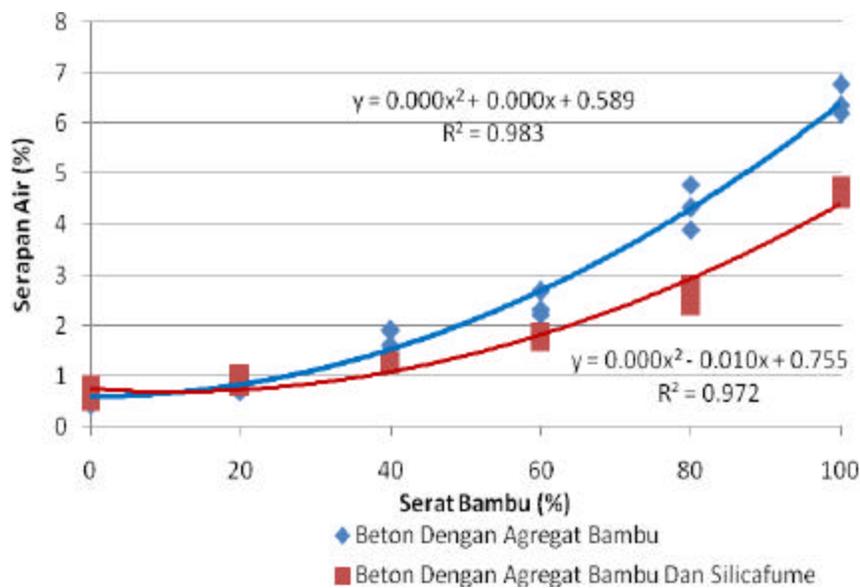
Agregat bambu memiliki berat jenis yang relatif lebih kecil daripada agregat konvensional, sehingga persentase agregat bambu yang semakin besar dalam campuran beton akan mereduksi jumlah agregat konvensional split. Akibatnya berat jenis beton menjadi semakin kecil sebagaimana disajikan pada Gambar 6.

3. Pengaruh Persentase Agregat Bambu terhadap Kuat Tekan dan Kuat Belah Beton

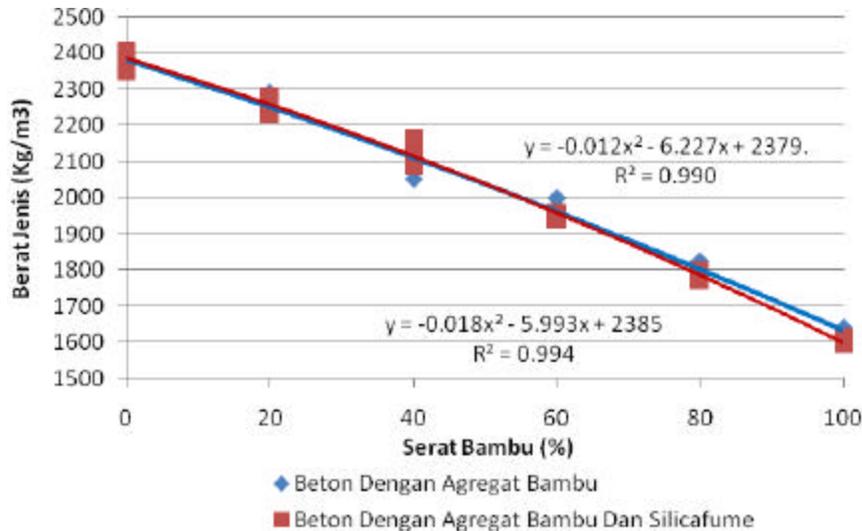
Bambu adalah jenis material organik yang memiliki tingkat keausan cukup tinggi dibandingkan dengan agregat konvensional split, sehingga semakin tinggi persentase agregat bambu dalam campuran beton, maka nilai kuat tekannya semakin rendah sebagaimana disajikan pada Gambar 7.

KESIMPULAN

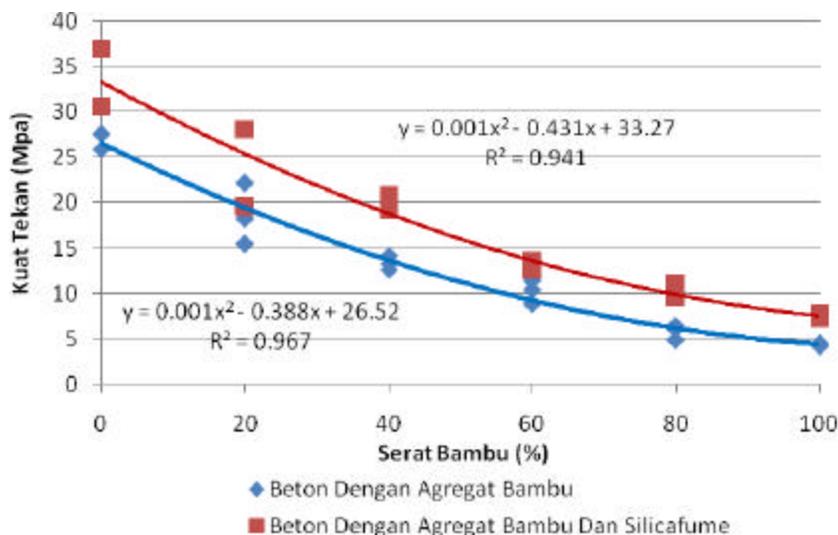
1. Semakin tinggi persentase agregat bambu dalam campuran beton, maka nilai berat jenis akan semakin rendah. Nilai berat jenis rata-rata yang terkecil adalah sebesar $1616,04 \text{ kg/m}^3$ yang terjadi pada 100% agregat bambu terhadap agregat konvensional split.

GAMBAR 4. Pengaruh persentase agregat bambu terhadap nilai *slump*

GAMBAR 5. Pengaruh persentase agregat bambu terhadap serapan air



GAMBAR6. Pengaruh persentase agregat bambu terhadap berat jenis beton



GAMBAR7. Pengaruh persentase agregat bambu terhadap kuat tekan beton

2. Semakin besar persentase agregat bambu dalam campuran beton, maka nilai kuat tekan akan semakin rendah. Nilai kuat tekan rata-rata terkecil adalah sebesar 5,9 MPa yang terjadi pada 100% agregat bambu terhadap agregat konvensional split.
3. Beton ringan menggunakan agregat bambu dihasilkan pada proporsi 80%, dengan karakteristik kuat tekan beton yang dicapai sebesar rata-rata 10,16 MPa. Nilai ini masih di bawah standar minimal kuat tekan beton

ringan yang disyaratkan oleh ACI 318-04, yaitu sebesar 17,2 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318-08 (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Michigan: American Concrete.

- ASTM C330-03 (2003), *Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete*.
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- SK-SNI.T-15-1990-03 (1990), Standar Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Jakarta, Badan Penelitian dan Pengembangan.
- SNI 03-2461-2002 (2002), Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural, Jakarta, Badan Standar nasional.
- Tjokrodimulyo, K. (2004). *Teknologi beton* (edisi kedua). Yogyakarta: Naviri.

PENULIS

M. Riang Endarto, M. Heri Zulfiar ✉

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan
Lingkar Selatan, Bantul 55183, Yogyakarta,
Indonesia.

✉Email: herizulfiar@yahoo.com

Diskusi untuk makalah ini dibuka hingga tanggal 1 April 2011 dan akan diterbitkan dalam jurnal edisi Mei 2011.