

## PEMANFAATAN LIMBAH KERTAS KORAN UNTUK PEMBUATAN PANEL *PAPERCRETE*

Arief Gunarto<sup>1)</sup>, Iman Satyarno<sup>2)</sup>, Kardiyono Tjokrodinuljo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> DPUPK Kabupaten Boyolali – Jl. Boyolali-Semarang KM.5 Boyolali

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik UGM – Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta

### ABSTRACT

*The availability of natured material for construction is so limited and in the other hand it's demand increase. The consequence is to explore alternative materials such as waste material which has not been explored as construction material. The recycled paper were chosen to be used as a filler component and mixed with cements as a bonding agent. Hence paper fiber include other paper ingredients will become construction material and at the same time to minimized the impact of waste paper to environment. One of the way to enhanced the paper and cements mixture quality as a component of concrete panel were by adding an admixture. Cements and water mixture are the bonding agent, while the filler material are paper and sugar cane admixture as the retarder. This mixture can be categorized as a light concrete. If it used as a papercrete panel will be the alternative building element to reduc dead load for the main structures.*

*A light concrete panel from a mixture of news paper powder and white cement as a bonding agent, forms panel through cold pressed process. Papercrete panel and cube are made for sample with size 420 x 420 x 7 mm<sup>3</sup> and 50 x 50 x 50 mm<sup>3</sup> respectively. The volume ratio of paper - cements mixture were 2, 3, 4, are made of two condition i.e. without admixtures and with 0,2% sugar cane admixtures concentration by cement weight. The research will find out papercrete unit weight, flexural strength panel, cubical compressive strength, modulus of elasticity, water absorption and the price of concrete panel at every cubic and square meter.*

*The result is concrete unit weight ranges from 840 - 933 kg/m<sup>3</sup>, the highest flexural strength papercrete panel reached at volume ratio of paper - cements mixture 2 with sugar admixture was 8,36 MPa. The highest the compressive strength reached at the volume ratio of paper - cements mixture 2 with sugar cane admixture was 2,48 MPa. The highest modulus of elasticity at the volume ratio of paper - cements mixture 3 with sugar admixture was 6,48 MPa with water absorption still above 50%. that is lower water absorption 56,93% at volume ratio of paper - cements mixture 2 with sugar cane admixture and the highest absorption at volume ratio of paper - cements mixture 4 was 84,23%. While the increasing of paper powder in mixture, concrete unit weight, flexural strength, compressive strength and modulus of elasticity papercrete becoming lower with the increasing of water absorption. Addition of sugar cane 0,2% by cements weight has an flexural strength improvement up to 7,66%, and enhanced compressive strength 50,24%, improvement concrete weight equal to 4,71% and reduced adsorption until 10,7%, but in papercrete product with sugar cane admixture doesn't have significant effect of production budget.*

*Keywords : Papercrete panel, Sugar cane, Compacting.*

### PENDAHULUAN

Kertas sebagai hasil pengolahan dari kayu kemudian dijadikan pulp/bubur kayu yang kemudian diolah sebagai bahan baku kertas. Banyaknya pemanfaatan kertas pada kehidupan sehari-hari menyisakan limbah setelah fungsi kertas tidak termanfaatkan lagi.

Bubuk kertas dimanfaatkan sebagai bahan pengisi dan dicampur dengan semen sebagai perekat, maka serat kertas maupun kandungan lain pada kertas akan menjadi bahan bangunan yang sekaligus membantu mengurangi dampak kertas terhadap lingkungan apabila kertas hanya dijadikan sebagai sampah.

Beton ringan dalam bentuk panel beton, sebagai salah satu alternatif untuk mengantisipasi beban mati (*dead load*) pada bangunan, sehingga diperlukan penelitian terhadap bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen dan kertas, sebagai bahan bangunan untuk panel beton yang ringan, kuat dan aman.

Berat satuan yang lebih ringan dibandingkan dengan agregat pada umumnya yaitu sebesar 1020 kg/m<sup>3</sup>, maka dengan cara dibuat bubuk kertas dan dijadikan bahan pengisi pembuatan panel *papercrete* dengan tujuan dari penelitian ini adalah:

Memanfaatkan bahan limbah kertas koran sebagai bahan agregat dengan semen putih sebagai perekat sebagai bahan panel *papercrete*.

Mengetahui perbandingan campuran semen dan bubuk dari limbah kertas koran yang optimal dan cara pembuatannya, serta mengetahui sifat mekanis masing-masing campurannya.

Mengetahui pengaruh penambahan gula pasir 0,2% dari berat semen dalam kemudahan pencampuran dan pengerjaan campuran beton kertas, sekaligus pengaruhnya terhadap kekuatan panel *papercrete*, dan membandingkan dengan campuran tanpa tambahan bahan tambah.

Mengetahui efisiensi dan nilai ekonomi dari pemanfaatan limbah kertas koran sebagai panel *papercrete*.

Dengan membuat *papercrete* menjadi panel maka penelitian ini diharapkan memberikan alternatif bahan dinding dan *ceilling* dengan bahan bangunan yang ringan, kuat dan aman, sebagai peningkatan terhadap kemanfaatan bahan limbah kertas untuk bahan bangunan, sekaligus mengurangi permasalahan limbah dan dapat mengurangi anggaran biaya bangunan.

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Bahan dan Benda Uji

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bubuk kertas koran bekas sebagai bahan pengisi, semen *portland* putih, merek Tiga Roda 50 kg/zak sebagai perekat dan bahan tambah gula pasir dari PG Madukismo, Yogyakarta.

Benda uji yang digunakan untuk uji kuat lentur dengan benda uji panel 305 mm x 356 mm x

7 mm, untuk uji kuat tekan dengan benda uji kubus 50 x 50 x 50 mm dan untuk uji serapan air dengan benda uji 100 x 100 x 7 mm. Jumlah dari masing-masing variasi benda uji adalah 3 buah benda uji.

### B. Peralatan

Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini adalah alat penghancur kertas dan pengaduk campuran *papercrete* dari modifikasi mata bor, cetakan panel dan cetakan kubus, alat Pengempa dengan menggunakan *UTM*, oven digunakan untuk pengujian awal kandungan air dalam kertas dan pengujian serapan air, dan mesin uji kuat lentur dan uji tekan, dan alat pendukung lainnya.

### C. Tahap Pelaksanaan Penelitian

#### Tahap persiapan

Kertas koran yang telah dihancurkan diceritakan menjadi bubuk kertas dibuat dalam keadaan jenuh air. dengan kadar air sebesar 180%. Gula pasir sebagai bahan tambah dihaluskan untuk kemudian disiapkan sesuai dengan berat yang dibutuhkan untuk setiap adukan.

#### Pemeriksaan bahan penyusun *papercrete*

Pemeriksaan dilakukan pada pemeriksaan air dan semen secara visual, pemeriksaan berat satuan semen dan kertas, dan pemeriksaan kadar air pada bubuk kertas

#### Tahap perencanaan campuran adukan *papercrete*

Perhitungan proporsi berat campuran, sampai mendapatkan *mix design* campuran sebelum dipadatkan. Dengan *mix design* awal dilakukan uji coba pencampuran, untuk mendapatkan metode pencampuran yang menghasilkan homogenitas campuran, dengan mengoreksi fas. Setelah mendapatkan campuran yang homogen, dilakukan uji coba pengempaan, adalah untuk mendapatkan faktor pemadatan yang merupakan perbandingan ketebalan pengisian dengan hasil pengempaan.

Dari hasil *mix design* awal dan uji coba pencampuran dan pengempaan yang dilakukan maka didapat perhitungan bahan (*mix design*) terkoreksi, berdasarkan perhitungan awal, koreksi fas dari uji coba pencampuran, uji coba pengempaan, koreksi

berat beton dan faktor keamanan volume campuran.

#### Tahap pembuatan benda uji

Berdasarkan *mix design* akhir dibuat campuran dengan urutan pencampuran dan pengempaan sesuai dengan hasil uji coba. Masukkan campuran pada cetakan benda uji dengan jumlah volume sesuai dengan ketinggian hasil uji coba sebagai faktor pemadatnya. Selanjutnya dilakukan pengempaan menggunakan *UTM* sebagai alat pengempa, dengan tegangan yang sama untuk perlakuan pengempaan masing-masing benda uji. Setelah pengempaan panel maupun kubus *papercrete* dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan pemeliharaan sampai dengan 28 hari. Pemeliharaan *papercrete* ini tidak dilakukan perendaman, mengingat bahan kertas sangat menyerap air, dan dikhawatirkan akan merusak ikatan semen dengan kertasnya.

#### D. Analisis Pengujian

Analisa berat untuk mengetahui berat dari *papercrete* per- $m^3$ .

Perhitungan kuat lentur panel *papercrete* untuk mendapatkan tingkat lendutan maksimal dengan beban satu titik, berdasar pada SNI 03-6434-2000.

Kuat tekan *papercrete* ( $f_c'$ ) dihitung berdasarkan beban persatuan luas kubus beton.

Modulus elastisitas *papercrete* dihitung dengan menggunakan modulus sekan (*secant modulus*), berdasar pada diagram tegangan regangannya.

Serapan air panel beton setelah perendaman dalam air selama 10 menit dan 24 jam.

Analisis Biaya pembuatan *papercrete*, aplikasi dan pemanfaatan *papercrete*, serta kelebihan dan kekurangan *papercrete*.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Pemeriksaan Bahan Penyusun

Semen portland putih, berat satuan rerata semen portland putih adalah  $1200 \text{ kg/m}^3$ .

Berat satuan rerata kertas keadaan kering udara sebesar  $240 \text{ kg/m}^3$  dengan kadar air 18,22% dan kertas jenuh air sebesar  $1020 \text{ kg/m}^3$  dan kadar air 180%.

Gula pasir sebagai bahan tambah dengan proporsi 0,2% dari berat semen pada tiap variasi campurannya.

### B. Perhitungan Kebutuhan Bahan

Berdasarkan proporsi berat masing-masing bahan penyusun dibuat *mix design* untuk kebutuhan volume  $1 \text{ m}^3$  campuran *papercrete*, yang merupakan *mix design* awal. Hasil perhitungan *mix design* awal digunakan untuk uji coba pencampuran dan pengempaan yang pada pelaksanaan mengalami koreksi terhadap nilai fas, faktor pemadatan, koreksi berat beton dan koreksi faktor keamanan, sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

### C. Berat Beton

Hasil pemeriksaan dan perhitungan berat, berat *papercrete* dipengaruhi oleh proporsi perbandingan semen : kertas dan bahan tambah gula pasir. Semakin banyak proporsi kertas berat *papercrete* semakin ringan, dengan bahan tambah gula pasir pada masing-masing variasi berat *papercrete* lebih berat, seperti pada Gambar 1.

Tabel 1. *Mix design* campuran  $1 \text{ m}^3$  *papercrete* dalam keadaan padat

Kode Adukan	Kebutuhan bahan untuk volume $1 \text{ m}^3$ campuran keadaan padat				Nilai FAS
	Semen (kg)	Kertas (kg)	Air (lt)	Gula (kg)	
PC12 S000	590,07	1003,12	400,93	0,00	0,68
PC13 S000	429,35	1094,84	375,29	0,00	0,87
PC14 S000	337,38	1147,09	342,66	0,00	1,02
PC12 S020	586,56	997,16	398,60	1,17	0,68
PC13 S020	428,92	1093,74	372,96	0,86	0,87
PC14 S020	337,72	1148,26	342,66	0,68	1,01

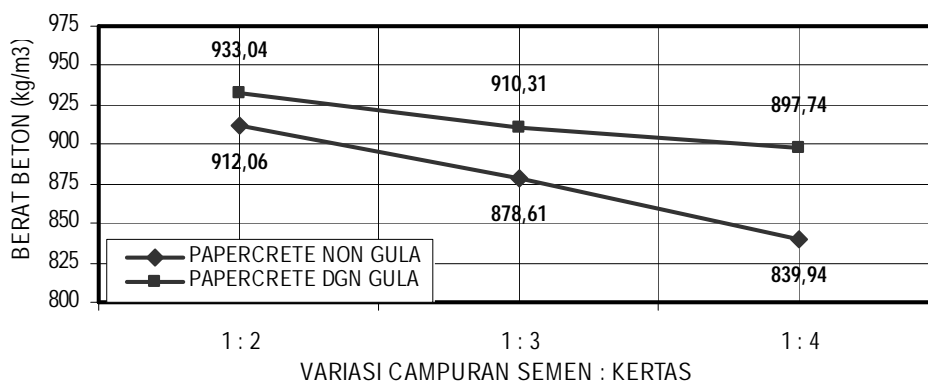
Penggunaan gula pasir sebagai bahan tambah menunjukkan *papercrete* mengalami rata-rata peningkatan berat beton sebesar 4,71% dibandingkan campuran tanpa bahan tambah gula pasir. Proses pengempaan pada pembuatan benda uji mengalami kehilangan berat air dan semen yang keluar, rata-rata sebesar 16,86% dari berat air dan semen dari berat beton segarnya, sebagaimana pada Gambar 2.

D. Kuat Lentur Panel *Papercrete*

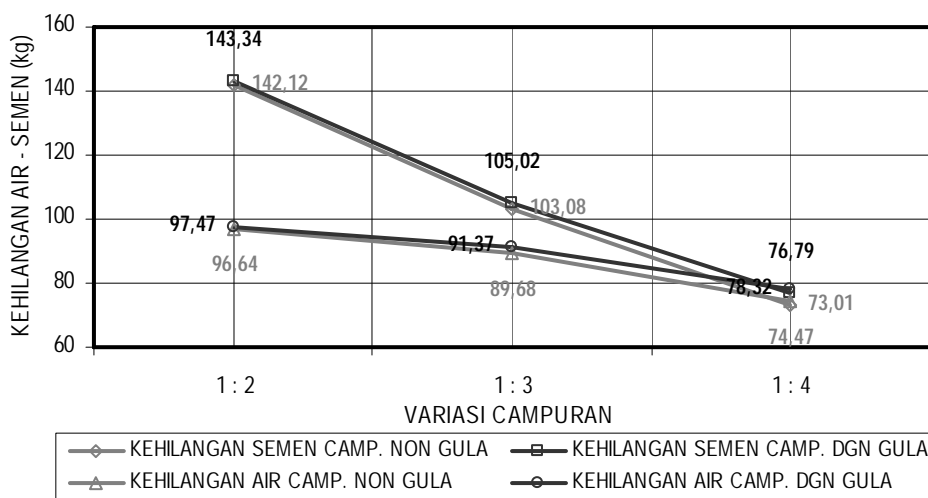
Pengujian kuat lentur panel *papercrete* dilakukan pada umur beton 28 hari, dengan terlebih dahulu memotong panel benda uji dengan dimensi 305 x 406 mm. Hasil dari pengujian kuat

lentur panel *papercrete* menunjukkan bahwa semakin banyak proporsi kertas yang digunakan pada campurannya, semakin rendah kuat lenturnya, baik untuk panel *papercrete* non gula pasir maupun campuran dengan gula pasir, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.

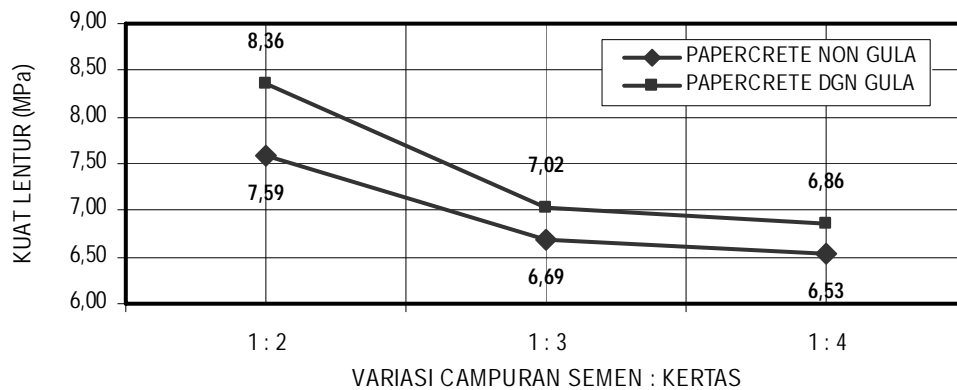
Kuat lentur panel *papercrete* dengan bahan tambah gula pasir mempunyai kuat lentur rerata lebih tinggi dibanding tanpa tambahan gula pasir, yaitu mempunyai selisih kuat lentur rata-rata sebesar 7,66% lebih tinggi. Kuat lentur panel *papercrete* pada penelitian ini belum memenuhi standar kuat lentur panel semen pulp (SNI 03-6861.1-2002), karena kuat lentur *papercrete* kurang dari 10 MPa, dan kuat lentur panel *papercrete* tertinggi hanya 8,36 MPa.



Gambar 1. Hubungan antara berat *papercrete* dengan variasi campuran



Gambar 2. Kehilangan berat semen dan air pada masing-masing variasi campuran

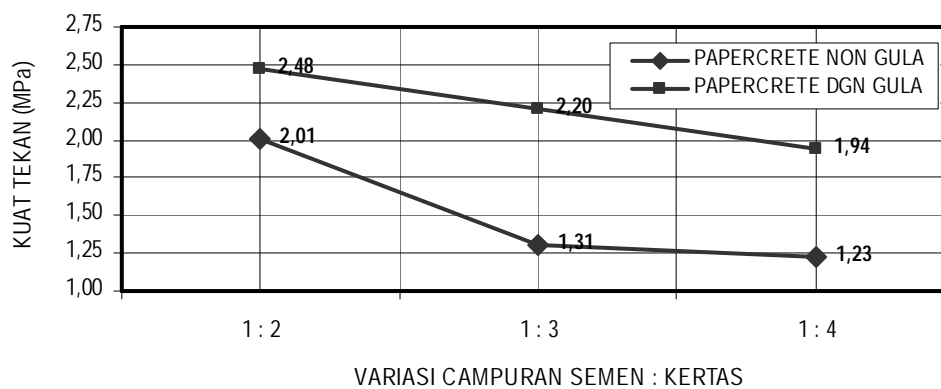


Gambar 3. Hubungan kuat lentur panel *papercrete* variasi campuran

#### E. Kuat Tekan *Papercrete*

Hasil pengujian kuat tekan *papercrete* pada umur beton 28 hari juga menunjukkan bahwa semakin banyak proporsi kertas yang digunakan pada campurannya, semakin rendah kuat tekannya, baik untuk panel *papercrete* non gula pasir maupun campuran dengan gula pasir, sebagaimana terlihat pada Gambar 4.

Dari hasil pengujian kuat tekan, campuran dengan tambah gula pasir dapat mempunyai kuat tekan yang lebih besar dengan rata-rata sebesar 50,24% dibandingkan campuran tanpa bahan tambah gula pasir. Apabila dibandingkan kuat tekan *papercrete* pada penelitian ini yang dibuat dengan pengempaan dan *papercrete* yang dibuat tanpa pengempaan pada penelitian terdahulu seperti pada Tabel 2.



Gambar 4. Hubungan antara kuat tekan kubus *papercrete* pada masing-masing variasi

Tabel 2. Perbandingan kuat tekan *papercrete* dengan penelitian terdahulu

Kode Beton	Variasi Campuran		Kuat Tekan Rerata (MPa)			
	Semen	: Kertas	Penelitian ini	Mujiyono (2004)	Dobby (2004)	Kuswandi (2004)
PC12 S000	1	: 2	2,01	2,66	■	■
PC13 S000	1	: 3	1,31	■	1,38	■
PC14 S000	1	: 4	1,23	■	■	0,96
PC12 S020	1	: 2	2,48	■	■	■
PC13 S020	1	: 3	2,20	■	■	■
PC14 S020	1	: 4	1,94	■	■	■

Modulus elastisitas beton diperoleh dengan menggunakan modulus sekan berdasarkan kurva tegangan regangan *papercrete* yang telah terlinearisasi yaitu garis tangen melalui garis lurus yang bersinggungan dengan garis kurva tegangan regangan beton yang diperkirakan masih bersifat elastis. Hubungan modulus elastisitas dengan variasi campuran *papercrete* sebagaimana pada Gambar 5.

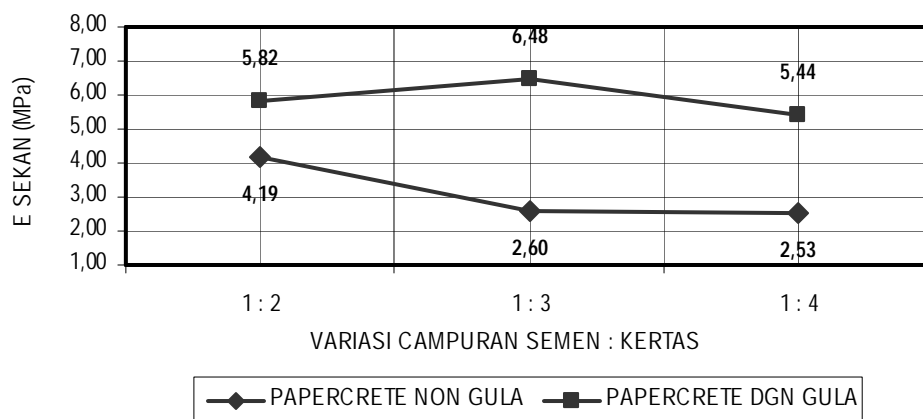
F. Serapan Air Panel *Papercrete*

Hasil pengujian serapan air pada panel *papercrete* pada penelitian ini setelah perendaman 10 menit dan 24 jam dan perbandingan prosentase serapan air antara campuran dengan bahan tambah gula dibandingkan tanpa bahan tambah gula pasir.

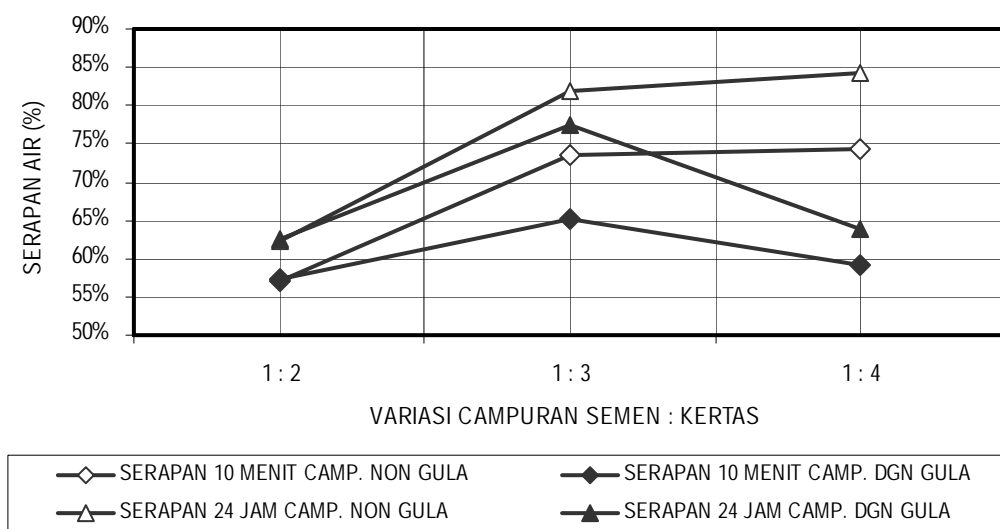
Pada campuran dengan bahan tambah gula pasir mempunyai rata-rata prosentase serapan air yang lebih kecil dibandingkan campuran tanpa bahan tambah gula pasir, sebagaimana Gambar 6.

G. Kebutuhan Biaya *Papercrete*

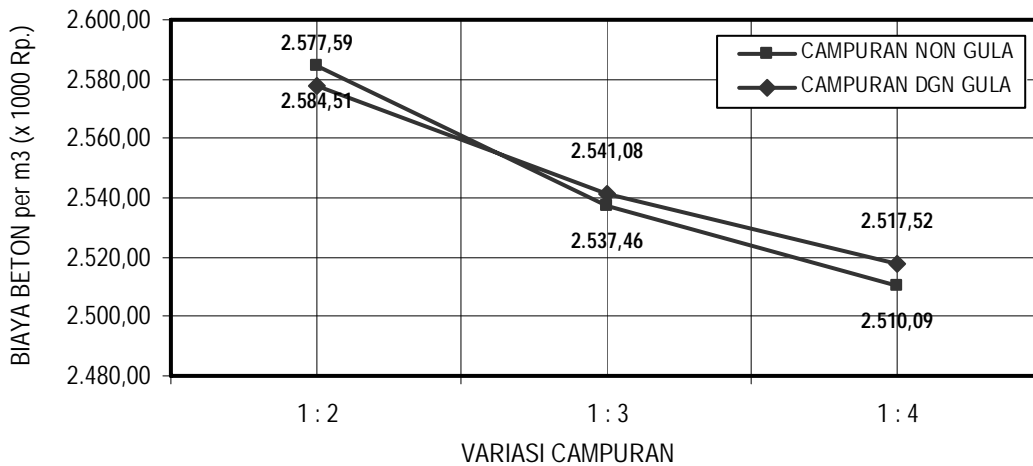
Biaya bahan beton per- $m^3$  dihitung dari kebutuhan bahan untuk  $1 m^3$  *papercrete* dalam keadaan padat (dengan pengempaan). Perbedaan harga antara *papercrete* tanpa bahan tambah gula pasir dengan yang menggunakan bahan tambah tidak mempunyai perbedaan yang signifikan. Perhitungan kebutuhan biaya menghasilkan bahwa semakin banyak kandungan bubuk kertas dalam campuran, maka biaya pembuatan panel *papercrete* semakin rendah dengan hasil sebagaimana pada Gambar 7.



Gambar 5. Hubungan nilai modulus elastisitas (E sekan) dengan variasi campuran *papercrete*.



Gambar 6. Hubungan serapan air dengan variasi campuran panel *papercrete*



Gambar 7. Hubungan variasi campuran panel *papercrete* dengan biaya pembuatan/m<sup>3</sup>

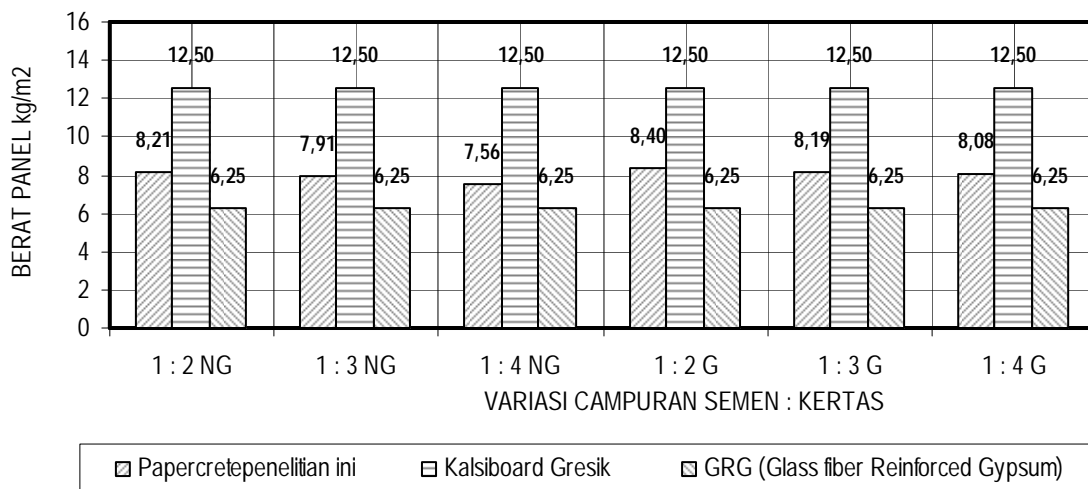
H. Aplikasi Panel *Papercrete*

Panel *papercrete* ini dapat dimanfaatkan untuk panel penutup dinding ataupun *ceilling* untuk bangunan gedung. Dengan ketebalan 9 mm dibandingkan dengan panel lain yang ada di pasaran yaitu dengan panel Kalsiboard Gresik dan papan Gypsum, dilakukan perbandingan terhadap berat panel per m<sup>2</sup>, harga panel per m<sup>2</sup> dan kuat lentur panel pada ketiga jenis panel tersebut, sebagaimana Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10.

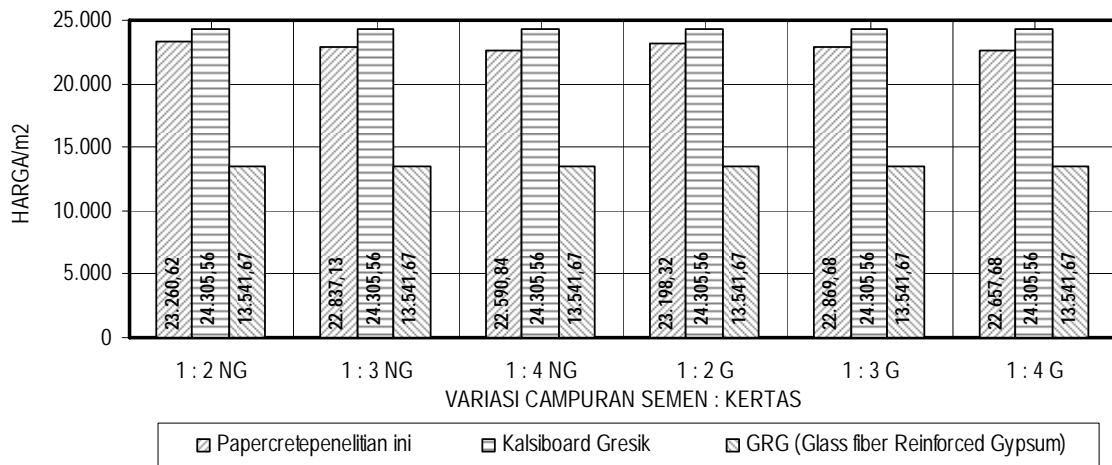
Hasil perbandingan antara panel *papercrete* dengan kalsiboard gresik dan papan gypsum menunjukkan panel *papercrete* mempunyai keunggulan dalam berat per m<sup>2</sup> yang lebih ringan dan harga per m<sup>2</sup> lebih murah dibandingkan

kalsiboard gresik. Dibandingkan dengan papan gypsum, *papercrete* lebih mahal dan lebih berat. Kuat lentur panel *papercrete* dibandingkan dengan kedua jenis panel tersebut lebih rendah, dan belum memenuhi standar panel dengan kuat lentur minimal 10 MPa.

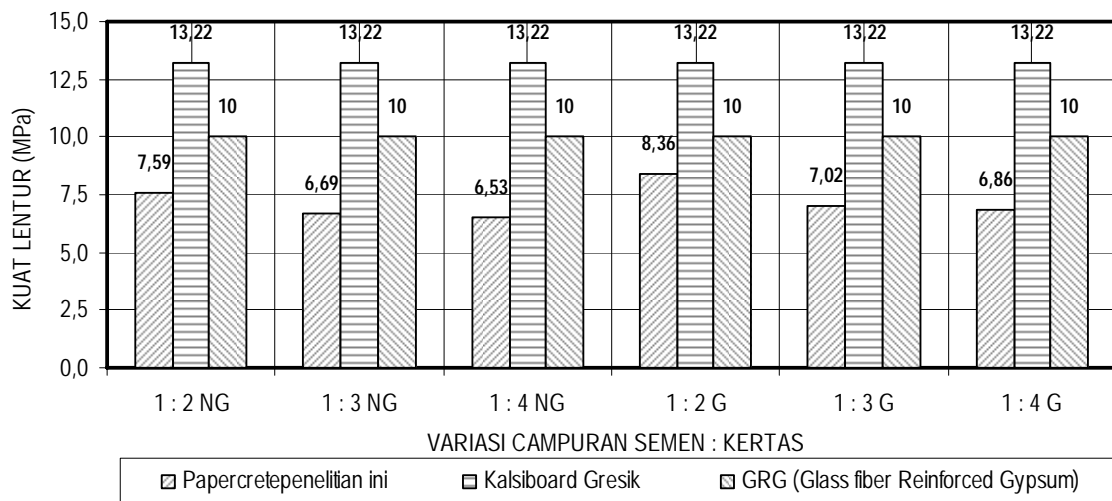
Untuk dapat memenuhi standar kuat lentur tersebut maka panel *papercrete* dengan dimensi ketebalan sama harus mampu menahan beban sampai dengan 0,29kN (30 kgf). Alternatif lain adalah menambah tegangan pengempaan sehingga mendapatkan ketebalan yang lebih tipis yaitu rata-rata ketebalan 5,1 mm atau berkurang 29% tetapi harus mampu menerima beban pengujian yang sama.



Gambar 8. Perbandingan berat per m<sup>2</sup> panel *papercrete*, kalsiboard dan papan gypsum



Gambar 9. Perbandingan harga per m<sup>2</sup> panel *papercrete*, kalsiboard dan papan gypsum



Gambar 10. Perbandingan kuat lentur panel *papercrete*, kalsiboard dan papan gypsum

Pada Gambar 10. kuat lentur panel *papercrete* adalah dengan ketebalan panel 7 mm, sedangkan panel pembandingnya mempunyai ketebalan 9 mm. Sehingga masih memungkinkan dengan menambah ketebalan panel *papercrete* untuk mencapai standar kekuatan yang disyaratkan yaitu sebesar 10 MPa.

I. Kelebihan dan Kekurangan Panel *Papercrete*

1. Kelebihan *Papercrete*

- a. Panel *papercrete* ini dapat dibuat dengan ketebalan yang disesuaikan dengan rencana penggunaannya.
- b. *Papercrete* mempunyai berat yang cukup ringan, yaitu antara 840 – 933 kg/m<sup>3</sup>.

- c. Dengan memanfaatkan kertas koran bekas, maka pembuatan *papercrete* ini dapat memberikan nilai tambah terhadap produk yang ramah lingkungan.
- d. Secara ekonomis masih dapat dipertimbangkan mengingat harga bahan baku dapat ditekan dengan pengadaan dan jumlah produksi dalam jumlah besar.

2. Kekurangan *Papercrete*

- a. Kuat lentur panel *papercrete* masih sangat rendah, terutama disebabkan pemakaian air yang masih terlalu banyak dalam campurannya, dan selama pengempaan, air dan semen masih keluar dalam jumlah yang relatif banyak.
- b. Kuat tekan masih relatif rendah, tetapi dapat dimanfaatkan sebagai bata cetak dengan



metode press, dan pemanfaatannya untuk dinding non struktural, atau hanya untuk dinding partisi.

- c. Tingkat serapan air yang masih besar (diatas 50%).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Kertas koran bekas sebagai bahan limbah sampah dapat dimanfaatkan sebagai beton dalam bentuk panel *papercrete*, dengan variasi campuran 1 : 2, 1 : 3, dan 1 : 4, dengan bahan tambah 0,2% gula pasir pada masing-masing variasinya, menghasilkan berat *papercrete* pada kategori beton ringan dengan berat antara 840 – 933 kg/m<sup>3</sup>. Dalam proses pembuatannya, campuran memerlukan tambahan air untuk membuat campuran lebih homogen tetapi dalam penelitian ini setelah proses pengempaan, terjadi kehilangan berat air dan semen, rata-rata sebesar 16,86%.
2. Kuat lentur panel *papercrete* pada penelitian ini terendah sebesar 6,59 MPa pada campuran 1 semen : 4 kertas non gula pasir dan tertinggi pada campuran 1 semen : 2 kertas dengan bahan tambah gula pasir mempunyai kuat lentur sebesar 8,36 MPa.
3. Kuat tekan *papercrete* terendah pada campuran 1 semen : 4 kertas non gula pasir sebesar 1,23 MPa dan kuat tekan tertinggi sebesar 2,48 MPa pada campuran 1 semen : 2 kertas dengan gula pasir.
4. Modulus elastisitas beton terendah pada campuran 1 semen : 4 kertas, non gula pasir yaitu sebesar 2,53 MPa, dan tertinggi adalah pada campuran 1 semen : 3 kertas dengan bahan tambah gula pasir yaitu sebesar 6,48 MPa.
5. Pengaruh gula pasir sebagai *admixture* pada campuran *papercrete* dibandingkan dengan campuran *papercrete* tanpa gula pasir adalah :
  - a. Kuat lentur campuran dengan gula pasir mempunyai rata-rata kuat lentur lebih tinggi, yaitu naik sebesar 7,66%, dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan bahan tambah gula pasir.

- b. Kuat tekan campuran dengan gula pasir mempunyai rata-rata kuat tekan lebih tinggi, yaitu naik sebesar 50,24%, dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan bahan tambah gula pasir.

- c. Berat *papercrete* per meter kubik pada campuran dengan gula pasir mempunyai rata-rata berat beton yang lebih berat, yaitu naik sebesar 4,71% berat *papercrete*.

- d. Serapan air pada campuran yang menggunakan bahan tambah gula pasir mempunyai rata-rata serapan air yang lebih rendah, yaitu turun sebesar 10,7%, dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan bahan tambah gula pasir.

- e. Pengaruh penambahan gula pasir sebanyak 0,2% dari berat semen, dapat menunda waktu ikat semen, sehingga semen bereaksi setelah proses pencampuran dan pengempaan selesai, yang berlangsung sekitar 2 jam.

6. Harga panel *papercrete* masih tergolong rendah apabila dibandingkan dengan bahan lain seperti Kalsiboard produksi PT Eternit Gresik, berkisar Rp. 22.500,00 / m<sup>2</sup> sampai dengan 23.300,00 / m<sup>2</sup> dengan ketebalan panel 9 mm, tetapi masih lebih mahal dibandingkan dengan panel *gypsum*.

### B. Saran

Penelitian ini menggunakan bubuk kertas koran bekas dengan bahan tambah gula pasir lokal yang diproduksi oleh PG Madukismo, Yogyakarta, dengan metode pengempaan. Dari kesimpulan diatas masih diperlukan penelitian lanjutan mengenai panel *papercrete* ini, antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian serupa dengan proporsi campuran yang sama tetapi dibedakan tegangan pengempaan, sebelum dilakukan dengan variasi campuran yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kuat lentur panel *papercrete*, dengan melakukan koreksi dimensi ketebalan panel, yaitu dengan menambah beban pengempaan untuk mendapatkan kepadatan panel *papercrete*, sehingga dengan beban pengujian yang sama dapat memenuhi persyaratan kuat lentur panel beton.

2. Perhitungan ulang terhadap kebutuhan air untuk campuran *papercrete* pada masing-masing variasi, karena selama pengempaan masih mengeluarkan campuran air dan semen rata-rata sebesar 16,86% dan hal ini akan berpengaruh pada kuat lentur dan kuat tekan *papercrete*, karena kandungan jumlah semen dalam campuran juga ikut berkurang. Pada proses pengempaan, air yang keluar dari cetakan, dapat dipakai kembali sekaligus sebagai upaya untuk efisiensi biaya pembuatan panel *papercrete*, terutama untuk campuran dengan bahan tambah gula pasir karena waktu ikatan awal semen belum terjadi.
3. Perlu dilakukan penelitian dengan penambahan bahan pengisi lain dengan bobot bahan yang ringan untuk mendapatkan pori yang lebih rapat mengingat kepadatan beton akan mempengaruhi sifat mekanisnya.
4. Dalam penelitian ini belum dilakukan penelitian terhadap ketahanan paku, kekerasan inti panel, daya hantar panas, ketahanan bakar dan daya peredaman suara. Sehingga diperlukan penelitian terhadap kemampuan panel *papercrete* pada ketahanan pemakuan, pengujian kekerasan inti serta ketahanan terhadap pengaruh panas, api dan suara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dobby, 2004, *Perilaku Mekanik Papercrete Dari Semen, Kertas dan Pasir*, Dengan Bahan Dasar 1 Semen : 3 Bubuk Kertas, Tugas Akhir JTS, FT UGM, Yogyakarta.
- Eternitgresik, 2006, *Data Teknis Kalsiboard Gresik*, www.eternitgresik.com
- Juenger, M C G and Jennings H M, 2002, *New Insight into The Effects Of Sugar on Hydration and Microstructur of Cement Paste*, Elsevier Science Ltd, USA
- Kuswandi, 2004, *Perilaku Mekanik Papercrete Dari Semen, Kertas dan Pasir*, Dengan Bahan Dasar 1 Semen : 4 Bubuk Kertas, Tugas Akhir JTS, FT UGM, Yogyakarta.
- Moxieboard, 2008, *Data Teknis dan Spesifikasi Produk Glass Fiber Reinforced Gypsum*, www.moxieboard.com.
- Mujiyono, 2004, *Perilaku Mekanik Papercrete Dari Semen, Kertas dan Pasir*, Dengan Bahan Dasar 1 Semen : 2 Bubuk Kertas, Tugas Akhir JTS, FT UGM, Yogyakarta.
- SNI 03-6434-2000, *Metode Pengujian Fisik Panel Gypsum dan Papan Gypsum*, Balitbang Departemen Kimpraswil, Jakarta.
- SNI 03-6861.1. 2002, *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*, Balitbang Departemen Kimpraswil, Jakarta.