

KONDUKTIVITAS DAN KETAHANAN API BATAKO *PAPERCRETE* DENGAN 25% *FLY ASH* MENGGANTIKAN BERAT SEMEN SEBAGAI MATERIAL DINDING BANGUNAN

Irfan Majid Fadholi

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
email:irfan.majidf@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini meneliti tentang penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen. Pemanfaatan *fly ash* tersebut kemudian dicari pengaruhnya terhadap kuat tekan, konduktivitas termal, serta ketahanan terhadap api *papercrete* sebagai material dinding. *Papercrete* terdiri dari agregat penyusun semen, pasir, dan bubuk kertas dengan perbandingan agregat 1 : 2 : 2, 1 : 2 : 3, dan 1 : 2 : 4 masing-masing varian dibuat untuk 3 pengujian yaitu terhadap kuat tekan, konduktivitas termal, serta ketahanan terhadap api *papercrete*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa varian 1 : 2 : 2 menghasilkan kuat tekan beton terbesar yaitu 41,927 kg/cm² sedangkan untuk tipe I 1:2:3 menghasilkan 19,291 kg/cm² dan untuk tipe I 1:2:4 sebesar 22,670 kg/cm². Menurut SNI 03-0349-1989 varian 1 : 2 : 2 tergolong dalam bata beton untuk dinding non structural tak terlindungi boleh terkena hujan dan panas, sedangkan varian 1 : 2 : 3 dan 1 : 2 : 4 tergolong bata beton untuk dinding non struktural terlindungi dari cuaca. Pengujian konduktivitas menghasilkan nilai konduktivitas rerata pada *papercrete* varian 1:2:2 sebesar 2,543 W/m°C, untuk *papercrete* varian 1:2:3 sebesar 2,35 W/m°C, sedangkan *papercrete* varian 1:2:4 sebesar 2,079 W/m°C. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak kandungan kertas pada *papercrete* akan membuat nilai konduktivitasnya semakin menurun. Pada uji dinding tahan api suhu yang dihasilkan *papercrete* selama 2 jam pada varian 1:2:2 sebesar 659,5°C dengan suhu pada sisi sebaliknya sebesar 56,55°C. *Papercrete* varian 1:2:3 adalah 663°C dengan suhu pada sisi dinding sebaliknya sebesar 56,6°C. *Papercrete* varian 1:2:4 adalah 720°C dengan suhu sebaliknya sebesar 80,1°C.

Kata Kunci: *fly ash*, pengganti sebagian semen, *papercrete*, Konduktivitas, Kuat Tekan dan Ketahanan terhadap Api

PENDAHULUAN

Bangunan termasuk kebutuhan pokok yang tidak bisa di tinggalkan. Seiring dengan tingginya pertumbuhan penduduk, kebutuhan terhadap bangunan menjadi meningkat. Hal tersebut berdampak buruk pada lahan penghijauan yang semakin sempit dan mengakibatkan meningkatnya suhu udara. Tingginya suhu udara mendorong masyarakat menggunakan alat penetralisir suhu yang menjadikan udara dalam ruangan menjadi dingin salah satunya adalah AC (*Air Conditioner*). AC merupakan alat yang berfungsi merubah suhu udara menjadi dingin, suhu dingin tersebut berasal dari *freon* yang apabila bercampur dengan udara akan menjadi gas berbahaya yang dapat merusak lapisan ozon. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka penggunaan alat yang memanfaatkan gas *freon* sebaiknya di gantikan dengan alternatif lain.

Salah satunya alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan merubah bahan bangunan menjadi bahan yang mampu menahan radiasi panas. Beton merupakan bahan komposit yang terdiri dari campuran agregat dengan bahan pengikat semen. Berbagai macam penemuan tentang pemanfaatan beton menjadikan beton menjadi sangat populer dikalangan masyarakat. Salah satu produk dari pemanfaatan beton *papercrete* (Beton kertas). *Papercrete* merupakan hasil daur ulang kertas bekas yang digunakan sebagai material bangunan. Di luar negeri *papercrete* telah menjadi bahan alternatif yang diaplikasikan sebagai dinding. Bubur 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 (Gunarto, 2008).

Dalam upaya peningkatan kualitas *papercrete* maka dilakukan percobaan pembuatan *papercrete* dengan memanfaatkan limbah lain yaitu *fly ash* sebagai bahan campuran *papercrete*. Menurut Wardani (2008) *fly ash* merupakan abu terbang sisa dari pembakaran batubara. Unsur kimia yang terkandung dalam *fly ash* adalah silica (SiO_2), alumunia (Al_2O_3), Kalsium Dioksida (CaO) dan oksida besi (Fe_2O_3). Unsur-unsur tersebut juga terkandung dalam semen, sehingga diharapkan *fly ash* mampu menggantikan sebagian semen. Dengan fungsi sebagai pengganti semen diharapkan mampu mengurangi harga produksi *papercrete* sehingga menjadi lebih murah. Hasil penelitian Hijrah Kurniawan Aprianto disebutkan bahwa Semen alternatif dengan bahan kapur dan *fly ash* hanya dapat digunakan sebagai pengganti semen portland sebagian dengan kadar semen alternatif dalam campuran hingga 25%, sehingga hal tersebut melatarbelakangi penulis untuk menggunakan 25% *fly ash* sebagai bahan substitusi semen.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan Penelitian

Dalam penelitian perlu dipersiapkan bahan-bahan yang sesuai perencanaan, agar tidak terjadi kesalahan dalam pembuatan benda uji. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen

Semen yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam penelitian ini adalah semen tipe PPC (*Portland Composite Cement*) dengan merk Semen Gresik.

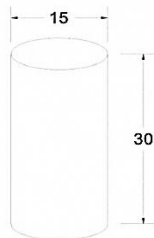
2. Agregat
Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini diambil dari kali Boyong Merapi, Kaliurang. Agregat halus yaitu pasir yang lolos pada saringan 4,75 mm. Sebelum dipakai sebagai benda uji, pasir diuji untuk mengetahui kelayakan dan data teknis meliputi kandungan lumpur, gradasi pasir dan berat jenis.
3. Kertas
Kertas sebagai bahan utama *papercrete* adalah koran bekas yang telah dihancurkan dan dibuat menjadi bubur kertas (*pulp*).
4. Air
Air berasal dari Laboratorium Teknologi dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
5. *Fly ash*
Fly ash yang digunakan berasal dari PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur yang tergolong *fly ash* tipe F.

B. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 varian perbandingan campuran yang berbeda yaitu 1 : 2 : 2, 1 : 2 : 3, dan 1 : 2 : 4 yang terdiri dari semen : pasir : bubur kertas. Masing – masing varian kemudian digunakan dalam pengujian kuat tekan, uji konduktivitas dan uji dinding tahan api. Berikut spesifikasi dan jumlah benda uji pada setiap pengujian:

1. Uji kuat tekan

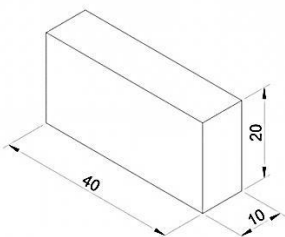
Benda uji untuk pengujian kuat tekan dibuat dalam bentuk silinder yang berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm yang terlihat seperti Gambar 1. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini berjumlah 5 buah silinder pada masing-masing varian.



Gambar 1 Benda Uji Pengujian Kuat Tekan

2. Uji konduktivitas

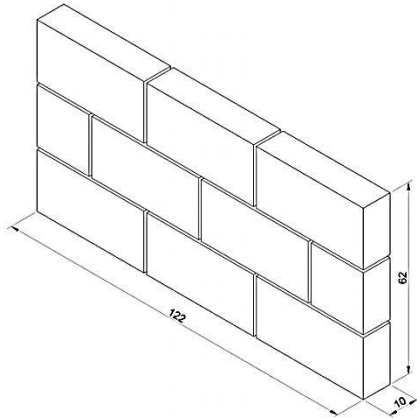
Benda uji untuk pengujian konduktivitas dibuat dalam bentuk batako dengan ukuran 40 cm x 20 cm x 10 cm yang terlihat seperti Gambar 2. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini berjumlah 5 buah batako pada masing-masing varian.



Gambar 2 Benda Uji Pengujian Konduktivitas Termal

3. Uji dinding tahan terhadap api

Benda uji untuk pengujian dinding tahan terhadap api merupakan batako *papercrete* yang disusun dalam bentuk dinding dengan ukuran 122 cm x 62 cm yang terlihat seperti Gambar 3. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini berjumlah 1 buah dinding pada masing-masing varian.



Gambar 3 Benda Uji Pengujian Ketahanan Dinding Terhadap Api

C. Pengujian Benda Uji

1. Uji kuat tekan

Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat *Compressing Test Machine*. Benda uji yang digunakan yaitu silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Setiap varian terdiri atas 5 sampel benda uji yang telah berumur 28 hari.

2. Uji konduktivitas termal

Teori mengenai perpindahan panas melalui suatu benda yang mengacu pada hukum Fourier akan dijelaskan dalam Persamaan berikut.

$$Q = kA \times \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Keterangan : Q = Daya Panas (Watt)
 ΔT = Perbedaan suhu ($^{\circ}\text{C}$)
 Δx = Panjang Jalur Rambat (meter)
A = Luas Bidang Penampang (m^2)
k = Nilai Konduktivitas ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

3. Uji dinding tahan api

Pengujian dinding tahan terhadap api ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan material batako *papercrete* terhadap api. Menurut SNI 03-1746-1989 menyebutkan bahwa bangunan evakuasi kebakaran terdiri dari konstruksi tahan api selama 2 jam. Pengujian dilakukan pada benda uji berbentuk dinding dengan ukuran 122 cm x 62 cm yang selanjutnya dibakar dengan menggunakan pistol api selama 2 jam. Pembacaan suhu dilakukan setiap 15 menit proses pembakaran.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Bahan Penyusun

Hasil pemeriksaan modulus halus butir agregat halus didapat nilai MHB sebesar 2,63 dan tergolong dalam gradasi pasir zona 2. Pemeriksaan berat jenis pada pasir didapat 2,59 sedangkan untuk *fly ash* didapat 2,611. Pemeriksaan berat volume pada pasir didapat berat volume padat 1,62 gr/cm³ dan berat volume gembur 1,42 gr/cm³ sedangkan berat volume bubuk kertas didapat 1,095 gr/cm³. Kandungan lumpur pada pasir sebesar 0,5%. Penyerapan air pada pasir didapat 5,48%.

B. Perhitungan Kebutuhan Bahan

Perhitungan desain campuran adukan beton kertas ini menggunakan metode coba-coba (*trial*) dengan memperhitungkan perbandingan berat volume pada setiap bahan campuran. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,6 dan semen disubstitusi oleh *fly ash* sebesar 25% dari berat semen. Pada mix design tersebut, diasumsikan kertas memiliki faktor kembang sehingga pada perhitungannya dilakukan pengurangan sebesar 10% pada masing-masing kebutuhan bahan.

Tabel 1 Komposisi Bahan Untuk Silinder *Papercrete Fly ash*

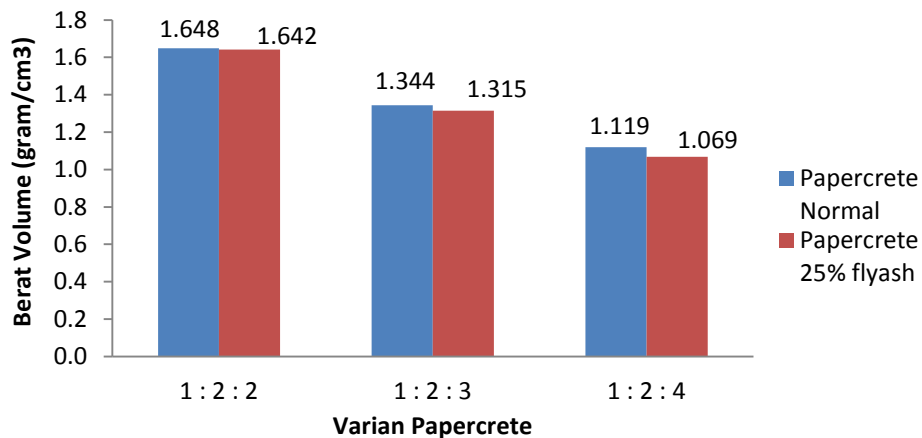
No	Varian	Semen (kg)	Pasir (kg)	Bubur kertas (kg)	<i>Fly ash</i> (kg)	Air (liter)	Jumlah Benda Uji
1	1 : 2 : 2	2.219	4.943	2.090	0.740	1.331	5
2	1 : 2 : 3	1.849	4.119	2.612	0.616	1.109	5
3	1 : 2 : 4	1.585	3.531	2.985	0.528	0.951	5
Total Benda Uji							15

Tabel 2 Komposisi Bahan Untuk Batako *Papercrete Fly ash*

No	Varian	Semen (kg)	Pasir (kg)	Bubur kertas (kg)	<i>Fly ash</i> (kg)	Air (liter)	Jumlah Benda Uji
1	1 : 2 : 2	3.348	7.459	3.154	1.116	2.009	9
2	1 : 2 : 3	2.790	6.216	3.942	0.930	1.674	9
3	1 : 2 : 4	2.391	5.328	4.505	0.797	1.435	9
Total Benda Uji							27

C. Uji Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan dari berat sampel beton dengan volume sampel beton. Pengujian berat volume beton ini mengacu pada SNI 03-4804-1998. Berat volume beton ini tergantung dari komposisi material adukan beton, semakin berat material penyusun yang digunakan maka akan semakin berat beton tersebut. Setelah didapatkan hasil, selanjutnya nilai berat volume *papercrete flyash* dibandingkan dengan *papercrete* normal hasil penelitian Fadiel Imam Nugroho (2014).

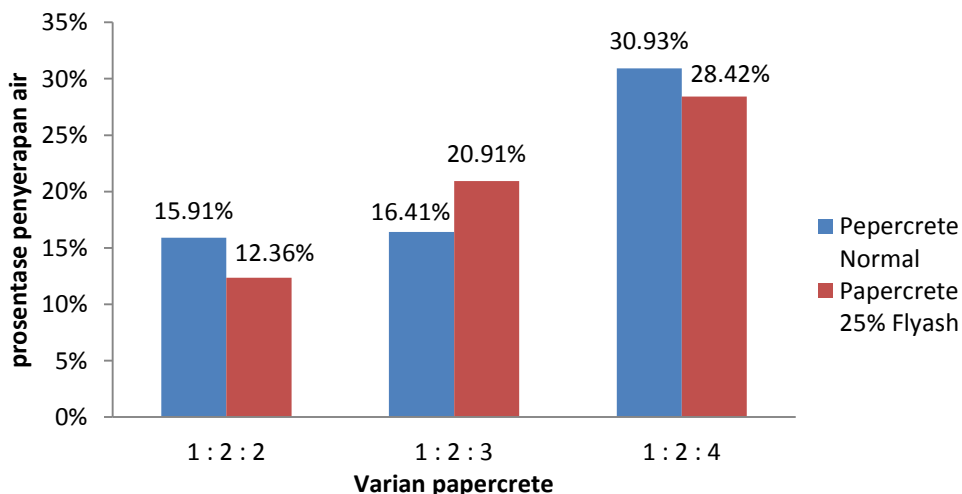


Gambar 4 Perbandingan Berat Volume *Papercrete* Normal dan *Papercrete Fly ash*.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa berat volume dipengaruhi oleh material penyusunnya. Bubur kertas merupakan material ringan yang memiliki berat volume $1,095 \text{ gr/cm}^3$, semakin banyak penggunaan bubuk kertas pada campuran *papercrete* mengakibatkan turunnya nilai berat volume *papercrete*. Turunnya nilai berat volume *papercrete* juga dipengaruhi oleh penggunaan *fly ash* pada campuran. *Fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki berat jenis sebesar 2,611 sedangkan semen memiliki berat jenis sebesar 3,1. Apabila 25% berat semen digantikan oleh *fly ash* maka secara logika berat volume *papercrete* akan semakin berkurang, hal tersebut dibuktikan pada Gambar 4 grafik perbandingan berat volume *papercrete* normal dan *papercrete fly ash*.

D. Uji Daya Serap Air *Papercrete*

Pengujian daya serap air dilakukan pada setiap 2 buah sampel pada masing-masing varian *papercrete*, selanjutnya nilai daya serap air *papercrete fly ash* dibandingkan dengan *papercrete* normal hasil penelitian Fadiel Imam Nugroho (2014).



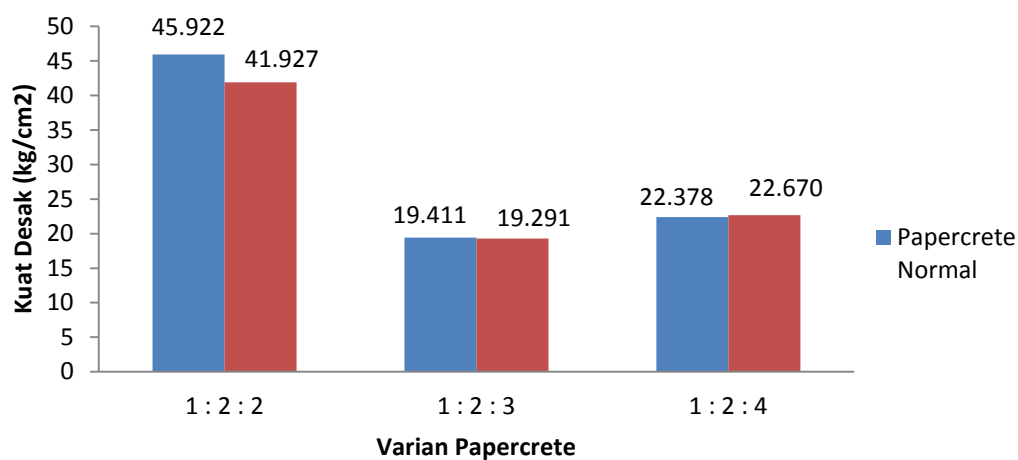
Gambar 5 Perbandingan Pengujian Daya Serap Air *Papercrete* Normal dan *Papercrete Fly ash*.

Pada gambar 5 dapat diketahui bahwa nilai daya serap air yang paling tinggi didapatkan pada tipe I 1:2:4 dengan nilai rerata penyerapan air yaitu 28,42 % dan daya serap paling rendah terdapat pada tipe I 1:2:2 yaitu sebesar 12,36%. Hal tersebut diakibatkan karena sifat kertas yang mudah menyerap air, sehingga semakin banyak kandungan bubuk

kertas dalam campuran mengakibatkan nilai daya serap air *papercrete* semakin besar. Gambar 5 merupakan hasil perbandingan daya serap air antara *papercrete* normal dengan *papercrete fly ash*. Grafik tersebut menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* mengakibatkan daya serap air *papercrete* menjadi berkurang. Berkurangnya nilai daya serap air ini disebabkan karena ukuran partikel *fly ash* lebih kecil dari material lainnya sehingga *fly ash* menutupi rongga antar partikel atau porositas dari *papercrete*.

E. Uji Kuat Tekan *Papercrete*

Pengujian kuat tekan ini dilakukan pada sampel silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan jumlah 5 buah sampel pada setiap varian *papercrete* dengan menggunakan alat menggunakan alat *Compressing Test Machine*. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur setelah 28 hari tanpa dilakukan *curing*. Pengujian kuat tekan beton ini mengacu pada SNI 03-1974-1990, selanjutnya nilai kuat tekan *papercrete fly ash* dibandingkan dengan *papercrete* normal hasil penelitian Fadiel Imam Nugroho (2014).

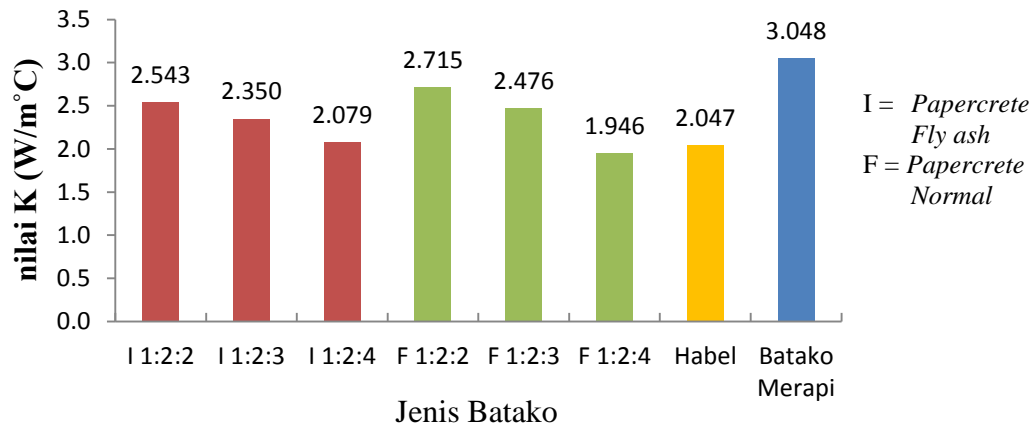


Gambar 6 Perbandingan Kuat Tekan *Papercrete* Normal dan *Papercrete Fly ash*.

Perbandingan kuat tekan *papercrete* normal dan *papercrete fly ash* yang ditunjukkan pada Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa penggunaan 25% *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan kuat tekan yang hampir sama dengan *papercrete* normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan 25% *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen tidak mempengaruhi nilai kuat tekan *papercrete*.

F. Uji Konduktivitas Termal

Pengujian konduktivitas termal ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai rambatan panas yang dihasilkan pada *papercrete* dengan 25% *fly ash* mengganti sebagian semen, selain itu pengujian ini juga dilakukan pada habel, batako Merapi, dan *papercrete* normal penelitian Fadiel Imam Nugroho yang nantinya masing-masing akan digunakan sebagai pembanding. Pengujian konduktivitas termal ini mengacu pada *Instruction Manual Heat Conduction Apparatus HT*.

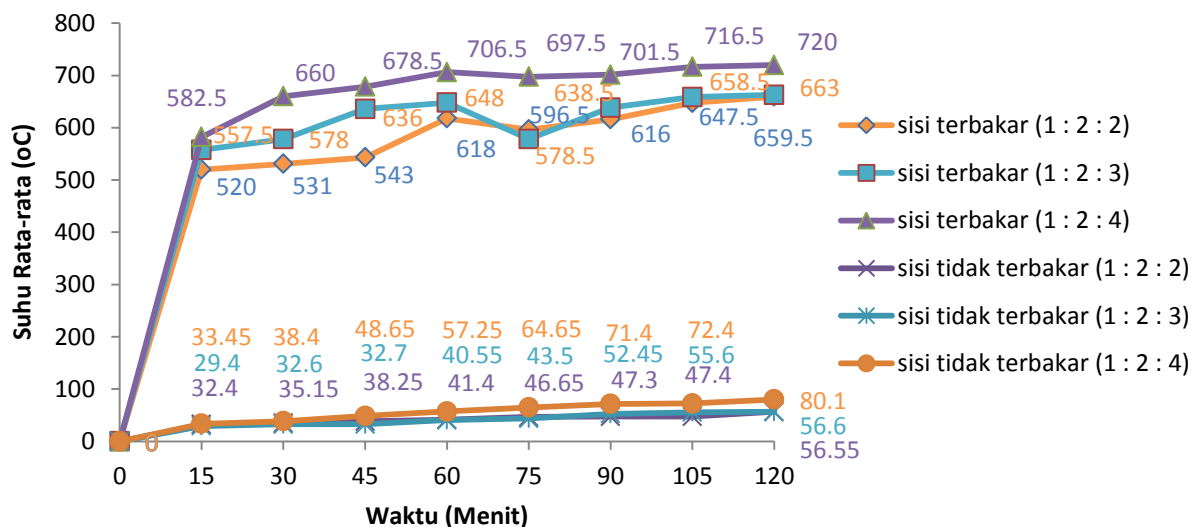


Gambar 9 Perbandingan Nilai Konduktivitas Termal *Papercrete*, Hebel dan Batako Merapi.

Setelah dilakukan perbandingan antara ke-8 material, didapatkanlah grafik seperti diatas. Nilai konduktivitas terbesar berada pada batako Merapi yaitu sebesar 3,048 W/m°C dan nilai konduktivitas terkecil berada pada habel yaitu sebesar 2,047 W/m°C. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa batako terbaik sebagai penahan hantaran panas adalah habel. Batako lain yang memiliki nilai K hampir sama dengan habel adalah *papercrete* tipe I 1:2:4 dengan nilai K sebesar 2,079 W/m°C. Perbedaan dari keduanya hanya sebesar 0,033 W/m°C, hal tersebut membuktikan bahwa *papercrete* tipe I 1:2:4 dapat digunakan sebagai material pengganti habel.

G. Uji Dinding Tahan Api

Pengujian dilakukan pada sampel batako *papercrete* yang telah berumur 28 hari yang kemudian disusun menjadi bentuk dinding dengan ketebalan spesi 1 cm. Sampel satu dinding membutuhkan 9 buah batako *papercrete*. Sampel dinding kemudian diberi 7 titik pemantauan suhu yaitu di sisi yang terkena api dan di sisi yang tidak terkena api. Pembacaan suhu dilakukan setiap 15 menit dalam tempo waktu 2 jam. Pengujian ini dilakukan untuk memenuhi standar SNI 03-1746-1989 yang menyebutkan bahwa bangunan evakuasi kebakaran terdiri dari konstruksi tahan api selama 2 jam.



Gambar 10 Grafik Hubungan Suhu dengan Waktu Uji Dinding Tahan Api *Papercrete Fly ash*

Pada grafik diatas terlihat peningkatan suhu yang terjadi setiap menitnya. Suhu tertinggi dihasilkan pada varian *papercrete* 1 : 2 : 4 sebesar 720 °C, varian *papercrete* 1 : 2 : 3 sebesar 663 °C dan suhu terendah dihasilkan varian *papercrete* 1 : 2 : 2 sebesar 659,5 °C. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan bertambahnya volume kertas dalam campuran *papercrete* mengakibatkan batako menjadi tidak tahan api. Hal tersebut diakibatkan karena kertas memiliki sifat mudah terbakar. Suhu uap panas pada saat proses pembakaran masuk melalui pori-pori dan merusak struktur kertas, sehingga menghasilkan suhu yang tinggi pada sisi yang tidak terkena api.

KESIMPULAN

1. Pemanfaatan 25% *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen mempengaruhi nilai berat volume. *Papercrete flyash* menghasilkan berat yang lebih ringan daripada *papercrete* normal, hal ini disebabkan karena *fly ash* memiliki berat jenis sebesar 2,611 sedangkan semen memiliki berat jenis sebesar 3,1 sehingga dihasilkan benda uji yang lebih ringan.
2. Pemanfaatan 25% *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen mempengaruhi nilai daya serap air. *Papercrete flyash* menghasilkan daya serap air lebih rendah daripada *papercrete* normal, hal ini disebabkan karena butiran *fly ash* lebih kecil daripada butiran semen sehingga *fly ash* lebih mampu mengisi pori.
3. Hasil perbandingan kuat desak *papercrete* menunjukkan bahwa *papercrete* dengan 25% *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan kuat tekan yang hampir sama dengan *papercrete* normal. Pada varian 1 : 2 : 2 untuk *papercrete* normal menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 45,922 kg/cm² sedangkan *papercrete flyash* menghasilkan 41,927 kg/cm², untuk varian 1 : 2 : 3 *papercrete* normal menghasilkan 19,411 kg/cm² sedangkan *papercrete flyash* menghasilkan 19,291 kg/cm², untuk varian 1 : 2 : 4 *papercrete* normal menghasilkan 22,378 kg/cm² sedangkan *papercrete flyash* menghasilkan 22,670 kg/cm².
4. *Papercrete* dengan 25% *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan angka konduktivitas termal lebih kecil dibanding dengan *papercrete* normal. Pada varian 1 : 2 : 2 untuk *papercrete* normal menghasilkan nilai k sebesar 2,715 W/moC sedangkan *papercrete flyash* menghasilkan 2,543 W/moC, untuk varian 1 : 2 : 3 *papercrete* normal menghasilkan 2,476 W/moC sedangkan *papercrete flyash* menghasilkan 2,350 W/moC, untuk varian 1 : 2 : 4 *papercrete* normal menghasilkan 2,288 W/moC sedangkan *papercrete flyash* menghasilkan 2,079 W/moC.
5. *Papercrete* dengan 25% *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan Reduksi suhu yang berbanding terbalik dengan *papercrete* normal. Pada varian 1 : 2 : 2 untuk *papercrete* normal menghasilkan reduksi suhu sebesar 670,3 oC sedangkan *papercrete flyash* menghasilkan 602,95 oC, untuk varian 1 : 2 : 3 *papercrete* normal menghasilkan 660,55 oC sedangkan *papercrete flyash* menghasilkan 606,4 oC, untuk varian 1 : 2 : 4 *papercrete* normal menghasilkan 607,5 oC sedangkan *papercrete flyash* menghasilkan 639,9 oC. Reduksi suhu tertinggi pada *papercrete* normal dihasilkan pada sampel 1 : 2 : 2 sedangkan untuk *papercrete fly ash* pada sampel 1 : 2 : 4.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni dan Nugraha, Paul. 2007. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.
- Aprianto, Hijrah Kurniawan. 2010. *Pengaruh Substitusi Semen Portland sebesar 25%, 27,5%, 30%, 32,5%, dan 35% Dengan Kapur dan Fly ash Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Beton*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Bermansyah, Surya., dkk. 2011, *Analisis Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Papercrete Menggunakan Pozzolan Alam*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala.
- Gunarto, A., 2008, *Pemanfaatan Limbah Kertas Koran Untuk Pembuatan Panel Papercrete*, Program Studi Teknik Sipil Magister Teknologi Bahan Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mulyono. Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Jakarta.
- Murdock dan Brook. 1991. *Bahan Dan Praktek Beton*. Erlangga. Jakarta.
- Nawy, E. G. 1990. *Beton bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Cetakan Pertama. Terjemahan oleh Bambang Suryoatmono. PT. Eresco. Bandung.
- Nugroho, F.I., 2014, *Konduktivitas dan Ketahanan Api Batako Papercrete Sebagai Material Dinding Bangunan*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- PUBI. 1982. *Persyaratan Umum Bahan dan Bangunan Indonesia*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Jakarta
- Saputro, A. B. 2008. *Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Mutu Tinggi Dengan Fly ash sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dengan $f'c$ 45 MPa*. Tugas Akhir Jenjang S1 FTSP UII, Yogyakarta.
- Setiawan, D. 2013. (Online). *Efek Variasi Faktor Air Semen terhadap Kuat Lentur Pasangan Beton Ringan Aerasi (Autoclaved Aerated Concrete) dengan Menggunakan Thin Bed Mortar*. (<http://eprints.uny.ac.id/10408/1/JURNAL%20DANNY.pdf>. diakses 21 april 2014).
- Somayaji, Shan. 2001. *Civil Engineering Materials*. Prentice Hall. New Jersey.
- Standar Nasional Indonesia. 1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding (SNI 03-0349-1989)*. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 1990. *Metode Pengujian Analisa Saringan agregat Halus dan Agregat Kasar (SNI 03-1968-1990)*. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 03-1970-1990)*. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 1996. *Metode Pengujian Jumlah Agregat Yang Lolos saringan No.200 (SNI 03-4142-1996)*. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 1998. *Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat (SNI 03-4804-1998)*. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. *Semen Portland Pozolan (SNI 15-0302-2004)*. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 1989. *Pemasangan Alat Bantu Evakuasi untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 03-1746-1989)*. Bandung.
- Susanto, E. P., dkk. 2012, *Studi Penggunaan Dinding Foam Concrete (FC) dalam Efisiensi Energi dan Biaya untuk Pendingin Udara (Air Conditioner)*, Magister Teknik Sipil, Manajemen Rekayasa Konstruksi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tjokrodinuljo. Kardiyono. 1992. *Buku Ajar Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil UGM. Yogyakarta.
- Wardani, S. P. 2008, *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*, Pidato Pengukuhan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang