

PENGUNAAN LIMBAH BUBUR KERTAS DAN *FLY ASH* PADA BATAKO

Angelina Eva Lianasari¹, Sondang Dwiputra Paiding²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 43 Yogyakarta
Email: eva@mail.uajy.ac.id

²Alumni Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 43 Yogyakarta

ABSTRAK

Batako merupakan bahan bangunan yang berupa bata cetak yang terbuat dari pasir, semen portland dan air yang ukurannya hampir sama dengan batu bata. Ditinjau dari karakteristiknya, batako tergolong cukup berat sehingga untuk proses pemasangan sebagai konstruksi dinding memerlukan tenaga yang cukup kuat dan waktu yang lama. Inovasi perbaikan yang dilakukan yaitu pembuatan bata beton ringan dengan cara mensubsitisi atau mencampur material penyusun batako dengan bahan yang ringan. Penelitian ini memanfaatkan bahan-bahan bekas yang dapat didaur ulang seperti kertas bekas dan limbah *fly ash* untuk memproduksi batako. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Limbah bubur kertas koran yang diberikan sebanyak 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dari volume pasir dan digunakan pula *fly ash* sebanyak 10% dari berat semen dengan perbandingan campuran 1 PC : 7 PS dengan f.a.s 0,6, pengujian dilakukan pada umur 28 dan 56 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batako limbah kertas dengan bahan tambah *fly ash* 10% masuk ke dalam kategori batako ringan karena memiliki berat volume diantara 1000-2000 kg/m³ atau 1-2 gr/cm³. Kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi 50% dengan umur 56 hari yaitu sebesar 47,0474 Kgf/cm² lebih tinggi dari batako normal yang hanya memiliki kuat tekan sebesar 34,0582 Kgf/cm². Batako limbah kertas ini tergolong ke dalam batako dengan mutu A2 memenuhi syarat PUBI 1982, kuat desak minimum untuk batako yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari cuaca luar, hanya permukaan dinding/konstruksi dari batako tersebut boleh di plester. Hasil penyerapan air tertinggi pada batako limbah kertas dengan pozzolan *fly ash* 10% sebesar 22% lebih tinggi dari batako normal, namun serapan air yang terjadi masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh PUBI 1982.

Kata kunci: batako, limbah kertas, *fly ash*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan batu bata yang semakin meningkat dan kerusakan tanah yang disebabkan oleh pembuatan batu bata menjadi masalah di lapangan yang harus segera diatasi. Batako sebagai alternatif pengganti batu bata untuk pembuatan dinding diharapkan mampu mengatasi permasalahan tersebut. Selain itu dalam pelaksanaannya, batako dapat disusun 4 kali lebih cepat dan cukup kuat untuk semua penggunaan yang biasanya menggunakan batu bata.

Batako adalah salah satu bahan bangunan yang berupa batu-batuan yang pengerasannya tidak dibakar dengan bahan pembentuk yang berupa campuran pasir, semen, air dan dalam pembuatannya dapat ditambahkan dengan bahan tambah lainnya (*additive*) yang dicetak sedemikian rupa sehingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding.

Inovasi perbaikan yang dilakukan yaitu pembuatan bata beton ringan dengan cara mensubsitisi atau mencampur material penyusun bata beton dengan bahan yang ringan sehingga berat isi bata beton cenderung lebih kecil dari berat isi bata beton normal. Keuntungan lain penggunaan bata beton ringan adalah karena sifatnya yang ringan sehingga daya redam terhadap rambatan panas maupun suara akan jauh lebih bagus, dan membuat struktur menjadi ringan.

2. BETON KERTAS

Beton kertas (*papercrete*) adalah beton yang terbuat dari campuran antara semen, pasir dan kertas daur ulang. Menurut Rahmadhon (2009), beton kertas (*papercrete*) merupakan suatu material yang terbuat dari campuran kertas dengan semen portland. Kertas yang digunakan adalah kertas bekas yang diolah menjadi bubur kertas dengan tujuan mempermudah proses pengadukan campuran. Bubur kertas memiliki beberapa senyawa oksida seperti Silikon Dioksida (SiO) 2,35%, Aluminium Oksida (Al₂O₃) 7,70%, Magnesium oksida (MgO) 3,62%, Kalsium Oksida (CaO) 56,38%, Ferri Oksida (Fe₂O₃) 1,68%, dimana oksida-oksida tersebut merupakan bahan dasar untuk membuat

produk klinker semen, seperti Tricalcium Silicate ($C_3S = 3CaO.SiO_2$), Dicalcium Silicate ($C_2S = 2CaO.SiO_2$), Tricalcium Aluminate ($C_3A = 3CaO.Al_2O_3$), Tetracalcium Aluminate Ferrit ($C_4AF = 4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$). Senyawa yang paling dominan adalah Kalsium Oksida (CaO) sebesar 56,38%, air (H_2O), Sulfur Trioksida (SO_3) 11,26% (Norman, dan Juis, 2009).

Semakin banyak bubuk kertas yang dicampurkan pada papan beton maka semakin kecil nilai berat/volume, jadi papan beton semakin ringan. Penambahan bubuk kertas yang disertai pengurangan pasir dalam papan beton menunjukkan nilai berat panel yang semakin kecil. Perubahan tersebut dipengaruhi oleh faktor penyusun, salah satunya adalah berat jenis. Berat jenis pasir dan kerikil sekitar 2,1-2,2 gr/cm^3 lebih besar daripada berat jenis bubuk kertas 1,24 gr/cm^3 (Hardiani dan Sugesty, 2009).

Maidayani (2009) juga menyebutkan hal serupa bahwa penambahan limbah padat (*sludge*) pada beton cenderung akan menurunkan nilai densitas beton karena sebagian air yang terikat di dalam *sludge* akan terlepas pada saat proses pengeringan dan waktu pengeringan yang optimal adalah selama 28 hari, apabila waktu pengeringan diperpanjang maka pengaruh terhadap nilai densitas beton tidak terlalu signifikan.

3. FLY ASH

Abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. *Fly ash* dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu abu terbang yang normal yang dihasilkan dari pembakaran batubara antrasit atau batu bara *bitomius* (kelas F), abu terbang yang dihasilkan dari batu bara jenis *lignite* atau *subbitumens* (kelas C), dan abu terbang yang dihasilkan dari hasil kalsinasi pozolan alam seperti tanah *diatomice*, *shole*, *tuft*, batu apung (kelas N).

Fly ash mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan carbon.

Keuntungan menggunakan *fly ash* pada beton segar adalah dapat memperbaiki sifat pengerjaan adukan beton (*workability*) akibat bentuk partikelnya yang bundar, mengurangi jumlah air campuran yang dibutuhkan, mengurangi jumlah panas hidrasi yang terjadi, sehingga baik untuk pembuatan beton massa karena dapat mengurangi terjadinya retak, dapat mengurangi kemungkinan terjadinya segregasi dan *bleeding*. Sedangkan pada beton keras keuntungan penggunaan *fly ash* adalah mempertinggi daya tahan terhadap lingkungan yang bersifat agresif, meningkatkan kerapatan beton, mengurangi penyusutan, mengurangi pengembangan yang disebabkan oleh reaksi alkali agregat. (Yogaswara, 1998).

Pengaruh *fly ash* pada beton adalah butiran *fly ash* yang halus membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh *fly ash* sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari *fly ash*. Selain itu penggunaan *fly ash* dengan takaran tertentu terbukti dapat meningkatkan kekuatan beton (Mardiono, 2010)

4. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah studi eksperimen dengan melakukan percobaan langsung di laboratorium. Benda uji batako dengan ukuran $p = 400$ mm, $l = 100$ mm, dan $t = 200$ mm. Benda uji penyerapan berbentuk silinder dengan diameter 75 mm dan tinggi 150 mm. Perbandingan campuran bata beton normal yaitu 1 PC : 7 PS dengan f.a.s 0,6 dan variasi untuk limbah kertas adalah dengan menggantikan sebagian pasir dengan bubuk kertas sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, 50% serta *fly ash* 10% terhadap berat semen. *Fly Ash* yang digunakan berasal dari PLTU Paiton yang di jual oleh CV. Sumber Joyo, Klaten kemasan 40 kg.

Agregat yang dipakai berupa agregat halus yang gradasi pasirnya memenuhi syarat menurut Spesifikasi Bahan Bangunan bagian A. Kertas yang dipakai adalah kertas koran dengan mengabaikan efek tinta pada kertas. Pengujian kuat tekan dan serapan air dilakukan pada umur 28 hari dan 56 hari setelah pembuatan benda uji.

Proses pembuatan bubuk kertas diawali dengan merobek-robek kertas menjadi kecil dan direndam dalam air selama 24 jam dengan perbandingan kertas dan air sebesar 1 : 2. Selanjutnya kertas di hancurkan menggunakan blender selama 1-2 menit kemudian bubuk kertas diperas dan dijemur. Pengeringan dilakukan selama 8 – 12 jam pada cuaca yang terik ataupun menggunakan oven selama 1 – 5 jam dengan suhu 70 - 80°C hingga tercapai keadaan kering oven. Kemudian bubuk kertas diperiksa ini besarnya serapan air yang dapat diserap. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat serapan air yang akan berpengaruh pada saat pembuatan batako, dimana akan terlihat apakah terdapat kebutuhan air tambahan untuk memenuhi kebutuhan air sebagai pereaksi semen.

Bubur kertas yang telah diproses digunakan sebagai bahan substitusi sebagian pasir, sehingga akan diperoleh batako ringan. Karena bahan susunnya sangat ringan maka dalam pelaksanaan substitusi tidak memakai ukuran berat melainkan volume, karena selisih berat jenis yang terlampaui jauh (b_j semen $3,15 \text{ gr/cm}^3$ dan b_j bubur kertas $0,34 \text{ gr/cm}^3$).

Cara pembauatan batako, campuran dibuat berdasarkan *mix design* yang telah dikoreksi kebutuhan airnya, campuran disiapkan dan ditimbang sesuai dengan variasi yang direncanakan untuk setiap adukan. Kemudian bahan-bahan tersebut dimasukkan ke tempat pengadukan (molen) dituang satu persatu dan diputar hingga adukan menjadi rata atau homogen. Untuk agregat kertas sendiri, sebelum dimasukkan ke dalam molen terlebih dahulu dibuat kembali menjadi bubur kertas agar pada saat penambahan air nantinya adukan tersebut tidak terlalu banyak menggunakan air. Setelah adukannya homogen maka ditambahkan air sedikit demi sedikit sampai keadaan adukan jika diremas akan menggumpal dan tidak menempel pada tangan atau hancur berserakan. Karena air yang digunakan pada pencampuran tidak semuanya terpakai atau sesuai dengan f.a.s rencana, maka air yang sisa ditimbang agar dapat diperoleh f.a.s terkoreksi tiap – tiap adukannya. Setelah itu adukan tersebut dituangkan ke dalam cetakan. Pada proses penuangan adukan, dilakukan pemadatan adukan dengan cara ditekan atau dipukul dengan tongkat besi agar didapatkan hasil yang padat dan rapat.

Cara perawatan benda uji batako yang telah dicetak dan berumur satu hari adalah dengan cara disimpan di tempat yang terlindung dari sinar matahari dan curah hujan secara langsung. Benda uji diletakkan di atas papan yang tidak menyerap air dan bagian atas benda uji ditutupi dengan plastik. Pada perawatan batako limbah kertas ini tidak dilakukan penyiraman secara berkala agar tidak mengganggu air yang terkandung di dalam kertas yang berada di dalam batako tersebut.

5. PERSYARATAN BATAKO

Syarat dan mutu batako serta klasifikasinya sebagai bahan bangunan disebutkan berdasarkan PUBI 1982. Dalam penggunaan batako sebagai elemen penyusun dinding bangunan, batako harus memenuhi persyaratan sebagai berikut. Permukaan batako harus mulus, sisi - sisinya lurus satu sama lain, datar dan tepinya tidak mudah dirapihkan dengan tangan. Sebelum dipakai pada bangunan, batako harus berumur minimal 1 bulan bila pemeliharaan tidak dilakukan dalam ruang pemeliharaan khusus pada waktu proses pembuatannya. Saat dipasang pada bangunan, batako harus cukup kering yaitu kadar airnya tidak lebih dari 15%. Secara fisik batako harus memenuhi syarat yang telah disebutkan di dalam Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Persyaratan Fisik Batako Berdasar PUBI

Mutu Batako	Kekuatan Tekan Bruto Minimum		Penyerapan Maksimum (% berat)
	Rata-rata dari benda uji	Masing-masing benda uji	
A1	20	17	-
A2	35	30	-
B1	50	45	35
B2	70	65	25

Sumber : PUBI 1982

Syarat fisik batako berdasarkan SNI 03-0349-1989 terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan Fisik Batako Berdasar SNI

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal				Tingkat Mutu Bata Beton Berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata minimum	kg/cm^2	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji	kg/cm^2	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Sumber : SNI 03-0349-1989

Ukuran batako yang disyaratkan seperti pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Ukuran Batako Standar dan Toleransi

Jenis	Ukuran nominal (mm)			Tingkat Mutu Bata Beton Berlubang	
	Panjang	Lebar	Tinggi	I	II
Tipis	400 ± 3	200 ± 3	100 ± 2	20	15
Sedang	400 ± 3	200 ± 3	150 ± 2	20	15
Tebal	400 ± 3	200 ± 3	200 ± 2	25	20

Sumber : PUBI 1982

6. HASIL PENGUJIAN

Dari hasil pemeriksaan serapan air bubur kertas sebesar 11,3924 %, hal ini menandakan bahwa daya serap air bubur kertas cukup tinggi. Hal ini akan mempengaruhi kualitas batako, dimana pada saat proses pengerasan batako kemungkinan akan lebih banyak air yang terserap ke dalam bubur kertas sehingga pasta semen dalam bereaksi dengan air akan berkurang. Hal ini diminimalisir dengan cara, pada saat pencampuran bahan penyusun batako seperti pasir dalam kondisi SSD dan kondisi bubur kertas dalam keadaan kenyang air sebelum dicampurkan ke dalam adukan.

Tabel 4. Perencanaan Kebutuhan Bahan Susun Batako

Variasi kertas thd vol.Pasir	Semen (kg)	Kertas (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	Fly ash	Semen (kg)	Kertas (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	Fly ash
	Perkiraan awal					Setelah revisi air				
0%	16,317	0	114,222	9,790	0	16,317	0	114,222	9,790	0
10%	14,686	1,742	102,800	9,790	1,632	14,686	1,742	102,800	7,660	1,632
20%	14,686	3,484	91,378	9,790	1,632	14,686	3,484	91,378	7,700	1,632
30%	14,686	5,226	79,955	9,790	1,632	14,686	5,226	79,955	8,342	1,632
40%	14,686	6,968	68,533	9,790	1,632	14,686	6,968	68,533	8,435	1,632
50%	14,686	8,710	57,111	9,790	1,632	14,686	8,710	57,111	8,891	1,632

Pada Tabel 4 terlihat air yang digunakan untuk campuran batako dengan variasi 0% sampai 50% tidak sesuai dengan air yang telah direncanakan sebelumnya. Hal ini disebabkan perencanaan campuran menggunakan f.a.s 0,6 sebagai acuan awal terlalu besar dan adanya pengaruh dari bahan tambah pozzolan *fly ash* sebanyak 10%, dikarenakan *fly ash* memiliki porositas yang rendah dan partikelnya yang halus. Bentuk partikel abu terbang adalah bulat dengan permukaan halus, dimana hal ini sangat baik untuk workabilitas karena akan mengurangi jumlah kebutuhan air sehingga kebutuhan air yang direncanakan berlebih. Proses pembuatan batako tidak memerlukan air yang banyak agar diperoleh bentuk batako yang diinginkan dengan cepat. Dalam pembuatan batako, terlebih dahulu air ditambahkan ke dalam bubur kertas sampai kenyang air setelah itu baru dicampurkan ke dalam bahan lainnya. Tujuan ditambahkan air terlebih dahulu, agar tidak mengganggu kebutuhan air yang diperlukan oleh adukan. Semakin banyak bubur kertas yang digunakan, semakin banyak juga air yang digunakan dalam pencampuran batako tersebut.

Berdasarkan data hasil pemeriksaan berat volume batako *papercrete* dengan bahan tambah *fly ash* baik umur 28 dan 56 hari secara keseluruhan, batako dengan variasi kertas 10% sampai 50% memiliki berat satuan yang lebih rendah daripada batako normal. Batako ini termasuk ke dalam batako ringan karena berat satuannya diantara 1000-2000 kg/m³ atau 1-2 gr/cm³. Penambahan bubur kertas yang disertai pengurangan pasir dalam batako menunjukkan nilai berat batako yang semakin kecil seperti yang terlihat pada Tabel 5.

Bertambahnya persentase kertas di dalam batako mengakibatkan penurunan berat volume dari batako tersebut. Hal ini disebabkan karena berat jenis kertas yang lebih kecil dari berat jenis pasir dan bahan lainnya. Penambahan agregat kertas 10% sampai 50% baik 28 hari dan 56 hari tidak memberikan pengaruh yang cukup besar. Pada penambahan agregat kertas sebesar 10% dari volume pasir pada batako berumur 28 hari mampu mengurangi 5,01% dari berat volume batako normal, sedangkan penambahan agregat kertas sebesar 20% sampai 50% dari volume pasir mampu mengurangi secara berturut – turut 1,74%, 6,66%, 10,06%, 15,23% dari berat volume batako normal.

Tabel 5. Perencanaan Kebutuhan Bahan Susun Batako

no	Limbah kertas	Kode benda uji	Berat volume rata-rata, 28 hari, gr/cm ³	Berat volume rata-rata, 56 hari, gr/cm ³
1	0%	BN	1,7282	1,7637
2	10%	BV1	1,6416	1,6593
3	20%	BV2	1,6980	1,6625
4	30%	BV3	1,6131	1,5987
5	40%	BV4	1,5543	1,5366
6	50%	BV5	1,4649	1,4475

Pada penambahan limbah kertas sebesar 10% sebagai substitusi volume pasir pada batako berumur 56 hari mampu mengurangi 5,92% dari berat volume batako normal, sedangkan penambahan limbah kertas sebesar 20% sampai 50% dari volume pasir mampu mengurangi secara berturut – turut 5,74%, 9,35%, 12,88%, 17,92% dari berat volume normal, selisih nilai yang terjadi tidak terlalu besar. Tabel 5 tampak bahwa batako dengan limbah kertas saat berumur 56 hari memiliki berat volume yang lebih kecil daripada batako limbah kertas yang berumur 28 hari. Adapun penyebabnya adalah karena terjadinya penguapan air dalam batako *papercrete* karena permukaan batako berpori. Seperti yang diketahui, serapan air kertas sebesar 11,3924 % yang berarti jumlah kadar air yang terkandung di dalam kertas sangat besar sehingga semakin lama umur batako limbah kertas tersebut maka semakin kecil pula berat volumenya.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Desak Batako

no	Limbah kertas	Kode Benda Uji	Kuat Desak Rerata, 28 hari (kgf/cm ²)	% terhadap BN, 28 hari	Kuat Desak Rerata, 56 hari (kgf/cm ²)	% terhadap BN, 56 hari
1	0%	BN	33,9940	100,00%	34,0582	100,00%
2	10%	BV1	13,3163	39,17%	14,7005	43,16%
3	20%	BV2	35,0137	103,00%	35,1627	103,24%
4	30%	BV3	35,5236	104,50%	35,5804	104,47%
5	40%	BV4	35,6896	104,99%	35,9017	105,41%
6	50%	BV5	41,5853	122,33%	47,0474	138,14%

Tabel 6, terlihat bahwa semakin banyak penambahan persentase kertas, maka semakin besar kuat desak yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan proporsi penggunaan jumlah pasir setiap variasinya yang semakin berkurang dengan proporsi penggunaan semen yang setiap variasinya sama yang berpengaruh terhadap interaksi pasta semen dan agregat, dimana pasta semen akan lebih banyak mengikat agregat sehingga ikatan antar pasir semakin kuat, ditambah lagi dengan unsur senyawa oksida yang dikandung oleh bubuk kertas dimana oksida-oksida tersebut merupakan bahan dasar untuk membuat produk klinker semen, sehingga pada penelitian ini semakin banyak penggunaan agregat kertas dalam batako limbah kertas semakin tinggi kuat desaknya. Namun pada variasi 10% dapat terlihat kuat desak yang dihasilkan sangat rendah bahkan tidak mencapai batako normal, hal ini dikarenakan karena pembuatan benda uji yang gagal.

Pada tabel 6 terlihat jika batako normal dibandingkan dengan batako limbah kertas variasi 20% sampai 50%, terlihat bahwa kuat desak yang dihasilkan oleh batako limbah kertas lebih tinggi daripada batako normal. Hal ini disebabkan karena adanya bahan tambahan, pengganti sebagian semen yaitu *Fly Ash* sebanyak 10% dari jumlah semen pada batako limbah kertas untuk setiap variasinya. *Fly ash* sendiri berfungsi sebagai filler/pengisi karena memiliki ukuran yang lebih kecil dari semen dan bentuknya yang halus (ukuran \pm kurang dari 1 μ m) membuat batako lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh *fly ash* sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada. Dengan kata lain, semakin sedikit rongga yang terdapat di dalam batako tersebut maka batako yang dihasilkan mempunyai kuat desak yang tinggi. Fungsi lainnya adalah sebagai pozzolan karena memiliki senyawa oksida SiO₂ atau silikat yang cukup tinggi, *fly ash* yang berasal dari PLTU Paiton ini masuk pada kelas F, karena kandungan oksida silika, aluminium, dan besi dari *fly ash* yang dihasilkan lebih dari 70%. Secara kimiawi terjadi reaksi pengikatan antara *fly ash* dan Ca(OH) dilepaskan semen pada saat proses hidrasi dan membentuk Kalsium Silikat Hidrat (CSH) yang berfungsi mengikat campuran pada batako. Laju kenaikan kuat desak batako akan bertambah seiring dengan umur batako yang semakin bertambah sebagaimana pendapat Tjokrodinuljo (1996) yang menyatakan bahwa kuat tekan beton dengan bahan tambah abu terbang mengalami pengikatan yang lambat dan baru dapat mencapai kuat tekan

optimal pada umur 90 hari. Hal ini terjadi karena Kalsium Silikat Hidrat (CSH) yang dihasilkan melalui reaksi pozzolanik akan bertambah keras dan kuat seiring bertambahnya waktu. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 6 dimana kuat tekan 56 hari lebih besar daripada kuat tekan pada umur 28 hari, tetapi peningkatan yang dialami batako tidak terlalu besar. Pada Tabel 6 batako variasi 40% kuat desak pada 56 hari mengalami penurunan, hal ini dikarenakan pada saat melakukan pengujian kuat desak, bagian penampang benda uji tidak rata/seimbang sehingga pembebanan yang dialami benda uji tidak merata. Dari hasil kuat desak di atas, menurut PUBI 1982 penggunaan limbah bubuk kertas dan *fly ash* 10% pada batako sampai persentase 50% tergolong ke dalam batako dengan mutu A2 yaitu batako yang digunakan konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari cuaca luar, hanya permukaan dinding/konstruksi dari batako tersebut boleh di plester.

Pemeriksaan serapan air pada silinder limbah kertas dengan bahan tambah *fly ash* dilaksanakan pada saat batako berumur 28 dan 56 hari. Pada pemeriksaan ini, benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu 80° C, hal ini dilakukan agar bubuk kertas yang terdapat di dalam campuran tidak terbakar pada saat di oven selama ± 24 jam.

Tabel 7. Hasil Pengujian Serapan Batako Limbah Kertas

No	Variasi	Serapan air rerata 28 hari (%)	Serapan air rerata 56 hari (%)
1	0%	19	17
2	10%	15	15
3	20%	18	18
4	30%	19	20
5	40%	21	21
6	50%	22	22

Berdasarkan Tabel 7 di atas terlihat bahwa semakin banyak jumlah kertas yang digunakan maka serapan air yang terjadi pada batako semakin besar. Pada batako limbah kertas variasi 10% berumur 28 dan 56 hari memiliki nilai serapan air yang lebih kecil daripada serapan air batako normal, hal ini disebabkan karena pengaruh *fly ash* yang terkandung di dalamnya. *Fly Ash* memiliki ukuran yang lebih kecil dari semen dan bentuknya yang halus (ukuran ± kurang dari 1 µm) membuat batako lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh *fly ash* sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada. Tetapi peran *fly ash* tidak berpengaruh pada batako limbah kertas dengan variasi 20% sampai 50% dikarenakan jumlah kertas yang semakin bertambah. Hal ini dikarenakan adanya sifat agregat kertas yang mempunyai kemampuan menyerap air yang cukup tinggi, sehingga nilai serapannya cukup tinggi juga. Serapan air yang dimiliki batako limbah kertas dengan tambahan *fly ash* 10% tergolong cukup besar, namun serapan air yang terjadi masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh PUBI 1982 yang mensyaratkan serapan air maksimal dari batako adalah sebesar 25% - 35%.

7. KESIMPULAN

Batako dengan bubuk kertas dan *fly ash* 10% dari volume semen memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dari batako normal. Semakin banyak persentase penambahan bubuk kertas semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan. Pada penelitian ini kuat desak tertinggi terjadi pada batako dengan penambahan kertas sebanyak 50% dari volume pasir dengan umur batako 56 hari yaitu sebesar 47,0474 Kgf/cm².

Semakin lama umur batako semakin tinggi kuat desaknya, tetapi perbedaan kuat desak antara umur 28 dan 56 hari pada penelitian ini tidak memberi perbedaan yang mencolok.

Batako limbah kertas tergolong ke dalam batako dengan mutu A2 memenuhi syarat PUBI 1982, kuat desak minimum untuk batako yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari cuaca luar, hanya permukaan dinding/konstruksi dari batako tersebut boleh di plester.

Berdasarkan hasil penelitian berat volume batako limbah kertas dengan bahan tambah *fly ash* baik umur 28 hari dan 56 hari secara keseluruhan, batako dengan variasi kertas 10% sampai 50% memiliki berat satuan yang lebih rendah daripada batako normal dan batako ini termasuk ke dalam kategori batako ringan karena berat satuannya diantara 1000-2000 kg/m³. Penambahan bubuk kertas yang disertai pengurangan pasir dalam batako menunjukkan nilai berat batako yang semakin kecil. Hal ini dapat dilihat pada batako *papercrete* dengan umur 28 hari dengan penambahan bubuk kertas sebesar 10%, berat volume batako berkurang 5,01% dari berat volume batako normal, sedangkan penambahan agregat kertas sebesar 20% sampai 50% dari volume pasir mampu mengurangi secara berturut – turut 1,74%, 6,66%, 10,06%, 15,23% dari berat volume batako normal. Pada penambahan agregat kertas sebesar 10% dari volume pasir pada batako berumur 56 hari mampu mengurangi 5,92% dari berat volume batako normal,

sedangkan penambahan agregat kertas sebesar 20% sampai 50% dari volume pasir mampu mengurangi secara berturut – turut 5,74%, 9,35%, 12,88%, 17,92% dari berat volume normal.

Semakin banyak jumlah kertas yang digunakan maka serapan air yang terjadi pada batako semakin besar, hal ini dikarenakan adanya sifat agregat kertas yang mempunyai kemampuan menyerap air yang cukup tinggi. Serapan air yang dimiliki batako *papercrete* dengan tambahan fly ash 10% tergolong cukup besar, serapan air terbesar pada batako *papercrete* ini mencapai 22% namun serapan air yang terjadi masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh PUBLI 1982 yang mensyaratkan serapan air maksimal dari batako adalah sebesar 25% - 35%.

8. PUSTAKA

- Anonim, 1982, “Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBLI 1982)”, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Bandung.
- Antono, A., 1985, Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Yogyakarta.
- Gunarto Arief, 2008, Pemanfaatan Limbah Kertas Koran untuk Pembuatan Panel Papercrete, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Hardiani H., dan Sugesty S, 2009, Manfaat Limbah Sludge Industri Kertas Cigaret Untuk Bahan Baku Bata Beton, Bandung.
- Maidayani, 2009, Pengaruh Aditif Lateks Dan Komposisi Terhadap Karakteristik Beton Dengan Menggunakan Limbah Padat (Sludge) Industri Kertas, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Mardiono, 2010, Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dalam Beton Mutu Tinggi, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Gunadarma, Jakarta.
- Norman., dan Juis W U., 2009 Alternatif Penggunaan Limbah Pabrik Kertas Sebagai Pengganti Semen (Cementitious) Dalam Pembuatan Beton, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Rahmadhon, A., 2009, Susut Beton Kertas Pada Variasi Campuran, Universitas Sebelas Maret, Solo. Rinaldi, Pengaruh Penggunaan Pozzolan Alam Terhadap Kuat Tekan Papercrete, Fakultas Teknik Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Santoso Priyo Budi, 2010, Beton Ringan Dengan Agregat Buatan Dari Limbah Kertas Koran, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Simbolon T., 2009, Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan yang Terbuat Dari Styrofoam – Semen, Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan.
- SNI 03 – 0349 – 1989 “ Bata Beton Untuk Pasangan Dinding” Sunaryo Suratman, dkk. 1995. Pemanfaatan Limbah Industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Abu Terbang) untuk Bata Beton. Laporan Penelitian. Bandung: Puslitbang Pemukiman Departemen pekerjaan Umum
- Tjokrodinuljo, K., 1996, Teknologi Beton, Bahan Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Terbitan Pertama, Nafiri, Yogyakarta.
- Yogaswara, H, 1998, *Kuat Tekan Beton Dengan Fly Ash dan Accelerator*, Laporan penelitian Universitas Gajah Mada, Yogyakarta