

KARAKTERISTIK KUAT TEKAN DAN PENYERAPAN AIR BATAKO DENGAN PENAMBAHAN SERBUK KAYU DAN *FLY ASH*

Aulia Rahmina Anhad¹ dan Hariadi Yulianto²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: 14511363@students.uui.ac.id

² Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: 155111305@staf.uui.ac.id

Abstract : *This research aimed to make batako with the mixture of sawdust and fly ash to know compressive strength and water absorption based on Indonesian National Standards (SNI). According to Famadya (2016) the optimum ratio of sawdust addition to batako is 1 cement : 5 sand : 2 sawdust. Based on previous study, researcher did a research by combining sawdust and fly ash into one mixture. In this research, normal batako made by ratio of 1 portland pozzolan cement : 7 sand and batako with addition of sawdust made by ratio of 1 portland pozzolan cement : 5 sand : 2 sawdust. Additon of fly ash to cement amounted to 15%, 20%, 25%, 30%, and 35%. The result of this research showed that batako with a mixture compotition of 1 portland pozzolan cement : 5 sand : 2 sawdust + 25% fly ash has a highest compressive strength at 28 days amounted to 35,45 kg/cm² and lowest water absorption of 4,67%.*

Keywords: *batako, sawdust, fly ash*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pembangunan konstruksi, dinding merupakan bagian dari bangunan yang berguna sebagai penutup interior bangunan. Posisinya yang berada tepat di tengah-tengah bangunan juga membuat dinding sekaligus berperan menopang beban bangunan yang ada di atasnya. Sejak dahulu, di Indonesia dinding selalu menggunakan batu bata merah sebagai bahan utamanya. Namun, kebutuhan batu bata yang semakin meningkat dan faktor penggerusan tanah semakin dalam mengakibatkan penggunaan batu bata kurang efisien dalam bahan bangunan. Maka dari itu, 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 merupakan jenis unsur bangunan yang dibuat dari bahan utama semen, air, dan agregat. Batako dibedakan menjadi dua jenis yaitu batako berlubang dan batako pejal. Seiring dengan perkembangan zaman, telah banyak ditemukan inovasi atau alternatif dalam pembuatan batako untuk menahan laju kerusakan lingkungan. Dalam penelitian ini, akan digunakan batako pejal dan memanfaatkan serbuk kayu dan *fly ash* sebagai bahan tambah campuran material batako sehingga serbuk kayu dan *fly ash* diharapkan dapat menghasilkan batako dengan kuat tekan tinggi dan penyerapan air rendah daripada batako yang beredar di pasaran dan diharapkan dapat mengurangi jumlah penggunaan bahan baku batako yang berasal dari alam. Oleh sebab itu, untuk mengetahui pengaruh serbuk kayu dan *fly ash* terhadap kinerja batako diperlukan

pengujian-pengujian diantaranya uji kuat tekan dan uji penyerapan air berdasarkan SNI 03-0349-1989. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan batako variasi serbuk kayu dan *fly ash* dengan batako konvensional.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kayu dan *fly ash* terhadap karakteristik (kuat tekan dan penyerapan air) batako dan untuk mengetahui persentase penambahan serbuk kayu dan *fly ash* dalam campuran batako yang optimum serta memenuhi SNI 03-0349-1989.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai tinjauan pustaka pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Listikaningrum, F. (2016) telah melakukan penelitian yang berjudul Inovasi Dinding Batako dengan Penambahan Serbuk Kayu Sebagai Agregat. Penelitian ini dilakukan dengan membuat 6 variasi benda uji berdasarkan komposisi campuran serbuk kayu yang bertujuan untuk mengetahui komposisi material penyusun batako jika ditambah dengan serbuk kayu yang memenuhi SNI 03-0349-1989. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batako serbuk kayu tipe IV dengan komposisi campuran 1 Pc : 5 pasir halus : 2 serbuk kayu dan dengan faktor air semen sebesar 0,5 memiliki kuat desak tertinggi yaitu 64,86 kg/m² dan penyerapan air terendah yaitu 12,52%.
- b. Pangestu, E.K. (2011) telah meneliti tentang Penambahan Limbah Abu Batubara Pada Batako Ditinjau Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air. Penelitian ini menggunakan komposisi campuran dengan perbandingan berat bahan susun batako yaitu 1 semen : 6 pasir. Perbandingan tersebut adalah dengan komposisi abu terbang sebesar 0% (normal), 10%, 20%, 30%, 40%, 70% terhadap berat semen. Sampel berupa batako dengan ukuran 40 cm x 20 cm x 10 cm. Dari hasil percobaan dengan berbagai perbandingan antara semen, pasir, dan abu

batubara yang ditambahkan dilihat dari kuat tekan penambahan abu batubara sebagai pengganti semen sebanyak 10% sampai 30% mampu meningkatkan kuat tekan produk batako 4,5% dan 19,8% dibanding tanpa penambahan abu batubara, sedangkan pada penambahan abu terbang melebihi 30% kuat tekan batako semakin menurun.

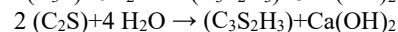
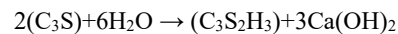
Berdasarkan penelitian tersebut, dilakukan penelitian dengan menggabungkan serbuk kayu dan *fly ash* menjadi satu campuran. Dalam penelitian ini, batako normal dibuat dengan perbandingan 1 semen portland pozolan : 7 pasir dan batako serbuk kayu dibuat dengan perbandingan 1 semen portland pozolan : 5 pasir : 2 serbuk kayu dengan penambahan *fly ash* sebesar 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35% dari berat semen.

3. LANDASAN TEORI

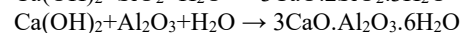
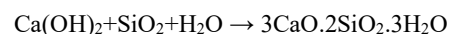
3.1 Bahan Penyusun Batako

3.1.1 Portland Pozzolan Cement

Portland Pozzolan Cement (semen portland pozzolan) adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozzolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozzolan bersama-sama dimana kadar pozzolan 6% sampai dengan 40% massa semen portland pozzolan (SNI 15-0302-2004). Pozzolan adalah bahan alami atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) yang reaktif. Pozzolan tidak bersifat seperti semen, namun dalam bentuknya yang halus jika dicampur dengan kapur padam aktif dan air akan mengeras dalam beberapa waktu, sehingga membentuk masa yang padat dan sukar larut dalam air. Rumus proses kimia (perkiraan) untuk reaksi hidrasi semen dapat ditulis sebagai berikut.



Untuk mengetahui reaksi pozzolan dengan semen dapat dilihat pada rumus berikut.



Dari rumus reaksi tersebut didapat bahwa pozzolan (SiO_2) dan (Al_2O_3) bereaksi dengan hasil sampingan hidrasi semen yaitu kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang mulanya tidak diinginkan menjadi senyawa yang diinginkan $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$. Hal tersebut membuat dapat kuat tekan batako lebih tinggi (Tjokrodinuljo, 2007).

3.1.2 Agregat Halus

Agregat halus/pasir adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm berasal dari alam atau olahan sesuai dengan SNI 03-6820-2002. Agregat halus alam adalah agregat halus hasil disintergrasi dari batuan. Sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan.

3.1.3 Air

Air digunakan pada pembuatan beton agar terjadi proses kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang ditinjau, tetapi hanya perbandingan antara air dengan semen saja atau biasa disebut faktor air semen (*water cement ratio*). Pujiyanto (2010) menyatakan, pada beton mutu tinggi, pengertian faktor air semen bisa diartikan sebagai *water to cementitious ratio*, yaitu rasio berat air terhadap berat total semen dan aditif *cementitious*.

3.2 Bahan Tambah

Bahan tambah bertujuan untuk memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton atau mortar yang dihasilkan. Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*).

3.2.1 Serbuk Kayu

Serbuk kayu merupakan salah satu material yang didapat dari sisa penggergajian kayu yang berukuran 0,25 mm – 2,00 mm. Saifuddin dkk.

(2013) menyatakan bahwa pada serbuk kayu terdapat kadar selulosa dan hemiselulosa yang apabila ditambahkan pada campuran semen dan pasir pembentuk beton, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral/partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya, serta menghambat difusi air dalam material akibat sifat hidrofobnya. Pada penelitian ini, serbuk kayu yang digunakan adalah serbuk kayu balsa. Kayu jenis ini dipilih karena memiliki sifat yang lentur, tidak mudah lapuk, dan ringan dengan berat jenis 0,15-0,29 dan kadar air sebesar 13,9-14,2%. Kayu balsa bukan merupakan kayu yang paling ringan, namun kayu balsa dianggap sebagai kayu terkuat menurut beratnya. Menurut Prihandini (2012), karena beratnya yang ringan dan memiliki pori, kayu balsa sangat efisien sebagai bahan insulasi terhadap panas dan dingin. Selain itu, kayu balsa juga mempunyai sifat rambatan yang lambat terhadap suara dan getaran.

3.2.2 Fly Ash

Fly ash adalah abu terbang sisa pembakaran batubara yang bersifat pozzolan dan memiliki ukuran maksimum sebesar 4,75 mm dan butiran minimum sebesar 0,075 mm berwarna abu-abu kehitaman. *Fly ash* tidak memiliki kemampuan mengikat seperti semen, tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, silika dan alumina yang terkandung dalam *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

3.3 Syarat Fisis Batako

Batako ditinjau dari kuat tekan dan penyerapan air. Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan daya tekan tertentu. Penyerapan air adalah perbandingan berat air yang mampu diserap pori terhadap berat kering benda uji dan dinyatakan dalam persen. Batako dinyatakan lulus uji apabila memenuhi persyaratan SNI

03-0349-1989. Syarat fisis batako pejal dan harus sesuai dengan Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Syarat Fisis Batako Pejal

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal			
		I	II	III	IV
Kuat tekan rata-rata	kg/cm ²	100	70	40	25
Kuat tekan satuan	kg/cm ²	90	65	35	21
Penyerapan air rata-rata	%	25	35	-	-

Sumber: SNI 03-0349-1989

4. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan yaitu persiapan, *mix design*, pengujian material, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pengujian benda uji, dan analisis data. Penentuan campuran bahan penyusun batako dapat diperoleh dengan persamaan berikut.

1. Batako tanpa penambahan serbuk kayu (1PPC : 7PS : 0,5 Air).

$$\frac{1 \times V_s \times BvS}{Bjs} + \frac{7 \times V_s \times BvP}{Bjp} + \frac{0,5 \times V_s \times BvS}{Bjw} = 1$$

2. Batako dengan penambahan serbuk kayu (1PPC : 5PS : 2SK : 0,5 Air).

$$\frac{1 \times V_s \times BvS}{Bjs} + \frac{5 \times V_s \times BvP}{Bjp} + \frac{2 \times V_s \times BvK}{Bjk} + \frac{0,5 \times V_s \times BvS}{Bjw} = 1$$

Ket:

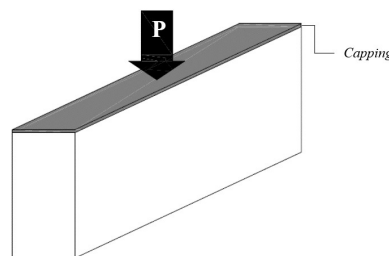
- Vs = Volume semen
- Bvs = Berat volume semen
- Bjs = Berat jenis semen
- Bvp = Berat volume pasir
- Bjp = Berat jenis pasir
- Bjw = Berat jenis air
- Bvk = Berat volume kayu
- Bjk = Berat jenis kayu

Selanjutnya penentuan kode dan komposisi campuran batako dengan serbuk kayu dan *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Penentuan Kode dan Komposisi Campuran Batako

Kode	Serbuk Kayu	Fly Ash (%)
A	1 PPC : 7 PS : 0SK	0
B	1 PPC : 5 PS : 2SK	0
C		15
D		20
E		25
F		30
G		35

Benda uji batako dibuat dengan beberapa variasi yang berbeda, masing-masing variasi dibuat 8 buah benda uji batako. Sebanyak 5 buah batako dipakai untuk pengujian kuat tekan dan 3 buah batako dipakai untuk pengujian serapan air. Batako dibuat dalam bentuk batako pejal dengan dimensi 40×20×10 cm. Sebelum dilakukan pengujian, batako dilakukan perawatan selama 28 hari berupa penyiraman dengan air agar batako tetap lembab karena saat semen kering maka proses pengerasannya terhenti. Pada pengujian kuat tekan batako dilakukan dengan menggunakan mesin uji desak yang dimiliki Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Arah tekanan pada bidang tekan benda uji disesuaikan dengan arah tekanan beban didalam pemakaian. Mekanisme pembebanan batako dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Mekanisme Pembebanan Batako

Selanjutnya, hasil pengujian dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan berikut.

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Ket:

- f_c' = Kuat tekan (kg/cm²)
- P = Beban maksimum (kg)

A = Luas permukaan bidang desak (cm²)

Pada pengujian penyerapan air batako dilakukan dengan menggunakan 3 buah benda uji untuk setiap variasi campuran. Selanjutnya, dianalisis dengan menggunakan persamaan berikut.

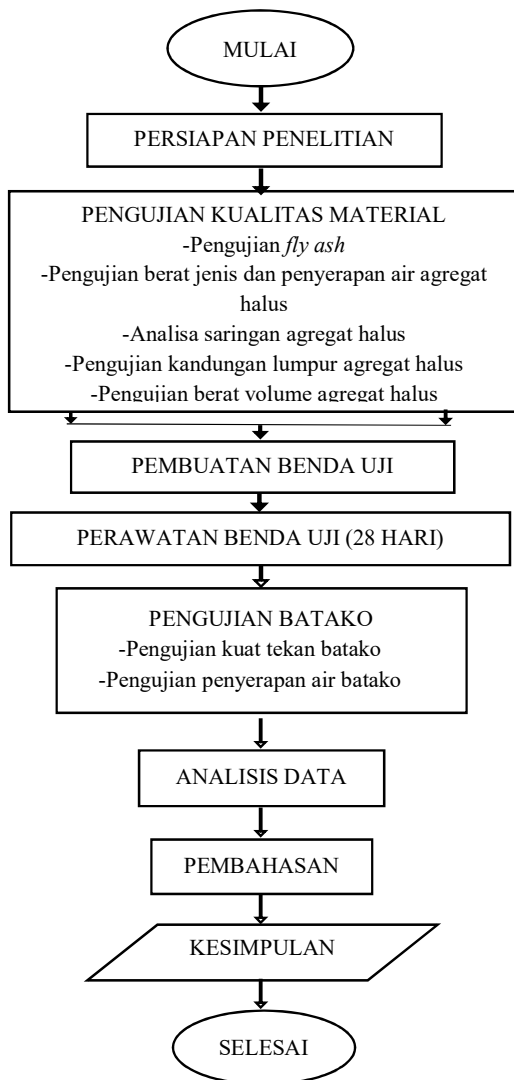
$$\text{penyerapan (\%)} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Ket:

A = Berat batako sebelum di oven (kg)

B = Berat batako setelah di oven (kg)

Untuk memudahkan, tahapan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

5. HASIL PENELITIAN

5.1 Pengujian Agregat Halus

Dari hasil pengujian agregat halus didapat nilai berat jenis jenuh kering muka sebesar 2,54, penyerapan air sebesar 4,97%, berat volume gembur sebesar 1,36 gr/cm³, dan berat volume padat sebesar 1,68 gr/cm³. Agregat halus yang digunakan tergolong kedalam daerah gradasi 2 (pasir agak kasar). Pada pengujian kandungan lumpur, kadar lumpur yang didapat awalnya lebih dari 5%, setelah itu agregat halus dicuci lalu dilakukan pengujian kandungan lumpur kembali dan didapatkan kadar lumpur agregat halus setelah dicuci sebesar 3,49%.

5.2 Pengujian Fly Ash

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini dibeli dari Toko Bangunan Agape di Bantul. Untuk mengetahui senyawa yang terkandung dalam fly ash, maka dilakukan pengujian dengan metode X-Ray Fluorescence (XRF) di Balai Konservasi Borobudur, Magelang. Hasil pengujian senyawa yang terkandung dalam fly ash dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Senyawa yang Terkandung dalam Fly Ash

Komposisi Kimia	Hasil Analisis (%)
CaO	11,55
MgO	4,97
Al ₂ O ₃	19,75
Fe ₂ O ₃	14,25
K ₂ O	1,21
TiO ₂	0,93
SiO ₂	47,08

Berdasarkan hasil pengujian dengan metode XRF tersebut, dapat diketahui bahwa fly ash yang digunakan termasuk kelas F, karena jumlah dari kadar senyawa kimiawi (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃) lebih dari 70% yaitu sebesar 81,08%. Penggolongan kelas tersebut diatur dalam ASTM C 618.

5.3 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan batako dilakukan ketika benda uji berumur 28 hari dengan 5 buah benda uji untuk setiap variasi campuran. Hasil pengujian kuat tekan batako dapat dilihat pada Tabel 4.

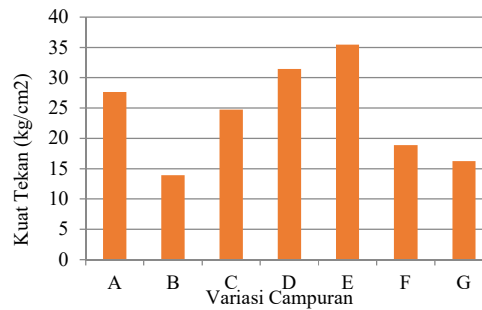
Tabel 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi	Kode	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rerata
		(kg/cm ²)	
Normal	A1	26,42	27,65
	A2	31,16	
	A3	28,38	
	A4	24,59	
	A5	27,73	
FA 0%	B1	13,85	13,96
	B2	15,19	
	B3	14,63	
	B4	11,75	
	B5	14,39	
FA 15%	C1	29,64	24,77
	C2	29,07	
	C3	17,54	
	C4	24,45	
	C5	23,17	
FA 20%	D1	35,97	31,44
	D2	25,67	
	D3	30,89	
	D4	38,60	
	D5	26,06	
FA 25%	E1	34,12	35,45
	E2	29,85	
	E3	41,40	
	E4	34,25	
	E5	37,63	
FA 30%	F1	16,47	18,91
	F2	18,32	
	F3	18,36	
	F4	18,84	
	F5	22,56	
FA 35%	G1	17,97	16,24
	G2	16,43	
	G3	13,92	
	G4	14,79	
	G5	18,09	

Ket:

FA = Fly Ash

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4 dapat dibuat grafik dengan sumbu x merupakan variasi campuran dan sumbu y merupakan kuat tekan benda uji. Hasil plotting dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Hubungan Variasi Campuran vs Kuat Tekan

Dari hasil pengujian, diperoleh nilai kuat tekan batako tertinggi ada pada campuran variasi E dengan nilai kuat tekan rata-rata 35,45 kg/cm² dan nilai kuat tekan terendah ada pada variasi B dengan nilai kuat tekan rata-rata 13,96 kg/cm². Berdasarkan SNI 03-0349-1989 hasil uji kuat tekan batako variasi A telah memenuhi persyaratan kuat tekan rata-rata minimum yaitu sebesar 25 kg/cm². Sedangkan pada batako variasi B tidak memenuhi persyaratan. Pada batako variasi C, D, dan E mengalami kenaikan kuat tekan yaitu berturut-turut sebesar 24,77 kg/cm², 31,44 kg/cm², dan 35,35 kg/cm². Kemudian mengalami penurunan kuat tekan kembali pada batako variasi F dan G yaitu sebesar 18,91 kg/cm² dan 16,24 kg/cm². Hasil uji kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa batako variasi A, D dan E telah memenuhi persyaratan sedangkan batako variasi B, C, F, dan G tidak memenuhi persyaratan.

Pengaruh penambahan serbuk kayu pada batako normal ditinjau dari kekuatan tekannya diuraikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu pada Batako Normal Terhadap Kuat Tekan

Kode	Kuat Tekan Batako (kg/cm ²)		Selisih (kg/cm ²)	Persentase Selisih (%)	Rerata (%)
	Normal (A)	Serbuk Kayu (B)			
	1	26,42	13,85	12,57	47,56
2	31,16	15,19	15,96	51,23	
3	28,38	14,63	13,74	48,44	
4	24,59	11,75	12,84	52,20	
5	27,73	14,39	13,34	48,11	

Berdasarkan Tabel 5, didapat penurunan kuat tekan batako normal dengan batako serbuk kayu pada variasi A1 dengan B1 sebesar 12,57

kg/cm², A2 dengan B2 sebesar 15,96 kg/cm², A3 dengan B3 sebesar 13,74 kg/cm², A4 dengan B4 sebesar 12,84 kg/cm², dan A5 dengan B5 sebesar 13,34 kg/cm², dengan masing-masing persentase penurunan berturut-turut sebesar 47,56%, 51,23%, 48,44%, 52,20%, dan 48,11%. Penambahan serbuk kayu pada batako mengakibatkan penurunan kuat tekan cukup jauh yang berkisar antara 47,56%-52,20%. Hal tersebut karena kayu memiliki cukup banyak pori dan berat jenis kayu yang sangat ringan (0,15-0,29) tidak sebanding dengan berat jenis pasir (2,5-2,7).

Atas dasar hal tersebut, digunakan *fly ash* sebagai bahan tambah pada campuran batako serbuk kayu yang hasilnya diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tekan pada batako agar sesuai dengan syarat yang diatur dalam SNI 03-0349-1989. Pengaruh penambahan *fly ash* pada batako serbuk kayu ditinjau dari kekuatan tekannya diuraikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Pengaruh Penambahan Fly Ash pada Batako Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan

Kode	Kuat Tekan Batako (kg/cm ²)		Selisih (kg/cm ²)	Persentase Selisih (%)	Rerata (%)
	Serbuk Kayu (B)	Serbuk Kayu + Fly Ash (C)			
1	13,85	29,64	15,78	53,26	41,48
2	15,19	29,07	13,88	47,74	
3	14,63	17,54	2,90	16,56	
4	11,75	24,45	12,70	51,94	
5	14,39	23,17	8,78	37,89	

Berdasarkan Tabel 6, didapat peningkatan kuat tekan batako serbuk kayu dengan batako serbuk kayu+*fly ash* pada variasi B1 dengan C1 sebesar 15,78 kg/cm², B2 dengan C2 sebesar 13,88 kg/cm², B3 dengan C3 sebesar 2,90 kg/cm², B4 dengan C4 sebesar 12,70 kg/cm², dan B5 dengan C5 sebesar 8,78 kg/cm², dengan masing-masing persentase peningkatan berturut-turut sebesar 53,26%, 47,74%, 16,56%, 51,94%, dan 37,89%. Penambahan *fly ash* pada batako serbuk kayu mengalami peningkatan kuat tekan cukup jauh dan variatif yang berkisar antara 16,56%-53,26%. Hal tersebut karena *fly ash* memiliki butiran yang sangat halus sehingga mampu mengisi pori di

dalam batako maupun pori yang terbentuk akibat penambahan serbuk kayu.

Fly ash memiliki butiran yang lebih halus dari semen sehingga akan mempengaruhi kuat tekan batako dan sifat pozzolan (SiO₂ dan Al₂O₃) dari *fly ash* akan bereaksi dengan hasil samping hidrasi semen Ca(OH)₂. Hasil samping hidrasi semen tersebut mulanya adalah senyawa yang tidak diinginkan, namun dengan adanya senyawa SiO₂ dan Al₂O₃, senyawa Ca(OH)₂ tersebut kemudian bereaksi menjadi senyawa yang diinginkan yaitu C₃S₂H₃. Dari proses kimia tersebut, dapat dilihat bahwa penambahan *fly ash* yang berlebihan mengakibatkan kuat tekan batako juga akan menurun karena hasil samping hidrasi semen yaitu Ca(OH)₂ sudah habis sehingga tidak dapat bereaksi lagi dengan pozzolan (SiO₂ dan Al₂O₃) yang masih tersisa. Kandungan pozzolan dari *fly ash* melebihi jumlah maksimum sehingga dapat menurunkan daya rekat semen terhadap campuran. Hal ini sesuai dengan pendapat Ratmayana (2002) dalam Pangestu (2011), yang mensyaratkan penggunaan abu terbang sebagai bahan bangunan yang paling baik adalah 20-30%.

5.4 Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air batako dilakukan dengan 3 buah benda uji untuk setiap variasi campuran. Pengujian ini perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh serbuk kayu dan *fly ash* terhadap kekedapan air pada batako, sehingga diharapkan dapat memenuhi standar SNI 03-0349-1989. Hasil pengujian kuat tekan batako dapat dilihat pada Tabel 7.

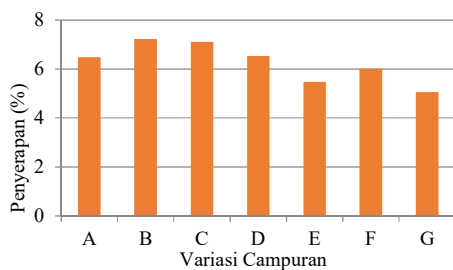
Tabel 7 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Variasi	Kode	Penyerapan(%)	Rerata(%)
Normal	A1	6,45	6,49
	A2	6,25	
	A3	6,77	
FA 0%	B1	5,15	7,22
	B2	9,38	
	B3	7,14	
FA 15%	C1	6,98	7,11
	C2	6,06	
	C3	8,30	
FA 20%	D1	8,63	6,54
	D2	5,83	
	D3	5,15	

Lanjutan Tabel 7 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Variasi	Kode	Penyerapan(%)	Rerata(%)
FA 25%	E1	4,39	5,48
	E2	4,96	
	E3	7,09	
FA 30%	F1	5,43	6,00
	F2	5,10	
	F3	7,48	
FA 35%	G1	4,25	5,06
	G2	5,43	
	G3	5,51	

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 7 dapat dibuat grafik dengan sumbu x merupakan variasi campuran dan sumbu y merupakan hasil pengujian penyerapan air batako. Hasil plotting dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Hubungan Variasi Campuran vs Penyerapan Air

Dari Gambar 4, diperoleh nilai penyerapan air seluruh variasi campuran memenuhi standar maksimum SNI 03-0349-1989 yaitu sebesar 25%. Nilai penyerapan air batako terendah ada pada campuran variasi E dengan nilai penyerapan air rata-rata 5,48% dan nilai penyerapan air paling tinggi ada pada variasi B dengan penyerapan air rata-rata 7,22%. Semakin kecil angka penyerapan air, maka semakin baik kualitas yang dihasilkan dari batako tersebut. Karena rongga yang ada di dalam batako berkurang sehingga batako menjadi lebih padat dan kekuatan batako bertambah.

Pada batako variasi A ke variasi B mengalami peningkatan penyerapan air. Penyerapan air pada variasi A sebesar 6,49% dan pada variasi B sebesar 7,22%. Kemudian setelah batako serbuk kayu ditambahkan *fly ash* pada variasi C, D, E, F, dan G penyerapan air pada batako mengalami penurunan. Bahkan pada variasi D,

E, F, dan G nilai penyerapan air lebih rendah dari batako normal (variasi A). Namun pada variasi F nilai penyerapan air mengalami peningkatan kembali menjadi 6,00%. Hal ini disebabkan karena *fly ash* yang digunakan terlalu banyak sehingga kandungan pozzolan dari *fly ash* tidak dapat bereaksi dengan hasil samping hidrasi semen.

Pengaruh penambahan serbuk kayu pada batako normal ditinjau dari penyerapan airnya diuraikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu pada Batako Normal Terhadap Penyerapan Air

Kode	Penyerapan Air (%)		Selisih (%)	Persentase Selisih (%)	Rerata (%)
	Normal (A)	Serbuk Kayu (B)			
1	6,45	5,15	1,30	20,10	19,57
2	6,25	9,38	3,13	33,33	
3	6,77	7,14	0,38	5,26	

Berdasarkan data dari Tabel 8, dapat dilihat penyerapan air per masing-masing benda uji pada variasi A dan B terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Hasil penyerapan air pada variasi A menunjukkan nilai penyerapan yang seragam yaitu pada variasi A1 sebesar 6,45%, variasi A2 sebesar 6,25%, dan variasi A3 sebesar 6,77%. Sedangkan penyerapan air pada variasi B, nilai penyerapan yang didapat cukup variatif yaitu pada variasi B1 sebesar 5,15%, variasi B2 sebesar 9,38%, dan variasi B3 sebesar 7,14%. Hal ini disebabkan karena kayu memiliki sifat yang tidak seragam (heterogen).

Didapat angka selisih penyerapan air batako normal dengan batako serbuk kayu pada variasi A1 dengan B1 sebesar 1,30%, A2 dengan B2 sebesar 3,13%, dan A3 dengan B3 sebesar 0,38%, dengan masing-masing persentase selisih berturut-turut sebesar 20,10%, 33,33%, dan 5,26%. Penambahan serbuk kayu pada batako mengalami peningkatan penyerapan air rata-rata sebesar 19,57%. Hal tersebut karena serbuk kayu lebih mudah menyerap air daripada agregat halus, sehingga saat agregat halus diganti dengan serbuk kayu penyerapan air meningkat.

Setelah batako serbuk kayu ditambahkan *fly ash* dalam campurannya, penyerapan air pada

batako semakin menurun. Pengaruh penambahan *fly ash* pada batako serbuk kayu ditinjau dari penyerapan airnya diuraikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Pengaruh Penambahan *Fly Ash* pada Batako Serbuk Kayu Terhadap Penyerapan Air

Kode	Penyerapan Air (%)		Selisih (%)	Persentase Selisih (%)	Rerata (%)
	Serbuk Kayu (B)	Serbuk Kayu + <i>Fly Ash</i> (C)			
1	5,15	6,98	1,82	26,12	25,14
2	9,38	6,06	3,31	35,35	
3	7,14	8,30	1,16	13,95	

Hasil penyerapan air pada variasi C menunjukkan nilai yang cukup seragam yaitu pada variasi C1 sebesar 6,98%, variasi C2 sebesar 6,06%, dan variasi C3 sebesar 8,30%.

Berdasarkan data dari Tabel 9, didapat selisih penyerapan air batako serbuk kayu dengan batako serbuk kayu+*fly ash* pada variasi B1 dengan C1 sebesar 1,82 %, B2 dengan C2 sebesar 3,31%, dan B3 dengan C3 sebesar 1,16%, dengan masing-masing persentase selisih berturut-turut sebesar 26,12%, 35,35%, dan 13,95%. Penambahan *fly ash* pada batako serbuk kayu mengalami penurunan penyerapan air rata-rata sebesar 25,14%. Hal ini disebabkan karena butiran *fly ash* yang sangat halus sehingga dapat mengisi rongga udara dalam batako. Rongga udara sendiri merupakan pintu masuk air ke dalam batako. Semakin banyak rongga udara maka semakin banyak pula air yang masuk ke dalam batako.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kuat tekan rata-rata tertinggi ada pada variasi E dengan nilai 35,45 kg/cm² dan nilai kuat tekan terendah ada pada variasi B dengan nilai kuat tekan rata-rata 13,96 kg/cm². Penambahan serbuk kayu pada batako mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan batako. Sedangkan penambahan *fly ash* dengan persentase tertentu dapat meningkatkan kuat tekan batako.

2. Penyerapan air rata-rata terendah ada pada variasi E yaitu sebesar 5,48% dan nilai penyerapan tertinggi ada pada variasi B dengan nilai penyerapan rata-rata sebesar 7,22%. Penyerapan air batako meningkat setelah ditambahkan serbuk kayu dalam campurannya. Kemudian setelah batako serbuk kayu ditambahkan *fly ash* pada campurannya penyerapan air pada batako mengalami penurunan kembali.
3. Campuran batako optimum yang memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989 didapat pada campuran dengan variasi E (1PPC:5PS:2SK + FA25%) dengan nilai kuat tekan sebesar 35,45 kg/cm² dan penyerapan air sebesar 5,48%.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini, pemadatan dilakukan secara manual. Untuk pemadatan benda uji pada penelitian selanjutnya disarankan dengan menggunakan mesin *press* agar batako menjadi lebih padat.
2. Pada saat pembuatan benda uji agar dibuat sesimetris mungkin agar didapatkan data pengujian yang lebih valid.
3. Pada penelitian selanjutnya agar dapat mengembangkan penelitian ini terhadap pengaplikasian penambahan serbuk kayu untuk material bangunan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 618-93. *Standart Test Method for Fly Ash and Row or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Pozzolan Cement Concrete*. American Society for Testing of Concrete. 1991.
- Listikaningrum, F. 2016. Inovasi Dinding Batako dengan Penambahan Serbuk Kayu Sebagai Agregat. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Pangestu, E.K. 2011. Penambahan Limbah Abu Batubara Pada Batako Ditinjau Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air.

- Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*. Vol. 13 No. 2: 161-168. Semarang.
- Prihandini, F.D.A. 2012. Kayu Laminasi Asimetris Sebagai Komponen Dinding Sekat. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pujiyanto, A. 2010. Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah *Superplastisizer* dan *Fly Ash*. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*. Vol.13 No.2: 171-180. Bantul.
- Saifuddin, M.I., Bambang, E., dan Khairul, F. 2013. Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton. Penelitian. Universitas Pasir Pengaraian. Riau.
- Standar Nasional Indonesia. 1989. SNI 03-0349-1989 *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. Badan Standar Nasional. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 2002. SNI 03-6820-2002 *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen*. Badan Standar Nasional. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. SNI 15-0302-2004 *Semen Portland Pozolan*. Badan Standar Nasional. Bandung.
- Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit. Yogyakarta.