



PEMANFAATAN FLY ASH PLTU SEBAGAI AGREGAT DALAM PEMBUATAN BATAKO

Aldi Agus Setiawan^{1*}, Muhammad Busyairi², Dyah Wahyu Wijayanti³

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda

Telp: 0541-736834, Fax: 0541-749315

*Email : aldiagussetiawan@gmail.com

Abstrak

Penggunaan batubara sebagai bahan bakar pada industri pembangkitan listrik tenaga uap menghasilkan limbah B3 berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Kandungan silika dan kapur pada *fly ash* yang cukup tinggi berpotensi dapat digunakan sebagai bahan campuran konstruksi bangunan. Salah satu alternatif adalah pembuatan batako dengan menggunakan *fly ash* dinilai dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Penelitian ini menggunakan bahan tambahan *fly ash* (*abu terbang*) yang telah dilakukan pengujian kandungan senyawa pozolanik dan lolos dari ayakan 200 mesh sebagai campuran dalam pembuatan batako pasangan dinding. Sesuai standar SNI 03-0345-1989, perbandingan semen dan pasir yang digunakan pada penelitian ini adalah 1 : 3. Komposisi tambahan yang digunakan adalah limbah *fly ash* dengan komposisi 5%; 10%; dan 15% dari 100% berat total batako dan dilakukan pembuatan batako tanpa tambahan *fly ash* (0%) sebagai variabel kontrol. Setelah pengeringan batako selama 28 hari, dilakukan pengujian fisik batako. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa parameter fisik dan pemanfaatan *fly ash*, komposisi optimal dalam pembuatan batako dengan bahan tambahan *fly ash* adalah batako dengan variabel C dengan komposisi 25% semen, 75% pasir dan penambahan 10% *fly ash* dari berat total batako.

Kata Kunci: Agregat, Batako, Fly ash

1. PENDAHULUAN

Kehadiran limbah dari kegiatan industri seringkali menjadi masalah bagi lingkungan karena berpotensi menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran logam berat atau senyawa toksin lainnya, baik dalam bentuk tersuspensi pada cairan hingga folatil di udara. Akan tetapi tidak semua limbah hasil kegiatan operasional pabrik tidak dapat digunakan. Salah satu contoh limbah yang dapat dimanfaatkan adalah *fly ash* dari hasil sisa pembakaran abu batubara. *Fly ash* dapat dikategorikan sebagai bahan yang bersifat pozolan. *Fly ash* merupakan limbah padat hasil pembakaran batubara yang paling banyak dihasilkan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

PT. Indo Pusaka Berau (PLTU Lati) adalah salah satu perusahaan yang ikut andil dalam usaha di bidang pembangkit listrik tenaga uap menjadi energi listrik yang didistribusikan listrik yang dibutuhkan masyarakat melalui jaringan listrik yang terdapat di wilayah Kabupaten Berau. PLTU merupakan pembangkit listrik yang mengandalkan energi dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan bahan bakar batubara, minyak dan gas sebagai sumber energi primer. PLTU Lati yang berada di Kabupaten Berau menggunakan bahan bakar berupa batubara.

Besarnya jumlah limbah *fly ash* yang diperoleh dari pembakaran batubara sebagai bahan bakar utama pada pembangkit listrik tenaga uap dapat menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan. *Fly ash* hasil dari pembakaran batubara dibuang ke lingkungan sebagai timbunan. *Fly ash* dari sisa pembakaran batubara dikategorikan sebagai limbah B3. *Fly ash* merupakan debu yang dihasilkan dari emisi alat pengendalian pencemaran udara sehingga pada peraturan yang berlaku, *fly ash* tergolong dalam kategori bahaya tingkat II (Peraturan Pemerintah No. 101/2014). Proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) menghasilkan dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Komposisi abu batubara yang dihasilkan terdiri dari 10

– 20% abu dasar, sedangkan sisanya sekitar 80 – 90 % berupa abu terbang. Beberapa logam berat juga terkandung dalam abu batubara seperti Cu, Pb, Zn, Cd, dan Cr (Misbachul, 2008). *Fly ash* dan *bottom ash* ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara dan perairan maupun penurunan kualitas ekosistem.

Pemanfaatan limbah abu terbang batubara menjadi suatu produk merupakan salah cara dalam mengatasi limbah yang dihasilkan. Pemanfaatan limbah B3 adalah kegiatan penggunaan kembali (*reuse*) dan/atau daur ulang (*recycle*) dan/atau perolehan kembali (*recovery*) yang bertujuan untuk mengubah limbah B3 menjadi produk yang dapat digunakan dan juga harus aman bagi lingkungan (Peraturan Pemerintah No. 101/2014). Selain itu dengan pemanfaatan limbah B3 sekaligus dapat mengurangi limbah B3, penghematan sumber daya alam dan meminimalkan potensi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, dalam penelitian ini akan melakukan penerapan aplikasi pemanfaatan limbah *fly ash* dari pengolahan air di PLTU Lati menjadi bahan material yang dapat digunakan dalam pembuatan batako. Pemanfaatan limbah *fly ash* sebagai bahan tambahan pembuatan bata beton merupakan salah satu alternatif yang dapat diaplikasikan. Penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan *fly ash* menjadi bahan tambah dari agregat dengan komposisi bahan campuran pembuatan batako, sehingga didapatkan komposisi yang optimal dan dilakukan pengujian terhadap bentuk fisik, daya serap air dan kuat tekan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel di PLTU yang berada di PT. Indo Pusaka Berau (PLTU Lati) Kampung Sembakungan, Kecamatan Gunung Tabur, Kabupaten Berau. Sedangkan untuk proses pembuatan batako dilakukan di pabrik pembuatan batako di Jalan Pinang Seribu, Kelurahan Sempaja Utara, Kecamatan Samarinda Utara, Kota Samarinda. Pengujian kuat tekan dan daya serap air dilakukan di Laboratorium Rekaya Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda. Pengujian kadar toksisitas (TCLP) dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah UPT. PUSREHUT Universitas Mulawarman.

2.2 Tahap Persiapan

2.2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat salah satunya cetakan yang terbuat dari besi dengan ukuran 30 cm x 13,5 cm x 7,8 cm ($p \times l \times t$), mesin *press*, timbangan *digital*, spatula, ayakan No. 50 (0,075 mm/75 μ m) dan sekop tangan. Sedangkan bahan yang akan digunakan diantaranya adalah air, semen *Portland*, pasir dan *fly ash*.

2.2.2 Uji Kandungan Senyawa Pozolanik

Pengujian karakteristik yang dimaksudkan adalah untuk mengetahui kandungan unsur mineral berupa silika (Si) dan kalsium (Ca) pada bahan yang dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam pembuatan bata beton atau batako.

2.3 Tahap Percobaan

2.3.1 Variabel Bebas

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan empat variasi batako yang terdiri dari batako dengan kode A, B, C dan D. Pada variasi dengan kode tersebut, bahan yang digunakan terdiri dari abu terbang (*fly ash*), pasir dan semen. Komposisi semen dan pasir yang digunakan pada setiap variabel batako adalah sama, yaitu sebesar 25% dan 75%. Batako dengan variabel A tidak diberi tambahan *fly ash* karena batako terserbut dijadikan sebagai variabel kontrol. Sedangkan batako dengan variabel B, C, dan D masing-masing diberi tambahan *fly ash* sebesar 5%, 10% dan 15%.

Selain itu juga dilakukan pembuatan batako tanpa tambahan *fly ash* (0%) sebagai variabel kontrol. Komposisi bahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Persentase Bahan Limbah *Fly Ash* , Pasir dan Semen

Batako	Semen	Pasir	Limbah <i>Fly ash</i>
A	25%	75%	0%
B	25%	75%	5%
C	25%	75%	10%
D	25%	75%	15%

Dalam pembuatan batako dengan campuran *fly ash* sebagai agregat tambahan dilakukan dengan membuat 5 sampel pada masing-masing variabel. Digunakan 3 sampel untuk pengujian fisik (SNI 03-0349-1989), 1 sampel untuk pengujian toksisitas (US-EPA) dan 1 sampel sebagai cadangan apabila terdapat batako yang rusak pada proses pengangkutan. Pembuatan satu buah batako membutuhkan campuran 1,25 kg semen dan 3,75 kg pasir dari estimasi berat bersih satu buah batako yaitu 5 kg/batako.

Variabel komposisi batako dengan tambahan agregat *fly ash* dengan satuan massa komposisi semen dan pasir tetap, yaitu 7 kg semen dan 21 kg pasir. Komposisi tambahan yang digunakan adalah limbah *fly ash* dengan komposisi 1,4 kg; 2,8 kg; dan 4,2 kg. Selain itu juga dilakukan pembuatan batako tanpa tambahan *fly ash* (0%) sebagai variabel kontrol. Komposisi satuan massa (kg) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Satuan Massa Bahan Limbah *Fly ash* , Pasir, dan Semen

Batako	Semen	Pasir	Limbah <i>Fly ash</i>
A	7 kg	21 kg	0 kg
B	7 kg	21 kg	1,4 kg
C	7 kg	21 kg	2,8 kg
D	7 kg	21 kg	4,2 kg

2.3.2 Variabel Terikat

Adapun variabel terikat dari penelitian ini adalah bentuk fisik batako, daya serap terhadap air, kuat tekan batako (SNI 03-0349-1989) Tentang Batako Pasangan Dinding.

2.3.3 Pembuatan Batako

Dalam tahap penelitian ini akan dibuat batako dengan 4 komposisi. Masing-masing setiap komposisi terdapat 3 buah batako sehingga jumlah batako yang akan dibuat sebanyak 12 buah. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian mutu bata beton yang mengacu pada SNI 03-0349-1989. Proses yang akan dilakukan untuk membuat batako adalah sebagai berikut:

1. Dipersiapkan perkakas, peralatan, dan material.
2. Ditimbang sejumlah pasir, semen, dan *fly ash* sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan.
3. Dicampur ketiga bahan tersebut dan beri air secukupnya. Pencampuran dilakukan secara manual dan tidak teputus selama ± 5 menit hingga semua bahan terlihat homogen.
4. Diperiksa adonan beton dengan cara ambil segenggam adonan dan bentuk seperti bola kecil. Jika bola tersebut tidak retak, dan tangan sedikit basah, adukan siap untuk dicetak.
5. Dimasukkan adonan batako kedalam cetakan.

6. Padatkan batako dengan menggunakan mesin *press* selama ± 3 menit.
7. Lepaskan cetakan dan batako siap untuk dikeringkan selama 28 hari.

2.4 Tahap Pengujian

Tahap pengujian penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman. Kemudian dilanjutkan dengan pendekatan analisis yang menekankan pada pengujian akhir. Pengukuran variabel penelitian menggunakan angka serta melakukan analisis data sesuai dengan SNI 03-0349-1989.

2.4.1 Pengujian Daya Serap Air

Adapun langkah-langkah dalam pengujian daya serap air menurut SNI 03-0349-1989 sebagai berikut:

1. Masukkan benda uji dalam keadaan utuh direndam didalam air hingga jenuh selama 24 jam, ditimbang beratnya dalam keadaan basah.
2. Dilakukan pengovenan selama 24 jam pada suhu kamar kurang lebih 105°C sampai beratnya pada penimbangan dua kali tidak lebih dari 0,2%.
3. Daya serap air dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan,

A = Berat batako basah

B = Berat batako kering

4. Dicatat nilai daya serap yang diperoleh dan sesuaikan dengan SNI 03-0349-1989

2.4.2 Pengujian Kuat Tekan

Uji kuat tekan adalah uji kekuatan bahan jika digunakan untuk menahan beban dalam konstruksi tertekan. Langkah yang dilakukan adalah:

1. Dipersiapkan bahan yang akan di uji.
2. Diletakkan bahan yang akan di uji ke dalam alat mesin kuat tekan.
3. Dinyalakan mesin uji kuat tekan, hingga jarum yang berada pada layar mesin mengarah naik dan perhatikan bahan yang akan di uji akan hancur atau tidak.
4. Dilihat angka yang tertinggi pada mesin uji kuat tekan.
5. Dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$F = \frac{P_{maks}}{A} \quad (2)$$

Keterangan :

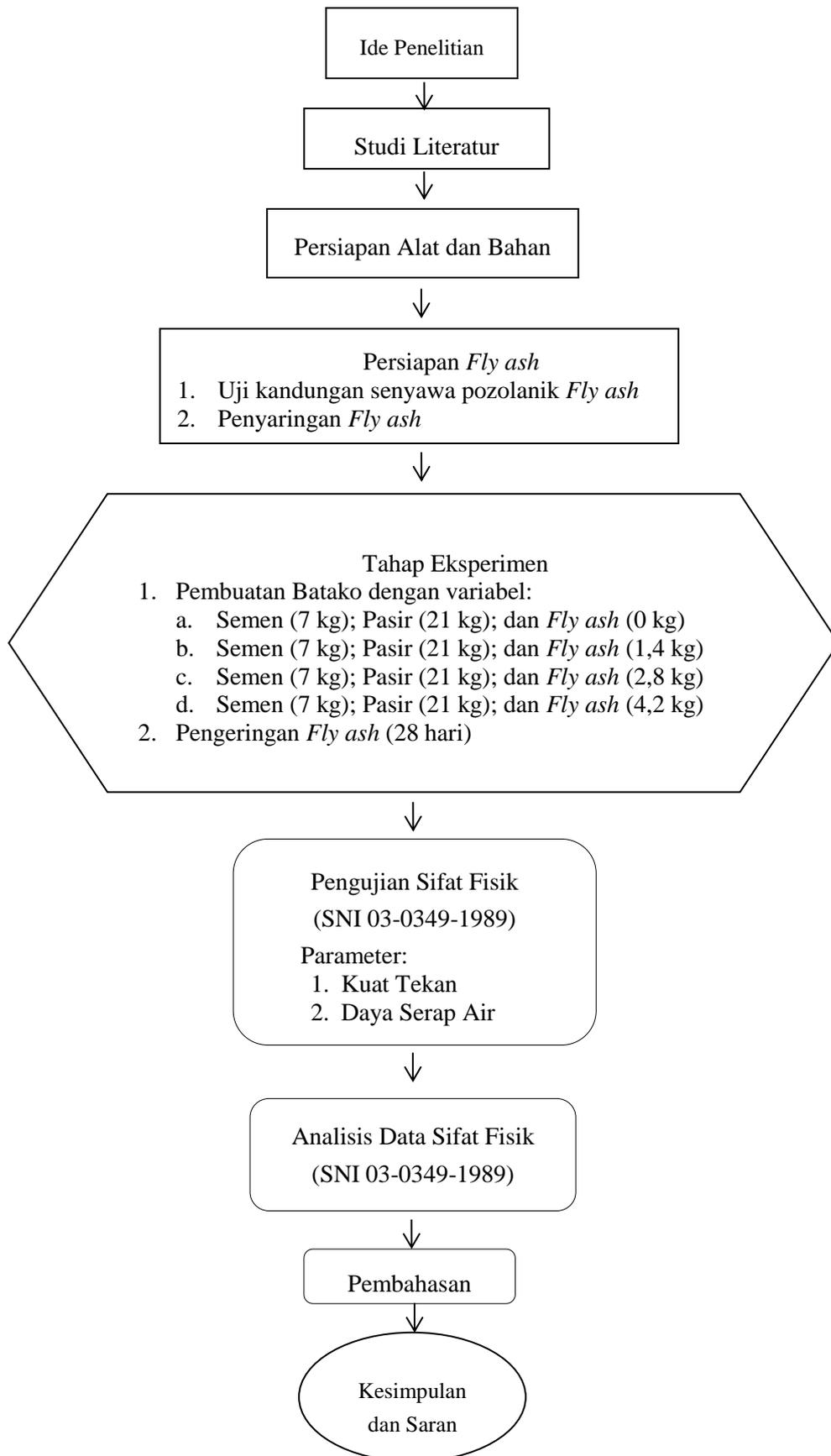
F = Kuat tekan (N/mm^2)

P_{maks} = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas permukaan yang diuji (mm^2)

6. Dicatat nilai kuat tekan yang diperoleh dan sesuaikan dengan SNI 03-0349-1989

2.5. Diagram Alir Proses Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan membuat batako menggunakan cetakan berukuran 30 cm x 13,5 cm x 7,8 cm ($p \times l \times t$) yang akan digunakan sebagai sampel eksperimen untuk dilakukan pengujian. Cetakan batako memiliki bentuk balok dengan desain alur berbentuk prisma segitiga di bagian tengah sisi batako. Untuk melakukan uji daya serap air batako yang digunakan merupakan batako yang masih utuh, sedangkan untuk melakukan uji kuat tekan bidang batako dibagi dua untuk menyesuaikan ukuran dari alat uji yang memiliki bidang tekan sebesar 15 cm x 13,5 cm.

Penambahan *fly ash* sebagai agregat batako pada penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan hasil produksi batako yang kemudian akan dilakukan analisis karakteristik dari batako tersebut. Karakteristik *fly ash* menyerupai semen yang memiliki sifat pengisi dan merekatkan karena *fly ash* mengandung silika dan kalsium. Namun kandungan silika dan kalsium pada *fly ash* yang lebih rendah dari semen. Semakin *fly ash* ditambahkan pada campuran batako dapat menurunkan kekuatan tekan pada batako, hal ini disebabkan karena melemahnya ikatan antara atom yang terkandung dalam agregat. Selain itu, karena sifat *fly ash* yang mudah menyerap air akan berpengaruh seiring bertambahannya konsentrasi penambahan *fly ash* pada batako menyebabkan daya serap air yang semakin tinggi.

3.1 Analisis Hasil Penelitian

3.1.1 Karakteristik Senyawa Pozolanik Fly Ash PLTU Lati

Berdasarkan hasil uji karakteristik sampel *fly ash* yang diperoleh pada *ash lagoon* PLTU Lati, memiliki kandungan Silika (SiO_2) yang berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) dan Kalsium (CaO) yang berfungsi sebagai perekat/pengikat. Menurut Misbachul (2008), tingkat konsentrasi senyawa silika (SiO_2) dan kalsium (CaO) merupakan kandungan yang sekaligus menjadi parameter yang paling utama untuk menentukan kualitas beton. Tinggi rendahnya kandungan silika (SiO_2) dan kalsium (CaO) berdasarkan pada kualitas batubara yang digunakan sebagai bahan bakar PLTU.

Tabel 3. Hasil Uji Kandungan Silika dan Kalsium pada *Fly Ash* PLTU Lati

Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Uji
Silika (SiO_2)	%	13,2	ASTM D3682 – 01(2013)
Kalsium (CaO)	%	16,7	ASTM D3682 – 01(2013)

3.1.2 Analisis Pandangan Luar Batako

Analisis pandangan luar batako dilakukan dengan mengamati bentuk fisik dari batako yang dapat dilihat dengan kasat mata. Syarat mutu pandangan luar batako dilihat berdasarkan standar mutu SNI 03-0349-1989, yaitu memiliki bidang permukaan harus tidak cacat, bentuk permukaan lain yang didesain diperbolehkan, rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain dan sudut rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan. Kualitas pandangan luar seluruh variabel batako memenuhi syarat pandangan luar.

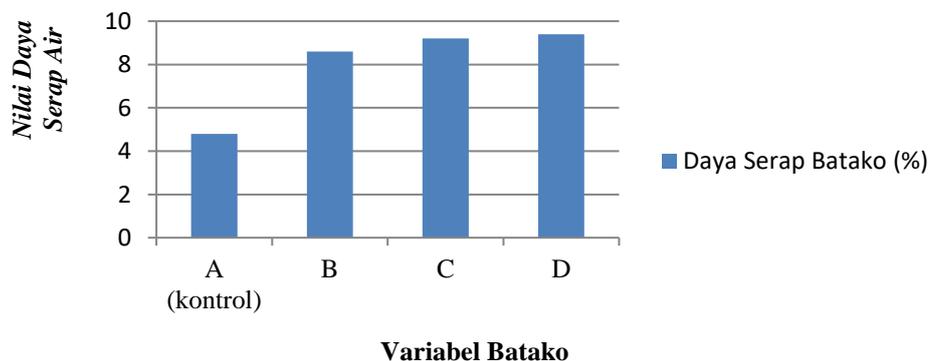
3.1.3 Analisis Daya Serap Air Batako

Analisis daya serap air batako dilakukan dengan merendam batako yang telah dikering anginkan selama 28 hari. Untuk merendam batako memerlukan sebuah wadah yang berisi air dengan volume yang cukup untuk merendam seluruh permukaan batako. Berat basah dan berat kering batako diperoleh melalui proses penimbangan menggunakan neraca berat dengan akurasi 0,001 kg atau 1 gram. Data berat basah dan berat kering yang diperoleh dari penimbangan batako dalam keadaan utuh tersebut kemudian dilakukan perhitungan presentase penyerapan air pada masing-masing batako, kemudian rata-rata daya serap air sesuai dengan SNI 03-0349-1989. Perendaman batako pada wadah dilakukan hingga batako mencapai titik jenuh untuk menyerap air yaitu kurang lebih selama 24 jam.

Tabel 4. Hasil Uji Daya Serap Air Batako

Kode Batako	Konsentrasi Penambahan <i>Fly Ash</i> (%)	Pengulangan	Daya Serap Batako (%)	Daya Serap Rata-rata Batako (%)	Standar Maksimal Tingkat Mutu Batako Berdasarkan SNI 03-0349-1989 (%)	Mutu Batako Berdasarkan SNI 03-0349-1989
A (Kontrol)	0	1	4,54	4,8	25	Mutu I
		2	3,99			
		3	6,07			
B	5	1	8,9	8,6	25	Mutu I
		2	9,06			
		3	8,12			
C	10	1	8,7	9,2	25	Mutu I
		2	11,7			
		3	7,4			
D	15	1	9,1	9,4	25	Mutu I
		2	8,7			
		3	7,4			

Dari semua hasil uji daya serap air pada batako, batako A, B, C dan D masuk ke dalam kategori mutu I yang mempunyai standar maksimal penyerapan air sebesar 25%. Adapun grafik hasil analisa dari pengujian daya serap air batako dengan bahan tambahan *fly ash* adalah sebagai berikut. Berdasarkan hasil pengujian daya serap air diperoleh hasil pengujian yang terbaik pada batako *fly ash* variabel B. Dengan hasil uji daya serap sebesar 8,6%, terdapat penurunan nilai kuat tekan dari batako kontrol. Namun, batako B masih berada di bawah standar baku mutu SNI 03-0349-1989.



Gambar 2. Grafik Penurunan Kualitas Daya Serap Air Batako

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa hasil daya serap air pada setiap variabel batako mengalami kenaikan, dikarenakan adanya perbedaan perbandingan konsentrasi campuran bahan semen, pasir dan *fly ash*. Semakin kecil jumlah *fly ash* yang ditambahkan sebagai bahan campuran

maka semakin kecil nilai daya serap air pada batako. Menurut Nugraha *et al* (2007), semakin kecil kemampuan bata beton atau batako dalam penyerapan air maka semakin bagus pula mutu batako tersebut. Pada penelitian ini, besar kecilnya daya serap terhadap air pada batako dipengaruhi oleh konsentrasi penambahan *fly ash* terhadap bahan utama yaitu semen dan pasir. Semakin banyak jumlah *fly ash* yang ditambahkan pada bahan utama pembuat batako, maka semakin tinggi nilai daya serap air pada batako dan juga besar kecilnya nilai penyerapan air dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga yang terdapat pada batako.

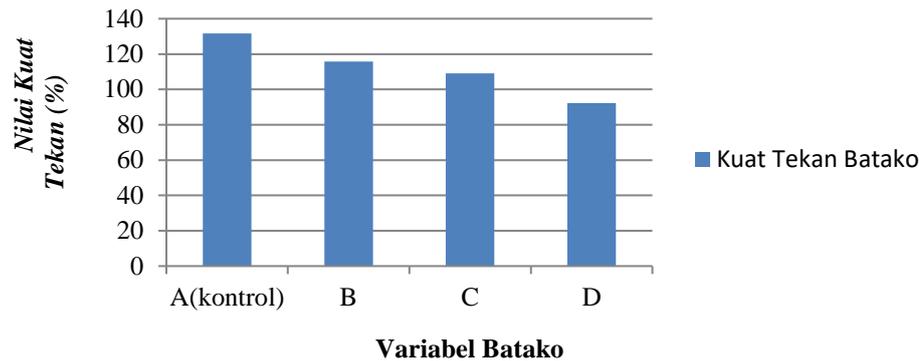
3.1.4 Analisis Kuat Tekan Batako

Untuk mengukur nilai kuat tekan batako pasangan dinding berdasarkan SNI 03-0345-1989, yaitu dengan cara dihitung dengan membagi beban maksimum batako pada saat benda uji hancur, dengan luas bidang tekan bruto, dinyatakan dalam kg/cm^2 . Adapun hasil pengujian kuat tekan batako dengan penambahan *fly ash* adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan Batako

Kode Batako	Konsentrasi Penambahan <i>Fly Ash</i> (kg/cm^3)	Pengulangan	Kuat Tekan Batako (kg/cm^3)	Kuat Tekan Rata-rata Batako (kg/cm^3)	Standar Maksimal Tingkat Mutu Batako Berdasarkan SNI 03-0345-1989 (kg/cm^3)	Mutu Batako Berdasarkan SNI 03-0345-1989
A (kontrol)	0	1	133,3	131,7	100	Mutu I
		2	130,9			
		3	130,9			
B	5	1	118,3	115,8	100	Mutu I
		2	115,8			
		3	113,3			
C	10	1	108,2	109	100	Mutu I
		2	108,2			
		3	110,7			
D	15	1	93,1	92,2	70	Mutu II
		2	88,1			
		3	95,6			

Hasil yang diperoleh menunjukkan batako A, B dan C masuk ke dalam mutu I dengan standar minimum nilai kuat tekan sebesar 100 kg/cm^2 , sedangkan batako D masuk ke dalam mutu II dengan standar minimum nilai kuat tekan sebesar 70 kg/cm^2 . Dalam penelitian ini, semakin banyak *fly ash* yang ditambahkan sebagai agregat tambahan dalam pembuatan batako, maka kuat tekannya akan semakin berkurang namun masih sesuai dengan standar baku mutu batako I dan II sesuai dengan SNI 03-0345-1989. Adapun hasil analisa kuat tekan batako dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3. Grafik Penurunan Kualitas Kuat Tekan Batako

Pada penelitian batako dengan penambahan *fly ash* pada variabel B dan C masih memenuhi mutu I SNI 03-0349-1989 bawah atap. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin menurunnya nilai kuat tekan batako dipengaruhi oleh semakin banyaknya penambahan *fly ash*. Menurut Misbachul (2008), penurunan nilai kuat tekan tidak dipengaruhi oleh kandungan logam berat yang ada pada *fly ash*. Menurut Misbachul (2008), penurunan nilai kuat tekan batako tidak dipengaruhi oleh kandungan logam berat yang terdapat pada bahan tambahan *fly ash*. (minimal 100 kg/cm^2) dan dapat digunakan sebagai konstruksi luar atap, sedangkan batako dengan penambahan *fly ash* pada variabel D memenuhi baku mutu II SNI 03-0349-1989 (minimal 70 kg/cm^2) dan dapat digunakan sebagai konstruksi

Menurut Ristinah *et al* (2013), dalam penelitiannya, salah satu penyebab terjadinya penurunan nilai kuat tekan batako karena kurangnya kemampuan agregat tambahan dalam merekatkan lebih rendah dari semen, selain itu dengan penambahan *fly ash* menyebabkan semen harus merekatkan lebih banyak agregat sehingga daya rekat semen berkurang. Kurangnya kemampuan semen mengakibatkan kepadatan batako berkurang, kepadatan yang berkurang ini disebabkan oleh proses hidrasi air dan semen. Menurut Mulyono (2005), proses hidrasi semen adalah proses pada saat semen dan air saling berinteraksi. Proses ini membentuk suatu rangkaian tiga dimensi yang saling melekat secara acak dan sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang ditempati air dan membeku serta mengeras sehingga mempunyai kekuatan tertentu.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian komposisi yang optimal dalam pembuatan batako dengan bahan tambahan berupa abu terbang (*fly ash*) yang ditinjau dari segi parameter fisik dan pemanfaatan *fly ash* adalah batako variabel C dengan komposisi 25% semen dan 75% pasir dengan penambahan 10% *fly ash* dari berat total batako. Batako variabel C memiliki pandangan luar dengan permukaan cukup halus dan padat, rusuk siku satu terhadap yang lainnya tidak mudah dirapikan dengan kekuatan jari tangan. Batako ini memiliki pori kecil karena kekuatan semen, pasir dan ukuran *fly ash* yang sangat kecil mampu mengisi pori-pori pada batako. Batako variabel B memiliki nilai daya serap air dan nilai kuat tekan termasuk dalam mutu I pada SNI 03-0349-1989 dengan nilai sebesar 9,2% dan 109 kg/cm^2 .

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2004. Kimia Lingkungan. Edisi 1. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Cahyono Setiyo Daru dan Rohman Khoolilur Rosyid. 2013. Pemanfaatan Limbah Asbes Untuk Pembuatan Batako. Jurnal Teknik Sipil Universitas Merdeka Madiun. Madiun.
- Darmono, 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran (Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam). Universitas Indonesia Press. Jakarta.



- Mardiono, 2012, Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dalam Beton Mutu Tinggi. Jurnal Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Misbachul Munir. 2008. Pemanfaatan fly ash abu batu bara untuk hollow block yang bermutu dan aman bagi lingkungan. Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang.
- Mulyono T. 2005. Teknologi Beton. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Phengharsa Arnold, et al. 2013. Pembuatan Batako dengan Memanfaatkan Campuran Fly Ash dan Lumpur Sidoarjo Dengan Kadar Yang Tinggi. Jurnal Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Ristinah, et al. 2013. Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Batako Terhadap Kuat Tekan Batako. Jurnal Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang
- Sihombing, Berlian. 2009. Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan yang Dibuat dari *Sludge* (Limbah Padat) Industri Kertas-Semen (Tesis). Program Studi Magister Fisika Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan
- Soemirat, Juli. 2005. Toksikologi Lingkungan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sukandarrumidi. 2008. Batubara Gambut. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sukandarrumidi. 2009. Batubara dan Pemanfaatannya. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.