

PENGARUH FLY ASH DAN BOTTOM ASH (FABA) PLTU SEBAGAI CAMPURAN PAVING BLOK DITINJAU TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR

The Effect of Fly Ash and Bottom Ash (FABA) as A Paving Block Mixture is Reviewed on Compressive Strength and Water Absorption

Endah Kanti Pangestuti^{*)}, Praba Bagaskara, Fadhila Rizqina Heriyanto
Program Studi Teknik Sipil/Jurusan Teknik Sipil/Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang,
Indonesia, Gunungpati, Semarang 50229

^{*)}Korespondensi: endahkp@mail.unnes.ac.id

ABSTRAK

PLTU Tanjung Jati-B Jepara menghasilkan limbah dari hasil pembakaran batubara berupa fly ash dan bottom ash. Penumpukan limbah tersebut akan menimbulkan banyak masalah lain, sehingga diperlukan inovasi untuk mengubahnya menjadi bahan bernilai tambah. Salah satunya adalah dengan menjadikan fly ash dan bottom ash menjadi bahan campuran untuk pembuatan paving blok. Tujuan dari penelitian adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan material FABA pada paving blok ditinjau terhadap kuat tekan dan daya serap air serta pemanfaatannya. Paving blok dengan material fly ash dan bottom ash akan menggunakan perbandingan campuran bahan 1:3 Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan fly ash dan bottom ash menghasilkan paving blok mutu B dengan nilai kuat tekan 18,73 MPa pada mix design (1 S : 3 BA) dan paving blok mutu C dengan daya serap air 7,5% pada mix design dan ((0,5 S : 0,5 FA): 3 BA). Paving blok dapat dimanfaatkan untuk tempat parkir, pejalan kaki dan taman.

Kata kunci: Fly ash, Bottom ash, Paving blok, Kuat tekan, Daya serap air

ABSTRACT

PLTU Tanjung Jati-B Jepara produces waste from coal combustion in the form of fly ash and bottom ash. The accumulation of waste will cause many other problems, so innovation is needed to turn it into value-added materials. One of them is to make fly ash and bottom ash into a mixture for making paving blocks. The aim of the research is to analyze the effect of adding FABA material to paving blocks in terms of compressive strength and water absorption capacity and its utilization. In making paving blocks with fly ash and bottom ash materials will use a mixture of materials 1: 3. The results showed that the use of fly ash and bottom ash can produce quality B paving blocks with compressive strength values of 18.73 MPa in mix design (1 S : 3 BA) and quality C paving blocks with 7.5% water absorption in mix design and ((0.5 S : 0.5 FA): 3 BA). Paving block can be used for parking area, pedestrians and parks.

Keywords: Fly ash, Bottom ash, Paving blok, Compressive strength, Water absorption

PENDAHULUAN

PLTU Tanjung Jati-B Jepara adalah salah satu pembangkit listrik yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. Prinsip operasinya adalah menggunakan uap yang dihasilkan dari pembakaran batu bara untuk menjalankan turbin uap dan generator listrik [1]. Dari proses pembakaran batubara terbentuk pula limbah padat yang berupa *fly ash* dan *bottom ash*.

Volume *fly ash* dan *bottom ash* berlebihan yang dihasilkan juga menimbulkan masalah lain, karena membutuhkan banyak ruang sebagai tempat penimbunan abu. Abu harus didaur ulang menjadi bahan yang berguna untuk mengurangi jumlah limbah. Dibutuhkan inovasi untuk mengubah abu ini menjadi bahan bernilai tambah [2].

Saat ini di Indonesia, pemerintah sedang gencar dalam melakukan pembangunan infrastruktur. Salah satunya adalah pembangunan jalan sebagai sarana transportasi. Paving blok menjadi salah satu favorit masyarakat untuk dijadikan material jalan karena memiliki daya serap air yang baik.

Abu terbang (*fly ash*) dapat dimanfaatkan di dunia konstruksi bangunan sebagai bahan campuran pada semen dikarenakan karakteristik dari *fly ash* yang cukup mirip dengan semen. Menurut Sebayang [3] *fly ash* memiliki karakter partikel yang lebih halus dibanding semen Portland dan memiliki sifat hidrolik. Karakteristik ini sangat memungkinkan *fly ash* digunakan sebagai salah satu bahan pengganti semen dalam pembuatan beton bermutu tinggi.

Fly ash mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 milli micron) 5-27% dengan *specific gravity* antara 2,16-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berupa silika dan alumina dengan presentase mencapai 80%. Adanya kemiripan dengan sifat-sifat semen menjadikan *fly ash* sebagai material pengganti untuk mengurangi jumlah semen sebagai material penyusun beton mutu tinggi, abu padat (*bottom ash*) juga dapat dimanfaatkan dalam dunia konstruksi bangunan [4].

Pemanfaatan limbah *fly ash* untuk bahan konstruksi sudah umum bahkan mencapai angka 47% penggunaannya. Akan tetapi pemanfaatan *bottom ash* masih terbilang sangat rendah hanya mencapai 5,28% di seluruh dunia [5].

Penggunaan *fly ash* diterapkan pada beton akan tetapi semakin besar persentase penggunaan *fly ash* sebagai pengganti semen maka kuat tekannya

semakin menurun. penggunaan *fly ash* 20% menghasilkan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan kandungan *fly ash* 25% [6]

Bottom ash adalah sebuah abu dasar yang lebih berat dan memiliki tekstur lebih kasar apabila dibandingkan dengan abu terbang (*fly ash*). Dari segi karakteristik *bottom ash* hampir sama dengan karakteristik pasir, sehingga memungkinkan apabila digunakan sebagai bahan alternatif pengganti agregat halus (pasir) pada campuran pembuatan pembuatan beton, batako, paving blok, dan sebagainya. Penggunaan 100% *bottom ash* dapat diterapkan pada beton dimana kecacakan bisa diabaikan, misalnya pada pembuatan paving [7].

Paving Blok merupakan salah satu bahan bangunan yang proses pembuatannya dinilai cukup mudah karena pada umumnya dibuat dengan campuran bahan-bahan: agregat halus (pasir), semen dan air. Akan tetapi apabila bahan-bahan konvensional tersebut diambil secara terus-terusan akan berakibat kurangnya bahkan hilangnya persediaan semen dan pasir di daerah asal produksinya. Dengan pemikiran jangka panjang tersebut peneliti mencari solusi bahan sebagai bahan campuran pembuatan Paving Blok yaitu hasil limbah dari pembakaran batu bara (*Bottom Ash* dan *Fly Ash*).

Dalam penelitian kali ini, peneliti mencoba membuat paving blok menggunakan *fly ash* untuk mengurangi kebutuhan semen dan tanpa menggunakan agregat halus (pasir), tetapi menggantinya dengan *bottom ash*. Selain itu peneliti juga akan melakukan uji kuat tekan dan uji daya serap air untuk memastikan kualitas produk paving blok yang dihasilkan.

METODE

Penelitian Paving Blok ini dengan material utama *Bottom Ash* sebagai pengganti agregat halus (pasir). Langkah awal yang akan dilakukan sebelum dilakukan pengujian Paving Blok adalah pengujian karakteristik material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Pada penelitian kali ini akan membuat 3 jenis Paving Blok yaitu Paving Blok normal, Paving Blok dengan *Bottom Ash*, dan Paving Blok dengan *Bottom Ash* lolos ayakan 5 mm. Pada setiap jenis Paving Blok akan digunakan 3 perbandingan campuran bahan yaitu 1 : 3, 1 : 4 dan 1 : 5 dan

disetiap perbandingan waktu pengujiannya pada umur 28 hari.

Material Penyusun

Bahan material yang digunakan pada penelitian adalah semen, pasir, air, *fly ash* dan *bottom ash*. Semen yang digunakan pada penelitian kali ini adalah semen PCC dengan merk semen Gresik. Untuk agregat halus (pasir) yang digunakan adalah pasir dari daerah Muntilan. Sedangkan untuk *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) berasal dari PLTU Tanjung Jati-B Jepara. Jenis material penyusun paving seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Material Penyusun Paving Blok (Semen, Pasir dan FABA)

Pengujian Material

Pengujian material yang dilakukan antara lain adalah pengujian berat jenis, pengujian daya ikat, pengujian gradasi dan pengujian kadar lumpur.

Pengujian semen yang dilakukan adalah pengujian berat jenis dan daya ikat. Pengujian berat jenis semen menggunakan pedoman SNI 15-2531-1991 yang merupakan standar pengujian berat jenis pada semen PCC. Pengujian daya ikat menggunakan alat uji vicat dan menggunakan pedoman SNI 03-6827-2002.

Pengujian pasir yang dilakukan berupa pengujian berat jenis, gradasi butiran, dan kadar lumpur. Pengujian berat jenis menggunakan pedoman SNI-03- 1970-2008 yang merupakan standar pengujian berat jenis agregat halus. Pengujian gradasi menggunakan pedoman SNI-03-2824-2000 untuk menentukan gradasi pada agregat halus. Pengujian kadar lumpur menggunakan pedoman SNI-03-4142-1996.

Material *fly ash* digunakan sebagai substitusi semen, sehingga dilakukan pengujian yang sama dengan semen yaitu pengujian berat jenis dan pengujian daya ikat. Pengujian berat jenis semen menggunakan pedoman SNI 15-2531- 1991. Pengujian daya ikat menggunakan alat uji vicat dan menggunakan pedoman SNI 03-6827-2002.

Bottom ash digunakan sebagai pengganti pasir sebagai agregat halus, maka dilakukan pengujian yang sama dengan pasir yaitu pengujian berat jenis, pengujian gradasi dan pengujian kadar lumpur. Pengujian berat jenis menggunakan

pedoman SNI-03- 1970-2008 yang merupakan standar pengujian berat jenis agregat halus. Pengujian gradasi menggunakan pedoman SNI-03-2824-2000 untuk menentukan gradasi pada agregat halus. Pengujian kadar lumpur menggunakan pedoman SNI-03-4142-1996.

Mix Design

Pada penelitian ini dibuat dua jenis paving sebagai sampel uji yaitu paving blok normal dan paving blok dengan menggunakan FABA sebagai bahan campurannya. Material *fly ash* sebagai substitusi campuran semen dan *bottom ash* sebagai agregat halus pengganti pasir. Untuk paving blok normal digunakan 3 variasi perbandingan campuran bahan semen dan pasir yaitu 1:2, 1:4 dan 1:5.

Sementara untuk paving blok dengan material FABA (*fly ash dan bottom ash*) menggunakan perbandingan campuran bahan 1 semen : 3 *bottom ash* dengan enam variasi mix design yaitu (1S : 3 BA), ((0.9 S : 0.1 FA) : 3 BA), ((0.8 S : 0.2FA) : 3 BA), ((0.7 S : 0.3 FA) : 3 BA), (0.6 S : 0.4 FA) : 3 BA dan ((0.5 S : 0.5 FA) : 3 BA).

Benda uji dibuat sebanyak 9 buah paving blok pada setiap variasi campurannya. Masing masing variasi dapat dilihat pada Tabel 1, dimana semen (S), pasir (P), *bottom ash* (BA) dan *fly ash* (FA).

Tabel 1 Jumlah Benda Uji Tiap Mix Design

Mix Design (Kode)	Jumlah Benda Uji
1S : 3P	9
1S : 4P	9
1S : 5P	9
1S : 3B	9
(0.9 S : 0.1 FA) : 3BA	9
(0.8 S : 0.2 FA) : 3BA	9
(0.7 S : 0.3 FA) : 3BA	9
(0.6 S : 0.4 FA) : 3BA	9
(0.5 S : 0.5 FA) : 3BA	9

Pembuatan Benda Uji Paving Blok

Pembuatan sampel Paving blok tanpa menggunakan bantuan mesin press hidrolis, yaitu dengan cara ditumbuk dengan sekuat tenaga agar mengisi seluruh ruang kosong cetakan. Ukuran yang direncana adalah ketebalan 6 cm panjang 21 cm dan lebar 10 cm, seperti terlihat pada Gambar 2.

Dalam pembuatan benda uji cetakan diisi dengan material dan ditumbuk agar terjadi

tekanan yang kuat dalam cetakan saat cetakan sudah hampir penuh maka diratakan menggunakan plat besi yang sudah disiapkan. Lalu pukul-pukul plat besi sampai cetakan menjadi rata setelah rata buka plat besi dan keluarkan benda uji.



Gambar 2 Benda Uji Paving Blok

Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan Paving Blok adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur dibebani dengan gaya tekan tertentu. Uji kuat tekan dilakukan menggunakan alat *digital compression machine* di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Kuat tekan paving blok dihitung dengan rumus sebagai berikut (SNI 03-0691-1996) :

$$\text{Kuat Tekan Paving blok} = \frac{P}{L} \quad (1)$$

Keterangan :

P = Beban tekan (N)

L = Luas bidang tekan (mm²)

Pengujian Daya Serap Air

Uji daya serap air dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Untuk mengetahui besarnya penyerapan air diukur dan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 03-0691-1996) :

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{Bb - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

Bb = Berat Paving Basah (gram)

Bk = Berat Paving Kering (gram)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Semen

Pengujian yang dilakukan terhadap semen yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan

dalam paving blok yaitu pengujian berat jenis dan daya ikat. Rekapitulasi dari hasil pengujian material semen dapat dilihat pada Tabel 2.

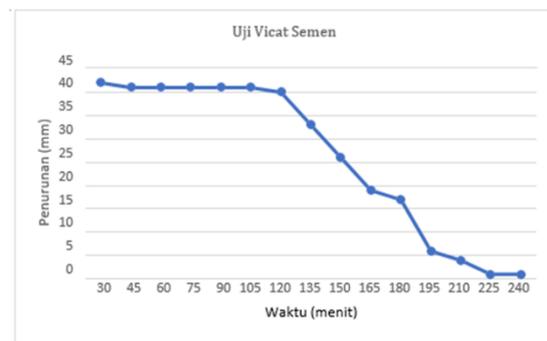
Tabel 2 Rekapitulasi Pengujian Material Semen

Rekapitulasi Pengujian Semen			
No	Pengujian Material	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Semen	3,06	Sesuai SNI 15-2531-1991 Syarat 3.00 – 3.20 gr/cm ³
2	Daya Ikat Semen	240 menit	-

Pada Tabel 2 berat jenis dari semen memenuhi standar SNI 15-2531-1991 karena berkisar antara 3.00 - 3.20 gr/cm³.. Sementara untuk uji daya ikat semen membutuhkan waktu 240 menit hingga tidak mengalami penurunan lagi, dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Pengujian Daya Ikat Semen



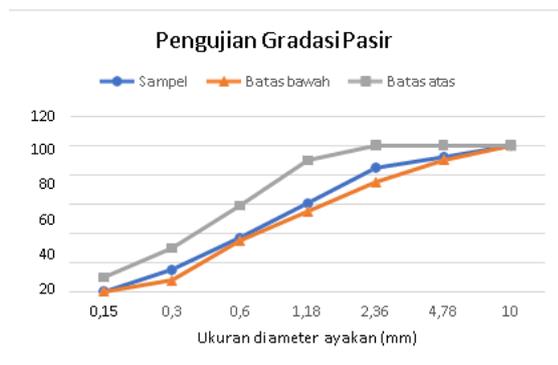
Gambar 4 Grafik Hasil Uji Daya Ikat Semen

Pengujian Pasir

Pengujian yang dilakukan terhadap pasir yang digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan paving blok yaitu dengan pengujian berat jenis, kadar lumpur dan

gradasi dapat dilihat pada Gambar 5. Rekapitulasi hasil pengujian material dapat dilihat pada Tabel 3.

Berat jenis pasir masuk dalam standar SNI-03-1970-2008 yang berada diantara 1,6 gr/cm³ hingga 3,3 gr/cm³. Untuk kadar lumpur pasir juga sesuai standar SNI-03-4142-1996 karena masih di bawah batas maksimal yaitu 5%. Dan untuk gradasi pasir masuk ke dalam gradasi nomor 2 atau bisa disebut pasir sedang sesuai dengan SNI-03-2824-2000. Karena presentase kumulatif lolos sesuai dengan batas presentase kumulatif lolos gradasi nomor 2.



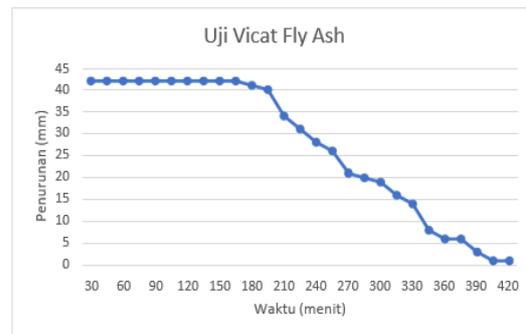
Gambar 5 Grafik Hasil Uji Gradasi Pasir

Tabel 3 Rekapitulasi Pengujian Material Pasir

Rekapitulasi Pengujian Pasir			
No	Pengujian Material	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Pasir	2,58	Sesuai SNI-03-1970-2008 Syarat 1,6 - 3,3
2	Kadar Lumpur Pasir	1,14%	Memenuhi SNI-03-4142-1996 Syarat < i 5%
3	Gradasi Pasir	Gradasi no. 2	Sesuai SNI-03-2834-2000 gradasi no. 2

Pengujian Fly Ash

Pengujian yang dilakukan terhadap *fly ash* yang digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan *paving blok* yaitu pengujian berat jenis dan daya ikat, Gambar 6. Rekapitulasi dari analisa pengujian material *fly ash* terlihat pada Tabel 4



Gambar 6 Hasil Uji Vicat Fly ash

Tabel 4 Rekapitulasi Pengujian Material Fly Ash

Rekapitulasi Pengujian Material Fly Ash			
No	Pengujian Material	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Fly Ash	2,59	Tidak sesuai SNI 15-2531-1991 syarat >i 3.00 gr/cm ³
2	Daya Ikat Fly Ash	420 menit	-

Dari Tabel 4 terlihat bahwa berat jenis dari *fly ash* tidak memenuhi standar SNI 15-2531-1991 karena kurang dari 3.00 gr/cm³. Maka dari itu *fly ash* tidak digunakan sepenuhnya sebagai perekat pengganti semen, hanya untuk campuran yang disubstitusikan ke semen. Sementara untuk uji daya ikat *fly ash* membutuhkan waktu 420 menit.

Selain itu pada material fly ash juga dilakukan pengujian XRF (X-ray Fluorescence) untuk mengetahui komposisi unsur/element yang terkandung pada fly ash. Hasil pengujian XRF pada material fly ash seperti terlihat pada Tabel 5

Tabel 5 Hasil Uji XRF Fly Ash PLTU Tanjung Jati

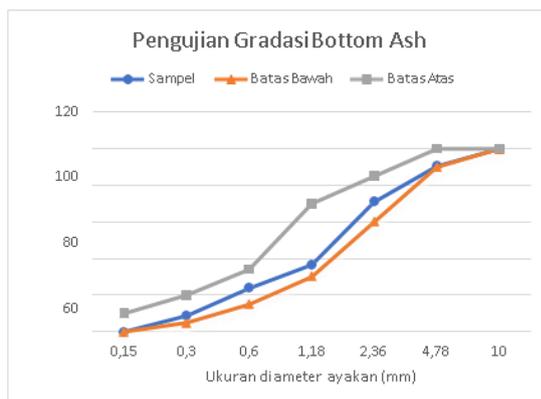
No	Komponen	Hasil	Satuan
1	Total	725	mg/cm ²
2	MgO	0,569	mass%
3	Al ₂ O ₃	11,8	mass%
4	SiO ₂	26,5	mass%
5	P ₂ O ₅	0,260	mass%
6	SO ₃	1,17	mass%
7	K ₂ O	1,70	mass%
8	CaO	7,19	mass%
9	TiO ₂	0,849	mass%
10	Cr ₂ O ₃	0,0265	mass%
11	MnO	0,0775	mass%
12	Fe ₂ O ₃	10,5	mass%
13	NiO	0.0170	mass%

No	Komponen	Hasil	Satuan
14	CuO	0,0199	mass%
15	ZnO	0,0165	mass%
16	Rh2O	0,0106	mass%
17	SrO	0,182	mass%
18	Y2O3	0,0072	mass%
19	ZrO2	0,0342	mass%
20	Balance	39,1	mass%

Fly Ash dari PLTU Tanjung Jati yang diuji menggunakan alat X-Ray Fluoresensi adalah Aluminium (Al) 13%, Silika (Si) 28,2%, Kapur (Ca) 12,6% , Besi (Fe) 33,8%[10].

Pengujian *Bottom Ash*

Pengujian yang dilakukan terhadap *bottom ash* yang digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan *paving blok* yaitu pengujian berat jenis, kadar lumpur dan gradasi. Hasil uji gradasi bisa dilihat pada Gambar 7. Hasil analisa pengujian material *bottom ash* dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 7 Hasil Uji Gradasi *Bottom Ash*

Tabel 6 Rekapitulasi Pengujian *Bottom Ash*

Rekapitulasi Pengujian <i>Bottom Ash</i>			
No	Pengujian	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis <i>Bottom Ash</i>	2,25 gr/cm ³	Sesuai SNI 03-1970-2008 antara 1,6 - 3.3
2	Kadar lumpur <i>Bottom Ash</i>	15,30%	Tidak memenuhi SNI 03-4142-1996 lebih dari 5%
3	Gradasi <i>Bottom Ash</i>	Gradasi no.1	Sesuai SNI 03-2834-2000 prosentase kumulatif sesuai gradasi no, 1

Pada tabel 6 terlihat bahwa berat jenis *bottom ash* masuk dalam standar SNI-03-1970-2008 yang berada diantara 1,6 gr/cm³ hingga 3,3 gr/cm³. Sehingga *bottom ash* dapat digunakan sebagai agregat halus pengganti pasir. Sementara untuk

kadar lumpur *bottom ash* sendiri tidak sesuai standar SNI-03-4142-1996 karena melebihi batas maksimal yaitu 5%. Hal ini menyebabkan *bottom ash* menyerap lebih banyak air dibandingkan pasir. Sedangkan untuk gradasi *bottom ash* masuk ke dalam gradasi nomor 1 atau bisa disebut pasir kasar sesuai dengan SNI-03-2824-2000. Karena presentase kumulatif lolos sesuai dengan presentase kumulatif lolos gradasi nomor 1.

Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Blok*

Sampel *paving blok* diuji kuat tekannya saat *paving blok* telah mencapai umur rencana 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan *paving blok* normal dapat dilihat pada Tabel 7



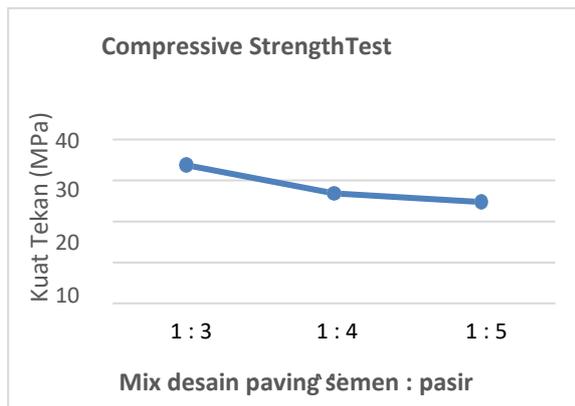
Gambar 8 Alat Uji Kuat Tekan *Paving*

Tabel 7 Kuat Tekan *Paving Normal*

Uji Kuat Tekan <i>Paving Normal</i>		
Mix design	Kuat tekan Kg/cm ²	Kuat tekan MPa
Cement :		
Sand		
1 : 3	344	33,73
1 : 4	274	26,87
1 : 5	252	24,71

Hasil uji *paving normal* pada Tabel 7 menunjukkan bahwa *paving* dengan *mix design* 1 : 3 dengan nilai kuat tekan rata-rata 33,7 MPa memiliki nilai kuat tekan terbesar yang diikuti oleh *mix design* 1 : 4 dengan nilai kuat tekan rata-rata 28,5 MPa dan *mix design* 1:5 dengan nilai kuat tekan rata-rata 25,2 MPa yang memiliki nilai kuat tekan terkecil. Hal ini menunjukkan bahwa setiap penambahan prosentase agregat pasir yang digunakan pada *mix design* akan mengurangi nilai kuat tekan dari *paving blok* tersebut. Dari hasil tabel diatas kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 9. Dari grafik kuat tekan semakin menguatkan hasil analisa bahwa penambahan prosentase agregat pasir yang digunakan pada *mix design* akan

mengurangi nilai kuat tekan dari paving blok.



Gambar 9 Grafik Kuat Tekan Paving Normal

Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Blok dengan Material Fly Ash dan Bottom Ash

Sampel paving blok dengan material fly ash dan bottom ash umur 28 hari. Paving blok dengan material fly ash dan bottom ash dengan variasi mix design yang berjumlah 6 mix design. Data hasil pengujian kuat tekan pada paving blok dengan material fly ash dan bottom ash, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Kuat Tekan Paving dengan Campuran Fly Ash dan Bottom Ash

Uji Kuat Tekan Paving Dengan Campuran Fly Ash Dan Bottom Ash umur 28 hari		
Mix design	kuat tekan i (Kgf/cm ²)	kuat tekan (MPa)
Semen : Fly Ash : Bottom Ash		
1S : 3B	191	18,73
(0.9 S : 0.1 FA) : 3B	186	18,24
(0.8 S : 0.2 FA) : 3B	182	17,85
(0.7 S : 0.3 FA) : 3B	154	15,10
(0.6 S : 0.4 FA) : 3B	147	14,42
(0.5 S : 0.5 FA) : 3B	115	11,28

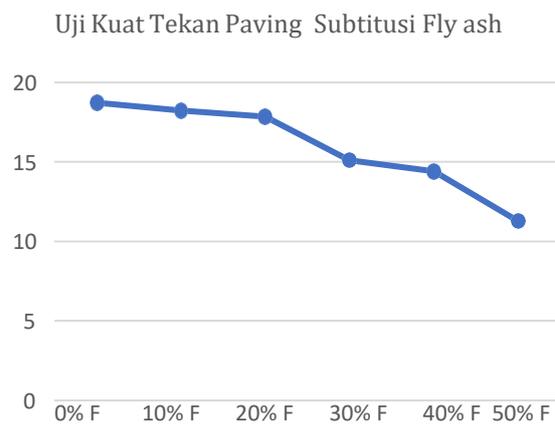
Paving blok dengan campuran material fly ash dan bottom ash memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan paving blok normal. Faktor yang pertama adalah penggunaan bottom ash sebagai agregat pengganti pasir.

Dari analisa material, diketahui bahwa berat jenis bottom ash lebih kecil dibandingkan pasir. Pengujian gradasi juga menunjukkan bahwa bottom ash masuk kedalam gradasi nomor 1 yang

memiliki tekstur lebih kasar dibandingkan pasir yang masuk ke dalam gradasi nomor 2. Hal ini menunjukkan bahwa bottom ash tidak memiliki kerapatan yang lebih baik dibandingkan pasir.

Faktor kedua penyebab paving blok dengan material fly ash dan bottom ash memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan paving blok normal adalah penggunaan fly ash sebagai bahan substitusi semen.

Penambahan fly ash pada campuran semen nilai kuat tekan paving blok semakin menurun. Analisa material juga menunjukkan bahwa fly ash memiliki berat jenis lebih rendah dibandingkan semen. Dari uji daya ikat pun fly ash memiliki waktu ikat yang lebih lama dibandingkan dengan waktu ikat semen, yang menunjukkan bahwa fly ash memiliki daya rekat yang lebih rendah dibandingkan semen.



Gambar 10 Grafik Kuat Tekan Paving

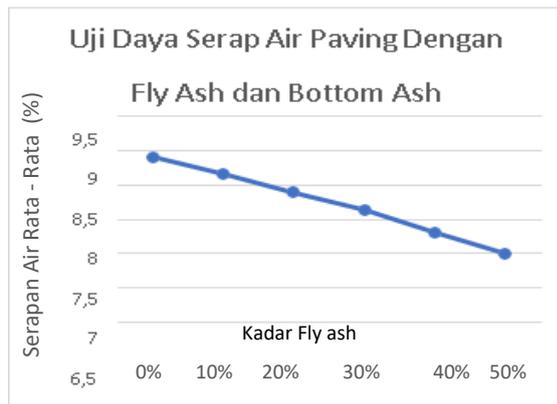
Hasil Pengujian Daya Serap Air Paving Blok dengan Campuran Fly Ash dan Bottom Ash

Pengujian daya serap air dilakukan saat paving blok telah mencapai umur 28 hari. Hasil pengujian daya serap air paving blok dengan campuran fly ash dan bottom ash dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Daya Serap Air

Uji Daya Serap Air			
Semen : Fly Ash : Bottom Ash	Berat basah (gram)	Berat kering (gram)	Daya serap (%)
1S : 3B	220	202	8,91
(0.9 S : 0.1 FA) : 3BA	222	204	8,66
(0.8 S : 0.2 FA) :	220	203	8,38

Uji Daya Serap Air			
Semen : <i>Fly Ash</i> : <i>Bottom Ash</i>	Berat basah (gram)	Berat kering (gram)	Daya serap (%)
3BA			
(0.7 S : 0.3 FA) :	217	201	8,13
3BA			
(0.6 S : 0.4 FA) :	216	201	7,8
3BA			
(0.5 S : 0.5 FA) :	215	200	7,5
3BA			



Gambar 11 Grafik Daya Serap Air Paving

Dari Gambar 11 dapat disimpulkan bahwa setiap prosentase penambahan fly ash menyebabkan daya serap air suatu paving blok semakin rendah. Penggunaan bottom ash sebagai agregat halus pengganti pasir membuat daya serap air suatu paving blok menjadi lebih besar dibandingkan paving blok yang menggunakan pasir. Hal ini disebabkan karena bottom ash memiliki penyerapan air yang lebih besar dibandingkan kandungan lumpur yang dimiliki pasir.

Klasifikasi Penggunaan Paving Blok dengan Material Fly Ash dan Bottom Ash

Klasifikasi penggunaan paving blok dengan material *fly ash* dan *bottom ash* berdasarkan kuat tekan seperti terlihat pada Tabel 10.

Mix design pada paving blok dengan material *fly ash* dan *bottom ash* diklasifikasikan menjadi berbagai mutu. Dimana *mix design* (1S : 3BA), *mix design* 0,9 S : FA 0,1 : 3 BA dan *mixdesign* 0,8S : FA 0,2 : 3BA termasuk ke dalam mutu B, yaitu berada di rentang kuat tekan minimal 17 MPa. Paving blok dengan mutu B biasanya digunakan sebagai tempat parkir.

Paving dengan campuran 0,7S : FA 0,3 : 3B dan *mix design* 0,6S : FA 0,4 : 3B termasuk ke dalam mutu C, yaitu berada di rentang kuat tekan minimal 12,5 MPa. Paving blok dengan mutu C biasanya digunakan sebagai sarana pejalan kaki seperti trotoar. Sedangkan pada *mix design* 0,5S

: FA 0,5 : 3B termasuk ke dalam mutu D, yaitu berada di rentang kuat tekan minimal 8,5 MPa. Paving blok dengan mutu D biasanya digunakan di taman.

Tabel 10 Klasifikasi Paving dengan Fly Ash dan Bottom Ash Berdasarkan Kuat Tekan

Klasifikasi Paving Blok				
No	S : FA : BA	Kuat Tekan (MPa)	Mutu	Keterangan
1	1 S : 3 BA	18,73	B	Digunakan untuk parkir
2	0,9S : 0,1FA : 3BA	18,24	B	Digunakan untuk parkir
3	0,8S : 0,2FA : 3BA	17,85	B	Digunakan untuk parkir
4	0,7S : 0,3FA : 3BA	15,10	C	Digunakan untuk pejalan kaki
5	0,6S : 0,4FA : 3BA	11,28	C	Digunakan untuk pejalan kaki
6	0,5S : 0,5FA : 3B	11,28	D	Untuk taman

Klasifikasi penggunaan paving blok dengan material *fly ash* dan *bottom ash* berdasarkan daya serap air dapat dilihat pada Tabel 11

Tabel 11 Klasifikasi Paving Blok dengan Fly Ash dan Bottom Ash Berdasarkan Daya Serap Air

Tabel Klasifikasi Paving Blok Berdasarkan Daya				
No	<i>Mix design</i> (Semen : Fly Ash) : Bottom Ash	Daya serap (%)	Mutu	Keterangan
1	1S : 3B	8,91	D	Digunakan untuk taman
2	(0.9 S : 0.1 FA) : 3 B	8,66	D	Digunakan untuk taman
3	(0.8 S : 0.2 FA) : 3B	8,38	D	Digunakan untuk taman
4	(0.7 S : 0.3 FA) : 3B	8,13	D	Digunakan untuk taman
5	(0.6 S : 0.4 FA) : 3B	7,8	C	Untuk pejalan kaki
6	(0.5 S : 0.5 FA) : 3B	7,5	C	Untuk pejalan kaki

Pada Tabel 11 terlihat *mix design* pada paving blok dengan material *fly ash* dan *bottom ash* diklasifikasikan menjadi berbagai mutu. Dimana *mix design* 1S : 3B, *mix design* 0,9S : FA 0,1 : 3B dan *mix design* 0,8 S : FA 0,2 : 3B dan *mix design* 0,7S : FA 0,3 : 3B termasuk ke dalam mutu D, yaitu di bawah penyerapan air maksimal sebesar 10%.

Paving blok dengan mutu D biasanya digunakan di taman. Sedangkan pada *mix design* 0,5 S : FA 0,5 : 3B dan *mix design* 0,6 S : F 0,4 : 3B termasuk ke dalam mutu C, yaitu di bawah penyerapan air maksimal sebesar 8%.

Paving blok dengan mutu C biasanya digunakan sebagai sarana pejalan kaki seperti trotoar.

KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian material *bottom ash* bahwa berat jenis *bottom ash* sebesar 2,25 gr/cm³ masuk dalam standar SNI-03-1970-2008 yang berada diantara 1,6 gr/cm³ hingga 3,3 gr/cm³. Sehingga *bottom ash* dapat digunakan sebagai agregat halus pengganti pasir. Sementara untuk kadar lumpur *bottom ash* sebesar 15,33% tidak sesuai standar SNI-03-4142-1996 karena melebihi batas maksimal yaitu 5%. Hal ini menyebabkan *bottom ash* menyerap lebih banyak air dibandingkan pasir. Sedangkan untuk gradasi *bottom ash* masuk ke dalam gradasi nomor 1 atau bisa disebut pasir kasar sesuai dengan SNI-03-2824-2000. Karena presentase kumulatif lolos sesuai dengan gradasi nomor 1.
2. Dari hasil pengujian kuat tekan *paving blok* dengan campuran *fly ash* dan *bottom ash* didapatkan nilai kuat tekan terbesar 18,73 MPa pada *mix design* S1:B3 yang termasuk ke dalam mutu B yang dapat digunakan sebagai tempat parkir. Terlihat juga bahwa setiap penambahan prosentase *fly ash* yang digunakan pada *mix design* akan mengurangi nilai kuat tekan dari *paving blok* tersebut. Selain itu penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti pasir juga berdampak nilai kuat tekan *paving blok*. Hal ini disebabkan karena *bottom ash* tidak memiliki kerapatan yang lebih baik dibandingkan pasir.
3. Dari hasil pengujian daya serap air *paving blok* dengan campuran *fly ash* dan *bottom ash* didapatkan nilai daya serap air terkecil 7,5 % pada *mix design* (S0,5 : F0,5 : B3) yang termasuk ke dalam mutu c yang dapat digunakan sebagai sarana pejalan kaki. Terlihat juga bahwa setiap penambahan prosentase *fly ash* yang digunakan pada *mix design*, nilai daya serap dari *paving blok* juga akan semakin kecil. Selain itu penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti pasir juga

berdampak nilai daya serap *paving blok*. Hal ini disebabkan karena *bottom ash* memiliki kandungan lumpur yang lebih besar dibandingkan pasir. Sehingga lebih menyerap air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.Y. Hidayat, "Penelitian Pendahuluan Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Campuran Beton di Indonesia", Jakarta: Jurnal Litbang Vol. III No. 4-5 April and May, 1986.
- [2] Kinasti, R. M., & Notodisuryo, D. N. (2017). Pemanfaatan Limbah Pembakaran Batubara (Bottom Ash) Pada PLTU Suralaya Sebagai Media Tanam Dalam Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Sekolah Tinggi Teknik - PLN*, 129-138.
- [3] Sebayang, S. (2010). Pengaruh Kadar Abu Terbang Sebagai Pengganti Sejumlah Semen Pada Beton Alir Mutu Tinggi. *Universitas Lampung*, 40-46
- [4] Klarens, K., Indranata, M., Antoni, & Hardjito, D. (2016). Pemanfaatan Bottom Ash dan Fly Ash Tipe C Sebagai Bahan Pengganti Dalam Pembuatan Paving Blok. *Universitas Kristen Petra*, 1-8.
- [5] Naganathan, S., Mohamed, A. Y. O., & Mustapha, K. N. (2015). Performance of Bricks Made Using Fly Ash and Bottom Ash. *Construction and Building Materials*, 96, 576-580. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.068>
- [6] Singh, M., & Siddique, R. (2015). Effect of Coal Bottom Ash as Partial Replacement of Sand on Workability and Strength Properties of Concrete. *Journal of Cleaner Production*, 1-11.
- [7] Pangestuti, Endah K, Handayani, Silitonga. (2018). The Use of Fly Ash as Additive Material to High Strength Concrete. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan* Vol 20 (2) 2018 p. 65 - 70
- [8] Erwin Rommel, Dini Kurniawati and Arman Putra. (2014). Improvement of the Physical Properties and Reactivity of Fly Ash as Cementitious on Concrete". *Jurnal Media Teknik Sipil*, No.12, Vol. 2, pp. 111-118, Agustus 2014

- [9] Miftakhussurur. (2020). *Studi Penelitian Pengaruh Variasi Bottom Ash dan Fly Ash Terhadap Campuran Pembuatan Paving Blok yang Ditambah dengan Zat Polymer*. Jepara: Universitas Islam Nahdlatul Ulama.
- [10] Munir, M. (2008). *Pemanfaatan Abu Batu Bara (Fly Ash) untuk Hollow Blok yang Bermutu dan Aman*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [11] Winarno, H., Muhammad, D., Ashyar, R., & Wibowo, Y. G. (2019). Pemanfaatan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash dari PLTU SUMSEL-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Blok. *Universitas Jambi*, 1067-1075.