

PEMANFAATAN LIMBAH FLY ASH DAN BOTTOM ASH DARI PLTU SUMSEL-5 SEBAGAI BAHAN UTAMA PEMBUATAN PAVING BLOCK

Hadi Winarno¹, Damris Muhammad², Rayandra Ashyar³, Yudha Gusti Wibowo⁴

Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Jambi

Jln. A Manaf Telanaipura Jambi 36124

+62 81373645090

Tumpangsari14@gmail.com

ABSTRACT

Fly ash and bottom ash are solid waste from coal combustion in the operating system of Steam Power Plant (PLTU). The research was conducted by combining fly ash and bottom ash with an adhesive consisting of portland cement. Based on the tests performed the maximum mixture obtained with cement samples, fly ash and bottom ash is 1: 2: 2. Paving blocks made from fly ash and bottom ash have compressive strength values resulting in compressive strength values of 50.52 MPa. This value indicates that the sample is in the class of paving blocks A. Paving Block made from fly ash and bottom ash also has a very good average air absorption value, in a combination of suitable cement mixtures, fly ash and bottom ash (1: 2: 2) the average air absorption value is still 5.06%. This value shows that the sample is in class B paving blocks.

Keyword : Fly Ash, Bottom Ash, Cement, Paving Block

1. PENDAHULUAN

Coal Fire Steam Power Plant (CSFPP) adalah model Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang mengolah air demineral menjadi uap air kering (*saturated steam*) untuk memutar *turbine* dan membangkitkan *generator* berkapasitas tertentu. Dimana air dimasak dalam bejana yang disebut *steam drum* dan dipanaskan dalam tungku pemanas (*furnace*) yang berbahan bakar batubara sebagai bahan bakar utamanya. Sistem pemanasan ini didunia keteknikan disebut sebagai boiler. Boiler CFB di PLTU Sumsel-5 berkapasitas produksi steam

580 ton/jam untuk membangkitkan tubin berkapasitas 175 MW dipasang berganda. Dengan kapasitas ini, sistem ini mengkonsumsi batubara sebanyak 144 ton/jam untuk setiap unitnya. Dari konsumsi batubara tersebut menghasilkan limbah padat yang berupa *bottom ash* sebanyak 2 ton/jam dan *fly ash* 8 ton/jam.

Berikut ini adalah volume limbah padat yang dihasilkan dari proses pembakaran dalam sistem CFB Boiler yang dimiliki oleh PLTU Sumsel-5:

Tabel 1. Table Volume ash yang dihasilkan dari PLTU Sumsel-5 (2x130 MW)

Ash Volume	Hourly ash volume (t/h)		Daily ash discharge (t/d)		Annual ash discharge (10 ⁴ /a)	
	Design Coal	Worst Coal	Design Coal	Worst Coal	Design Coal	Worst Coal
Fly Ash Volume	8,34	22,74	200,16	545,76	5,846	15,938
Bottom ash volume	2,09	5,68	50,16	136,32	1,465	3,981
Total Ash volume	10,43	28,42	250,32	682,08	7,311	19,92

Sumber : China National Electric Engineering Mine Mouth CFSPP SUMSEL-5 (2014:8)

Proses tersebut dapat terjadi karena sistem pembakaran yang baik dari desain sistem pada *furnace*. Dalam sistem pembakaran tersebut CFB Boiler menggunakan batubara sebagai umpan utamanya. Dari proses pembakaran batubara inilah terbentuk limbah padat yang berupa *fly ash* dan *bottom ash*.

Menurut Misbachul, (2008:12) *fly ash* adalah abu batubara yang sangat halus yang berasal

dari aktifitas pembakaran batubara didalam *furnace* dari suatu boiler pembangkit. *Fly Ash* banyak mengandung mineral yang mengandung mineral anorganik seperti SiO₂, Al₂O₃, P₂O₅ dan Fe₂O₃ yang dapat mencemari lingkungan, seperti pencemaran udara dan pencemaran tanah.

Bottom Ash adalah abu yang terbentuk dari proses pembakaran didalam *furnace* yang berupa padatan yang tidak terbawa oleh *flue gas*. Dalam

sistem CFB, *botoom ash* adalah campuran antara abu batubara, pasir kuarsa dan pecahan-pecahan dinding furnace yang terkikis selama proses pembakaran berlangsung.

Volume yang sangat banyak juga menimbulkan masalah baru, karena membutuhkan banyak ruang untuk menampungnya. Butuh tempat yang sangat luas untuk tempat penimbunan abu. Abu tersebut perlu dimanfaatkan kembali menjadi bahan yang berguna sehingga volume abu dapat berkurang. Diperlukan inovasi untuk memberi nilai tambah (*add value*) abu ini menjadi bahan yang bisa dimanfaatkan kembali baik sebagai bahan utama ataupun bahan campuran bahan-bahan bangunan.

Pemanfaatan *fly ash* telah banyak dilakukan, diantaranya adalah pemanfaatan sebagai bahan pengganti agregat dalam produksi *paving block*. Menurut Mulyanti (2006:1), *fly ash* telah diaplikasikan sebagai pengganti agregat dalam produksi *paving block*. Dalam penelitian tersebut *fly ash* dipadukan dengan batu split dengan *portland cement* sebagai perekatnya. Hasil penelitian menyebutkan *fly ash* dapat ditambahkan sampai dengan 50% dengan hasil kuat tekan mencapai 262,82 kg/cm². Kondisi optimum didapatkan pada penggunaan 30% *fly ash* dengan nilai kuat tekan sampai 335 kg/cm².

Menurut Sebayang, Surya (2006:117), *Fly ash* memiliki karakter partikel yang lebih halus dibanding semen *Portland* dan memiliki sifat hidrolis. Karakteristik ini sangat memungkinkan *fly ash* digunakan sebagai salah satu bahan pengganti semen dalam pembuatan beton bermutu tinggi.

Menurut Suseno, Hendro (2012:272) *bottom ash* banyak digunakan sebagai bahan pembuatan bata, karena kandungan *silica* didalamnya. *Bottom ash* memiliki kesamaan karakteristik seperti tanah liat. Persentase campuran *bottom ash* maksimum untuk pembuatan bata yang baik adalah 45%.

Dalam penelitian ini penulis ingin mencoba lebih memaksimalkan dalam menambahkan kadar limbah *fly ash* dan *bottom ash*. Hal ini sangat memungkinkan bila kita mengetahui karakteristik limbah *fly ash* dan *bottom ash* ini. Selain itu penulis juga akan menambah parameter serapan air rata-rata sebagai parameter penunjang untuk memastikan kualitas produk *paving block* yang dihasilkan.

Demikianlah penulis melihat potensi pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan pembuatan *paving block* dengan memadukan semen sebagai bahan perekatnya. *Paving block* ini adalah salah satu jenis dari bata ringan yang banyak diperlukan untuk kebutuhan konstruksi. Penelitian ini perlu dilakukan guna mencari solusi untuk mengurangi beban pencemaran lingkungan secara langsung akibat penimbunan limbah padat yang berupa *bottom ash* dan *fly ash* dari aktivitas operasi PLTU Sumsel-5.

2. METODE

Penelitian dilakukan selama bulan Februari sampai dengan bulan Juli 2017. Penelitian dilakukan di beberapa tempat yang berbeda sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan peneliti. Untuk pengambilan sampel dilakukan di site PLTU Sumsel-5, didesa Sindang Marga, Kecamatan Bayung Lencir, Kabupaten Musi Banyuasin Sumatra Selatan. 1) Proses produksi dilakukan di Workshop UKM Mulio Asih, Suka Jaya, desa Suka Jaya, Kecamatan Bayung Lencir, Kabupaten Musi Banyuasin Sumatra Selatan. 2) Uji kuat tekan dilakukan di laboratorium Balai Pengujian Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Provinsi Jambi. 3) Untuk uji serapan air rata-rata dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Batanghari, Jambi. 4) Untuk Scanning Electron Microscope (SEM-EDX) pada sampel terpilih pengujian dilakukan di Laboratorium Inovasi dan Teknologi, Universitas Lampung.

Data penelitian ini terdiri dari 2 jenis data, yaitu : Data primer yaitu data pengujian parameter kualitas *paving block* yang dilakukan di laboratorium. Adapun uji kualitas yang dilakukan adalah uji kuat tekan dan uji serapan air rata-rata yang dilakukan sesuai prosedur yang ditentukan dalam SNI 03-0691-1996. Data sekunder diperoleh dari uji pendahuluan dan studi literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya. Data diperoleh dari buku dan jurnal dari penelitian-penelitian sejenis.

Penelitian dilakukan dengan membuat *paving block* yang setiap percobaan menggunakan perekat yang berupa semen portland sebanyak 2 liter atau kelipatannya. Dalam penelitian ini menggunakan rancangan faktorial (4x4). Adapun faktor yang akan diteliti adalah *fly ash* dan *bottom ash* yang dengan notasi sebagai berikut :

F = Fly Ash

Dengan tarap yang digunakan ;

- 1) F1 = 1 liter
- 2) F2 = 2 liter
- 3) F3 = 3 liter
- 4) F4 = 4 liter

B = Bottom Ash

dengan tarap yang digunakan ;

- 1) B1 = 1 liter
- 5) B2 = 2 liter
- 6) B3 = 3 liter
- 7) B4 = 4 liter

Kombinasi perlakuan dari masing-masing faktor dan taraf perlakuan bila disusun dalam sebuah tabel adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Rancangan Faktorial Sampel (4x4)

		Bottom Ash			
		1	2	3	4
Fly Ash	1	F ₁ B ₁	F ₁ B ₂	F ₁ B ₃	F ₁ B ₄
	2	F ₂ B ₁	F ₂ B ₂	F ₂ B ₃	F ₂ B ₄
	3	F ₃ B ₁	F ₃ B ₂	F ₃ B ₃	F ₃ B ₄
	4	F ₄ B ₁	F ₄ B ₂	F ₄ B ₃	F ₄ B ₄

Keterangan : *Cement* dijaga konstan dengan rasio diatas, yaitu sebanyak 2 liter atau kelipatannya.

Pengujian dilaboratorium dilakukan setelah proses pengeringan selama kurang lebih 28 hari sesuai standar pengeringan dalam faktor koreksi umur beton Pengeringan dilakukan dengan proses diangin-anginkan diruang terbuka.

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah mengacu pada parameter sesuai yang disyaratkan dalam SNI 03-0691-1996. Adapun parameter tersebut adalah sebagai berikut : 1) Kuat Tekan, Parameter ini berfungsi untuk mengetahui sifat fisika benda terhadap ketahanan dalam menahan beban. Satuan pengukuran diukur dalam satuan *Mega Pascal* (MPa), dengan prosedur pengujian terlampir. 2) Penyerapan Air Rata-rata, Semakin banyak air yang terserap oleh benda uji menunjukkan nilai kerapatan benda semakin rendah.

Sebagai parameter pendukung, terhadap sampel yang terpilih akan dibandingkan dengan sampel *paving block* konvensional dengan melakukan uji foto permukaan melakukan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk melihat profil permukaan sampel. Selain itu juga dilakukan pengidentifikasian unsur-unsur kiniawi yang ada didalamnya dengan melakukan penyinaran menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD). Untuk melihat ketahanan produk terhadap paparan air hujan penulis juga melakukan uji keasaman (pH), *counductivity*, dan *turbidity*.

Data hasil penelitian dianalisis dengan analisa statistik sidik ragam (*Anova/Analisis of varian*) pada taraf 5%. Adapun tabel sidik ragam yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Daftar Analisis Keragaman Rancangan Faktorial

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Jumlah Kuadrat Tengah	F _{hitung}	F _{tabel}
					5%
Perlakuan	V ₁ = (n.t-1)	JKP	JKP/ V ₁	KTP/KTG	(V ₁ , V ₅)
Faktor Fly Ash	V ₂ = n-1	JKFFA	JKG/ V ₂	KTGKTG	(V ₂ , V ₅)
Faktor Bottom Ash	V ₃ = t-1	JKFBA	JKS/ V ₃	KTS/KTG	(V ₃ , V ₅)
Interaksi (FxB)	V ₄ = (n-1)(t-1)	JKNT	JKNT/ V ₄	KTGS/KTG	(V ₄ , V ₅)
Galat	V ₅ = V ₆ - V ₁	JKG	JKG/ V ₅		
Total	V ₆ = (n.t.r)-1	JKTotal	JKTotal/ V ₆		

Sumber : Gomez dan Gomez (1995:75).

Bila hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} dilanjutkan dengan uji Beda Jarak Nyata Duncan (BJND) untuk mengetahui beda rerata yang ada dalam setiap percobaan.

$$BJND = P_{\alpha(p,v)} \cdot S_y \dots\dots\dots(1)$$

Dengan S_y diperoleh dengan rumus :

$$S_y = \sqrt{\frac{KTG}{1xr}} \Rightarrow \text{untuk perlakuan waktu penyimpanan}$$

$$S_y_{NT} = \sqrt{\frac{KTG}{r}} \Rightarrow \text{untuk interaksi perlakuan}$$

3. PEMBAHASAN

Dari proses produksi yang telah dilakukan, dapat di ketahui bahwa secara fisik partikel *fly ash* dan *bottom ash* memiliki kesamaan dengan pasir sungai pada umumnya. Dilihat dari fisik produk, *paving block* ini tidak jauh berbeda dengan *paving block* yang terbuat dari pasir sungai, terutama dari warna dan kekerasannya. Namun untuk lebih jauh mengetahui kualitas *paving block* perlu dilakukan uji dilaboratorium. Dengan memanfaatkan *fly ash* dan

bottom ash sebagai bahan dalam pembuatan *paving block*, berarti limbah padat yang sebelumnya terurai akan diisolasi dalam bentuk sebuah produk beton. Beton akan bertahan dalam waktu yang sangat lama setelah diaplikasikan. Produk beton ini juga tahan terhadap paparan sinar matahari dan air hujan dalam jangka waktu bertahun-tahun. Untuk itu perlu

dilakukan uji kuat tekan dan uji serapan air rata-rata sebagai parameter penting untuk menguji kualitas produk *paving block*. Berikut ini adalah hasil produksi *paving block* dengan presentase perbandingan perekat dan jumlah limbah yang ditambahkan dengan hasil uji kualitas uji kuat tekan dan uji serapan air rata-rata :

Tabel 4. Variasi Sampel dengan Hasil Uji Kuat Tekan Dan Serapan Air Rata-rata.

No	Satuan Sampel Uji			Perbandingan Material		Rerata Uji Kuat Tekan (MPa)	Rerata Uji Serapan Air Rata-rata(%)
	C	F	B	Perekat(%)	Limbah(%)		
1	2	1	1	50,0	50,0	74,53	7,53
2	2	1	2	40,0	60,0	76,98	6,27
3	2	1	3	33,3	66,7	73,90	5,73
4	2	1	4	28,6	71,4	77,00	5,54
5	2	2	1	40,0	60,0	58,16	6,30
6	2	2	2	33,3	66,7	76,94	5,80
7	2	2	3	28,6	71,4	75,98	5,42
8	2	2	4	25,0	75,0	55,06	5,14
9	2	3	1	33,3	66,7	65,13	6,90
10	2	3	2	28,6	71,4	62,81	6,40
11	2	3	3	25,0	75,0	59,06	6,31
12	2	3	4	22,2	77,8	56,16	5,86
13	2	4	1	28,6	71,4	77,31	5,75
14	2	4	2	25,0	75,0	49,69	5,16
15	2	4	3	22,2	77,8	56,58	5,30
16	2	4	4	20,0	80,0	50,39	5,07

Dari setiap sampel menunjukkan perbandingan antara perekat dan limbah yang dapat diisolasi. Dari sampel pertama menunjukkan perbandingan sampel dimulai dari percobaan untuk memadukan perekat dengan limbah dengan perbandingan 50% : 50%. Hasil rata-rata untuk uji kuat teannya 74,53 MPa. Nilai ini sangat tinggi karena untuk *paving block* kelas A batas minimumnya adalah 40 MPa. Sedangkan untuk serapan air rata-rata adalah sebesar 7,53 %. Kemudian pada variasi berikutnya penulis mencoba menambahkan kadar limbah sampai dengan 60 %, 70% dan 80%. Sampai pada limbah ditambahkan secara maksimum dengan paduan perekat berbanding *fly ash* dan *bottom ash* (1:2:2) yang diwakili oleh sampel F₄B₄.

Secara umum *paving block* berbahan *fly ash* dan *bottom ash* adalah sama, baik dari teknis pembuatannya dan bentuk produk yang dihasilkan. Hanya saja pada produksi *paving bock* konvensional yang menggunakan material pasir dari sungai, di subsitusikan dengan material serupa yaitu *fly ash* dan *bottom ash*. Hasil uji menunjukkan bahwa sampel *paving block* berbahan *fly ash* dan *bottom ash* memiliki kualitas yang lebih baik, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4. Berikut adalah gambar yang menunjukkan perbedaan antara *paving block* konvensional dengan *paving block* berbahan *fly ash* dan *bottom ash*.



Gambar 1. Perbandingan *Paving block* konvensional dengan *Paving block* berbahan limbah *fly ash* dan *bottom ash* dilihat dari bagian luar (kiri) dan bagian dalamnya (kanan).

Pada gambar diatas terlihat *paving block* konvensional terlihat berwarna abu-abu (kiri). Sedangkan *paving block* berbahan limbah berwarna kecoklat-coklatan (kanan). Angka nilai uji kuat tekan sample *paving block* konvensional berada dikisaran 20 MPa. Hasil tersebut sangat jauh berbeda bila kita bandingkan dengan sampel *paving block* berbahan *fly ash* dan *bottom ash* (tabel 4.2).

Setelah sampel di kupas menggunakan gerinda, didapatlah gambar kerapatan susunan partikel. Berikut adalah gambar bentuk susunan komponen material dilihat secara kasat mata. Gambar diatas menunjukkan *paving block* konvensional memiliki pori-pori yang lebih besar. Kondisi ini membuat air lebih banyak terserap dan ikatan antar partikel tidak terlalu kuat. Selain itu komponen agregat terlihat homogen dengan ukuran partikel yang beraturan sama besar.

Sedangkan *paving block* yang terbuat dari *fly ash* dan *bottom ash* memiliki tekstur yang lebih rapat dan air tidak mudah masuk kedalam pori-pori *paving block*. Selain itu ukuran partikel terkombinasi dengan baik antara partikel halus dengan beberapa batu batuan yang ukurannya lebih besar membentuk susunan yang solid.

Dengan memanfaatkan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* sebagai bahan dasar dalam pembuatan *paving block* maka kita berarti melakukan upaya-upaya perlindungan terhadap pencemaran lingkungan, khususnya disekitar lingkungan site PLTU Sumsel-5. Berikut ini keuntungan bila kita dapat memanfaatkan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan dasar dalam pembuatan *paving block* :

- 1) Mengurangi penyebaran partikulat pencemar dilingkungan site PLTU Sumsel-5.
- 2) Mengurangi kegiatan eksplorasi pasir sungai dengan mengurangi kebutuhan penggunaan pasir.
- 3) Dapat mengurangi kemungkinan konflik masyarakat terhadap pencemaran area pemukiman.
- 4) Dapat dijadikan program CSR pihak perusahaan untuk pembangunan jalan dan sekolah dan fasilitas umum lain dengan produk olahan *fly ash* dan *bottom ash*.
- 5) Membantu pengusaha/UKM produsen *paving block* dengan menurunkan biaya produksi.
- 6) Memberikan keterampilan dalam membuat *paving block* bagi masyarakat yang membutuhkan.

Paving Block adalah salah satu produk bata beton. Menurut SNI 03-0691-1989, *Paving Block* adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran perekat hidrolisis atau semen portland dan agregat (SNI 1996 : 5). Dalam penelitian ini penulis menggunakan *Portland Composite Cement*

(PPC) sebagai perekatnya, *fly ash* dan *bottom ash* sebagai gregadnya. *Fly ash* berfungsi sebagai bahan substitusi agregat halus dan *bottom ash* sebagai substitusi agregat kasarnya.

Dalam penelitian ini dilakukan 16 macam perlakuan. Perlakuan pertama memadukan 50% Perekat dan 50 limbah. Selanjutnya kadar limbah ditambah dalam setiap varian perlakuan berikutnya. Sampai perbandingan perekat dan limbah sebanyak 20% perekat dan 80 % limbah. Perlakuan ini dimaksudkan untuk mencari titik optimum penambahan material limbah dengan tetap menjaga kualitas kuat tekan *paving block* yang dihasilkan.

Perlakuan yang diberikan pada sampel *paving block* memberikan pengaruh yang nyata terhadap produk yang dihasilkan. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} . Yangmana nilai F_{hitung} untuk perlakuan adalah 5.424,9983 sedangkan F_{tabel} adalah 3,3. Hasil ini menunjukkan setiap variasi paduan pada masing-masing sampel sangat beragam.

Dari data yang diperoleh dalam pengujian uji kuat tekan, terlihat faktor nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} . Yangmana nilai F_{hitung} untuk faktor *Fly Ash* adalah 11.518,98 sedangkan F_{tabel} adalah 2,9. Hasil ini menunjukkan setiap variasi paduan pada masing-masing sampel berbeda. Demikian pula untuk faktor *bottom ash*, dalam setiap variasi perlakuan jumlahnya. Jumlah minimum yang ditambahkan adalah 10% dan jumlah maksimumnya adalah 40 % dari berat bahan baku. Hasilnya dalam setiap pengujian menunjukkan adanya perbedaan. Dari data yang diperoleh dalam pengujian uji kuat tekan, terlihat faktor nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} . Yangmana nilai F_{hitung} untuk Faktor *Bottom Ash* adalah 3.092,8295 sedangkan F_{tabel} adalah 2,9. Angka ini lebih rendah bila dibanding beda jarak faktor *fly ash*. Artinya karakteristik *bottom ash* tidak sebanyak *fly ash* dalam memberikan pengaruh terhadap kualitas kuat tekan sampel.

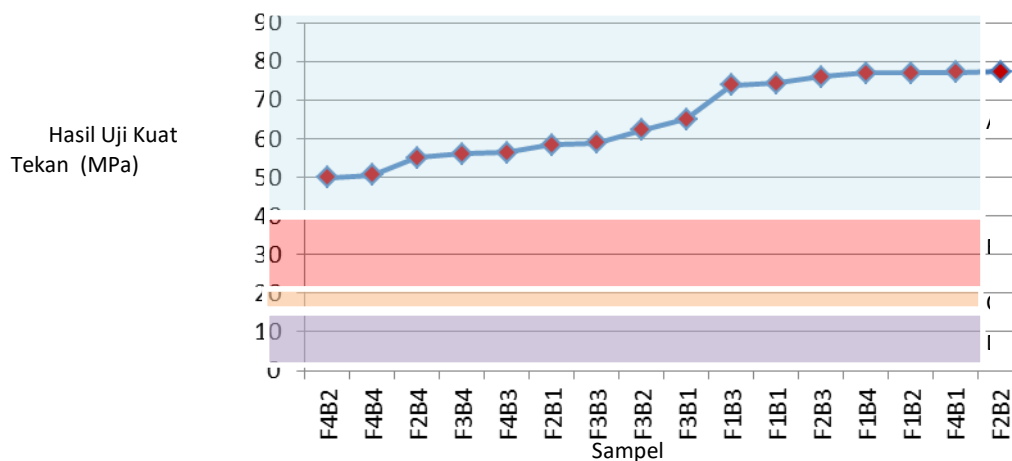
Interaksi *fly ash* dan *bottom ash* pada sampel *paving block* memberikan pengaruh yang nyata terhadap produk yang dihasilkan. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} . Yangmana nilai F_{hitung} untuk interaksi perlakuan adalah 4.171,0588 sedangkan F_{tabel} adalah 2,19. Hasil ini menunjukkan setiap variasi paduan pada masing-masing sampel beragam. Karena hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} dilanjutkan dengan uji Beda Jarak Nyata Duncan (BJND) untuk mengetahui beda rerata yang ada dalam setiap percobaan. Berikut ini adalah hasil uji kuat tekan pada sampel *paving block* dilihat dari beda jarak nyatanya.

Tabel 5. Tabel Hasil Uji Beda Jarak Nyata Duncant (BJND)

Perlakuan	Rerata	Notasi BJND	
F ₄ B ₂	49,984	a	
F ₄ B ₄	50,518	b	
F ₂ B ₄	55,031	c	
F ₃ B ₄	56,025	d	
F ₄ B ₃	56,480	e	
F ₂ B ₁	58,468	F	
F ₃ B ₃	58,976	g	
F ₃ B ₂	62,285	h	
F ₃ B ₁	64,998	i	
F ₁ B ₃	73,889	J	
F ₁ B ₁	74,340	k	
F ₂ B ₃	75,985	l	
F ₁ B ₄	76,958	m	
F ₁ B ₂	77,013	m	n
F ₄ B ₁	77,239	m	n
F ₂ B ₂	77,275		n

Dari Tabel 5 terlihat bahwa pengaruh penambahan *fly ash* dan *bottom ash* terbaik diperoleh pada perlakuan F₄B₄, karena pengaruh penambahan *fly ash* dan *bottom ash* ini berbeda nyata dan/atau sangat nyata dengan pengaruh lebih sempit dan semua berbeda nyata. Dari 16 perlakuan yang

telah dilakukan, juga terdapat beda jarak yang tidak nyata yaitu pada perlakuan F₁B₂ dan F₄B₁. Terkait dengan standar kualitas yang ditentukan BSN dalam SNI 03-0691-1996, hasil uji kuat tekan dalam setiap perlakuan dapat dilihat dalam grafik berikut ini :



Gambar 2. Hasil Uji Kuat Tekan Sample Paving Block.

Dari keseluruhan sampel yang diuji memberikan hasil diatas nilai kuat tekan mutu A. Sebagaimana dalam SNI 03-0691-1996 disyaratkan untuk mutu A adalah diatas 40 MPa. Sedangkan untuk paduan Maksimum untuk sampel F₄B₄ dengan paduan 20 % perekat dan 80 % limbah (40% *fly ash* dan 40% *bottom ash*), hasilnya adalah 50,518 MPa.

Telah dilakukan uji rerapan air rata-rata dengan 3 kali pengulangan. Besarnya pengaruh *fly ash* dan *bottom ash* dalam dalam mempengaruhi kualitas

serapan air rata-rata. Dari uji yang telah dilakukan terlihat perlakuan yang diberikan pada sampel *paving block* memberikan pengaruh yang nyata terhadap hasil uji serapanair rata-rata. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} . Yangmana nilai F_{hitung} untuk perlakuan adalah 54,111352 sedangkan F_{tabel} adalah 1,955. Hasil ini menunjukkan setiap variasi paduan pada masing-masing sampel sangat beragam.

Besaran nilai yang didapatkan dalam pengujian serapan air rata-rata dipengaruhi karakteristik *fly ash*. Partikel *fly ash* yang sangat halus membuat *paving block* yang memiliki luas permukaannya yang lebih besar. Sehingga *Paving block* yang menyerap banyak air lebih lama dalam menguapkan kembali. Dari data yang diperoleh dalam pengujian uji serapan air rata-rata, terlihat faktor nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} . Yangmana nilai F_{hitung} untuk Faktor *Fly Ash* adalah 115,69479 sedangkan F_{tabel} adalah 2,9.

Faktor Bottom Ash

Dari data yang diperoleh dalam pengujian uji serapan air rata-rata, terlihat faktor nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} . Yangmana nilai F_{hitung} untuk Faktor *Bottom Ash* adalah 125,91723 sedangkan F_{tabel} adalah 2,9. Angka ini lebih tinggi bila dibanding beda jarak faktor *fly ash*. Artinya karakteristik *bottom ash* tidak sebanyak *fly ash* dalam memberikan pengaruh terhadap kualitas serapan air rata-rata sampel. Hal ini disebabkan partikel *bottom ash* yang lebih besar menyebabkan

paving block berpori lebih besar sehingga menyerap air lebih banyak.

Interaksi Perlakuan

Interaksi *fly ash* dan *bottom ash* pada sampel *paving block* memberikan pengaruh yang nyata terhadap produk yang dihasilkan. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} . Nilai F_{hitung} untuk interaksi perlakuan adalah 9,6482471 sedangkan F_{tabel} adalah 2,19. Hasil ini menunjukkan setiap variasi paduan pada masing-masing sampel beragam. Namun demikian dalam uji serapan air rata-rata data menunjukkan rentang nilai beda yang lebih besar bila dibanding uji kuat tekan.

Karena hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} dilanjutkan dengan uji Beda Jarak Nyata Duncan (BJND) untuk mengetahui beda rerata yang ada dalam setiap percobaan. Berikut ini adalah hasil uji serapan air rata-rata pada sampel *paving block* dilihat dari beda jarak nyatanya.

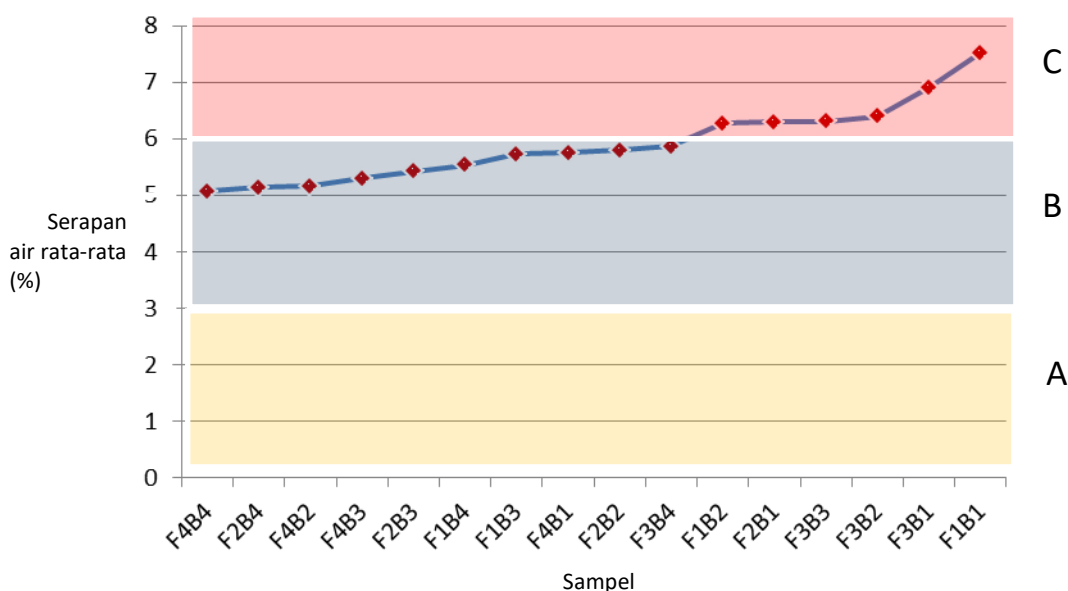
Tabel 6. Hasil Uji Beda Jarak Nyata Duncan (BJND) Uji Serapan Air Rata-rata

Perlakuan	Rerata	Notasi BJND
F ₄ B ₄	5,066367961	a
F ₂ B ₄	5,135131006	a
F ₄ B ₂	5,16069262	a b
F ₄ B ₃	5,300755016	a b c
F ₂ B ₃	5,424522536	b c
F ₁ B ₄	5,53579845	c
F ₁ B ₃	5,725099284	d e
F ₄ B ₁	5,750023273	d e
F ₂ B ₂	5,799097225	d e
F ₃ B ₄	5,863011453	e
F ₁ B ₂	6,267378373	f
F ₂ B ₁	6,29563538	f
F ₃ B ₃	6,307215956	f
F ₃ B ₂	6,402227517	f
F ₃ B ₁	6,902945262	g
F ₁ B ₁	7,52563197	h

Dari Table 6 terlihat bahwa pengaruh penambahan *fly ash* dan *bottom ash* terbaik diperoleh pada perlakuan F₄B₄, karena pengaruh penambahan *fly ash* dan *bottom ash* ini berbeda nyata dan/atau sangat nyata dengan pengaruh lebih

sempit dan berbeda tidak nyata dengan pengaruh lebih sempit (lampiran 11).

Hasil uji serapan air rata-rata dalam setiap perlakuan dapat dilihat dalam grafik berikut ini :



Gambar 3. Grafik Nilai Uji Serapan Air Rata-rata Paving Block

Dari hasil uji serapan air rata-rata yang dilakukan, diperoleh hasil uji masuk kedalam kelas B. Karena hasil pengujian sampel menunjukkan bahwa serapan air rata-rata sampel tertinggi di bawah 8 % dan hasil terendah diatas 3%. Hasil uji serapan air rata-rata terendah adalah sampel F₄B₄ dengan serapan air rata-rata 5,06 %. Sedangkan hasil uji serapan air rata-rata tertinggi adalah pada sampel F₁B₁ dengan nilai serapan air rata-rata 7,53 %.

Dari hasil diatas juga terlihat bahwasanya, semakin banyak penambahan volume *fly ash*, produk *paving block* semakin banyak menyerap air. Karena semakin banyak kandungan *fly ash* menyebabkan semakin tinggi luas permukaan partikel dalam satu buah sampel. Sebagai informasi tambahan, penulis dalam melakukan uji serapan air rata-rata ini juga menganalisa beberapa parameter dasar dalam analisa air pada air rendaman pada sampel terpilih. Adapun parameter uji yang adalah uji keasaman (pH), *Turbidity* dan *Conductivity*. Hasil analisa kualitas air dari sampel F₄B₄ adalah sebagai berikut :

Tabel 7 Kualitas Air Rendaman Sampel F₄B₄.

Hari	pH	Counductivity	Turbidity
1	5,66	2,04	0,38
2	10,64	928,20	41,22
3	10,61	928,23	41,25
4	10,60	928,56	41,26
5	10,57	928,67	41,28
6	10,58	928,72	41,28
7	10,58	928,74	41,29

Berdasarkan data analisa yang diperoleh menunjukkan bahwa produk *paving block* memiliki pH yang tinggi. Nalai ini sangat dipengaruhi oleh sifat keasaman perekat yaitu semen. Karena saat dilakukan uji keasaman dari masing-masing bahan, keasaman semen dominan tinggi/basa. Yaitu nilai pada pH 10.

Dilihat dari hasil pengecekan nilai *conductivity* dan *turbidity* menunjukkan bahwa ada partikel yang berguguran pada awal perendaman sehingga angka yang diperoleh cukup tinggi. Namun tidak

bertambah lagi pada perendaman hari berikutnya. Artinya saat sampel direndam/terkena air hujan, *paving block* akan larut partikelnya di awal, namun pada hari berikutnya tidak begitu banyak terbawa larut oleh air.

Aplikasi Paving Block

1) Aplikasi Paving Block Berdasarkan Hasil Uji Kuat Tekan

Berdsarkan hasil analisa yang diperoleh dari uji kuat tekan, sampel *paving block* yang

terbuat *fly ash* dan *bottom ash* memiliki nilai kuat tekan diatas 49,98 MPa sampai 77,27 MPa. Untuk sampel dengan campuran limbah optimum, yaitu sampel F₄B₄ hasil uji kuat tekannya 50,52 MPa.

Sesuai dengan standar kualitas *paving block* (SNI 03-0691-1996:1), hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa secara keseluruhan sampel masuk pada standar kelas A, termasuk sampel F₄B₄ yang terdiri dari 20% perekat dan 80% limbah. Dengan demikian sampel layak diaplikasikan sebagai bahan konstruksi untuk jalan karena memiliki nilai kuat tekan diatas 40 MPa.

2) Aplikasi Paving Block Berdasarkan Hasil Uji Serapan Air Rata-rata

Berdasarkan hasil analisa yang diperoleh dari uji serapan air rata-rata, sampel *paving block* yang terbuat *fly ash* dan *bottom ash* memiliki nilai serapan air rata-rata diatas 5,06 % sampai 7,52 %. Untuk sampel dengan campuran limbah optimum, yaitu sampel F₄B₄ hasil uji kuat tekannya 5,06%.

Sesuai dengan standar kualitas *paving block* (SNI 03-0691-1996:1), hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa secara keseluruhan sampel masuk pada standar kelas B dan C. Untuk sampel F₄B₄, F₂B₄, F₄B₃, F₂B₃, F₁B₄, F₁B₃, F₄B₁, F₂B₂, F₃B₄, F₁B₂, F₂B₁, F₃B₃, dan F₃B₂ termasuk *Paving Block* kelas B dan dapat diaplikasikan untuk kebutuhan pembangunan pelataran parkir. Semetara itu untuk sampel F₃B₁ dan F₁B₁ termasuk *paving block* kelas C dan dapat diaplikasikan untuk kebutuhan pembangunan trotoar untuk pejalan kaki.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian pembuatan *paving blok* berbahan dasar *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan substitusi agregatnya. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- 1) *Fly Ash* dan *Bottom Ash* dapat dijadikan bahan campuran dalam pembuatan *Paving Block* sebagai bahan substitusi agregat pengganti pasir. Campuran maksimum didapatkan pada sampel dengan perbandingan *cement, fly ash* dan *bottom ash* adalah 1 : 2 : 2. Artinya dalam satu unit produk *paving block* akan terisolasi 80% limbah dengan perekat yang berupa *cement portland* sebanyak 20%.
- 2) *Paving Block* yang berbahan *fly ash* dan *bottom ash* memiliki nilai kuat tekan yang sangat baik, pada kombinasi campuran perbandingan *cement, fly ash* dan *bottom ash* (1 : 2 : 2) masih didapatkan nilai kuat tekan sebesar 50,52 MPa. Nilai ini menunjukkan bahwa sampel masuk pada golongan *paving block* kelas A.
- 3) *Paving Block* yang berbahan *fly ash* dan *bottom ash* memiliki nilai serapan air rata-rata yang sangat baik, pada kombinasi campuran perbandingan *cement, fly ash* dan *bottom ash* (1

: 2 : 2) masih didapatkan nilai serapan air rata-rata sebesar rata 5,06 %. Nilai ini menunjukkan bahwa sampel masuk pada golongan *paving block* kelas B.

- 4) Berdasarkan standar yang ditentukan SNI 03-0691-1996 sampel kombinasi campuran perbandingan *cement, fly ash* dan *bottom ash* (1 : 2 : 2) dapat diaplikasikan sebagai bahan konstruksi untuk pembuatan jalan atau pelataran parkir.

PUSTAKA

- Akbar, Muhammad 2009, *Kinerja Econimizer pada Boiler*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Bangunan, P.T.K., 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002*.
- China National Electrical Engineering, 2013. *Mine Mouth CFSP SUMSEL-5 (2x150MW) Vol.6. Ash Handling*. China National Electrical Engineering. Co. Ltd.
- China National Electric Engineering Company. 2014. *Mine Mouth CFSP SUMSEL-5 : Beijing*.
- Dyahwanti, Inarni Nur. 2007. *Kajian Dampak Lingkungan Kegiatan Penambangan Pasir pada Daerah Sabuk Hijau Gunung Sumbing Daerah Kabupaten Tumanggung*. ITS. Surabaya.
- Eunike, Filia S P . 2014 . *Kuat Tarik Lentur Beton Geopolymer berbasis Abu Terbang (Fly Ash)*. Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Faridah, A.M, 2012. *Karakteristik Abu Dasar PLTU Paiton: Pengaruh Perlakuan Magnet , HCl dan Fusi dengan NaOH*. Pusat Studi Energi, ITS. Surabaya.
- Harris, H., Anam, S., & Mahmudsyah, S, 2013. *Studi pemanfaatan limbah padat dari perkebunan kelapa sawit pada PLTU 6 MW di Bangka Belitung*. Jurnal Teknik ITS, Surabaya.
- Ismunandar, 2006, *Padatan Oksida Logam :Struktur, Sintesis, dan Sifat-sifatnya*. ITB, Bandung.
- Kemas AH. 1995. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Kurniawan, F. 2008. *Implementasi Sistem Dinamik pada Pengembangan Pola Kemitraan Industri Kecil Dan Menengah Di Dki Jakarta*. Industrial and Systems Engineering Assessment Journal (INASEA), 9(2).
- Mulyani, S. 2006. *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Emnggunakan Abu Terbang Dan Kapur* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Munir, Misbachul . 2008 . *Pemanfaatan Abu Batubara (fly Ash) untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman bagi Lingkungan*. Semarang : Universitas Diponegoro.

- Presiden RI. 1997. Undang Undang No. 32 Tahun 2009 Tentang : Pengelolaan Lingkungan Hidup. Kemmentrian Hukum dan Ham RI : Jakarta.
- Sastrosupardi, Adji. 1999. Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian, edisi Revisi. Kanisius, Malang.
- Sebayang, Surya. 2010. *Pengaruh Kdar Abu Terbang sebagai pengganti sejumlah Semen pada Beton Alir Mutu Tinggi*. Bandar Lampung :Universitas Lampung.
- SNI-03-0691-1996, *Persyaratan mutu bata beton (paving block)*,. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Suseno, Hendro. 2012 . *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Tanah Liat pada Campuran Bata Terhadap Kuat Tekan Bata*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Yusuf, Yulizar .2013. *Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen Tipe PCC Serta Analisis Air Laut Yang Digunakan Untuk Perendaman*. Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Andalas : Padang.
- Zakaria, 2003, *Analisis Kandungan Mineral Magnetik pada Batuan Beku dari Daerah Istemewa Yogyakarta dengan Metode X-Ray Diffraction*, skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halouleo, Kendari.

HALAMAN INI SENGAJA DI KOSONGI