

PEMBUATAN PAVING BLOCK DARI CAMPURAN LIMBAH ABU DAN SISA PEMBAKARAN SAMPAH DOMESTIK

Detta P, Rudy Laksmono, Firra Rosariawari

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Email: firra.tl@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Pada proses pembakaran limbah domestik pada bangunan Insenerator menghasilkan abu terbang dan abu dasar dalam jumlah banyak. Abu yang dihasilkan kemudian diletakan pada tanah lapang tanpa diolah lebih lanjut, melalui hal tersebut abu yang tertumpuk pada tanah lapang tanpa lapisan kedap air dapat menimbulkan permasalahan pencemaran lingkungan, salah satunya adalah terjadinya pencemaran air tanah melalui kandungan limbah B-3 pada abu seperti Cu, Zn, Cr, Cd dan Pb. Salah satu upaya pemanfaatan abu hasil dari pembakaran Insenerator ini adalah dengan dimanfaatkannya abu sebagai bahan pencampur pembuatan paving block dengan proses solidifikasi yang diharapkan ramah lingkungan. Hasil percobaan pembuatan paving block dari beberapa variasi komposisi perbandingan semen, pasir, abu, abu batu dan faktor air semen dari salah satu yang terbaik adalah komposisi K5 (FAS0,3) yang memenuhi kuat tekan dan daya resapan air pada standar nasional Indonesia (SNI) mutu B. Kemudian ditinjau dari pengujian hasil rendaman air paving block pada komposisi K5 (FAS 0,3) menunjukkan hasil air rendaman masih memenuhi baku mutu Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air PP N0. 82 Tahun 2001.

Kata kunci : Abu terbang, hasil pembakaran insenerator, pemanfaatan, bahan campuran, paving block, solidifikasi

ABSTRACT

The combustion of domestic waste in the Incenerator building produces bottom ash and fly ash in large quantities. The resulting ash is placed on a field without further processed, through the ash accumulated on a field without waterproof coatings can give rise to problems of environmental pollution, one of which is the occurrence of groundwater contamination through deposits of hazardous and toxic substances waste from the ashes as Cu, Zn, Cr, Cd and Pb. One of the results to utilize ash result from incenerator combustion are with using of ash for making as paving block through solidification process which is expected to be eco friendly paving block. From the experiment results of manufacture of paving block of some variety composition comparison of cement, sands, ash stone/grey stone and factor from cement water. From one of the best composition is K5 (FAS 0,3) that meets strong press and water absorption in the Indonesia National Standard as quality B. Then reviewed on the results from testing the water of immersion paving block from composition K5 (FAS 0,3) showed that result of water immersion still meet the standard quality of Water Quality Management and Control of Water Pollutions PP. No. 82 in 2001.

Keywords : Fly ash, incenerator combustion, utilization of materials, mixtures, paving block, solidification

PENDAHULUAN

Selama ini sampah domestik yang dihasilkan oleh Bandar Udara Juanda menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang memerlukan penanganan yang serius.

Penanganan khusus pada sampah domestik yang telah dilakukan oleh pihak bandara ialah dengan menggunakan proses pembakaran sampah pada Instalasi bangunan Insenerator, untuk mengolah sebagian sampah domestik yang dihasilkan bandara. Sampah domestik yang diolah pada Instalasi Bangunan Insenerator hanya sampah pilahan saja yang memiliki karakteristik kering dan tidak mudah meledak, sehingga dapat mempermudah proses pembakaran di dalam Insenerator. Pembakaran pada Insenerator menghasilkan abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 tahun 2014 abu terbang (*fly ash*) insenerator diklasifikasikan sebagai limbah B-3 sehingga penanganannya harus memenuhi kaidah-kaidah dalam peraturan tersebut. Penanganan yang direkomendasikan Peraturan Pemerintah Nomor 101 tahun 2014 adalah solidifikasi dimana dengan proses tersebut sifat B-3 dalam abu terbang insenerator akan menjadi stabil dan dapat dimanfaatkan sebagai produk yang aman bagi kesehatan dan lingkungan. Metode yang perlu dilakukan untuk pengujian limbah B-3 adalah dengan uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) atau pengujian air rendaman dan pengujian ini dilakukan setelah abu terbang tersebut diubah/dibuat terlebih dahulu menjadi bentuk *massive*, kokoh dan stabil, dengan harapan tidak akan terjadi *leaching* yang berlebihan.

Penelitian ini bertujuan untuk meminimalisir dampak terjadinya pencemaran pada air tanah dan menentukan komposisi campuran abu terbang yang dibutuhkan *paving block*.

Abu Terbang

Abu terbang adalah bagian dari sisa pembakaran yang berbentuk partikel halus amorf dan abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) karena proses pembakaran Menurut Peraturan Pemerintah nomor 85 tahun 1999 abu terbang digolongkan

sebagai limbah B-3 dengan kode limbah D 223 dengan bahan pencemar utama logam berat, yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan.

Pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan tambah juga dapat meningkatkan kualitas *paving block*. Pada komposisi abu terbang (*fly ash*) 10 % - 40 %, *paving block* bersifat kedap air agresif sedang, yaitu tahan terhadap air limbah industri, air payau dan air laut (Zeta Eridani, 2004).

Paving Block

Paving block/bata beton (concrete block)/cone blok, merupakan produk bahan bangunan yang digunakan sebagai salah satu

alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah. Dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, pasir, agregat dan air dengan atau tanpa bahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton. Dengan perbandingan semen : pasir : agregat kasar 1 : 2 : 3.

Persyaratan *paving block* di Indonesia diatur dalam SNI 03-0691-1996 mengacu pada peraturan tersebut, mutu *paving block* diklasifikasikan menjadi :

- 1) Mutu A : untuk jalan
- 2) Mutu B : untuk pelataran parkir
- 3) Mutu C : untuk pejalan kaki
- 4) Mutu D : untuk taman & pengguna lain.

Tabel 1. Mutu Paving Block (SNI 03-0691-1996)

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Tahan Aus (mm/menit)		Penyerapan air (%) maks
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	40	35	0,09	0,103	3
B	20	17	0,13	0,149	6
C	15	12,5	0,16	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Menurut, SNI 03-0691-1996 standar mutu yang harus dipenuhi oleh paving block adalah sebagai berikut :

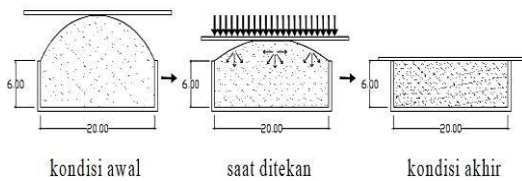
- a. Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

- b. Ukuran beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%.
- c. Penyimpangan dimensi paving block yang diijinkan adalah sebagai berikut: a. Panjang ± 20 cm b. Lebar ± 10 cm c. Tebal ± 6 cm.

Metode pembuatan *paving block* yang biasanya digunakan dalam masyarakat dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu :

Metode Konvensional

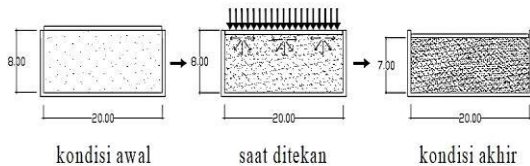
Metode ini adalah metode yang paling banyak digunakan oleh masyarakat kita dan lebih dikenal dengan metode gablokan. Pembuatan *paving block* cara konvensional dilakukan dengan menggunakan alat gablokan dengan beban pemadatan yang berpengaruh terhadap tenaga orang yang mengerjakan.



Gambar 1. Prinsip Kerja Metode Konvensional

Metode Mekanis

Metode mekanis didalam masyarakat biasa disebut metode press. Metode ini masih jarang digunakan karena untuk pembuatan paving block dengan metode mekanis membutuhkan alat yang harganya relatif mahal. Metode mekanis biasanya digunakan oleh pabrik dengan skala industri sedang atau besar. Pembuatan paving block cara mekanis dilakukan dengan menggunakan mesin (*compression apparatus*).



Gambar 2. Prinsip Kerja Metode Mekanis

Metode Pengujian Paving Block

Untuk mengetahui kualitas suatu *paving block*, maka ada berbagai cara pengujian yang dapat dilakukan, yaitu :

- 1) Metode struktur, yaitu dengan cara memotong paving block berbentuk kubus

dengan ukuran yang disesuaikan dengan benda uji, kemudian ditekan dengan tekanan, durasi waktu dan kecepatan tertentu hingga hancur. Nilai kuat tekan diperoleh dari Beban tekan dibagi dengan luas bidang tekan.

- 2) Pengujian serapan air, *paving block* direndam ke dalam air selama 24 jam, kemudian dikeringkan dengan suhu 105 derajat celsius dan ditimbang 2 kali hingga selisih hasil penimbangan tidak lebih dari 0,2%, kemudian nilai penyerapan dihitung dari berat *paving block* basah dikurangi berat *paving block* kering, dibagi dengan berat *paving block* kering, kemudian dikalikan 100%.
- 3) Pengujian air rendaman paving block dilakukan dengan cara merendam paving block dalam air selama 24 jam untuk menentukan kecenderungan *paving block* mengalami pelindian/leaching saat bersentuhan dengan air. Sifat tersebut amat penting untuk menentukan apakah *paving block* boleh di digunakan sehingga tidak menyebabkan pencemaran air tanah akibat pelindian atau *leaching*.

Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Berdasarkan pengalaman, komposisi agregat tersebut berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat inipun menjadi penting. Karena itu perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm. Agregat yang ukurannya lebih besar dari 40 mm digunakan untuk pekerjaan sipil lainnya. Agregat halus biasanya dinamakan pasir dan agregat kasar dinamakan kerikil, split, batu pecah, kricak dan lainnya. (*Tri Muyono (2005), Teknologi Beton, Andi, Yogyakarta*).

Semen Portland

Semen portland mempunyai lima senyawa penyusun utama dan sedikit senyawa lain sebagai tambahan. Kelima bahan penyusun utama tersebut yaitu :

- 1) Trikalsium Silikat (Ca_3SiO_5 atau $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), disingkat C_3S
- 2) Dikalsium Silikat (Ca_2SiO_4 atau $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), disingkat C_2S
 - a. Trikalsium Aluminat ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ atau $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), disingkat C_3A
 - b. Tetrakalsium Aluminoferrit ($\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_{10}$ atau $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), disingkat C_4AF
 - c. Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang saling mengikat/mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi trikalsium silikat dan dikalsium silikat adalah 70 – 80 % dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen. (*Tri Mulyono (2005), Teknologi Beton, Andi, Yogyakarta.*)

Pada saat air ditambahkan dalam semen, setiap senyawa-senyawa tersebut diatas mengalami reaksi hidrasi dan mempunyai andil masing-masing dalam pembentukan *concrete*. Faktor air semen (FAS) atau water cement ratio (WCR) merupakan rasio antara berat air yang digunakan dibagi dengan berat semen, yang dituliskan sebagai berikut :

$$FAS = \frac{\text{berat air (gram)}}{\text{berat semen (gram)}} \dots\dots\dots(1)$$

Semen yang biasa digunakan dalam pembuatan bahan bangunan adalah jenis Semen Portland. Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland dibagi dalam lima jenis katagori (PUBI, 1982), yaitu :

- 1) Tipe I, untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak memerlukan persyaratan khusus.
- 2) Tipe II, untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Tipe III, untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan

awal yang tinggi dan dipergunakan pada daerah yang bersuhu rendah.

- 4) Tipe IV, untuk konstruksi-konstruksi yang persyaratan panas hidrasi rendah dan digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan besar dan masif.
- 5) Tipe V, untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan sanagat tahan terhadap sulfat.

Air

Air merupakan bahan pembuat bata beton yang sangat penting, namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan 25 % dari berat semen saja. Selain itu, air juga digunakan untuk perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor (*Tjokrodinuljo, 1996*).

Curing/Perawatan

Curing adalah suatu prosedur atau cara perawatan untuk meningkatkan proses pengerasan beton pada suhu dan kelembaban tertentu agar perkembangan pengikatan dari bahan penyusun semen berlangsung sempurna (W.H. Taylor, 1977). Menurut A.M. Neville (1981) *curing* adalah cara-cara yang digunakan untuk meningkatkan proses hidrasi semen, dimana di dalamnya termasuk pengaturan, perubahan suhu, dan kelembaban.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Paving Block

- a. Alat :
 - 1) Cetakan *paving block* ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm
 - 2) Ember
 - 3) Pengaduk
 - 4) Pengayak pasir
 - 5) Sekrup
 - 6) Alat Press
- b. Bahan :
 - 1) Semen portland tipe 1 (Semen Merah Putih)
 - 2) Abu terbang (*fly ash*)
 - 3) Pasir
 - 4) Abu Terbang
 - 5) Air

- c. Persiapan bahan meliputi :
- 1) Pasir di ayak menggunakan pengayak kasar untuk memisahkan batu berukuran besar. Ayakan dapat memakai pengayak berdiameter 2 cm.
 - 2) Siapkan air sesuai perhitungan faktor air semen.
 - 3) Siapkan semen, abu terbang dan abu batu
- d. Proses pembuatan :
- 1) Siapkan cetakan ditempat yang datar.
 - 2) Masukkan adonan kedalam cetakan paving block dan ratakan.
 - 3) Proses pengepresan menggunakan alat press mekanik.
 - 4) Letakan dengan membalik cetakan yang sudah terisi adonan.
 - 5) Buka dengan cara mengangkat cetakan, lalu ambil cetakan penutup atas paving
- e. Curing/Perawatan :
- 1) Setelah 3-5 jam paving block dapat di tata dan disiram air selama 28 hari dengan rutin. Paving block juga dapat di rendam dengan air selama kurang lebih 28 hari untuk hasil yang baik.
 - 2) Selama proses curing hindari terik sinar matahari pada paving block.

Variabel Perlakuan

Tabel 2. Variabel Perlakuan *Paving Block*

Variasi	Semen	Abu	Pasir	Abu Batu	FAS	Jumlah
Komposisi 1	1	0	2	3	0,2	3
Komposisi 2	1	1	1	3		3
Komposisi 3	1	0,5	1,5	3		3
Komposisi 4	1	1,5	0,5	3		3
Komposisi 5	1	2	0	3		3
Variasi	Semen	Abu	Pasir	Abu Batu	FAS	Jumlah
Komposisi 1	1	0	2	3	0,3	3
Komposisi 2	1	1	1	3		3
Komposisi 3	1	0,5	1,5	3		3
Komposisi 4	1	1,5	0,5	3		3
Komposisi 5	1	2	0	3		3
Variasi	Semen	Abu	Pasir	Abu Batu	FAS	Jumlah
Komposisi 1	1	0	2	3	0,4	3
Komposisi 2	1	1	1	3		3
Komposisi 3	1	0,5	1,5	3		3
Komposisi 4	1	1,5	0,5	3		3
Komposisi 5	1	2	0	3		3

Variabel Tetap

- 1) Menggunakan Abu terbang (Fly Ash) hasil pembakaran limbah padat domestik pada Insenerator Bandar Udara Juanda

- 2) Menggunakan Semen Portland Tipe 1 (Semen Merah Putih)
- 3) Tinggi Paving Block : 6 cm
- 4) Lebar Paving Block : 10 cm
- 5) Panjang Paving Block : 20 cm
- 6) Berat total perbandingan abu terbang dan pasir = 840 gram
- 7) Berat semen = 400 gram
- 8) Berat abu batu = 1000 gram
- 9) FAS 0,2 = 80 ml/gram
- 10) FAS 0,3 = 120 ml/gram
- 11) FAS 0,4 = 160 ml/gram

HASIL PENELITIAN

Analisa Awal Kandungan Abu Terbang

Analisa awal abu terbang bertujuan untuk mengetahui nilai parameter yang ada pada abu terbang, parameter abu terbang dilampirkan pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 3. Karakteristik Kimia Abu Terbang

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
Tembaga (Cu)	ppm	5,4858
Seng (Zn)	ppm	4,3338
Krom (Cr)	ppm	45,868
Cadmium (Cd)	ppm	0,2542
Timbal (Pb)	ppm	1,285

Sifat kimia abu terbang sangat dipengaruhi oleh jenis sampah domestik yang dibakar, teknik penyimpanan dan penanganannya. Dari data diatas menunjukkan bahwa kandungan cemaran logam tertinggi adalah logam krom (Cr) sebesar 45,868 ppm, Tembaga (Cu) sebesar 5,4858 ppm dan sedangkan logam lainnya relatif kecil.

Hasil Uji Kuat Tekan

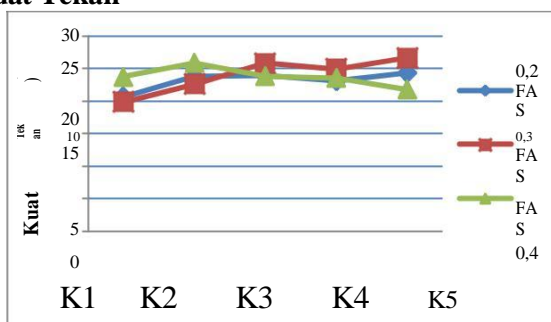
Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Beton dan Bahan Bangunam ITS, pengujian kuat tekan *paving block* menggunakan alat *Compression Testing Machines*. *Paving block* yang diujikan ditekan dan dihentikan setelah dial pada pembacaan pada alat berhenti. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan dari benda uji tersebut sudah maksimal. *Paving block* diuji kuat tekan pada umur 28 hari, berikut hasil uji kuat tekan yang tersaji pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block*

Komposisi <i>Paving Block</i>	Berat (Kg)	Tegangan Hancur (MPa)
K1 (FAS 0,2)	2,78	20,70
K1 (FAS 0,3)	2,77	19,90
K1 (FAS 0,4)	2,78	23,76
K2 (FAS 0,2)	2,57	23,76
K2 (FAS 0,3)	2,57	22,62
K2 (FAS 0,4)	2,59	25,92
K3 (FAS 0,2)	2,62	24,00
K3 (FAS 0,3)	2,63	25,83
K3 (FAS 0,4)	2,62	23,85
K4 (FAS 0,2)	2,62	23,10
K4 (FAS 0,3)	2,61	24,96
K4 (FAS 0,4)	2,60	23,53
K5 (FAS 0,2)	2,51	24,32
K5 (FAS 0,3)	2,53	26,68
K5 (FAS 0,4)	2,50	21,78

Mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang Mutu *Paving Block* dapat disimpulkan melalui gambar 4.1 dan gambar 4.2 bahwa komposisi paving block K5 (FAS 0,3) dengan komposisi varian 1 : 2 : 3 (Semen : Abu terbang : Abu batu) memiliki kuat tekan yang paling tinggi yaitu 26,68 MPa yang memenuhi mutu B dengan berat yang relatif lebih ringan dari pada komposisi varian *paving block* lainnya. Hal ini juga dapat disimpulkan bahwa penggantian bahan pasir dengan abu terbang dan faktor air semen 0,3 dapat meningkatkan kuat tekan serta berat *paving block* menjadi relatif lebih ringan.

Hubungan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan

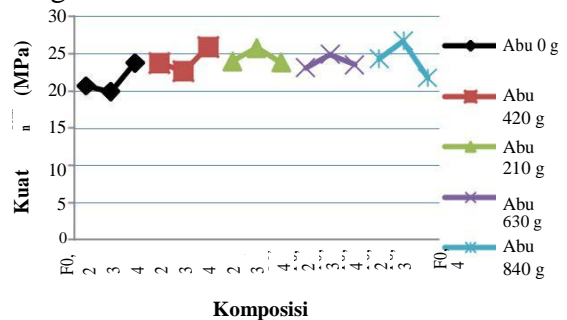


Gambar 3. Grafik Hubungan Kuat Tekan terhadap Faktor Air Semen

Berdasarkan Gambar 3 maka dapat disimpulkan pengaruh faktor air semen (FAS) terhadap kuat tekan paving block rata-rata yang terbaik adalah FAS 0,3. Secara umum diketahui bahwa sangat rendah nilai FAS akan menyebabkan kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan (homogeny) dan proses hidrasi yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Namun demikian nilai FAS yang sangat tinggi maka semakin rendah mutu kekuatan *paving block*. (Tri Mulyono, 2005).

Hubungan Komposisi Penambahan Abu Terbang dan FAS Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*

Dari hasil kuat tekan pada beberapa komposisi penggantian abu terbang pada diagram Gambar 4 dibawah ini



Gambar 4. Grafik Hubungan Komposisi Penambahan Abu Terbang dan FAS Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*.

Dapat disimpulkan bahwa dengan pencampuran variasi abu terbang pada pembuatan *paving block* mula-mula akan meningkatkan kuat tekan paving block dengan rata-rata faktor air semen terbaik FAS 0,3 namun begitu juga dengan semakin banyaknya penambahan jumlah faktor air semen akan menurunkan kuat tekan paving block.

Pada percobaan *paving block* diatas yang memiliki kuat tekan paling baik adalah *paving block* dengan variasi komposisi 5 dengan bahan campur 840 gram abu terbang dengan variasi Semen : abu : abu batu = 1 : 2 :3 dapat meningkatkan kuat tekan paving block dengan FAS 0,3 namun pada FAS 0,4 akan menurunkan kuat tekan *paving block*.

Sedangkan *paving block* dengan kuat tekan terbaik kedua adalah paving block dengan

komposisi abu terbang 420 gram dengan variasi Semen : abu : pasir : abu batu = 1 : 1 : 1 : 3 dengan FAS 0,4.

Penambahan komposisi abu terbang dan faktor air semen yang berlebihan ternyata sangat mempengaruhi hasil penurunan kuat tekan paving block, ini dapat dilihat pada komposisi 5 dengan FAS 0,4. Begitu juga sebaliknya jika abu terbang dan faktor air semen kurang maka akan mengalami hasil penurunan kuat tekan. Sebenarnya abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, namun dengan kehadiran faktor air semen dan ukurannya yang halus, oksida silika yang dikandung didalam abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan akan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan yang mengikat (Djiwantoro, 2001).

Hasil Uji Daya Resapan Air

Penyerapan air didapat dari rata-rata pengujian 15 buah paving block dengan lima variasi perubah yaitu K1, K2, K3, K4, K5 dengan tiga variasi FAS 0,2 ; 0,3 ; 0,4 berbentuk segi empat ukuran 21 x 10,5 x 6 cm. Berikut hasil dari uji daya resapan paving block yang disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Uji Daya Resapan *Paving block* dengan variasi FAS 0,2

Contoh Benda Uji	K1 (0,2)	K2 (0,2)	K3 (0,2)	K4 (0,2)	K5 (0,2)	Satuan
Berat benda uji kondisi SSD (A)	2825	2650	2700	2700	2605	gram
Berat benda uji kondisi kering oven (B)	2500	2475	2450	2450	2410	gram
Resapan $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	9,073	7,071	10,204	10,204	8,091	%
Rata-rata	8,929					%

Tabel 6. Hasil Uji Daya Resapan *Paving block* dengan variasi FAS 0,3

Contoh Benda Uji	K1 (0,3)	K2 (0,3)	K3 (0,3)	K4 (0,3)	K5 (0,3)	Satuan
Berat benda uji kondisi SSD (A)	2840	2655	2830	2680	2525	gram
Berat benda uji kondisi kering oven (B)	2630	2525	2610	2435	2295	gram
Resapan $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	7,985	5,545	8,429	10,062	6,739	%
Rata-rata	8,408					%

Tabel 7. Hasil Uji Daya Resapan *Paving block* dengan variasi FAS 0,4

Contoh Benda Uji	K1 (0,4)	K2 (0,4)	K3 (0,4)	K4 (0,4)	K5 (0,4)	Satuan
Berat benda uji kondisi SSD (A)	2865	2840	2720	2705	2455	gram
Berat benda uji kondisi kering oven (B)	2625	2465	2570	2500	2300	gram
Resapan $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	9,143	7,099	6,837	8,200	10,244	%
Rata-rata	7,404					%

Mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang mutu *paving block* melalui tabel diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata pengujian daya resapan air paving block adalah 7% - 8%, hasil ini menunjukkan bahwa *paving block* yang telah diuji masuk pada mutu B dan mutu C yaitu dengan persen penyerapan air 6% - 8%. Namun viriasi hasil uji daya resapan ini belum menentukan hasil sepenuhnya sesuai mutu SNI 03-0691-1996, karena hasil uji kuat tekan juga harus sesuai dengan mutu yang ada pada SNI 03-0691-1996.

Tabel 8. Hasil Uji *Paving Block* Yang Sesuai dan Memenuhi Mutu

Variasi	Uji Resapan Air (%)	Uji Kuat Tekan (MPa)	Kategori Mutu
K1 (FAS 0,2)	9,073	20,7	x
K1 (FAS 0,3)	7,985	19,9	B
K1 (FAS 0,4)	9,143	23,76	x
K2 (FAS 0,2)	7,071	23,76	B
K2 (FAS 0,3)	5,545	22,62	B
K2 (FAS 0,4)	7,099	25,92	B
K3 (FAS 0,2)	10,204	24	x
K3 (FAS 0,3)	8,429	25,83	x
K3 (FAS 0,4)	5,837	23,85	B
K4 (FAS 0,2)	10,204	23,1	x
K4 (FAS 0,3)	10,062	24,96	x
K4 (FAS 0,4)	8,2	23,53	x
K5 (FAS 0,2)	8,091	24,32	x
K5 (FAS 0,3)	6,739	26,68	B
K5 (FAS 0,4)	10,244	21,78	x

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Dari tabel diatas dapat dijelaskan pada kategori mutu paving block yang bertanda silang merupakan *paving block* yang tidak memenuhi mutu nilai maksimum dan minimum dari nilai kuat tekan dan daya resapan air, sehingga tidak sesuai dengan nilai mutu yang diterapkan pada SNI 03-0691-1996. Sedangkan variasi *paving block* yang masuk dalam kategori mutu B merupakan *paving block* yang memenuhi nilai maksimum dan minimum dari nilai kuat tekan dan daya resapan air, sehingga dapat disimpulkan *paving block* yang terbaik dan

memenuhi standar mutu B adalah varian K1 (FAS0,3), K2 (FAS 0,2), K2 (FAS 0,3), K2 (FAS 0,4), K3 (FAS 0,4) dan K5 (FAS 0,3). Mutu B *paving block* diklasifikasikan sebagai paving yang diperuntukan untuk pelataran parkir.

Hasil Uji Air Rendaman Paving Block

Dari hasil pengujian sebelumnya yaitu uji kuat tekan dan uji daya resapan air, maka diambil *paving block* dengan mutu yang paling baik yaitu *paving block* dengan nomor varian K5 (FAS 0,3) untuk kemudian diujikan air rendaman *paving block*. Berikut hasil uji air rendaman yang tersaji pada tabel berikut.

Tabel 9. Hasil Pengujian Air Rendaman *Paving Block* K5 (FAS 0,3)

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
Tembaga (Cu)	mg/L	<0,0223
Seng (Zn)	mg/L	<0,0233
Krom (Cr)	mg/L	<0,0201
Cadmium (Cd)	mg/L	<0,0078
Timbal (Pb)	mg/L	<0,0764

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Dari Tabel 4.7 diatas memperlihatkan bahwa hasil uji air rendaman paving block yang berasal dari campuran abu terbang, semen, abu batu dan pasir pada varian K5 (FAS 0,3) jauh dibawah ambang batas baku mutu Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air PP N0. 82 Tahun 2001, terlampir pada lampiran b.

Apabila dilihat dari kandungan logam berat pada awal (abu terbang) cukup tinggi dan pada uji air rendaman paving block dengan hasil yang cukup rendah maka proses stabilisasi dan solidifikasi dengan penggantian bahan semen mampu menurunkan logam berat pada abu terbang menjadi lebih stabil dan menjadikan mobilitas logam berat pada paving block menjadi sangat berkurang. Kecilnya konsentrasi logam berat setelah dilakukan proses solidifikasi disebabkan karena kontaminan dijebak dalam padatan yang terbentuk oleh proses solidifikasi. Kontaminan tidak dapat berinteraksi langsung dengan kontaminan lain, dan hanya dapat berinteraksi dengan reagen solidifikasi (Pranjoto 2007).

Menurut LaGrega, et. al. (1994), stabilisasi dengan semen merupakan yang paling cocok untuk limbah anorganik, terutama logam berat. Logam berat seperti Pb, Cu, Zn dan Cd akan ditahan dan terikat oleh bentuk terlarut dari hidroksida dan garam karbonat yang terbentuk dari hasil proses hidrasi semen, sehingga dapat menghambat pergerakan senyawa B-3 dan membentuk struktur yang kuat dan keras. Menurut Pudjaatmaka (1993) dalam Nisita (2010), reaksi kimia yang terjadi terhadap logam Cu dalam limbah jika bereaksi dengan hidroksida Ca dalam pasta semen adalah tembaga (cuprum) akan membentuk hidroksida Cu(OH)₂. Pb (timbal) merupakan logam berat yang berbahaya bila terpapar di lingkungan secara bebas. Sedangkan logam tembaga (Cu) merupakan salah satu logam essential yang diperlukan oleh makhluk hidup dalam pertumbuhannya. Menurut Setyowati (2007), bila kandungan logam Cu terlalu berlebih dapat menyebabkan diare, muntah, kerusakan liver dan ginjal bila lebih dari 1 mg/hari. Dengan demikian usaha pemanfaatan limbah padat yang berupa abu sisa pembakaran sampah domestik sebagai bahan pencampur pembuatan *paving block layak* ditinjau dari aspek teknis (memenuhi SNI mutu B) dan aspek lingkungan (Pengendalian Pencemaran Air).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- 1) Abu terbang dapat digunakan sebagai pencampur bahan pembuatan paving block yang baik, karena pengaruh penambahan abu terbang juga meningkatkan nilai kuat tekan pada paving block
- 2) Hasil komposisi *paving block* dengan campuran abu terbang terbaik dapat diambil pada komposisi K5 (FAS 0,3) yaitu komposisi perbandingan semen, abu terbang, abu Batu 1 : 2 : 3 dengan faktor air semen 0,3.
- 3) Dari uji karakteristik abu terbang hasil pembakaran limbah domestik mengandung komposisi cemaran logam berat yang berpotensi dapat mencemari lingkungan.
- 4) Dari hasil uji air rendaman paving block yangterbaik dari proses solidifikasi/stabilisasi abu terbang, menunjukkan nilai dibawah ambang batas baku mutu PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Saran

- 1) Dari hasil penelitian ini maka dapat disarankan abu terbang dapat digunakan sebagai bahan pencampur pembuatan *paving block* yang aman bagi lingkungan, sehingga timbunan buangan dari sisa pembakaran sampah domestik pada insenerator dalam bentuk abu terbang/*fly ash* dapat di tekan.
- 2) Selain abu terbang / *fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran sampah domestik, abu dasar / *bottom ash* yang dihasilkan juga dapat diujikan kandungan karakteristik kimia dan dapat dibuat sebagai perbandingan dalam penelitian selanjutnya dengan memanfaatkan abu dasar sebagai bahan pencampur pembuatan *paving block*.

DAFTAR PUSTAKA

- Acosta-Dafi. (2009). Pemanfaatan *Fly Ash* (Abu Terbang) Dari Pembakaran Batubara Pada PLTU Suralaya Sebagai Bahan Baku Pembuatan Refraktori Cor, (<http://dafi017.blogspot.co.id/2009/03/pemanfaatan-fly-ash-abu-terbang-dari.html>), diakses tanggal 22 Maret 2016.
- Andi Rosit, Iik Maulana, dan Teguh Andhika. (2014). Pengaruh Penambahan Bubuk Lumpur Lapindo Sebagian Semen Dalam Pembuatan *Paving Block*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah.
- Aswin, BS. (2007). Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton dengan *Fly Ash* sebagai Pengganti Semen. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 1996. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI-03-0691-1996. Bata Beton. Jakarta: Dewan Standarisasi Indonesia
- Badan Standarisasi Nasional. 1996. Standar Nasional Indonesia (SNI). T-04-1990 Klasifikasi *Paving Block*. Jakarta: Dewan Standarisasi Indonesia.
- Ganjar Samudro, Mochtar H. Dan Fakhrian A.R. (2016). Penentuan Campuran Lumpur Lapindo Sebagai Substitusi Pasir Dan Semen Dalam Pembuatan *Paving Block* Ramah Lingkungan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- I Wayan Suarnita. (2011). *Kuat Tekan Beton Dengan Aditif Fly Ash Ex. PLTU Mpanau Tavaeli*. Palu: SMARTek-UNTAD.
- Mulyono, Tri. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Munir, Misbachul. (2008). Pemanfaatan Abu Batubara (*Fly Ash*) Untuk *Hollow Block* Yang Bermutu Dan Aman Bagi Lingkungan. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang.
- Nurzal dan Joni. (2013). Pengaruh Komposisi *Fly Ash* Terhadap Serap Air Pada Pembuatan *Paving Block*. Padang: Institut Teknologi Padang.
- Rahmadyanti, Erina. (2002). Uji Kelayakan Pembuatan *Paving Block* Dari Timbunan Sampah TPA Keputih. Surabaya: Teknik Lingkungan-ITS
- Republik Indonesia. (1999). Peraturan Pemerintah Nomor 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Republik Indonesia. (2001). Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Republik Indonesia. (2008). Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 2 Tahun 2008 tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Jakarta: Sekretariat Negara.