

BATA BETON BERLUBANG DARI ABU BATUBARA (FLY ASH DAN BOTTOM ASH) YANG RAMAH LINGKUNGAN

Nurul Aini Sulistyowati

Puslitbang Permukiman Balitbang PU
Jalan Panyawungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung
Email: nurulaini657@yahoo.co.id

Abstract: Coal ash (fly ash and bottom ash) is the waste produced by industries that use coal as a fuel source energy. Currently, the textile industry in Pekalongan city has been using coal fuel. Coal combustion waste if not dealt with seriously will be caused of environmental problems. These problems can be overcome by utilizing coal combustion waste in the manufacture of hollow block. This research uses experimental methods of making cube mortar 5 cm x 5 cm x 5 cm and hollow block 10 cm x 19 cm x 39 cm. Composition of the mix used to cube mortar 1 PC : 8 aggregate (sand + coal ash) with aggregate percentage of 4 variations. The aggregate percentages with optimum compressive strength used to manufacture of hollow block. The compressive strength tested on age 7, 14, 21 and 28 days with repetition as much as 5 times. Testing outcomes showed that hollow block manufacture with aggregate percentages in 20 % sand + 60 % bottom ash + 20 % fly ash has compressive strength 24.15 kg/cm² and included to IV quality and its product may be utilized for non-structural wall. TCLP test showed that hollow block using fly ash and bottom ash are classified as B3 waste has a test value below the quality standards of established by the government.

Keywords: Fly ash, bottom ash, hollow block, TCLP, quality standards

Abstrak: Abu batubara (fly ash dan bottom ash) merupakan limbah yang dihasilkan oleh industri yang menggunakan bahan bakar batubara sebagai sumber energi. Pada saat ini industri tekstil di Kota Pekalongan telah menggunakan bahan bakar batubara. Limbah pembakaran batubara bila tidak ditangani dengan serius berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan limbah pembakaran batubara dalam pembuatan bata beton berlobang. Penelitian ini menggunakan metoda eksperimen pembuatan mortar kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm dan bata beton berlobang 10 cm x 19 cm x 39 cm. Komposisi campuran mortar kubus 1 PC : 8 agregat (pasir+abu batubara) dengan persentase agregat sebanyak 4 variasi. Persentase agregat dengan kekuatan tekan tertinggi digunakan dalam pembuatan bata beton berlobang. Pengujian kekuatan tekan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari dengan ulangan sebanyak 5 kali. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bata beton berlobang dengan persentase agregat 20 % pasir + 60 % bottom ash + 20 % fly ash mempunyai kekuatan tekan sebesar 24,15 kg/cm² termasuk kedalam mutu IV dan dapat digunakan untuk dinding non struktural. Uji *Total Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) memperlihatkan bahwa bata beton berlobang yang menggunakan fly ash dan bottom ash yang tergolong limbah B3 mempunyai nilai uji dibawah ambang batas baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah.

Kata kunci: Fly ash, bottom ash, bata beton berlobang, uji TCLP, baku mutu

PENDAHULUAN

Peningkatan kegiatan industri konstruksi memerlukan ketersediaan bahan bangunan yang cukup baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Bahan galian golongan C merupakan salah satu bahan yang banyak dieksplorasi tidak akan pernah dapat dihentikan selama kegiatan industri konstruksi itu sendiri masih terus berlangsung. Namun demikian perlu diupayakan bagaimana cara mengurangi ketergantungan

terhadap bahan galian tersebut, diantaranya adalah dengan memanfaatkan bahan sisa atau limbah sebagai bahan substitusi sehingga sekaligus dapat meningkatkan nilai guna dari bahan limbah tersebut. Salah satu limbah yang dapat digunakan adalah limbah pembakaran batubara yang berupa fly ash maupun bottom ash.

Pada saat ini hampir seluruh pabrik tekstil di Pulau Jawa telah beralih menggunakan

bahan bakar batubara, demikian juga dengan industri tekstil yang terdapat di Kota Pekalongan. Penggunaan batubara sebagai bahan bakar berpotensi menghasilkan limbah yang berupa abu batubara yang cukup banyak sehingga dapat mengakibatkan timbulnya permasalahan baru terhadap lingkungan sekitar. Kota Pekalongan mempunyai potensi limbah abu batubara dari industri tekstil Lokatex, Lojitex dan Pismatex. Potensi limbah pembakaran batubara dari Pismatex berupa fly ash 80 kg/hari dan bottom ash 600 kg/hari. Lokatex per awal 2010 sudah mempunyai limbah abu batubara 5.000 ton dan Lojitex mencapai \pm 2,34 ton/bulan. Ketiga industri tekstil tersebut mengeluhkan permasalahan limbah pembakaran batubara yang dihasilkan karena jumlahnya semakin bertambah dan lahan industri terbatas. Sementara limbah pembakaran batubara tersebut termasuk limbah B3 dan perlu penanganan khusus. Selain industri tekstil, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) juga menghasilkan abu batubara. Abu batubara tersebut secara fisik berbeda dengan hasil pembakaran batubara di industri tekstil. Hal ini kemungkinan karena sistem pembakaran batubara pada industri tekstil belum mencapai suhu optimal yang menyebabkan masih banyak kandungan kalori dan karbon yang belum terbakar sempurna atau perbedaan bahan baku batubara yang digunakan sebagai sumber energi.

Fly ash yang berasal dari PLTU biasanya sudah dimanfaatkan oleh industri semen untuk digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan semen. Limbah pembakaran batubara baik fly ash maupun bottom ash berbentuk butiran seperti pasir, fly ash lebih halus daripada bottom ash. Bentuk butiran

tersebut memungkinkan untuk digunakan dalam pembuatan komponen bahan bangunan yang berupa bata beton berlobang. Komponen tersebut pada umumnya dibuat dari bahan dasar pasir atau agregat dengan bahan pengikat semen. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan bata beton berlobang dengan menggunakan fly ash dan bottom ash dari industri tekstil. Penelitian bertujuan untuk memanfaatkan limbah pembakaran batubara industri tekstil pada pembuatan bata beton berlobang, mengetahui sifat fisis dan mekanis bata beton dan mengetahui apakah limbah tersebut (fly ash dan bottom ash) dalam bentuk bata beton berlobang masih tergolong B3.

KAJIAN PUSTAKA

Fly ash merupakan salah satu residu yang dihasilkan dalam proses pembakaran batubara. Fly ash pada umumnya diperoleh dari tangkapan cerobong asap pembakaran batubara suatu pabrik yang menghasilkan sumber energi. Fly ash dikenal sebagai abu batubara, disamping bottom ash. Bottom ash diambil dari tungku pembakaran batubara pada bagian bawah. Unsur racun yang terkandung dalam fly ash adalah logam berat antara lain arsenik, barium, boron, kadmium, kromium, kobal, tembaga, selenium dan sebagainya. Berdasarkan standar American Society Testing and Material (ASTM), fly ash dikategorikan menjadi fly ash kelas F dan fly ash kelas C. Fly ash kelas F merupakan abu terbang yang mempunyai sifat pozolanik. Fly ash kelas C adalah abu terbang yang mempunyai sifat pozolanik dan semmentisius. Fly ash kelas C mengandung kalsium (CaO) lebih dari 10 %. Peraturan Pemerintah No. 18/1999 dan No.

85/1999, menyebutkan bahwa fly ash dan bottom ash termasuk limbah B3 dari sumber spesifik dengan kode limbah D223. Pasal 7 peraturan pemerintah tersebut menyebutkan bahwa limbah B3 dengan kode D220, D221, D222, dan D223 dapat dinyatakan limbah B3 setelah dilakukan uji Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) dan atau uji karakteristik. TCLP adalah suatu metode analitik untuk menstimulasi limbah B3 yang akan atau telah di-landfilling dalam kondisi ekstrim terjadinya lindi (leachate). Metode uji ini digunakan sebagai salah satu penentuan karakteristik limbah B3 di Indonesia untuk kategori “beracun”, besaran untuk menentukan mobilitas pencemar organik atau anorganik yang berada pada limbah cair, padat, dan multifase. Metode TCLP secara luas dapat digunakan untuk mengevaluasi keefektifan proses stabilisasi limbah B3 sebelum di-landfilling. Menurut Khaerunisa (2012), hasil uji toksisitas abu terbang (fly ash) dan abu dasar (bottom ash) limbah PLTU menunjukkan bahwa keseluruhan uji hayati contoh abu batubara dari PLTU Ombilin dan PLTU Asam Asam terhadap kutu air, ikan mas, dan mencit relatif tidak berbahaya bagi makhluk hidup.

Menurut SNI 15-2049-2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Klasifikasi semen portland sebagai berikut:

1. Jenis I, semen portland untuk penggunaan umum yang tidak

memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain;

2. Jenis II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang;
3. Jenis III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi;
4. Jenis IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah;
5. Jenis V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

SNI 03-0349-1989 bahwa bata beton berlobang adalah bata yang memiliki luas penampang lobang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lobang lebih dari 25% volume bata seluruhnya. Klasifikasi bata beton berlobang dibedakan menurut tingkat mutunya, mutu I dengan kekuatan tekan 70 kg/cm², mutu II dengan kekuatan tekan 50 kg/cm², mutu III dengan kekuatan tekan 35 kg/cm², dan mutu IV dengan kekuatan tekan 20 kg/cm².

Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman (2007), bata beton berlobang dari abu batubara industri Kahatex dan Deliatex, yang digunakan sebagai agregat dengan persentase 20 % pasir, 60 % bottom ash dan 20 % fly ash untuk komposisi campuran 1 PC : 8 agregat pada umumnya dapat memenuhi persyaratan mutu III, dengan kekuatan tekan rata-rata lebih dari 35 kg/cm², sehingga dapat digunakan sebagai komponen non struktural yang tidak terlindung terhadap cuaca. Kekuatan bata beton berlobang komposisi campuran 1 PC : 10 agregat memenuhi persyaratan mutu IV

dengan kekuatan tekan rata-rata lebih dari 20 kg/cm², sehingga dapat digunakan sebagai komponen non struktural yang terlindung terhadap cuaca. Limbah dari industri Bintang Agung CGS hanya memenuhi persyaratan mutu IV dengan kekuatan tekan rata-rata lebih dari 20 kg/cm² pada komposisi campuran 1 PC : 8 agregat. Sementara limbah dari industri Bintang Agung FBS tidak memenuhi persyaratan mutu IV. Hasil penelitian Munir, M (2008) menyimpulkan bahwa penggantian semen dengan abu batubara (fly ash) sebanyak 5 % dan 10 % dapat meningkatkan sifat kekuatan tekan batako (hollowblock) sebesar 5,6 % dan 2,56 % dibandingkan bila tanpa penambahan abu batubara. Penambahan fly ash sebanyak 5 %, 10 %, dan 15 % dari berat semen meningkatkan kekuatan tekan batako bila dibandingkan dengan tanpa penambahan fly ash (Siagian, H dan Agus, D. 2011). Djumari (2011), penggantian semen dengan fly ash hingga 70 % dari berat semen akan menurunkan sifat serapan air batako.

METODE

Penelitian ini menggunakan metoda eksperimental pembuatan mortar kubus dan bata beton berlobang. Bahan baku yang digunakan adalah semen portland, pasir, air, dan abu batubara yang berupa fly ash serta bottom ash. Abu batubara diperoleh dari industri tekstil yang terdapat di Kota Pekalongan dan dipilih yang terbaik. Peralatan yang digunakan antara lain ayakan, mixer, mesin cetak bata beton berlobang, mesin uji sifat mekanis (universal testing machine merek Maruto kapasitas 100 ton, sekop, sendok semen, dan peralatan bantu lainnya. Mortar kubus yang dibuat berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Sebelum

eksperimen pembuatan mortar kubus, terlebih dahulu melakukan pengujian bahan baku pasir dan abu batubara. Pengujian pasir terdiri dari sifat fisis dan analisis ayak, bottom ash dilakukan pengujian sifat fisis, analisis ayak dan pengujian unsur kimia dan untuk fly ash hanya pengujian sifat fisis dan unsur kimia. Pembuatan mortar kubus dengan komposisi campuran 1 semen portland : 8 agregat (pasir + abu batubara). Pemilihan komposisi campuran mempertimbangkan bahwa dalam pembuatan bata beton berlobang beton normal mempunyai kekuatan yang tinggi, sehingga apabila abu batubara digunakan sebagai substitusi pasir diharapkan akan mempunyai kekuatan yang tinggi pula. Pembuatan mortar kubus menggunakan rancangan percobaan acak lengkap sederhana dengan 4 perlakuan persentase agregat seperti pada Tabel 1. Persentase agregat ditentukan berdasarkan pertimbangan untuk memanfaatkan sebanyak mungkin abu batubara dalam pembuatan bata beton berlobang dan memenuhi persyaratan teknis. Pengujian kekuatan tekan mortar kubus dilakukan pada umur 28 hari dengan ulangan sebanyak 5 buah.

Tabel 1. Persentase Agregat

Perlakuan	Pasir (%)	Bottom Ash (%)	Fly Ash (%)
A	100	0	0
B	60	30	10
C	40	50	10
D	20	60	20

Pembuatan benda uji berbentuk bata beton berlobang berukuran 10 cm x 19 cm x 39 cm menggunakan komposisi campuran berdasarkan hasil uji kekuatan tekan mortar

kubus yang tertinggi. Banyaknya ulangan benda uji yang dibuat 5 buah dengan umur pengujian 7, 14, 21, dan 28 hari. Kekuatan tekan bata beton berlobang dianalisis dengan membuat analisis ragam. Perbedaan kuat tekan antar perlakuan diketahui dengan analisis lanjut uji perbandingan ganda prosedur Tukey W. Karena abu batubara (fly ash dan bottom ash) termasuk limbah B3, maka dilakukan uji toksisitas dengan uji Total Characteristic Leaching Procedure (TCLP) pada bata beton berlobang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pasir memperlihatkan bahwa pasir cukup baik dengan berat jenis 2,36 yang termasuk dalam agregat normal 1,9 ~ 3,1. Pasir masih mengandung debu yang dapat menyerap air atau uap air dari lingkungan sekitar, hal ini terlihat dari hasil pengujian penyerapan air sebesar 8,58 %. Kadar lumpur sebesar 2,8 % telah memenuhi persyaratan agregat untuk pembuatan beton karena kurang dari persyaratan 5 %. Kadar lumpur tersebut mengindikasikan bahwa pasir dapat langsung digunakan dalam pembuatan beton tanpa dilakukan pencucian terlebih dahulu. Modulus kehalusan pasir sebesar 3,91 yang berarti bahwa pasir sedikit kasar tetapi masih dapat digunakan sebagai agregat halus dalam pembuatan komponen bahan bangunan. Persyaratan SNI 03-6861.1-2002 mengenai Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A: Bahan Bangunan Bukan Logam” menentukan bahwa modulus kehalusan untuk agregat halus sebesar 1,5 ~ 3,8. Dengan gradasi pasir tersebut, untuk pembuatan bata beton berlobang masih cukup baik tetapi akan lebih baik lagi bila ditambahkan bahan yang lebih halus seperti fly ash dan

sebagainya. Penambahan agregat yang lebih halus diharapkan dapat mengisi bagian kosong atau rongga antar agregat halus, sehingga membuat agregat halus akan saling mengisi dan mengunci. Kondisi ini akan membuat kekompakan atau kepadatan agregat halus tersebut lebih baik.

Hasil pengujian sifat fisis abu batubara yang berupa fly ash (FA) dan bottom ash (BA) disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Sifat Abu Batubara

Lokatex	Lojitex		Pismatex		Pismatex	
	FA	BA	FA	BA	FA	BA
Berat jenis	2,04	1,42	1,87	1,45	1,86	1,56
Penyerapan air (%)	11,11	46,68	20,77	42,00	8,58	48,04
Bobot isi gembur (kg/L)	0,68	0,65	0,58	0,68	0,56	0,65
Bobot isi padat (kg/L)	0,79	0,71	0,68	0,75	0,67	0,76

Fly ash mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dari bottom ash dan penyerapan airnya lebih rendah. Bobot isi gembur maupun padat fly ash dan bottom ash cukup ringan dan mempunyai penyerapan air yang tinggi. Apabila fly ash dan bottom ash digunakan sebagai agregat, maka termasuk agregat yang bersifat porous karena penyerapan airnya tinggi. Oleh karena itu dalam penggunaannya sebagai agregat dibatasi hanya untuk komponen struktur ringan dan digunakan di dalam ruangan yang terlindung dari pengaruh cuaca. Tetapi bila dalam pembuatan komponen bahan bangunan menggunakan bahan tambah (additive) yang dapat mengurangi sifat penyerapan air, maka dapat digunakan di luar ruangan. Modulus kehalusan bottom ash dari Lokatex, Lojitex dan Pismatex masing-masing sebesar 3,92; 4,26;

dan 4,24. Besaran gradasi bottom ash tersebut dapat dikatakan hampir seragam. Bila bottom ash dianggap sebagai agregat halus maka butiran bottom ash agak sedikit kasar karena modulus kehalusannya tidak memenuhi persyaratan agregat halus yaitu 1,5 ~ 3,8 dan

juga tidak memenuhi persyaratan modulus kehalusan agregat kasar 6,0 ~ 7,1. Modulus kehalusan ketiga bottom ash tersebut hampir sama dengan modulus kehalusan pasir.

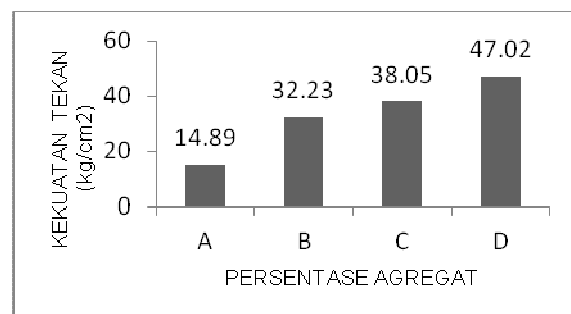
Hasil pengujian unsur kimia fly ash dan bottom ash pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Unsur Kimia

(% ppm)	Lokatex		Lojitex		Pismatex	
	Bottom Ash	Fly Ash	Bottom Ash	Fly Ash	Bottom Ash	Fly Ash
SiO ₂	13,71	45,40	4,87	26,97	35,88	51,18
Al ₂ O ₃	6,00	11,53	1,89	5,78	19,53	21,71
Fe ₂ O ₃	2,32	3,31	1,71	4,11	5,56	7,15
TiO ₂	0,30	0,43	0,02	0,23	0,44	0,56
CaO	6,36	13,80	3,36	15,70	4,86	4,48
MgO	3,23	6,57	2,69	7,79	3,49	2,15
Na ₂ O	0,44	0,37	0,80	0,60	0,88	1,68
K ₂ O	0,37	0,50	0,30	0,62	1,04	2,60
Hilang Pijar	67,27	18,09	84,36	38,20	28,32	8,49

Abu batubara baik fly ash maupun bottom ash Pismatex mempunyai kandungan silika, alumina, dan besi yang tertinggi dibandingkan dengan fly ash dan bottom ash industri tekstil lainnya. Ketiga unsur kimia yang terkandung dalam abu batubara, menunjukkan bahwa limbah tersebut mempunyai sifat pozolanik sehingga dapat digunakan dalam pembuatan bata beton berlobang. Berdasarkan hasil uji kandungan CaO, maka fly ash Pismatex termasuk kelas F karena kurang dari 10 %. Fly ash Lokatex dan Lojitex termasuk kelas C karena kadar CaO lebih dari 10 %. Berdasarkan hasil uji unsur kimia, potensi abu batubara, dan proses pembakarannya yang lebih baik, maka limbah batubara yang digunakan adalah dari Pismatex. Hasil pengujian kekuatan tekan mortar kubus untuk

komposisi campuran 1 PC : 8 agregat seperti pada gambar berikut:



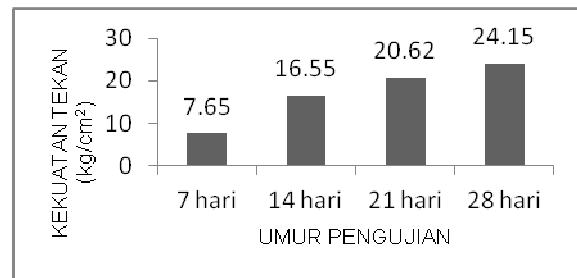
Gambar 1. Hubungan Kuat Tekan Mortar Kubus dengan Persentase Agregat

Kekuatan tekan mortar kubus yang tertinggi sebesar 47,02 kg/cm² pada perlakuan persentase agregat D (20 % pasir, 60 % bottom ash, dan 20 fly ash). Selain mempunyai kekuatan yang tertinggi, pada persentase tersebut penggunaan abu batubaranya lebih banyak dibandingkan dengan persentase agregat yang lainnya. Pada persentase tersebut

diperkirakan butiran agregat pasir, botom ash dan fly ash saling mengisi dan mengunci, sehingga akan menjadi kesatuan yang kompak atau padat dengan adanya semen. Selain itu jumlah butiran agregat pasir, botom ash dan fly ash pada persentase yang mempunyai luas permukaan sesuai dengan banyaknya semen yang digunakan. Oleh sebab itu ikatan antara butiran agregat dengan semen akan menjadi kuat yang mengakibatkan kekuatan tekannya tinggi. Kekuatan ikatan tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan persentase agregat yang lainnya. Hasil analisis ragam juga memperlihatkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$, yang berarti bahwa perlakuan persentase agregat berpengaruh sangat nyata terhadap kekuatan tekan mortar kubus. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan persentase agregat yang digunakan dalam pembuatan mortar kubus akan menentukan kekuatan tekannya. Hasil uji perbandingan ganda juga memperlihatkan bahwa setiap persentase agregat mempunyai kekuatan tekan yang berbeda dengan yang lainnya. Penggantian sebagian agregat pasir dengan fly ash dan bottom ash memperlihatkan kecenderungan peningkatan kekuatan tekan mortar kubus. Hal ini kemungkinan terjadi karena fly ash dan bottom ash termasuk bahan pozolanik, sehingga dapat meningkatkan ikatan antara agregat dan semen yang pada akhirnya menyebabkan kekuatan tekannya bertambah. Siagian, H dan Agus, D (2011) juga menyatakan bahwa penambahan fly ash sebanyak 5 %, 10 %, dan 15 % dari berat semen meningkatkan kekuatan tekan batako. Oleh karena itu, persentase agregat yang akan diaplikasikan pada pembuatan bata beton berlobang adalah yang mempunyai kekuatan tekan tertinggi.

Kondisi ini diharapkan akan menghasilkan kekuatan bata beton berlobang yang tinggi pula.

Pembuatan bata beton berlobang menggunakan komposisi campuran 1 PC : 8 agregat dengan persentase agregat 20 % pasir + 60 % bottom ash + 20 % fly ash. Kekuatan tekan bata beton berlobang tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



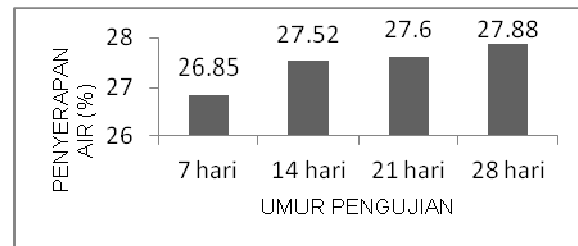
Gambar 2. Hubungan Kuat Tekan Bata Beton Berlobang dengan Umur Pengujian

Kekuatan tekan bata beton berlobang hanya sebesar 51,36 % dari kekuatan tekan mortar kubus. Hal ini terjadi karena dalam pembuatan bata beton berlobang ada faktor pemadatan yang dilakukan sebanyak dua kali dalam bentuk tekanan dan getaran yang merupakan rangkaian dalam proses pencetakan. Selain itu juga bentuk bata beton berlobang yang berbeda dengan benda uji mortar kubus yang tidak berlubang. Kekuatan tekan bata beton berlobang meningkat dengan bertambahnya umur pengujian. Dengan bertambahnya umur pengujian, pasta semen mengalami atau terjadi proses kimia yang akan mengeras karena reaksi air dan semen serta menjadi perekat antar butiran-butiran agregat, sehingga butiran-butiran agregat tersebut saling terikat dengan kuat dan membentuk massa yang padat atau kompak. Proses pengerasan dan pengikatan semen tersebut semakin sempurna hingga umur 28 hari. Bata beton berlobang yang dibuat termasuk kedalam mutu IV dengan kekuatan tekan rata-rata 24,15

kg/cm², sehingga bata beton berlobang tersebut dapat digunakan sebagai komponen bangunan non struktural. Kekuatan tekan bata beton berlobang lebih rendah bila dibandingkan dengan bata beton berlobang Kahatex, Deliatex, dan Bintang Agung CGS (Puslitbang Permukiman, 2007). Demikian juga bila dibandingkan dengan hasil penelitian Sugiarto, A (2011). Kondisi ini kemungkinan karena butiran atau gradasi dan kandungan unsur kimia fly ash maupun bottom ash serta pasir yang digunakan berbeda. Bila dibandingkan dengan bata beton berlobang Bintang Agung FBS, maka kekuatan tekannya lebih tinggi.

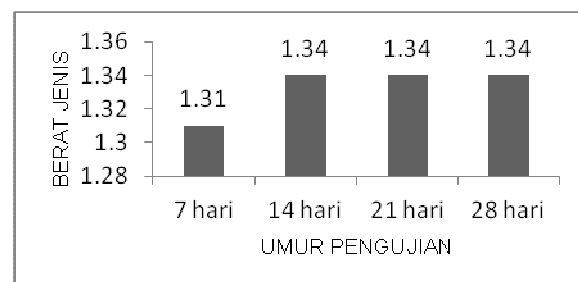
Penyerapan air bata beton berlobang meningkat dengan bertambahnya umur pengujian. Dengan bertambahnya umur pengujian kondisi bata beton berlobang semakin mengering, sementara kemampuan untuk menyerap airnya tetap, sehingga penyerapannya akan semakin meningkat. Bata beton berlobang yang dihasilkan mempunyai penyerapan air yang tinggi yaitu sebesar 27,88 % seperti pada Gambar 3. Hal ini kemungkinan karena fly ash dan bottom ash termasuk agregat halus yang porous, walaupun sudah berikatan dengan semen namun masih mampu untuk menyerap air. Selain itu gradasi pasir dan bottom ash yang agak kasar memungkinkan masih adanya rongga-rongga kosong, sehingga mampu untuk menyerap air. Djumari (2011), penggantian semen dengan fly ash hingga 70 % dari berat semen akan menurunkan sifat serapan air batako. Khusus bata beton berlobang mutu IV pada standar SNI Bata Beton untuk Pasangan Dinding tidak menentukan persyaratan untuk penyerapan air. Oleh karena itu bata beton berlobang yang dibuat dapat

digunakan sebagai komponen bangunan non struktural yang terlindung dari pengaruh cuaca.



Gambar 3. Hubungan Penyerapan Air dengan Umur Pengujian

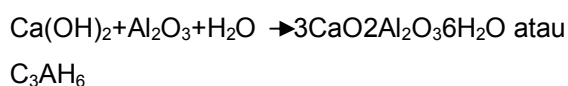
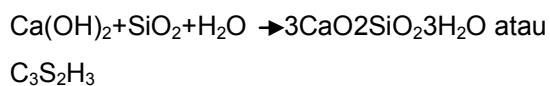
Terjadi peningkatan berat jenis bata beton berlobang dari umur pengujian 7 hari ke 14 hari, namun setelah umur pengujian 14 hari hingga 28 hari berat jenisnya tetap (Gambar 4). Berat jenis bata beton berlobang yang dibuat sebesar 1,34. Besaran berat jenis tersebut dibawah berat jenis beton normal 2,3 ~ 2,4, sehingga bata beton berlobang dapat dikategorikan sebagai bata beton berlobang yang ringan.



Gambar 4. Hubungan Berat Jenis Dengan Umur Pengujian

Selain pengujian kuat tekan dan sifat fisis, juga dilakukan pengujian *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) untuk mengetahui apakah abu batubara yang tergolong sebagai B3 yang digunakan dalam pembuatan bata beton berlobang masih tergolong sebagai B3. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel bata beton berlobang yang telah diuji kekuatan tekannya. Hasil pengujian TCLP menunjukkan bahwa semua parameter yang

diuji berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah (Tabel 4). Hasil tersebut memperlihatkan bahwa unsur kimia yang berbahaya dalam *fly ash* dan *bottom ash* (abu batubara) berikatan secara kuat dengan semen, sehingga unsur kimia tersebut sulit tercucikan atau terluruhkan (*leached*). Oleh karena itu, bila bata beton berlobang digunakan untuk dinding luar atau terkena pengaruh cuaca tidak menjadi masalah karena bata beton tersebut tidak akan terluruhkan unsur B3 ke lingkungan. Berdasarkan hasil uji TCLP maka bata beton tersebut aman bagi kesehatan dan lingkungan karena uji TCLP untuk pengujian sifat racun limbah B3. *Fly ash* yang bersifat pozolanik tidak mempunyai sifat semen, tetapi pozolan dalam keadaan halus (lolos ayakan 0,21 mm) jika dicampurkan dengan kapur padam aktif (Ca(OH)₂) dan air (H₂O) dalam beberapa waktu pada suhu kamar (24°C ~ 27°C) dapat bereaksi membentuk suatu massa yang padat dan sukar larut dalam air (Tjokrodimujo, K, 2004). Reaksi tersebut sebagai berikut:



Tabel 4. Hasil Uji TCLP

No.	Parameter	Hasil Analisis (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
1.	Arsen	0,056	5,0
2.	Barium	< 0,5	100,0
3.	Boron	< 10	500,0
4.	Kadmium	< 0,01	1,0
5.	Kromium	1,18	5,0
6.	Tembaga	0,02	10,0
7.	Timbel	0,02	5,0
8.	Raksa	0,0002	0,2
9.	Selenium	< 0,001	1,0
10.	Arsen	0,056	5,0

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

Fly ash dan bottom ash dapat digunakan sebagai bahan substitusi sebagian agregat pasir dalam pembuatan bata beton berlobang;

Komposisi campuran yang optimum untuk pembuatan bata beton berlobang adalah 1 PC : 8 agregat (20 % pasir + 60 % bottom ash + 20 % fly ash) dengan kekuatan tekan sebesar 24,15 kg/cm² yang termasuk kedalam mutu IV dan dapat digunakan untuk dinding non struktural yang terlindung dari pengaruh cuaca;

Bata beton berlobang yang menggunakan abu batubara (fly ash dan bottom ash) aman terhadap lingkungan karena berdasarkan hasil uji TCLP mempunyai nilai uji dibawah ambang batas baku mutu menurut Peraturan Pemerintah no. 85 tahun 1999.

REKOMENDASI

Bedasarkan hasil uji TCLP bata beton berlobang dan untuk mengatasi permasalahan limbah industri tekstil yang berupa fly ash dan bottom ash, sebaiknya pemda membuat peraturan yang mengakomodasi pemanfaatan limbah tersebut untuk pembuatan bata beton berlobang;

Terakit peraturan mengenai limbah B3, untuk sementara waktu industri tekstil dapat memanfaatkan fly ash dan bottom ash dalam pembuatan bata beton berlobang dan menggunakannya untuk kepentingan sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

America Society Testing and Material. 2008. *Standard Spesification for Coal Fly Ash and Raw or Calcinated Natural Pozzolan for Use in Concrete*. ASTM C618-08a. Amerika Serikat.

- Badan Standar Nasional. 1989. *Bata Beton untuk Pasangan Dinding*. SNI 03-0349-1989. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. 2002. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A: Bahan Bangunan Bukan Logam*. SNI 03-6861.104-1998. Jakarta.
- Djumari. 2011. *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly ash) sebagai Bahan Campuran Pembuatan Batako Ditinjau dari Segi Kuat Tekan dan Serapan Air*. lib.unnes.ac.id/13096/. Oktober 2013.
- Khaerunisa, H. "Toksitas Abu Terbang dan Abu Dasar Limbah PLTU Batubara yang Berada di Sumatera dan Kalimantan Secara Biologi". <http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/Batubara/toksitas.asp>. September 2012.
- Loka Teknologi Permukiman Cilacap. 2010. Unit Produksi Bahan Bangunan: laporan Penelitian. Departemen ekerjaan Umum.
- Munir, M. 2008. "Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan", Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Peraturan Pemerintah No. 18 tahun 1999 tentang *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*.
- Peraturan Pemerintah No. 85 tahun 1999 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah no. 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Puslitbang Permukiman. 2007. "Pemanfaatan Limbah Abu Batubara Dalam Pembuatan Komponen Bahan Bangunan", Laporan Akhir. Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Siagian, H dan Agus, D. 2011. *Pengujian Sifat Mekanik Batako yang Dicampur Abu Terbang (Fly Ash)*. Jurnal Sains Indonesia, Volume 35, Nomor. 1, Halaman 23-28. Digilib.unimed.ac.id/.../UNIMED-Article-22836-Jurna. Oktober 2013.
- Steel, R.G.D dan James H. Torrie.1993. "Prinsip dan Prosedur Statistika". Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sudjana. 1985. "Desain dan Analisis Eksperimen". Tarsito. Bandung.
- Sugiarto, A. 2011. *Komposisi Campuran Optimum Bata Beton Berlubang dengan Limbah Batubara dari Industri Tekstil*. Jurnal Permukiman, Volume 6, Nomor 1, April 2011, Halaman 47-52.
- Tjokrodinuljo, K. 2004. "Teknologi Beton". Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.