

Pengaruh Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Bata Beton Beragregat *Bottom Ash*

Robby Chandra Hasyim¹⁾
Surya Sebayang²⁾
Andi Kusnadi³⁾

Abstract

Every year, the growth of population in Indonesia is increasing. This is directly proportional with the increasing of settlement requirements. To solve the problems we can make use of alternative materials as a binder and partial replacement materials. One of the alternative materials can be found easiest in Indonesia is coal waste, those are fly ash and bottom ash. Besides reducing environmental pollution caused it includes of "B3" waste (B3 means dangerous and poisonous materials in Bahasa), this waste also has pozzolan or binding properties such as cement. So it's effective to be used in many ways. One of research that can be done for utilization of this waste is by making hollow brick with fly ash as a substitute materials of cements and bottom ash as a materials of sands. Based on results the highest value of compressive strength is hollow brick with 20% fly ash of the weight of cement with compressive strength 33.3 kg / cm² at 28th days and 41.34 kg / cm² at 56th day. For the water absorption value, all variations of fly ash are included in the classification of 1st quality ($\leq 25\%$) with variation of optimum value 40% fly ash with results 11.3% at 28th day and 9.65% at 56th day.

Keywords : Hollow Brick, Fly Ash, Bottom Ash.

Abstrak

Setiap tahunnya pertambahan penduduk di Indonesia semakin meningkat. Hal ini berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan akan pemukiman. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat memanfaatkan bahan-bahan alternative sebagai bahan ikat dan material pengganti. Salah satu bahan alternatif yang mudah ditemukan di Indonesia adalah limbah batu bara yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Selain dapat mengurangi pencemaran lingkungan karena termasuk limbah b3, limbah ini juga memiliki sifat pozzolan atau sifat mengikat seperti semen. Sehingga sangat efektif untuk digunakan dari berbagai segi. Penelitian yang dapat dilakukan dalam pemanfaatan limbah ini salah satunya dengan pembuatan bata beton berlubang dengan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen dan *bottom ash* sebagai bahan pengganti sebagian pasir. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan paling tinggi adalah bata beton dengan komposisi *fly ash* sebesar 20% dari berat semen dengan nilai kuat tekan 33,3 kg/cm² pada umur 28 hari dan 41,34 kg/cm² pada umur 56 hari. Untuk nilai serapan air semua variasi *fly ash* masuk dalam klasifikasi mutu I ($\leq 25\%$) dengan nilai serapan air optimum pada variasi *fly ash* 40% dengan nilai sebesar 11,3% pada umur 28 hari dan 9,65% pada umur 56 hari.

Kata Kunci : Bata Beton, *Fly Ash*, *Bottom Ash*..

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel : robbych1908@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel: surya_sebayang@yahoo.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. Surel: andikusnadi@eng.unila.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk di Indonesia dari tahun ketahun semakin meningkat. Meningkatnya pertambahan penduduk di Indonesia berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan akan pemukiman. Hal ini menjadi masalah akan perlunya pembangunan bangunan pemukiman sebagai tempat tinggal yang lebih meluas dengan kuantitas yang lebih besar. Dari masalah tersebut timbul masalah baru yaitu perlunya material untuk pembangunan yang lebih memadai dan lebih ekonomis karena tingkat kemiskinan di Indonesia masih relatif besar. Untuk membantu menyelesaikan masalah tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai bahan alternatif pengganti untuk material bangunan. Salah satu alternatif pemecahan masalah tersebut adalah melakukan penelitian akan pengaruh abu terbang sebagai bahan pengikat semen pada bata beton beragregat *bottom ash*.

Bata beton adalah bahan bangunan dalam pembuatan dinding yang berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata dan difokuskan sebagai bahan konstruksi-konstruksi dinding bangunan non struktural. Bata beton merupakan salah satu bahan bangunan yang pengerasannya tidak dibakar dengan bahan pembentuk yang berupa campuran pasir, air dan semen sebagai bahan pengikatnya.

Di Indonesia banyak sekali bahan-bahan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan untuk campuran bahan susun bata beton berlubang terutama bahan ikatnya. Sehubungan dengan hal tersebut, perlu diusahakan adanya bahan ikat alternatif yang diperuntukkan pada bangunan struktural maupun non struktural.

Pemakaian abu terbang sendiri didasarkan atas beberapa alasan. Abu terbang merupakan limbah Industri dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Diperkirakan setiap tahun dihasilkan ± 700.000 ton abu terbang. Melihat besarnya jumlah limbah yang dihasilkan tersebut maka perlu dilakukan pengendalian dan pemanfaatan akan limbah tersebut agar tidak mencemari lingkungan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai abu terbang sebagai bahan pengganti semen agar limbah tersebut dapat dimanfaatkan dan tidak mencemari lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Bata beton merupakan salah satu bahan bangunan berupa batu-batuan yang pengerasannya tidak dibakar, dengan bahan pembentuk berupa campuran dari semen, agregat halus, air dan bahan tambahan lainnya.

Bata beton berlubang yaitu bata yang terbuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau sejenisnya ditambah dengan agregat dan air dengan atau tanpa bahan pembantu lainnya dan mempunyai luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih besar dari 25% volume batanya.

Bata beton pejal adalah bata beton yang mempunyai luas penampang pejal 75% atau lebih luas penampang seluruhnya, dan mempunyai volume pejal lebih dari 75% volume seluruhnya.

Komposisi penyusunan bata beton sangat mempengaruhi kekuatan dari bata beton itu sendiri, antara lain seperti jenis semen dan pasir yang dipakai, dan perbandingan jumlah semen terhadap agregat dan air. Bata beton berlubang seperti yang terlihat pada Gambar 1 dikatakan baik jika masing-masing permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi (Haryanto, 2011).

Kualitas dan mutu bata beton berlubang sangat ditentukan oleh bahan-bahan dasar pembuatan bata beton tersebut dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu bahan dasarnya, komposisi campuran yang baik, dan proses percetakan yang baik maka akan menghasilkan bata beton yang berkualitas baik pula.

Dalam perkembangan susunan bahan bata beton, berbagai variasi telah banyak dilakukan pada banyak penelitian. Sehingga bahan susun bata beton berlubang tidak hanya terdiri dari pasir dan semen saja namun terdapat bahan tambahan atau bahan pengganti dari bahan dasar tersebut.

Agar didapat mutu batako yang memenuhi syarat SNI banyak faktor yang mempengaruhi. Faktor yang mempengaruhi mutu batako tergantung pada: faktor air semen (f. a. s), umur batako, kepadatan batako, bentuk dan tekstur agregat, ukuran agregat dan lain-lain.



Gambar 1. Bata beton berlubang.

Tabel 1. Persyaratan Fisis Bata Beton Berlubang

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton berlubang			
		I	II	III	IV
Kuat tekan bruto* rata-rata minimum	MPa	7	5	3,5	2
	Kg/cm ²	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji minimum	MPa	6,5	4,5	3	1,7
	Kg/cm ²	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-

*) Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lubang serta cekungan tepi

3. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : Semen Portland komposit (semen Holcim) , pasir , Air bersih, *Bottom ash* (abu dasar) batubara dan *Fly ash* (abu terbang) batubara. Bahan campuran ini didapat dari PLTU Tarahan Lampung.

3.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

Satu set saringan, timbangan, oven, piknometer, cetakan bata beton, mesin uji tekan (*compression testing machine*) dan alat bantu lainnya. Alat bantu lainnya yang digunakan dalam penelitian ini antara lain; sendok semen, mistar, jangka sorong dan *container*.

3.3. Variabel Penelitian

Tabel 2. Variabel Penelitian

Sampel	Fas	Komposisi Campuran				Macam Pengujian, Umur Bata Beton, dan Jumlah Benda Uji	
		Pc	<i>Fly ash</i>	Pasir	<i>Bottom ash</i>	Uji Kuat Tekan & Serapan Air	
			(%)		(%)	28 hari	56 Hari
BB0BA	0,46	1	0	5	25	4	4
BB20BA	0,46	1	20	5	25	4	4
BB40BA	0,46	1	40	5	25	4	4
BB60BA	0,46	1	60	5	25	4	4
BB80BA	0,56	1	80	5	25	4	4

3.4. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung. Ada beberapa tahap dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain ; pengadaan alat dan bahan, pemeriksaan bahan penyusun bata beton, proses pembuatan bata beton berlubang, perawatan (*curing time*) serta pemeliharaan benda uji, pelaksanaan pengujian benda uji dan analisis hasil penelitian. Langkah-langkah yang dilakukan antara lain :

3.4.1. Pengadaan Alat dan Bahan

Sebelum penelitian ini dilakukan, bahan dan peralatan yang digunakan dipersiapkan terlebih dahulu. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan bata beton berlubang

adalah semen, pasir, *bottom ash* dan *fly ash* dari PLTU Tarahan Lampung dan air bersih yang didapat di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Lampung. Setelah semua dipersiapkan maka dapat dilakukan pengujian pada bahan material-material tsb.

3.4.2. Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan yang dilakukan pada material penyusun antara lain; pemeriksaan berat jenis, pemeriksaan volume berat, pemeriksaan gradasi pasir (analisis saringan), pemeriksaan kadar lumpur dan pemeriksaan kadar air.

3.4.3. Proses Pembuatan Bata Beton Berlubang

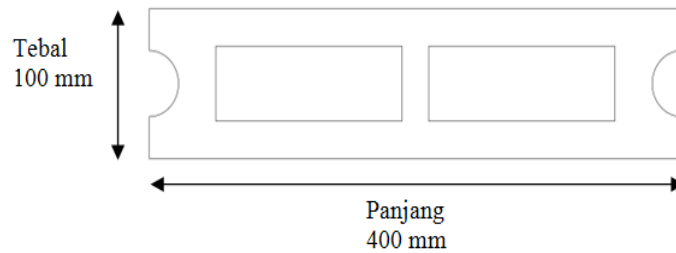
- 1) Persiapan bahan susun bata beton berlubang
 - a. Menimbang bahan-bahan penyusun bata beton berlubang seperti semen, pasir, *bottom ash*, *fly ash* dan air sesuai dengan berat yang ditentukan dalam perencanaan bata beton berlubang.
 - b. Mempersiapkan bahan cetak benda uji dan peralatan-peralatan lain yang dibutuhkan.
- 2) Pengadukan campuran bata beton berlubang

Mencampurkan bahan-bahan penyusun bata beton berlubang yaitu agregat, bahan ikat (semen portland), abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*) dalam keadaan kering. Hal ini dilakukan agar pencampuran bahan-bahan tersebut dapat lebih homogen, sehingga dapat diperoleh hasil yang maksimal. Dilanjutkan dengan mencampurkan air yang dibutuhkan ke dalam bahan-bahan tersebut. Pengadukan dilakukan satu kali untuk setiap macam campuran dan setiap pengadukan dilakukan pemeriksaan.
- 3) Pembuatan benda uji
 - a. Memasukkan adukan bata beton ke dalam cetakan yang sebelumnya telah diberikan minyak pelumas.
 - b. Mengisi cetakan dengan adukan bata beton sampai penuh kemudian dipres. Permukaan cetakan harus benar-benar rata terisi oleh adukan bata beton. Proses pemadatan bata beton berlubang dilakukan dengan cara ditumbuk sebanyak 200 – 300 untuk setiap lapisan.
 - c. Setelah dipres bata beton bisa dapat dikeluarkan dari cetakan lalu biarkan selama 24 jam. Setelah 24 jam bata beton dapat diangkat dan diletakkan di area penyimpanan serta perawatan selama 28 hari dan selama 56 hari.
- 4) Perawatan dan pemeliharaan

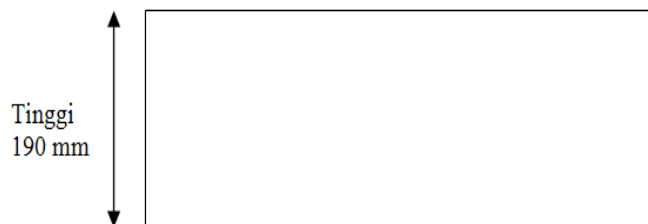
Perawatan bata beton dilakukan selama 28 hari dan 56 hari. Bata beton berlubang disimpan di ruang dengan kondisi yang lembab dan disiram air satu kali selama masa perawatan untuk memperlambat proses penguapan air yang ada dalam bata beton.

3.4.4 Pengujian Kuat Tekan

- 1) Mengangkat benda uji dari tempat perawatan
- 2) Melakukan pengukuran dimensi pada benda uji

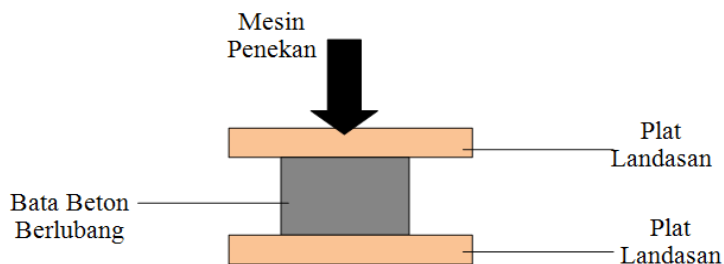


Gambar 2. Tampak Atas Bata Beton Berlubang.



Gambar 3. Tampak Samping Bata Beton Berlubang.

- 3) Meletakkan benda uji pada mesin penekan, dimana bagian atas dan bawah benda uji diletakkan pelat kayu atau pelat besi sebagai landasan. Kemudian menekan benda uji tersebut dengan penambahan besarnya gaya tetap sampai benda uji pecah.



Gambar 4. Pengujian Kuat Tekan

- 4) Mencatat dan menghitung besarnya gaya tekan maksimum, lalu dihitung kuat tekan rata-rata benda uji.

3.4.5. Pengujian Serapan Air Bata Beton Berlubang

- 1) Bata beton yang telah berumur 28 atau 56 hari dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- 2) Setelah 24 jam bata beton dikeluarkan dan didinginkan
- 3) Bata beton kering oven di catat beratnya (W_1)
- 4) Setelah dicatat, rendam benda uji tersebut selama 24 jam
- 5) Setelah direndam benda uji diangkat dan lap permukaan bata beton hingga benda uji dalam keadaan kering permukaan lalu catat beratnya (W_2)

3.4.6. Analisis Hasil Penelitian

- 1) Menghitung kuat tekan beton menggunakan persamaan 1 dan menyajikannya dalam bentuk tabel.
- 2) Mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari variable yang digunakan terhadap kuat tekan bata beton dengan persentase komposisi material *fly ash* yang bervariasi dan menyajikannya dalam bentuk grafik.
- 3) Menghitung besarnya penyerapan air pada bata beton berlubang dengan persamaan 2 dan menyajikannya dalam bentuk tabel.
- 4) Mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari table terhadap hubungan serapan air dengan persentase komposisi *fly ash* yang bervariasi dan menyajikannya dalam bentuk grafik.
- 5) Mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari variable yang digunakan terhadap perkembangan kekuatan bata beton berlubang selama 28 dan 56 hari dengan penambahan *fly ash* pada komposisi campurannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Bahan Penyusun Bata Beton Berlubang

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain semen, pasir, *bottom ash*, dan *fly ash*. Sebelum dilakukannya penelitian ini, material-material yang akan digunakan tersebut diuji terlebih dahulu. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik, kimia dan mekanik material-material tersebut.

Pelaksanaan pengujian bahan susun bata beton berlubang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pemeriksaan terhadap material penyusun benda uji antara lain meliputi pemeriksaan modulus kehalusan, berat jenis, kadar lumpur, kandungan zat organik pada agregat halus/pasir, kadar air, dan berat volume. Data-data tersebut akan digunakan dalam perhitungan campuran bata beton. Data-data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Pengujian Bahan

Jenis Pengujian	Material yang		Standar ASTM
	digunakan	Hasil Pengujian	
Kadar Air	Pasir	0,4%	0-1 %
	Bottom Ash	5,4%	-
	Pasir	2,5773	2,0-2,9
	Bottom Ash	2,3697	-
Berat Jenis	Semen	3,1373	3,15-3,17
	Fly Ash	2,4155	-
Modulus Kehalusan	Pasir	3,0909	2,3 - 3,1
	Bottom Ash	2,0729	-
Berat Volume	Pasir	1563 kg/m ³	1200 kg/m ³

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Pengujian Bahan (lanjutan)

Jenis Pengujian	Material yang digunakan	Hasil Pengujian	Standar ASTM
	Bottom Ash	1418,6 %	-
Kadar Lumpur	Pasir	1,6 %	< 5 %
Kandungan Zat Organik	Pasir	Lebih muda	Lebih muda atau sama

Pengujian material agregat halus menunjukkan hasil dimana berat volume sebesar 1563 kg/m³. Berat volume ini lebih besar dari berat volume spesifikasi untuk beton ringan. Hal ini akan berpengaruh pada penambahan berat massa bata beton. Pengujian gradasi pasir menunjukkan hasil dari modulus kehalusan sebesar 3,0919. Hal ini menunjukkan bahwa pasir yang digunakan merupakan pasir zona 1, pasir zona 1 yaitu pasir kasar (SNI 03-2834-2000).

Hasil pengujian *bottom ash* secara fisik berwarna abu-abu agak kehitaman dan berbentuk butiran kecil seperti pasir. Pengujian gradasi *bottom ash* menunjukkan hasil modulus kehalusan sebesar 2,0729. Hal ini menunjukkan bahwa *bottom ash* memiliki kriteria yang sama dengan pasir zona 3, pasir zona 3 merupakan pasir agak halus (SNI 03-2834-2000).

4.2. Perancangan Campuran

Bata beton disusun oleh campuran semen, agregat halus, dan air dengan perbandingan tertentu. Pada penelitian ini *fly ash* dan *bottom ash* digunakan sebagai material pengganti sebagian semen dan agregat halus. Metode perancangan campuran yang digunakan adalah metode Road Note No 4. Kebutuhan material yang digunakan untuk tiap 1m³ dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan material untuk 1m³

No	Kode Benda Uji	Semen (kg)	Pasir (kg)	<i>Fly ash</i> (kg)	<i>Bottom Ash</i> (kg)	Air (kg)
1	FA0	360.3539	1351.327	0	450.4424305	165.7628
2	FA20	286.3177	1342.114	71.57943	447.37142	164.6327
3	FA40	213.2842	1333.026	142.1894	444.3420008	163.5179
4	FA60	141.2331	1324.06	211.8496	441.3533337	162.418
5	FA80	70.14474	1315.214	280.5789	438.4046018	161.3329

Benda uji yang telah dibuat memiliki proporsi campuran *fly ash* pengganti semen dengan variasi 0%, 20%, 40%, 60% dan 80% terhadap berat semen dengan ukuran 40 x 20 x 10 cm dan dimensi lubang 17,6 x 13,4 x 4,3 cm sebanyak 2 lubang tiap benda uji, sudah melewati perawatan berupa *curing* yang dilakukan dengan cara penyiraman dan disimpan dalam tempat lembab yang dilakukan setiap hari selama 28 dan 56 hari kemudian dilakukan pengujian tampak, ukuran, kuat tekan dan daya serap air bata beton.

4.3. Pengujian Bata Beton

Tabel 5. Hasil pengujian dimensi rata-rata dan tampak bata beton bertulang

Kode sampel	Hasil pengukuran rata-rata (mm)			Keterangan
	Panjang	Lebar	Tebal	
FA0	402.5	198	99.375	tidak cacat
FA20	402.75	198	99.75	tidak cacat
FA40	402.875	198.125	99.875	tidak cacat
FA60	402.5	198	99.375	tidak cacat
FA80	402.75	198.25	99.5	tidak cacat

Berdasarkan hasil pengamatan dimensi bata beton pada Tabel 5. Menunjukkan bahwa ukuran panjang ditemukan beberapa ukuran yang melebihi batas toleransi, pada sampel dengan variasi *fly ash* 60% (403,25 mm). Namun dimensi panjang tersebut tidak jauh menyimpang dari batas toleransi maksimal yang diizinkan. Ukuran panjang yang melebihi toleransi ini disebabkan oleh perakitan cetakan bata beton yang kurang tepat.

Pengujian kuat tekan bata beton berlubang dilakukan pada umur 28 dan 56 hari. Kuat tekan diperoleh dengan cara membagi kuat tekan maksimum yang diterima benda uji pada waktu benda uji pecah dengan luas tampang nyata dari bata beton termasuk lubang serta cekungan tepi (SNI 03-0349-1989). Hasil uji kuat tekan bata beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 6.

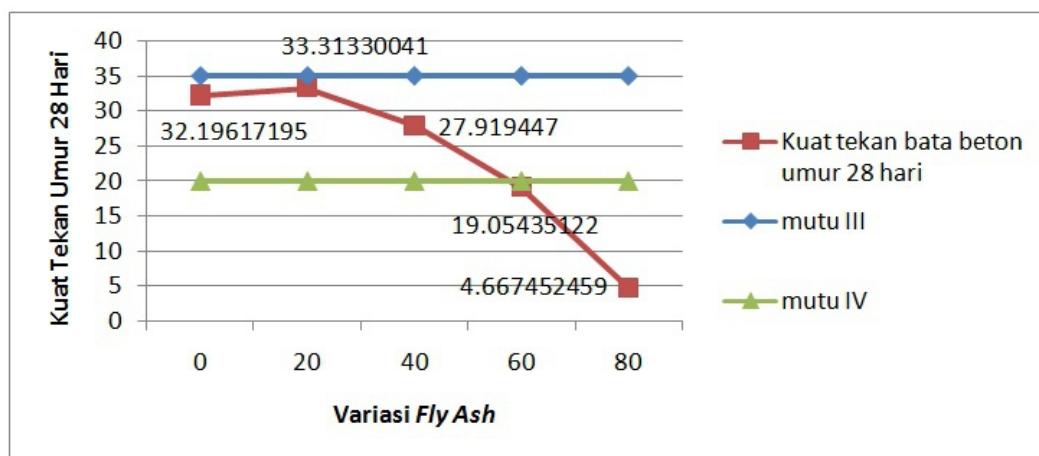
Tabel 6. Kuat tekan bata beton berlubang umur 28 hari

No	Kode Benda Uji	Bottom ash (%)	Fly ash (%)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)	Tingkat Mutu
1	FA0H281			27.92162		
2	FA0H282			37.12871		
3	FA0H283		0%	30.15227	32,2	III
4	FA0H284			33.58209		
5	FA20H281			33.83713		
6	FA20H282			34.73945		
7	FA20H283		20%	33.58209	33,3	III
8	FA20H284			31.09453		
9	FA40H281			28.46535		
10	FA40H282			27.02504		
11	FA40H283		40%	28.82422	27.9	IV
12	FA40H284			27.36318		
13	FA60H281	25 %		12.53227		
14	FA60H282			22.33251		
15	FA60H283		60%	18.56436	19	IV
16	FA60H283			22.78827		
17	FA80H281			4.962779		
18	FA80H282			3.731343		
19	FA80H283		80%	4.962779	4,7	-
20	FA80H284			5.012908		

Dari hasil yang ditunjukkan oleh Tabel 6. Menunjukkan kuat tekan bata beton beragregat *bottom ash* tanpa penambahan *fly ash* sebesar 32,2 kg/cm³. Setelah dilakukan penambahan dengan *fly ash* sebesar 20% dari campuran semen, bata beton mengalami peningkatan kekuatan mencapai 33,3 kg/cm³ namun mengalami penurunan kekuatan pada bata beton variasi 40% dan seterusnya.

Tidak terpenuhinya kuat tekan rencana ini juga dapat disebabkan dengan tingkat kelecakan adukan bata beton tersebut yang masih terbilang rendah sehingga dalam pemadatan sulit untuk dilakukan secara optimal. Hal ini menyebabkan agregat menjadi tidak merata dan masih terdapat rongga-rongga udara.

Hubungan antara kuat tekan dan variasi campuran *fly ash* sebagai bahan pengganti semen untuk umur bata beton 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan kuat tekan dengan variasi komposisi campuran *fly ash* sebagai bahan pengganti semen umur 28 hari.

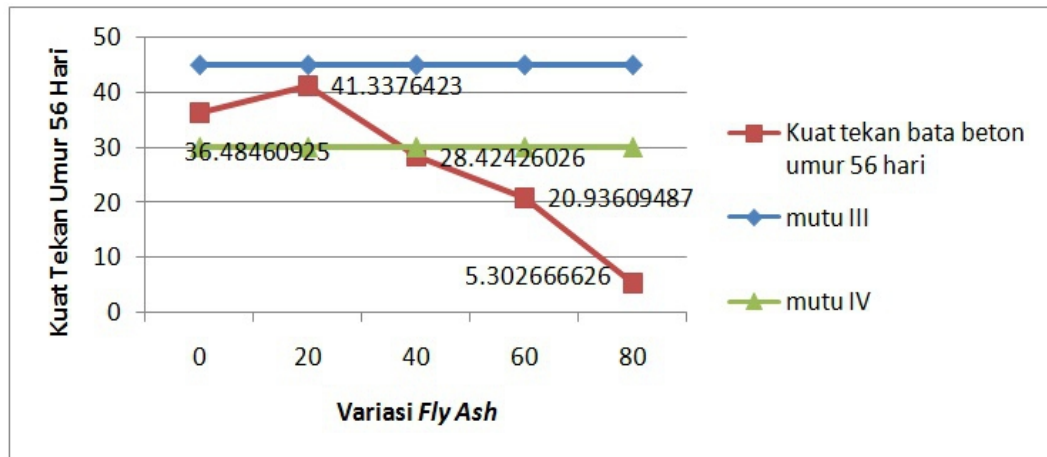
Dapat dilihat pada Gambar 5, nilai kuat tekan yang didapat pada bata beton beragregat *bottom ash* tanpa campuran *fly ash* untuk umur 28 hari adalah 32,2 kg/cm². Kuat tekan bata beton mengalami peningkatan pada campuran *fly ash* sebagai bahan pengganti semen untuk variasi 20% dari berat semen. Akan tetapi pada variasi campuran *fly ash* 40% dan seterusnya, kuat tekan bata beton menurun dibandingkan dengan bata beton tanpa campuran *fly ash*. Nilai kuat tekan bata beton dengan variasi *fly ash* 0%, 20% dan 40% berhasil mencapai bata beton dengan kualitas mutu IV dengan kuat optimum didapat pada campuran *fly ash* 20% dan kuat tekan terendah pada campuran *fly ash* 80% yang tidak mencapai kualifikasi mutu bata beton pada SNI.

Dari Gambar 5 tersebut pula dapat dilihat bahwa penambahan *fly ash* dalam campuran dengan porsi tertentu dapat meningkatkan kekuatan bata beton berlubang. Kuat tekan bata beton semakin tinggi karena *fly ash* memiliki sifat pozzolan untuk memperbaiki mutu bata beton sehingga kuat tekannya meningkat. Abu batu bara berupa *fly ash* dan *bottom ash* dapat dipergunakan sebagai bahan pengisi pori-pori dalam beton, bahan-bahan ini biasanya digunakan karena sifat pozzolaniknya (Murdock & Brook, 1991 dalam Puspitasari, 2013). Dalam kadar tertentu dan lingkungan yang mendukung (kelembaban yang cukup), kandungan senyawa silika atau silika + alumina dalam pozzolan akan mengikat senyawa sisa hasil hidrasi semen (kalsium hidroksida) yang tidak mempunyai kemampuan mengikat, menjadi senyawa baru yang mempunyai sifat mengikat, sehingga dalam taraf tertentu akan meningkatkan kekuatan yang dihasilkan. Hasil uji kuat tekan bata beton pada umur 56 hari dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kuat tekan bata beton berlubang umur 56 hari

No	Kode Benda Uji	Bottom ash (%)	Fly ash (%)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)	Tingkat Mutu
1	FA0H561			32.33908		
2	FA0H562			37.38821		
3	FA0H563		0%	41.31549	36.48461	III
4	FA0H564			34.89566		
5	FA20H561			37.56884		
6	FA20H562			40.92262		
7	FA20H563		20%	42.19409	41.33764	III
8	FA20H564			44.66501		
9	FA40H561			28.83767		
10	FA40H562	25		27.31609		
11	FA40H563		40%	30.15227	28.42426	IV
12	FA40H564			27.39101		
13	FA60H561			18.90121		
14	FA60H562			18.84517		
15	FA60H563		60%	23.63184	20.93609	IV
16	FA60H564			22.36616		
17	FA80H561			6.255054		
18	FA80H562			4.986549		
19	FA80H563		80%	4.973959	5.302667	-
20	FA80H564			4.995105		

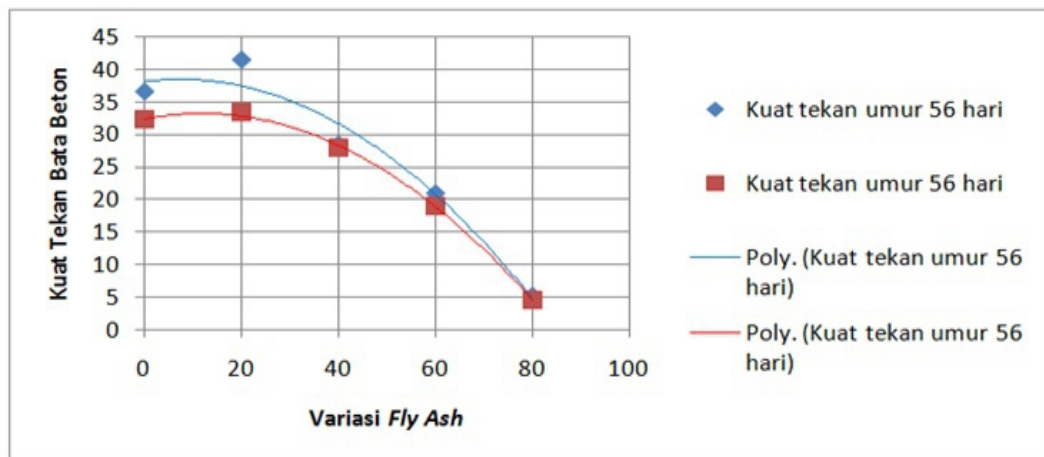
Dapat dilihat pada Tabel 7, kuat tekan bata beton tanpa *fly ash* sebesar 36,5 kg/cm². Nilai kuat tekan bata beton bertambah berbanding lurus dengan umur bata beton tersebut. Sedangkan hubungan kuat tekan bata beton dengan variasi campuran *fly ash* dapat dilihat pada Gambar 6.



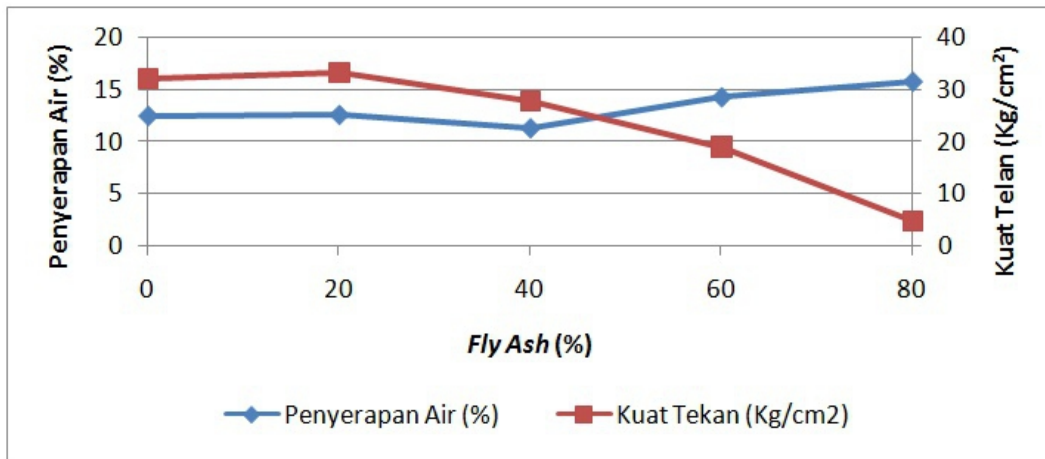
Gambar 6. Hubungan kuat tekan dengan variasi komposisi campuran *fly ash* sebagai bahan pengganti semen umur 56 hari

Dilihat dari Gambar 6 nilai kuat tekan terendah didapat pada variasi 80% dengan nilai kuat tekan sebesar 5,3 kg/cm². Nilai kuat tekan ini tidak memenuhi kualifikasi SNI dimana mutu bata beton terendah adalah mutu IV dengan kuat tekan minimal 20 kg/cm². Untuk bata beton dengan variasi 40% dan 60% kuat tekannya berhasil masuk kualifikasi bata beton mutu IV. Sedangkan bata beton dengan variasi *fly ash* 0% dan 20% masuk dalam mutu III, dengan kekuatan optimum 41,34 kg/cm² pada variasi *fly ash* 20%. Namun dapat kita lihat pada Gambar tersebut, mutu bata beton yang paling optimum tidak masuk dalam mutu rencana dimana mutu yang direncanakan adalah bata beton mutu II dengan kuat tekan minimal 45kg/cm².

Hubungan antara hasil kuat tekan rata-rata dengan umur bata beton berlubang dapat dilihat pada Gambar 7, sedangkan besar persentase kuat tekan bata beton berlubang dari umur 28 hari ke 56 hari dapat dilihat pada Tabel 16.



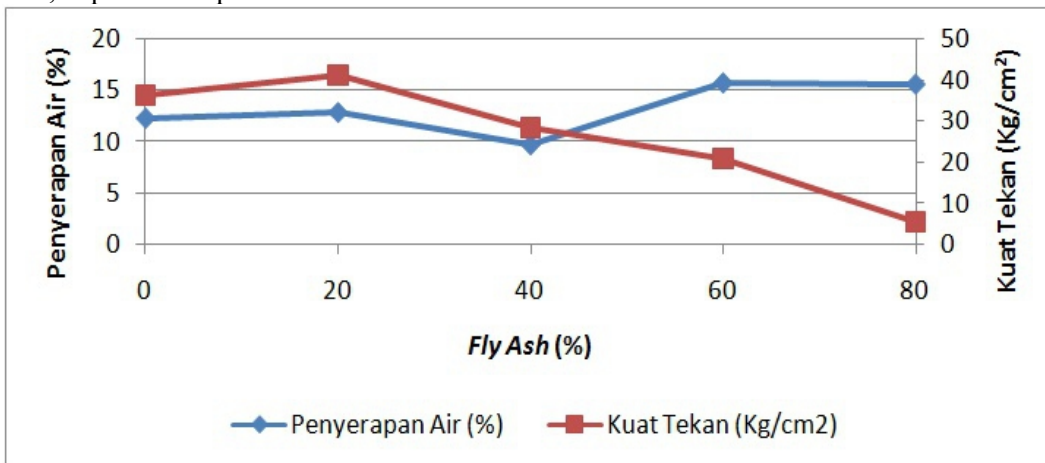
Gambar 7. Hubungan kuat tekan dengan umur bata beton berlubang.



Gambar 8. hubungan kuat tekan dengan daya serap air umur 28 hari

Nilai daya serap air yang sedikit tidak linear dimana pada variasi campuran *fly ash* 20% mengalami kenaikan sedangkan pada variasi 40% mengalami penurunan, hal ini bisa disebabkan karena pemadatan benda uji yang dilakukan secara manual (tidak menggunakan mesin) sehingga nilai yang didapat tidak optimal.

Hubungan daya serap air dengan kuat tekan bata beton yang telah didapat pada umur 56 hari, dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. hubungan kuat tekan dengan daya serap air umur 56 hari

Dari Gambar 9 terlihat bahwa penyerapan air pada bata beton berlubang memiliki nilai yang beragam seiring dengan penambahan *fly ash* dalam campuran, sama seperti yang terlihat pada Gambar 8. Dapat terlihat pula bahwa pada saat nilai kuat tekan tinggi, maka nilai serapan air yang diperoleh menjadi rendah, begitu pula sebaliknya. Besar kemungkinan hal ini dipengaruhi oleh tingkat kepadatan dalam bata beton berlubang yang berhubungan dengan nilai kuat tekan bata beton berlubang yang telah didapat.

5. KESIMPULAN

Nilai kuat tekan bata beton optimum didapat pada variasi campuran *fly ash* 20% sebagai bahan pengganti semen, dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 33,3 kg/cm² pada umur 28 hari dan 41,34 kg/cm² pada umur 56 hari. Kuat tekan ini masuk dalam kualifikasi bata beton mutu III. Sedangkan daya serap setiap proporsi substitusi memenuhi persyaratan daya serap bata beton berlubang SNI-03-0349 (1989) yaitu tidak melebihi 25%. Bata beton berlubang dengan penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen pada bata beton beragregat *bottom ash* mampu menghasilkan kuat tekan yang melebihi bata beton berlubang tanpa penggunaan *fly ash* pada komposisi campurannya. Nilai serapan air dalam bata beton berlubang dipengaruhi oleh nilai kuat tekannya. Bata beton dengan nilai kuat tekan yang tinggi memiliki kepadatan yang baik, sehingga akan menghasilkan volume rongga yang sedikit, semakin sedikit rongga di dalam bata beton, menyebabkan nilai kuat tekan bata beton menjadi tinggi

DAFTAR PUSTAKA

- Haryanto, Dion Stefanus, 2011, *Studi Pemanfaatan Bottom Ash Sebagai Material Konstruksi Dalam Pembuatan Bata Beton Berlubang Untuk Dinding*, Universitas Kristen Petra, 59 hlm.
- Puspitasari, A., 2013, *Optimasi Kuat Tekan dan Daya Serap Air dari Pembuatan Bata Beton Dengan Pemanfaatan Abu Dasar (Bottom Ash)*, Universitas Lampung, 63 hlm.
- SNI-03-0349, 1989, , *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*, Badan Standarisasi Nasional BSN, Jakarta, 6 hlm.
- SNI-03-2834, 2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional BSN, Jakarta, 36 hlm.