

## PEMANFAATAN BOTTOM ASH SEBAGAI AGREGAT BUATAN

Felicia Tria Nuciferani<sup>1</sup>, Antoni<sup>2</sup>, Djwantoro Hardjito<sup>3</sup>

**ABSTRACT:** The aim of this study is to explore the possible use of bottom ash as artificial aggregates. It is found that the pelletizer method by using mixer without blade is one possibility to manufacture artificial aggregates. The optimum mixture composition of artificial aggregate is found to be 3 BA : 1FA : 0,5 C , by weight, and immersed once in cement slurry. The water content in ssd condition is 27% with the compressive strength of the aggregate 2.4 MPa on the seventh day. Concrete produced with mixture composition of 1 cement : 1.5 sand by weight, resulted in water content of 14.63% in ssd condition and compressive strength of 14.20 MPa at 28<sup>th</sup> day.

**Keyword:** bottom ash, artificial aggregate, and concrete

**ABSTRAK:** Tujuan penelitian ini adalah mengeksplorasi kemungkinan pemanfaatan sebanyak mungkin *bottom ash*, yang merupakan masalah bagi industri berbahan batu bara dalam bentuk agregat buatan. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa salah satu metode yang digunakan dalam pembuatan agregat buatan adalah metode *pelletizer* menggunakan *mixer* dengan *blade* dilepas untuk mendapatkan gumpalan agregat buatan. Komposisi campuran agregat buatan yang optimum sebagai bahan pembuat beton adalah 3 BA : 1 FA : 0,5 S dalam perbandingan berat dengan selimut 1 kali pencelupan. Pada kondisi campuran tersebut wc pada keadaan ssd mencapai 27 %, berat jenis sebesar 2010 kg/m<sup>3</sup> dan angka kuat tekan mencapai 2,40 MPa pada umur 7 hari. Berdasar komposisi campuran beton 1 semen : 1 ½ pasir : 2 ½ agregat buatan : 0,5 air, maka uji penyerapan air mencapai 14,63 % pada kondisi ssd dan uji kuat tekan beton umur 28 hari mencapai 14,20 MPa. Nilai penyerapan air pada kondisi ssd mencapai 14,63 % oleh karena nilai wc agregat buatan yang sudah tinggi yaitu mencapai 27 % pada kondisi ssd.

**Kata kunci:** *bottom ash*, agregat buatan, dan beton.

### 1. PENDAHULUAN

PLTU yang menggunakan bahan bakar batu bara antara lain adalah PLTU Suralaya, Jawa Barat dan PLTU Paiton, Jawa Timur. Berdasarkan pernyataan Edy Mulyadi tahun 2011 bahwa PLTU Paiton unit 7 dan 8, Jawa Timur membutuhkan sekitar 14.000 ton batu bara/hari untuk memenuhi 30 % kebutuhan listrik pulau Jawa dan Bali, sehingga diperkirakan kebutuhan batu bara mencapai 5.000.000 ton/tahun dan dibutuhkan area pembuangan seluas 34,3 Ha untuk menampung seluruh limbah yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh pihak PLTU Paiton, 2 % dari berat batu bara yang dibakar menjadi limbah padat terdiri dari 80% *fly ash* dan 20 % *bottom ash* (Mulyadi, 2011).

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [nfeliciatria@yahoo.com](mailto:nfeliciatria@yahoo.com)

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [antoni@petra.ac.id](mailto:antoni@petra.ac.id)

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [djwantoro.h@petra.ac.id](mailto:djwantoro.h@petra.ac.id)

Sisa pembakaran batu bara terdiri dari *fly ash* dan *bottom ash*. *Fly ash* dalam konteks ini adalah abu yang beterbangan di atas tungku pembakaran batubara. *Bottom ash* merupakan hasil pembakaran batu bara yang mengendap di tungku pembakaran batu bara.

Agregat buatan didapatkan dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan suatu material baru yang bentuk ataupun sifatnya menyerupai agregat alami. Penelitian yang telah dilakukan oleh Sivakumar dan Gomathi (2012) menggunakan *fly ash* yang dibentuk menyerupai pellet, membuktikan bahwa *fly ash* yang dibentuk pellet dapat menjadi efektif dalam beton, baik sebagai agregat pengisi dan pengganti agregat halus. Hal yang berbeda dilakukan oleh Arumugam, Ilangovan, Manohar (2012) yang menggiling *bottom ash* hingga halus sebelum dicampurkan ke dalam agregat buatan dan ada pula penelitian yang dilakukan oleh Jeong (2009) yang melakukan pencampuran *fly ash* dan *bottom ash*, dibentuk ke dalam cetakan dan dikeringkan dengan suhu tinggi ( $1050^{\circ}\text{C}$ –  $1150^{\circ}\text{C}$ ) selama 15 – 45 menit hingga menjadi agregat buatan.

Penelitian ini mencoba memanfaatkan limbah *bottom ash* sebanyak mungkin agar keberadaannya tidak mengganggu lingkungan, dengan cara membuat agregat buatan dari campuran *bottom ash* dan *fly ash* dibentuk menjadi butiran kecil yang diselimuti oleh campuran semen dan *fly ash* guna meredam sifat *bottom ash* yang menyerap air. Pengerinan dilakukan dalam suhu kamar. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sivakumar, Gomathi (2012), Arumugam, Ilangovan, Manohar (2012), Jeong (2009), *bottom ash* dan *fly ash* digunakan secara terpisah dengan perlakuan khusus, yaitu *bottom ash* digiling hingga halus. Kalau pun dilakukan secara bersama – sama yaitu campuran *bottom ash* dan *fly ash* yang dibuat untuk agregat buatan akan dikeringkan dengan suhu tinggi.

## 2. RANCANGAN PENELITIAN

### 2.1. Material

*Fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* tipe C yang merupakan limbah dari PLTU Paiton. *Fly ash* bersifat pozzolan dan sebagai bahan pengisi (*filler*). Kandungan kimia yang terdapat pada *fly ash* dapat dilihat di Tabel 1. *Bottom ash* yang digunakan juga berasal dari PLTU Paiton. Kandungan kimia yang terdapat pada *bottom ash* dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik *Fly Ash*

Parameter	<i>Fly Ash</i> Tipe C (%)
SiO <sub>2</sub>	46.39
SO <sub>3</sub>	2.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.32
CaO	13.07
MgO	1.09
Na <sub>2</sub> O	0.17
K <sub>2</sub> O	0.77
TiO <sub>2</sub>	1.64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.03

Sumber : Setyawan, Wiratmoko, 2007.

Tabel 2. Karakteristik *Bottom Ash*

Parameter	<i>Bottom Ash</i>
	%
Si	24,10
Al	6,80
Fe	33,59
Ca	26,30

Sumber : Faridah, 2012.

Agregat kasar yang digunakan pada langkah kedua yaitu pembuatan beton, adalah agregat buatan berbahan *bottom ash* dan *fly ash*. Sebelum digunakan terlebih dahulu dilakukan pengujian karakteristik terhadap agregat buatan antara lain, berat jenis, *water content*, dan kuat tekan (dibentuk kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm). Visualisasi agregat buatan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Agregat Buatan.

Agregat halus yang digunakan adalah pasir Lumajang. Semen yang digunakan dalam penelitian adalah semen tipe PPC yang diproduksi PT. Semen Gresik. Semen Gresik didapat dari toko bangunan setempat dalam kemasan zak 40 kg. Air yang digunakan dalam membuat agregat buatan dan beton dalam penelitian merupakan air PDAM yang diambil dari laboratorium UK. Petra.

## 2.2 Komposisi dan Proses Pembuatan Agregat Buatan

### Tahapan Penelitian

Pembuatan agregat buatan terdiri dari 3 tahap dikarenakan untuk memperoleh campuran yang paling optimal dari segi kadar air, berat jenis, dan kuat tekan untuk bahan pembuatan beton. Agregat buatan tahap I dibuat dengan cara mencampurkan *bottom ash* dengan *fly ash* ke dalam *mixer*, disertai semen sebagai selimut agregat buatan. Perbandingan komposisi campuran dengan 2 (dua) variabel dibatasi sampai 7 (tujuh) jenis perbandingan berat, yang terbesar adalah 3 (tiga) dan yang terkecil adalah 1 (satu). Tahapan pembuatan agregat buatan terdiri dari 3 tahapan, Seperti dinyatakan dalam Tabel 3

Pada pembuatan agregat buatan, perlu dilakukan penelitian kebutuhan air mengingat sifat *bottom ash* yang menyerap air. Kebutuhan air pada pembuatan beton adalah 14% - 21%, hal ini digunakan acuan untuk kebutuhan air pada pembuatan agregat buatan. Praktek terlebih dahulu dilakukan disertai pengamatan visual guna menetapkan campuran air yang ideal untuk agregat buatan.. Adapun analisa pengamatan secara visual campuran dengan perbandingan 3Ba : 1Fa dan selimut semen yang telah menggumpal pada Gambar 2.

Tabel 3. Tahapan Penelitian.

No	Tahapan Penelitian	Bottom ash (*)	Fly ash (*)	Semen (*)	Air (% berat)	Selimut agregat buatan
1	Tahap I	1	1	--	23,5	semen dalam kondisi kering, sekitar 1/6
		1	2		26,0	
		1	3		28,5	
		2	1		31,0	
		2	3		32,5	
		3	1		34,0	
		3	2		36,0	
2	Tahap II	3	1	--	34,0	Komposisi W/C bervariasi 0,3;0,4;0,5;0,6;0,7 dengan 1 kali pencelupan.
		3	1	0,5	34,0	
3	Tahap III	3	1	1,0	34,0	Selimut terdiri dari: 70% semen dan 30% fly ash dengan W/C 0,3 dan 1-3 kali pencelupan,
		3	1			

Keterangan: (\*) Perbandingan Berat.



Gambar 2. Agregat Buatan dengan Perbandingan Berat Campuran 3 *Bottom Ash* dan 1 *Fly Ash*.

### 3. ANALISA DATA

#### 3.1. Analisa Material *Bottom Ash*.

Pengujian dan analisa *water content* dilakukan pada material, untuk mengetahui kadar air dalam *bottom ash* yang berasal dari PLTU Paiton, mengingat sifat *bottom ash* yang absorpsi terhadap air, maka dilakukan pengujian. Hasil pengujian kadar air asli *bottom ash* PLTU Paiton dengan penghitungan WC (*Water content*) adalah 41 % dan untuk hasil pengujian kadar air *bottom ash* pada keadaan SSD adalah 77 %.

#### 3.2. Analisa Uji Agregat Buatan *Mix Design*.

Pada *mix design* tahap III, agregat buatan berbahan *bottom ash* dan *fly ash* ditambahkan material semen ke dalam campuran guna memadatkan susunan dalam gumpalan dan merekatkan *bottom ash* dan *fly ash*. Penambahan semen dilakukan oleh karena pengamatan pada *mix design* I menunjukkan bahwa struktur dalam material campuran hanya berupa gumpalan *bottom ash* dan *fly ash* tanpa ada pengikat. Pengikatan sebenarnya diharapkan terjadi dengan adanya selimut penguat yang terjadi terkait dengan penambahan semen. Demikian juga pengamatan pada *mix design* II, material semen cair yang dilapiskan pada butiran hanya diserap oleh bagian luar butiran, tidak terserap hingga masuk ke dalam butiran, sehingga struktur butiran bagian dalam masih berupa gumpalan seperti pada *mix design* pertama. Kondisi yang terjadi pada *mix design* I dan II harus dihindari atas timbulnya kelemahan – kelemahan pada *mix design* I dan II, yaitu dengan mengupayakan terbentuknya susunan agregat buatan yang lebih padat. Untuk tujuan tersebut secara keseluruhan *mix design* III dibuat dengan formula campuran *bottom ash*, *fly ash*, semen dan mencelupkan gumpalan agregat buatan ke dalam larutan selimut cair yang terdiri dari 70% semen dan 30% *Fly ash*, komposisi selimut cair ini dibuat guna menekan penggunaan material semen pada agregat buatan

#### 3.3. Hasil Pengujian Kekuatan Agregat Buatan.

Untuk pengujian kuat tekan, agregat buatan dibentuk kubus dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm, bentuk kubus direkayasa sehingga susunannya menyerupai agregat buatan dengan tujuan untuk mendapatkan bentuk yang sama setiap sisinya sehingga akan mempermudah dalam pengujian. Tabel 4 dan Tabel 5 adalah tabel hasil uji kuat tekan pada pencelupan 1, 2, 3.

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan Campuran 3 Ba : 1 Fa : 0,5 S ,dengan Variasi Pencelupan.

No	Komposisi Campuran			Jumlah Pencelupan	Kuat Tekan (7 hari)
	Ba	Fa	Semen		MPa
1	3	1	0.5	1	2.4
2	3	1	0.5	2	2.0
3	3	1	0.5	3	2.4

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan Campuran 3Ba : 1Fa : 1S , dengan Variasi Pencelupan.

No	Komposisi Campuran			Jumlah Pencelupan	Kuat Tekan (7 hari)
	Ba	Fa	Semen		MPa
1	3	1	1	1	2.0
2	3	1	1	2	2.0
3	3	1	1	3	2.4

Berdasarkan Tabel 4 dan 5 dapat ditarik kesimpulan bahwa komposisi 3 Ba : 1 Fa : 0,5 semen dalam 1 kali celup dengan kuat tekan 2,4 MPa menjadi komposisi yang terpilih walaupun komposisi 3 Ba : 1 Fa : 1 semen dalam 3 kali celup memiliki kuat tekan yang sama yaitu 2,4 MPa.

### 3.4 Proses Pembuatan Beton.

Pada penelitian ini menggunakan campuran 1 semen : 1 ½ pasir : 2 ½ agregat buatan untuk mendapatkan kekuatan yang direncanakan yaitu  $f_c' 10 - 17$  MPa atau yang berkisar antara 125 – 250 kg/cm<sup>2</sup>. Pada proses pembuatan beton menggunakan perbandingan berat bak volume, masing-masing berat material dibagi dengan berat jenis (Gs) sehingga untuk penggunaan beton per M<sup>3</sup> adalah 429 Kg Semen, 770 Kg Pasir, 734 Kg Agregat Buatan, 445 Air.

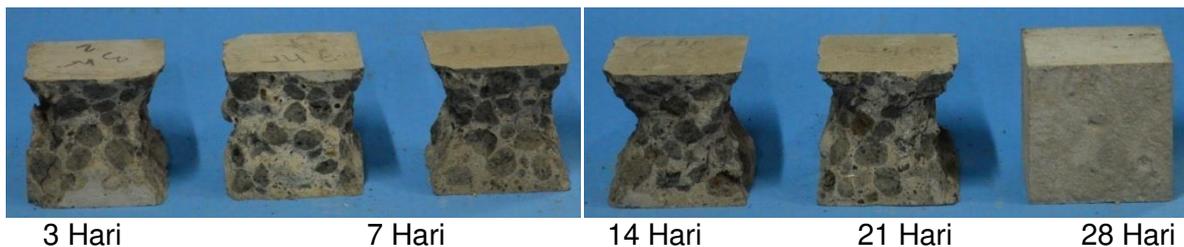
### 3.5 Uji Kuat Tekan Beton.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari, dengan masing – masing 3 benda uji. Tabel 6 adalah hasil kuat tekan beton pada masing – masing pengamatan.

Tabel 6 Hasil Uji Tekan Beton.

No	Umur Beton	Kuat Tekan
	Hari	MPa
1	3	8,35
2	7	9,40
3	14	10,73
4	21	13,23
5	28	14,20

Kuat tekan beton berbahan 1 semen : 1 ½ pasir : 2 ½ agregat buatan pada umur 28 hari mencapai 14,20 MPa. Kalau diperhatikan tambahan kuat tekan pada pengujian umur 3 hari ke 7 hari sebesar 1,05 MPa, 7 hari ke 14 hari sebesar 1,33 MPa, 14 hari ke 21 hari sebesar 2,5 MPa dan 21 hari ke 28 hari sebesar 0,97 MPa. visualisasi beton uji setelah diuji pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari pada Gambar 3



Gambar 3. Keadaan Beton setelah Diuji pada Umur 3, 7, 14, 21, dan 28 Hari.

Seperti dalam perencanaan penelitian, kualitas beton diharapkan dapat mencapai  $f_c' 10 - 17$  MPa, namun ternyata pada umur 28 hari hanya mencapai nilai 14,20 MPa . Oleh karena angka tersebut masuk pada *range* kuat tekan yang sudah direncanakan maka penelitian ini telah memenuhi tujuan yang diinginkan. Pada penelitian ini beton berbahan agregat buatan dapat digunakan antara lain pembangunan lantai kerja, seperti ketentuan yang dikemukakan oleh SNI 03-6468-2000, ACI 318, ACI 363R-92,

#### 4. KESIMPULAN

1. Komposisi campuran agregat buatan sebagai bahan pembuat beton adalah 3 Ba : 1 Fa : 0,5 C dalam perbandingan berat dengan 1 kali pencelupan. Pada kondisi campuran tersebut nilai Wc pada keadaan asli mencapai 20 %, pada keadaan SSD mencapai 27 %, berat jenis sebesar 2010 Kg/m<sup>3</sup> dan angka kuat tekan mencapai 2,40 MPa. Bahan yang digunakan dalam proses pencelupan adalah larutan 70 % semen, 30 % *fly ash*, dan kadar air 0,3.
2. Berdasar komposisi campuran pada butir 1.1 , dan adukan beton segar dengan komposisi 1 semen : 1 ½ pasir : 2 ½ agregat buatan : 0,5 air, maka slump test menghasilkan angka 9 cm. Uji penyerapan air mencapai 14,63 % pada kondisi SSD dan uji kuat tekan beton umur 3 hari sebesar 8,35 MPa. Kuat tekan pada umur 28 hari mencapai 14,20 MPa. Pada angka – angka tersebut kualitas beton cukup memadai oleh karena dapat digunakan antara lain pembangunan lantai kerja.
3. *Bottom ash* memiliki ukuran yang lebih besar daripada pasir sehingga, apabila *bottom ash* digunakan dalam jumlah besar akan mengakibatkan semakin banyak rongga, sehingga air dapat dengan mudah masuk ke dalam agregat buatan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Arumugam, K., Ilangoan, R., Manohar, J. D. (2011). "A Study of the Characteristics and Use of Pond Ash as Fine Aggregate in Concrete." *International Journal of Civil and Structural Engineering*, Vol. 2, No. 2.
- Jeong, Y. H. (2009). *Manufacturing an Artificial Lightweight Aggregate Containing Bottom Ash*. Ceragreen Co, Ltd.
- Setyawan. R., Wiratmoko. T. (2007). *Durabilitas Beton Fly Ash yang diaktivasi dengan Larutan Alkali*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra.
- Faridah (2012), Karakterisasi Abu Dasar PLTU Paiton: Pengaruh Perlakuan Magnet, Hcl, dan Fusi dengan NaOH. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Unesa.