

PEMANFAATAN LIMBAH BOTTOM ASH SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DALAM PEMBUATAN BETON

Zulmahdi Darwis¹⁾ Soelarso²⁾ Taufik Hidayat³⁾

^{1), 2)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon Banten
Zulmahdi_d@yahoo.com¹⁾

³⁾ Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon Banten

ABSTRAK

Penggunaan batubara sebagai sumber energi menghasilkan limbah padat berupa *bottom ash* dan *fly ash* dari hasil pembakaran. Pemanfaatan limbah *bottom ash* khususnya yang dihasilkan oleh PT. Styrimdo Mono Indonesia masih belum optimal, maka perlu dilakukan penelitian sebagai aplikasi teknologi material berkelanjutan, agar dapat mengatasi pencemaran lingkungan salah satunya sebagai bahan baku pembuatan beton.

Penelitian ini membandingkan antara beton normal (tipe-A) dengan beton yang pemakaian agregat halus nya diganti oleh *bottom ash*, dengan variasi kondisi *bottom ash* yang masih alami (tipe-B), lalu kondisi dicuci dikeringkan dalam oven selama \pm 24 jam (tipe-C), dan kondisi dicuci dikeringkan oleh sinar matahari (tipe-D). Jumlah benda uji beton sebanyak 60 buah, dengan variasi umur beton 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari dan 56 hari

Hasil penelitian ini menyatakan limbah *bottom ash* dapat difungsikan sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan beton, dengan dicuci (dibersihkan) terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran-kotoran organik dan menurunkan kadar karbon. Nilai hasil pengujian pada umur 56 hari menunjukkan hasil rata-rata kuat tekan beton normal (tipe A) sebesar 23,64 MPa. Tipe B mengalami penurunan nilai kuat tekan dari beton normal yaitu sebesar 20,35 % dengan nilai kuat tekan sebesar 18,83 MPa. Beton tipe C menghasilkan peningkatan kuat tekan sebesar 5,09 % dari beton normal dengan nilai kuat tekan yang lebih besar diantara tipe lainnya, yaitu sebesar 24,84 MPa. Beton tipe D mengalami penurunan kuat tekan sebesar 3,59 % dari beton normal dengan nilai kuat tekan sebesar 22,79 MPa.

Kata Kunci : Beton, Kuat Tekan, Bottom Ash

ABSTRACT

The use of coal as an energy source produces the form of solid waste as bottom ash and fly ash from the combustion. Particularly the use of bottom ash waste produced by PT. Styrimdo Mono Indonesia is still not optimal, it is necessary to do research of the sustainable of materials technology application, in order to overcome the environmental pollution, one of them as raw for manufacturing the concrete material.

This study compared between normal concrete (A-type) with the use of concrete fine aggregate which is replaced by the bottom ash, with the variety condition of natural bottom ash (B-type), then in conditions washed and dried in an oven for 24 hours (C-type), and in conditions washed and dried by the sun (D-type). Number of concrete specimens are 60 pieces, with a variety of concrete age 7 days, 14 days, 21 days, 28 days and 56 days.

Results of this study declare that the bottom ash waste can be used as a substitute for fine aggregate in the concrete production, with washed (cleaned) in advance to remove organic impurities and dirt-lowering levels of carbon. Value of the test results at the age of 56 days showed an average yield the compressive strength for normal concrete (A-type) is 23.64 MPa. Type B has decreased the compressive strength of normal concrete is equal of 20.35% with the compressive strength is 18.83 MPa. The C-type concrete compressive strength increased by 5.09% of the normal concrete with the compressive strength greater among the other types, that is 24.84 MPa. The D-type concrete compressive strength decreased by 3.59% of normal concrete with the compressive strength is 22.79 MPa.

Keywords: Concrete, Compressive Strength, Bottom Ash

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan bakar padat berupa batubara sebagai sumber energi menghasilkan limbah padat berupa bottom ash dan fly ash dari hasil pembakaran yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Pemanfaatan limbah padat industri khususnya yang dihasilkan oleh PT. Styrimdo Mono Indonesia masih belum optimal, selama ini limbah dari PT.SMI dikelola oleh PT. Holcim Indonesia. Limbah yang dihasilkan mencapai 1000 ton /hari yang terdiri dari 80% fly ash dan 20% bottom ash yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dan memerlukan banyak lahan untuk menampungnya

Teknologi perekayasa material saat ini mengalami perkembangan menuju penggunaan limbah industri sebagai aplikasi teknologi material berkelanjutan (sustainable material). Banyak peneliti yang sudah menemukan kegunaan dari fly ash, para peneliti ini mendapatkan hasil yang cukup signifikan yaitu bahwa fly ash dengan karakteristik tertentu cukup bagus digunakan sebagai bahan campuran atau filler dalam pembuatan beton ringan, tetapi untuk limbah batubara yang lain, yaitu bottom ash masih sedikit kegunaan yang diketahui.

Penelitian limbah batubara ini perlu dilakukan, agar dapat mengatasi pencemaran lingkungan diharapkan limbah *bottom ash* ini menjadi sesuatu yang bisa dimanfaatkan, sebagai bahan baku pembuatan beton. Keuntungan dari pemanfaatan ini dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah *bottom ash* sisa pembakaran batubara pada boiler.

1.2 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui apakah *bottom ash* bisa difungsikan sebagai substitusi agregat halus (pasir) dalam pembuatan beton.
- b. Mengetahui kondisi campuran *bottom ash* yang optimal sebagai substitusi agregat dengan kuat tekan yang sangat tinggi. Adapun kondisi tersebut sebagai berikut :

- 1) Kondisi alami
- 2) Dicuci dan dikeringkan di bawah sinar matahari
- 3) Dicuci dan dikeringkan di dalam oven selama 24 jam.

1.3 Manfaat Penelitian

- a. Dapat mengurangi dampak pencemaran limbah dari hasil pembakaran batubara bagi masyarakat sekitar.
- b. Memberikan sumbangan pemikiran bagi masyarakat sekitar maupun civitas akademik dalam memanfaatkan limbah batubara *bottom ash* (yang dinilai membahayakan bagi lingkungan) menjadi beton.

2. Tinjauan Pustaka

Suwarto (1999) Meneliti tentang Pemanfaatan *Bottom Ash* limbah bahan bakar batubara pada industri tekstil untuk beton masal. Proses penelitian ini dibagi enam tahapan yaitu tahap persiapan, tahap perhitungan, tahap pencampuran dan pengadukan, tahap pencetakan benda uji, tahap perawatan dan tahap pengujian. Setiap m³ beton menggunakan metode “rancangan campuran beton Profesor Druex”. Pembuatan beton masal pada konstruksi, digunakan tiga variasi kadar semen masing-masing 280 kg, 300 kg, dan 320 kg. Hasil kuat tekan beton yang didapat untuk tiap jenis campuran dan umur pengujian 7, 14 dan 28 hari berturut-turut 60,12 kg/cm²; 95,14 kg/cm² dan 68,36 kg/cm² untuk kadar semen 280 kg/m³ beton, 62,91 kg/cm²; 94,88 kg/cm² dan 97,58 kg/cm² untuk kadar semen 300 kg/m³ beton, 152,43 kg/cm²; 181,31 kg/cm² dan 169,50 kg/cm² untuk kadar semen 320 kg/m³ beton. Limbah batubara dapat dipakai sebagai pengganti pasir alam namun kekuatannya tidak seperti beton yang menggunakan pasir alam.

Triastuti, Yetvi Rosalita, Bambang Subiyanto (2006) Meneliti tentang Pemanfaatan limbah padat *Fly Ash* dan *Bottom Ash* dari PT Pura Barutama Kudus. Parameter-parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi kadar fly ash dan bottom ash yang di gunakan untuk mensubstitusi semen dan umur benda uji yaitu pada saat benda uji umur 7 hari dan 28 hari.

Variasi kadar *Fly Ash* dan *Bottom Ash* yang digunakan berkisar antara 10% sampai 20% dari berat semen yang dipakai. Perbandingan campuran dasar semen : pasir berdasarkan perbandingan berat yaitu 1 : 2,5. Berdasarkan pengujian didapatkan hasil : (1) Kuat tekan 10% fly ash 5 kali lebih tinggi daripada 20% fly ash sebagai pengganti semen. (2) Penggunaan bottom ash sampai 20% tidak dapat meningkatkan kuat tekan.

I Wayan Suarnita. Meneliti tentang Pemanfaatan Abu Dasar (*Bottom Ash*) Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton. Penelitian ini memvariasikan bahan tambah abu dasar antara 10 %, 20 %, 30 % dan 40 % sebagai pengganti sebagian agregat halus. Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari, diperoleh untuk beton normal dan beton dengan penggunaan abu dasar sebagai pengganti agregat halus untuk variasi 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % dari berat agregat halus adalah sebesar 20,524 MPa, 20,444 MPa, 19,982 MPa, 20,756 MPa dan 19,556 MPa. Kuat tekan maksimal terjadi pada variasi 30 % dan kuat tekan terendah terdapat pada variasi 40 %. Kuat tekan pada umur 28 hari terjadi penurunan kuat tekan pada variasi 10 %, 20 % dan 40 % dari beton normal antara 0,389 %, 2,640 %, dan 4,716 %, sedangkan pada variasi 30 % terjadi peningkatan kuat tekan dari beton normal sebesar 1,130 %.

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan suatu material yang menyerupai batuan yang diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir, krikil/koral atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan. Kumpulan material tersebut terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Semen dan air berinteraksi secara kimiawi untuk mengikat partikel-partikel agregat tersebut menjadi suatu massa yang padat.

2.2 Pengertian Bottom Ash

Fly ash dan bottom ash adalah terminology umum untuk abu terbang yang ringan dan abu relatif berat yang timbul dari suatu proses pembakaran suatu bahan yang lazimnya menghasilkan abu. *Bottom ash* atau

abu dasar adalah limbah batubara yang dihasilkan dari sisa pembakaran yang berat dan mengendap dibagian bawah ruang pembakaran (abu yang tertinggal dibawah tungku).

3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini yaitu dengan membandingkan antara beton normal dengan beton yang pemakaian agregat halus nya diganti dengan bottom ash limbah dari sisa pembakara batubara. Apakah ada perbedaan kuat tekan beton antara campuran beton normal dan campuran beton bottom ash. Kuat tekan yang direncanakan adalah $f'c = 20$ Mpa. Proses penelitian ini dibagi dalam enam tahapan yaitu :

3.1 Tahap persiapan

Tahap ini mempersiapkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini seperti :

- a. Semen Tipe I
- b. Pasir dari Ciwandan
- c. Kerikil dari Merak
- d. *Bottom Ash* dari PT. Styrimdo Mono Indonesia

3.2 Tahap Pengujian Agregat

Mencari data pada agregat, meliputi data analisa saringan, kadar air, kadar lumpur, berat jenis kering permukaan jenuh, dan keausan agregat.

3.3 Tahap Perencanaan (Mix Design)

Perhitungan untuk menentukan proporsi masing-masing agregat pada setiap kondisi, menentukan nilai *slump* rencana dan menentukan jumlah benda uji yang akan dibuat yaitu sebanyak 60 buah yang terdiri dari 3 buah benda uji untuk setiap umur rencana 7, 14, 21, 28, dan 56 hari

3.4 Tahap Pembuatan Benda Uji

Setelah diketahui proporsinya maka bahan-bahan tersebut ditimbang sesuai kebutuhannya untuk dilakukan pengadukan pada *concretemixer* setelah itu uji nilai *slump* nya apakah sesuai dengan nilai *slump* rencana, kemudian adukan beton dicetak dalam silinder Ø15 cm dan tinggi 30 cm, diisi dalam tiga lapis lapisan masing-masing ditumbuk 25 kali dengan besi Ø16 mm, pengisian cetakan hingga penuh dan kemudian cetakan diratakan.

3.5 Tahap Perawatan

Benda uji yang telah dibuat dikeringkan dahulu dalam cetakan silinder selama ± 24 jam, setelah cukup kering benda uji dimasukkan ke dalam bak perendaman selama umur yang direncanakan.

3.6 Tahap Pengujian Benda Uji.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, 21, 28, dan 56 hari, untuk setiap benda uji beton. Persamaan yang digunakan :

$$f'c = \frac{\text{Beban Tekan}}{\text{Luas Penampang Beton}} \dots\dots\dots(1)$$

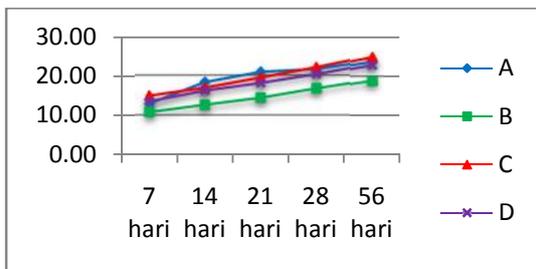
Tabel 1.Data Hasil Pengujian Material

Pengujian	Agregat Halus	Agregat Kasar	Bottom Ash Alami	Bottom Ash Oven	Bottom Ash Matahari
Analisa Saringan	Zona 2	Max 40 mm	Zona 1	Zona 1	Zona 1
Berat Jenis SSD	2,014	2,5	2,455	2,267	2,481
Kadar Air	20,29%	2,60%	0,34%	1,596%	3,26%
Kadar Lumpur	8,50%	0,22%	2,49%	0,19%	0,34%
Keausan (LAA)	-	19,78%	-	-	-

4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 2 Data Perkembangan Kuat Tekan Beton

Umur	Tipe			
	A	B	C	D
7 hari	12.88	10.76	14.86	13.45
14 hari	18.26	12.60	16.84	16.14
21 hari	20.81	14.34	19.39	18.03
28 hari	21.51	16.70	21.99	20.24
56 hari	23.64	18.83	24.84	22.79



Gambar 1 Grafik Perkembangan Kuat Tekan Beton

4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Material

Tabel 1. Menunjukkan data hasil dari pengujian agregat, meliputi data analisa saringan, berat jenis kering permukaan jenuh, kadar air, kadar lumpur, dan keausan agregat kasar. Standar yang digunakan pada agregat halus dan agregat kasar berdasarkan SNI, untuk *bottom ash* tidak ada standar yang tercantum dalam SNI, untuk itu dalam penelitian ini digunakan standar SNI untuk agregat halus.

Tabel 2 dan Gambar 1 menunjukkan peningkatan kuat tekan keseluruhan baik beton normal maupun beton *bottom ash*. Peningkatan nilai kuat tekan beton setiap umur rencana tersebut tidak seragam, menunjukkan nilai kuat tekan yang berbeda. Keadaan ini dikarenakan perlakuan (*treatment*) pada beton tersebut berbeda-beda dan adanya perbedaan gradasi agregat antara beton normal yang menggunakan pasir alami dan beton yang menggunakan *bottom ash*.

Hasil rata-rata kuat tekan pada umur 56 hari untuk beton normal (tipe A) sebesar 23,64 MPa, pada beton yang menggunakan substitusi pasir dengan bottom ash alami (tipe B) sebesar 18,83 MPa (-20,36% dari beton normal), sedangkan pada beton yang menggunakan substitusi pasir dengan bottom ash yang telah dicuci dan dikeringkan dalam oven selama ± 24 jam (tipe C) sebesar 24,84 Mpa (+5,09% dari beton normal), dan pada beton yang menggunakan substitusi pasir dengan bottom ash yang telah dicuci dan dikeringkan pada sinar matahari (tipe D)

hasil rata-rata nya sebesar 22,79 Mpa (-3,59 % dari beton normal).

Hasil dari penelitian ini terlihat adanya pengaruh kondisi pada penggunaan *bottom ash* sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan beton, pada *bottom ash* dengan kondisi yang telah dicuci (dibersihkan) mampu mencapai kuat tekan yang telah direncanakan (f_c' 20 Mpa), sedangkan untuk *bottom ash* dengan kondisi alami tidak mencapai kuat tekan yang telah direncanakan. Keadaan ini menunjukkan bahwa dalam penggunaan *bottom ash* sebagai bahan baku dalam pembuatan beton sebaiknya dicuci (dibersihkan) terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran-kotoran organik dan menurunkan kadar karbon pada *bottom ash* yang dapat mengganggu proses pengikatan antara semen dengan agregat lainnya.

Perbandingan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian sebelumnya digunakan penelitian milik I Wayan Suarnita. Hasil pengujian kuat tekan pada penelitian ini untuk beton normal Tipe A sebesar 21,51 MPa, Tipe C sebesar 21,99 Mpa, Tipe B sebesar 16,70 MPa, Tipe D sebesar 20,10 MPa. Hasil pengujian kuat tekan penelitian I Wayan Suarnita untuk beton normal dan beton dengan penggunaan abu dasar sebagai pengganti agregat halus untuk variasi 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % dari berat agregat halus adalah sebesar 20,524 MPa, 20,444 MPa, 19,982 MPa, 20,756 MPa dan 19,556 MPa.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah *bottom ash* dari hasil pembakaran batubara sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan beton, seperti dibawah ini :

- a. Hasil rata-rata kuat tekan pada umur 56 hari untuk beton normal (tipe A) sebesar 23,64 MPa, pada beton yang menggunakan substitusi pasir dengan *bottom ash* alami (tipe B) sebesar 18,83 MPa (-20,36% dari beton normal), sedangkan pada beton yang menggunakan substitusi pasir dengan

bottom ash yang telah dicuci dan dikeringkan dalam oven selama \pm 24 jam (tipe C) sebesar 24,84 Mpa (+5,09% dari beton normal), dan pada beton yang menggunakan substitusi pasir dengan *bottom ash* yang telah dicuci dan dikeringkan pada sinar matahari (tipe D) hasil rata-rata nya sebesar 22,79 Mpa (-3,59 % dari beton normal).

- b. Limbah *bottom ash* dari hasil pembakaran batubara dapat difungsikan sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan beton, dengan dicuci (dibersihkan) terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran-kotoran organik dan menurunkan kadar karbon.
- c. Kondisi campuran *bottom ash* yang telah dicuci dan dikeringkan dalam oven selama \pm 24 jam (tipe C) memiliki kuat tekan beton yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang lainnya, yaitu sebesar 24,84 Mpa (+5,09% dari beton normal).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dengan melihat hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan variasi kondisi ataupun proporsi campuran beton yang berbeda.
- b. Pertimbangkan kembali mengenai penggunaan beton *bottom ash* untuk struktur yang memikul beban berat terus menerus, sebab peningkatan nilai kuat tekan beton setiap umur rencana tersebut tidak seragam dan perlu adanya perlakuan (*treatment*) sebelum digunakan.
- c. Sebelum membuat beton yang memanfaatkan limbah batubara perlu diuji coba agar dapat diketahui dengan benar karakteristik campuran beton yang sebenarnya.
- d. Pembuatan sampel benda uji agar dibuat lebih banyak sehingga nilai

rata-rata kuat tekan benda uji lebih akurat.

- e. Hasil pada grafik masih menunjukkan peningkatan kuat tekan pada umur 56 hari, untuk itu perlu penambahan umur rencana beton pada penelitian selanjutnya.
- f. Kandungan kotoran-kotoran organik pada agregat yang digunakan dalam penelitian ini cukup besar, sehingga perlu dicuci dahulu sebelum digunakan. Hal ini membutuhkan waktu tambahan untuk pencucian dan pengeringan agregat.

6. Daftar Pustaka

- ASTM C33. 1982. *Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- I Wayan Suarnita., (n.d.) *Pemanfaatan Abu Dasar (Bottom Ash) Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus*.
- Mulyono, T. (2004, 2005). *Teknologi Beton*. Andi Offset.
- Standar Nasional Indonesia.(03-1969-1990).*Metode Pengujian Berat Jenis Dan penyerapan air agregat kasar*.
- Standar Nasional Indonesia.(03-1970-1990).*Metode Pengujian Berat Jenis Dan penyerapan air agregat halus*.
- Standar Nasional Indonesia.(03-1971-1990).*Metode Pengujian Kadar Air Agregat*.
- Standar Nasional Indonesia.(03-2834-1993).*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- Suwarto. (1999). *Pemanfaatan Bottom Ash limbah bahan bakar batubara pada industri tekstil untukbeton masal*.
- Tjokrodimuljo, K. (1996).*Teknologi Beton*, Nafiri.
- Triastuti., Yetvi R., Bambang S., (2006), *Pemanfaatan limbah padat Fly Ash dan Bottom Ash dari PT Pura Barutama Kudus*