

## ANALISIS KEKUATAN BETON NORMAL DENGAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR - MRK

Sabgiar Adinyamas<sup>1,\*</sup>, Akhmad Suryadi<sup>2</sup>, Sugeng Riyanto<sup>3</sup>

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>,

Email: [sabgiaradin@gmail.com](mailto:sabgiaradin@gmail.com), [akhmad.suryadi@polinema.ac.id](mailto:akhmad.suryadi@polinema.ac.id), [sugeng.riyanto@polinema.ac.id](mailto:sugeng.riyanto@polinema.ac.id)

### ABSTRAK

Batu Bara merupakan salah satu hasil tambang yang terkenal dari Kalimantan dan memiliki jumlah yang cukup besar. Hal ini membuat batu bara menghasilkan limbah cukup banyak dan mencemari lingkungan. Maka, perlu dilakukan proses pengolahan limbah untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan menjadikannya substitusi pasir pada beton normal. Maka, perlu dilakukan proses pengolahan limbah untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan menjadikannya substitusi pasir pada beton normal. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari substitusi limbah batu bara (*Bottom ash*) terhadap nilai kuat tekan, dan kuat tarik belah pada variasi 0%, 20%, 25%, 30% & 35% serta menghitung jumlah biaya yang dibutuhkan. Perencanaan campuran beton normal menggunakan SNI 03-2834-2000 dengan mutu 25 MPa. Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai kuat tekan rata-rata terbesar pada umur 28 hari adalah variasi 35% sebesar 17,46 MPa dan yang terkecil variasi 25 %sebesar 14,25 MPa. Sedangkan, hasil kuat tarik belah rata-rata terbesar di umur 28 hari adalah variasi 20% sebesar 4,074 MPa dan terendah adalah variasi 35% sebesar 3,22 MPa. Dalam perhitungan biaya pada setiap variasi cenderung menurun dengan biaya terendah yang diperoleh pada variasi 35% sebesar Rp 656.630,00 dan menghemat Rp. 36.800,00 dari biaya beton variasi 0%.

**Kata kunci** : limbah batu bara; *Bottom Ash*; substitusi pasir; beton normal

### ABSTRACT

*Coal is one of the famous mining products from Kalimantan and has a considerable amount. This makes coal produce quite a lot of waste and pollute the environment. Therefore, it is necessary to do waste treatment process to reduce environmental pollution by making it substitution of sand on normal concrete. In this study aims to find out the effect of coal waste substitution (*Bottom ash*) on the value of strong press, and pull strength at variations of 0%, 20%, 25%, 30% & 35% and calculate the amount of costs required. Planning of normal concrete mixture using SNI 03-2834-2000 with quality of 25 MPa. Based on the results obtained the largest average compressive strength value at the age of 28 days is a variation of 35% of 17.46 MPa and the smallest variation of 25 % of 14.25 MPa. Meanwhile, the largest average yield at 28 days of age was a 20% variation of 4,074 MPa and the lowest was a 35% variation of 3.22 MPa. In the calculation of costs on each variation tends to decrease with the lowest cost obtained at a variation of 35% of Rp 656,630.00 and save Rp. 36.800,00 of the cost of concrete variation 0%.*

**Keywords** : Coal waste; *Bottom Ash*; sand substitution; normal concrete

## 1. PENDAHULUAN

Di dunia globalisasi saat ini, perkembangan dalam bidang konstruksi di Indonesia selalu mengalami peningkatan. Dalam bidang konstruksi tidak lepas dari teknologi bahan yang divariasikan menggunakan limbah hasil dari perusahaan industri.

Mengingat sisa pembakaran dari batu bara pada PT Sumber Naga Cemerlang (PT SNC) menjadi masalah timbunan yang harus di selesaikan, maka perlu ada solusi pada limbah tersebut. Limbah dari sisa pembakaran tersebut yaitu Fly ash dan *Bottom ash*.

Penelitian *Bottom ash* dan Fly ash perlu dilaksanakan penelitian karena dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan diharapkan bisa menjadi pengganti dari bahan campuran beton. Keuntungan dari penelitian ini ditujukan dan diharapkan bisa bermanfaat mengurangi masalah timbunan dan pencemaran lingkungan akibat limbah pembakaran batu bara dari PT SNC

### Penelitian Terdahulu

Surya Pradita (2013) dalam penelitian pemanfaatan abu dasar (*bottom ash*) sebagai bahan substitusi pasir pada beton normal mengatakan penelitian ini menentukan komposisi optimal dari *bottom ash* sebagai pengganti pasir pada beton normal (K-100, K-175, K-250) dan menganalisis pengaruh *bottom ash* dari kuat tekan beton, faktor air semen, porositas, dan penyusutan beton. Presentasi limbah *bottom ash* menggunakan variasi 0%, 10%, 20%, 30% dari berat pasir. Dari hasil penelitian tersebut, disimpulkan bahwa kuat tekan beton menurun dari beton normal tanpa mensubstitusikan *bottom ash*. Namun kuat tekan betonnya yang masih memenuhi standart dari kuat tekan rencana. Berdasarkan hasil kuat tekan beton didapatkan nilai optimal dari *bottom ash* adalah 30% pada setiap variasinya. Penggunaan *bottom ash* cenderung meningkatkan penyerapan dan porositas beton, tetapi dapat menurunkan susut beton.

### Bottom Ash

*Bottom ash* merupakan limbah hasil dari pembakaran batu bara dimana jumlahnya akan terus bertambah selama industri terus memproduksi. Limbah *bottom ash* ditimbun di lahan kosong sehingga apabila volume limbah semakin bertambah maka semakin luas pula area yang diperlukan untuk menimbunnya. Selain itu penanganan limbah dengan cara penimbunan dapat berpotensi bahaya bagi lingkungan sekitar. Abu tersebut akan menimbulkan gangguan pernafasan.

*Bottom ash* sama halnya dengan fly ash yang merupakan sisa hasil pembakaran batu bara di boiler. Ukuran *bottom ash* lebih besar dari fly ash, sehingga *bottom ash* jatuh ke dasar tungku pembakaran. Penampilan fisik *bottom ash* mirip

dengan pasir sungai alami dan gradasinya bervariasi seperti pasir halus dan pasir kasar. Ukuran dari *bottom ash* membuat para peneliti tertarik untuk menggunakannya sebagai bahan pengganti dalam produksi beton (Singh & Siddique, 2015).

Sifat fisik Abu dasar berdasarkan bentuk, warna, tampilan, ukuran, specific gravity, dry unit weight dan penyerapan dari dry *bottom ash* dan wet *bottom ash* dapat dilihat pada Tabel 1. di bawah ini.

**Tabel 1** Sifat fisik abu dasar

Sifat Fisik	Wet Bottom Ash	Dry Bottom Ash
Bentuk	Angular / bersiku	Berbutir kecil granular
Warna	Hitam	Abu-abu gelap
Tekstur	Keras, mengkilap	Seperti pasir halus sangat berpori
	No.4 (90-100%)	1.5 s/d 3/4 (100%)
Ukuran (%lolos ayakan)	No.10 (40-60%) No.40 (10%) No.200 (5%)	No.4 (50-90%) No.10 (10-60%) No.40 (0-10%)
Specific gravity	2,3 – 2,9	2,1 – 2,7
Dry unit weight	960–1440 kg/m <sup>3</sup>	720–1600 kg/m <sup>3</sup>
Penyerapan	0,3 – 1,1%	0,8 – 2,0%

Sumber: Coal *Bottom Ash*/Boiler Slag-Material Description

### Beton

Dalam pembuatan suatu bangunan beton sebagai bahan yang sering dipakai dalam pembuatan suatu struktur khususnya di Indonesia. Beton memiliki sifat yang unik dari bahan dasarnya, proses pembuatannya, hingga variasi dari bahan tambahannya atau biasa disebut *additive*, jadi beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar yang dicampurkan dengan semen yang dipersatukan oleh air dengan perbandingan tertentu (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001:35).

### Semen

Bahan yang sering digunakan dalam campuran beton, menurut ASTM C-150.1985 semen portland adalah 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 yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (Mulyono, 2005:27).

### Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang memiliki butiran apabila disaring menggunakan ayakan lolos ayakan dengan ukuran 4,75 mm. Agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 jenis (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001:12) yaitu pasir galian,

pasir sungai, pasir laut. Menurut *British Standart* (BS) gradasi agregat halus dibagi ke dalam 4 zona, zona 1 adalah pasir kasar, zona 2 pasir agak kasar, zona 3 pasir agak halus, dan zona 4 pasir halus (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001:27), gradasi zona-zona pasir disajikan pada tabel 2

**Tabel 2** Syarat Gradasi Agregat Halus / Pasir (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001:28; Mulyono,2005:91)

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Lolos Kumulatif			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-100	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sedangkan untuk syarat dan mutu untuk agregat halus pada penggunaan beton menurut ASTM dijelaskan pada tabel 3. Tabel 2. 1 Syarat dan Mutu Agregat Halus (SNI-1971-2011, 1970-2008)

**Tabel 3** Syarat Mutu Agregat Halus

Parameter Fisik	Nilai
Kadar Air	<3%
Berat Jenis	2,5 gr/cm <sup>3</sup> – 2,7 gr/cm <sup>3</sup>
Penyerapan	<3%
Kadar Lumpur	1-4 %
Berat Isi	1,4 gr/dm <sup>3</sup> - 1,9 gr/dm <sup>3</sup>

### Agregat Kasar

agregat kasar adalah agregat yang memiliki ukuran butiran yang tertahan di ayakan ukuran 4,75 mm dan lolos di ayakan ukuran 40 mm, untuk susunan gradasi dari kerikil yang disyaratkan menurut SNI 03-2834-2000 disajikan pada tabel 4. Sedangkan, batu atau koral memiliki ukuran yang besar bila disaring tidak lolos ayakan ukuran 40 mm.

**Tabel 4** Syarat Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000, 2000:11)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Lolos Ayakan		
	38.1 – 4.76	19.0 – 4.76	9.52 – 4.76
38.1	95 – 100	100	-
19,0	37 – 70	95 – 100	100
9.52	10 – 40	30 – 60	85 – 100
4.76	0 – 5	0 – 10	0 – 10

Agregat kasar memiliki syarat dan mutu yang harus dipenuhi sebelum dicampurkan ke dalam beton menurut ASTM yang dijelaskan pada tabel 5.

**Tabel 5** Syarat dan Mutu Agregat Kasar (ASTM, SNI-1971-2011, 1969-1990)

Parameter Fisik	Nilai
Kadar Air	<3%
Berat Jenis	2,5 gr/cm <sup>3</sup> – 2,7 gr/cm <sup>3</sup>
Penyerapan	<3%
Kekerasan	≤45%
Keausan	≤40%
Berat Isi	1,4 gr/dm <sup>3</sup> - 1,9 gr/dm <sup>3</sup>

### Kuat Tekan Beton

Salah satu yang menjadi keunggulan dari beton adalah kekuatan tekan dari beton. Kemampuan dari beton yang ditujukan untuk menerima gaya secara vertikal atau tekan persatuan luas disebut dengan kuat tekan beton (Mulyono, 2005:9). Penentuan kekuatan beton menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur ASTM C-39 atau dengan benda uji kubus dengan prosedur BS-1881 *Part 115; Part 116* pada umur 28 hari (Mulyono, 2005:9). Dengan rumus empiris untuk perhitungan kuat tekan disajikan pada persamaan

$$f_c' = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Di mana :

$f_c'$  = Kuat Tekan Beton (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Permukaan benda uji (mm<sup>2</sup>)

### Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agregat ringan. Nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang

diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan.

$$Fct = \frac{2P}{LD} \quad (2)$$

- $Fct$  = Kuat tarik belah Beton ( $N/mm^2$ )
- $P$  = Beban Maksimum (N)
- $L$  = Panjang benda uji (mm)
- $D$  = Diameter benda uji (mm)

## 2. METODE

### Prosedur Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian ANALISIS ayak atau gradasi material mengacu pada SNI 03-1968-1990.
2. Penetapan benda uji mengacu pada SNI 03-2847-2000.
3. Pengujian waktu ikat
4. Prosedur pencetakan beton mengacu pada SNI 03-4810-1998
5. Pengujian *Slump* mengacu pada ASTM C1611:Uji slump flow beton.
6. Pengujian Kuat Tekan Beton mengacu pada SNI 1974:2008:Cara Uji Beton Silinder
7. Pengujian Kuat Tarik Belah mengacu pada SNI 1974:2008:Cara Uji Beton Silinder

### Perhitungan Mix Design

*Mix design* adalah perbandingan campuran bahan-bahan yang akan digunakan dalam pembuatan beton, agar menghasilkan beton dengan kuat tekan dan sifat-sifat lain yang diharapkan dengan menggunakan acuan SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang. Metode eksperimental merupakan suatu metode penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil atau data dari variabel-variabel yang diteliti. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal yang menggunakan bahan Abu dasar (Botom ash) dari batubara sebagai substitusi pasir dengan variasi substitusi 0%, 20%, 25%, 30%, 35%. Benda uji pada penelitian ini berbentuk silinder masing-masing 15 benda uji dari setiap variasi, pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan beton pada usia 7, 14, 21, 28 hari. Setelah didapatkan data hasil pengujian kuat tekan beton, kemudian data tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan rumus. Setelah itu, data dari hasil perhitungan tersebut dapat diambil kesimpulan.

**Tabel 6** Hasil Pengujian Bottom Ash

Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
Kadar Air	5,4	≤ 3%	SNI 1971-2011	TIDAK OK
Berat Jenis	-	2,1-2,7	Coal bottom ash description	-
Penyerapan	-	0,8-2,0 %	Coal bottom ash description	-
Analisis saringan	Zona II	Zona 1-4	SNI 03-2834-2000	OK

**Tabel 7** Pengujian Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
Kadar Air	1,11	≤ 3%	SNI 1971-2011	OK
Berat Jenis	2,65	2,5-2,7	SNI 1970-2008	OK
Penyerapan	1,12	≤ 3%	SNI 1970-2008	OK
Analisis saringan	Zona II	Zona 1-4	SNI 03-2834-2000	OK

**Tabel 8** Pengujian Agregat Kasar

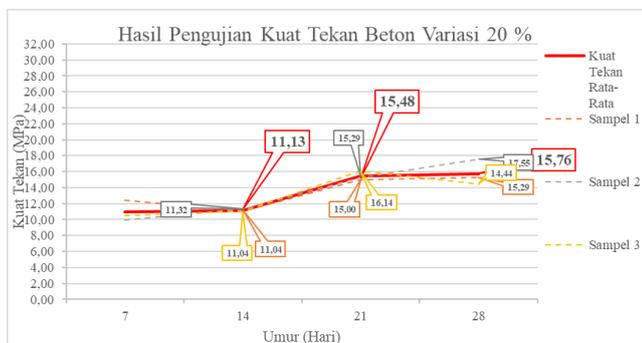
Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
Kadar Air	1,61	≤ 3%	SNI 1971-2011	OK
Berat Jenis	2,74	2,5-2,8	SNI 1969-1990	OK
Penyerapan	1,77	≤ 3%	SNI 1969-1990	OK
Analisis saringan	Zona I	Zona 1-3	SNI 03-2834-2000	OK
Kekerasan	5,13%	≤ 45%	ASTM C-29M-03	OK

### Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan menggunakan sampel benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. pengujian kuat tekan dilakukan dengan meninjau umur beton 7, 14, 21 dan 28 hari.



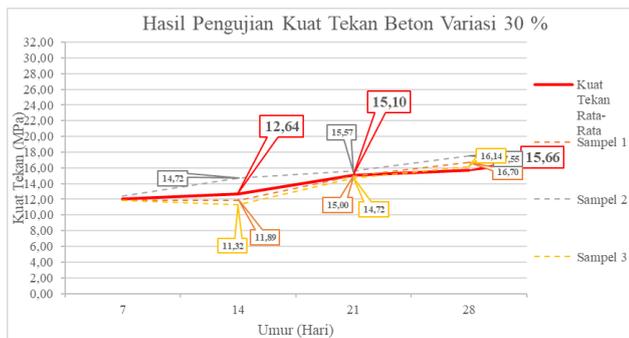
Grafik 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 0%



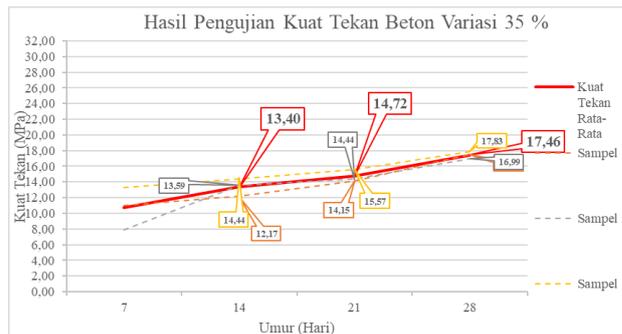
Grafik 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 20%



Grafik 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 25%



Grafik 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 30%



Grafik 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 35%

### Hasil Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik menggunakan sampel benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. pengujian kuat tarik dilakukan dengan meninjau umur beton 28 hari. Pada pengujian ini menggunakan 3 benda uji di setiap variasinya.



### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat dijabarkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan beton rata-rata tertinggi yaitu dengan variasi campuran normal pada umur 28 hari yaitu sebesar 25,01 Mpa, variasi campuran 20% sebesar 15,76 Mpa, variasi campuran 25% sebesar 14,25 Mpa, variasi campuran 30% sebesar 15,66 Mpa, dan variasi 35% sebesar 17,46. Pada penelitian ini rencana mutu yang ditargetkan sebesar 25 Mpa tidak terpenuhi. Penggunaan substitusi agregat halus dengan *Bottom ash* berdampak terhadap penurunan nilai kuat tekan beton rata-rata.
2. Nilai kuat tarik rata-rata tertinggi yaitu dengan variasi campuran normal pada umur 28 hari yaitu sebesar 8,148 Mpa, variasi campuran 20% sebesar 8,148 Mpa, variasi campuran 25% sebesar 6,667 Mpa, variasi campuran 30%

sebesar 7,926 Mpa, dan variasi 35% sebesar 6,444 Mpa. Penggunaan substitusi agregat halus dengan *Bottom ash* berdampak pada kuat tarik belah.

3. Nilai kuat tertinggi rata-rata 28 hari pada beton variasi (0%) sebesar 25,01 MPa. Dalam bidang konstruksi umumnya berguna untuk beton bertulang seperti plat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong gorong beton berulang, bangunan bawah jembatan. Untuk beton dengan bottom ash sebagai substitusi pasir (20%, 25%, 30%, 35%) rata rata nilai kuat tekan betonnya dibawah 25 MPa dalam artian beton mutu rendah (Puslitbang Prasarana Divisi 7-2005). Maka pada umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan. Seperti beton silkop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan.
4. Biaya pembuatan beton untuk variasi normal per m<sup>3</sup> sebesar Rp.693.426,42 , variasi 20% sebesar Rp. 672.398,33, variasi 25% sebesar Rp. 667.141,31 , variasi 30% sebesar Rp. 661.884,29 dan variasi 35% Rp. 656.627,26

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zulmahdi Darwis, Soelarso, Taufik Hidayat (2015). "PEMANFAATAN LIMBAH BOTTOM ASH SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUSDALAM PEMBUATAN BETON"Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik, Universitas Ageng Tirtayasa
- [2] Surya Pradita (2013). "PEMANFAATAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PASIR PADA BETON MUTU NORMAL". Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293.
- [3] BSN. 1990. Metode Pengujian Berat Jenis Dan penyerapan air agregat kasar, SNI03-1969-1990, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- [4] BSN. 1990. Metode Pengujian Berat Jenis Dan penyerapan air agregat halus, SNI 03-1970-1990, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- [5] BSN. 1990. Metode Pengujian Kadar Air agregat, SNI 03-1971-1990, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- [6] BSN. 2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal SNI 03- 2834-2000, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- [7] BSN. 2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974- 2011, BadanStandar Nasional, Jakarta.
- [8] BSN, 2021. Metode Pengujian Kuat Tarik Belah, SNI 03-2491-2002, BadanStandar Nasional, Jakarta.