

Korelasi Penyerapan Air dan Kuat Tekan Bata Semen Menggunakan Bottom Ash PLTU Pulang Pisau, Kalimantan Tengah

* Elia Anggarini¹, Irwandy Muzaidi², Muhammad Fitriansyah³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Jl Gubernur Syarkawi Kabupaten Barito Kuala, 70582

*lia.teweh@gmail.com; irwann.muzaidi@gmail.com; fitriansyahm3@gmail.com

Abstract

Bottom ash is waste from coal combustion that continues to increase in volume every year. The current handling of bottom ash waste in Pulang Pisau PLTU is used for stabilization of soil and some are still stockpiled on vacant land so that it is still less effective because it can be dangerous at any time for the surrounding community. Therefore, research was conducted with the innovation of utilizing coal waste as a substitute for sand. Tests were carried out by making test objects in the form of bricks, aiming to get a mixture that produces optimal compressive strength, resulting in efficient bricks. This research focuses on the correlation between water absorption and compression strength of bricks using experimental methods. In this research, the composition of bottom ash substitution to the weight of sand is 0%, 10%, 20%, and 40%, with the tests carried out are water absorption and compression strength testing. Based on the research conducted, the lowest water absorption value at a percentage of 10% is 0.15209% and the highest water absorption value at a percentage of 40% is 0.30418%. In the compression strength test, the highest result was obtained at a percentage of 10% is 156.67 Kg/cm² and the lowest compressive strength value at a percentage of 40% is 146.67 Kg/cm². From the research results it can be concluded that the addition of bottom ash causes an increase in the percentage of water absorption in the brick so that the results of the brick compression strength test decrease. This is due to the shape of the bottom ash grain size which smoother than sand, therefore absorbing more water the cement brick.

Keywords: Bottom ash; Waste; Cement Bricks; Water Absorption; Compression Strength.

Abstrak

Bottom ash merupakan limbah hasil pembakaran batu bara yang volumenya terus meningkat setiap tahunnya. Penanganan limbah *bottom ash* di PLTU Pulang Pisau saat ini digunakan untuk stabilisasi tanah dan ada juga yang masih ditimbun di lahan kosong sehingga masih kurang efektif karena sewaktu-waktu dapat berbahaya bagi masyarakat sekitar. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan inovasi pemanfaatan limbah batu bara sebagai pengganti pasir. Pengujian dilakukan dengan membuat benda uji berupa batako yang bertujuan untuk mendapatkan campuran yang menghasilkan kuat tekan yang optimal, sehingga menghasilkan batako yang efisien. Penelitian ini berfokus pada korelasi antara daya serap air dan kuat tekan batu bata dengan menggunakan metode eksperimen. Pada penelitian ini, komposisi substitusi *bottom ash* terhadap berat pasir adalah 0%, 10%, 20%, dan 40%, dengan pengujian yang dilakukan adalah pengujian serapan air dan pengujian kuat tekan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, nilai penyerapan air terendah pada persentase 10% yaitu 0,15209% dan nilai penyerapan air tertinggi pada persentase 40% yaitu 0,30418%. Pada pengujian kuat tekan diperoleh hasil tertinggi pada persentase 10% yaitu 156,67 Kg/cm² dan nilai kuat tekan terendah pada persentase 40% yaitu 146,67 Kg/cm². Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan *bottom ash* menyebabkan peningkatan persentase penyerapan air pada batako sehingga hasil uji kuat tekan batako mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh bentuk ukuran butiran *bottom ash* yang lebih besar dari pasir, sehingga mengakibatkan banyaknya pori-pori pada batako.

Kata Kunci: *Bottom Ash*, Limbah, Bata Semen, Penyerapan Air, Kuat Tekan

PENDAHULUAN

Bottom ash adalah limbah yang dihasilkan pada proses pembakaran batu bara sebagai sumber energi pada unit pembangkit uap (boiler) pada PLTU. *Bottom ash* berbentuk partikel halus dan bersifat pozzolan (Ristinah dkk., 2012). *Bottom ash* ini dianggap sebagai limbah karena memiliki kandungan yang sangat berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan sekitar. Oleh sebab itu diperlukan penanganan terhadap limbah *bottom ash* ini.

Sultan dkk. (2019) melakukan studi penelitian Substitusi Parsial Agregat Halus dengan *Bottom Ash* pada Pembuatan Bata Semen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian sebagian pasir dengan *bottom ash* dalam pembuatan bata semen normal. *Bottom ash* yang digunakan berasal dari

PLTU Rum yang terletak pada Kota Tidore Kepulauan, Provinsi Maluku Utara. Komposisi variasi penambahan *bottom ash* sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 100% dari berat pasir. Berdasarkan hasil pengujian, penambahan persentase *bottom ash* sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 100% memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada presentase abu terbang (fly ash) 10% yaitu sebesar 18,66 MPa untuk umur bata beton 28 hari. Dan nilai kuat tekan terendah pada presentase *bottom ash* 100% yaitu sebesar 1,86 MPa untuk umur beton 28 hari.

AR, Amatullah Amirul, & Sofianto, M. F. (2019) melakukan studi penelitian Pengaruh Penambahan *Bottom Ash* Dan Serbuk Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Bata Ringan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh *Bottom Ash* dan Serbuk Cangkang Bekicot dalam pembuatan bata ringan. *Bottom ash* yang digunakan berasal dari PLTU Paiton, Kota Probolinggo, Provinsi Jawa

Timur. Komposisi variasi penambahan *Bottom Ash* dan Serbuk Cangkang Bekicot sebanyak 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat semen. Berdasarkan hasil pengujian nilai kuat tekan tertinggi pada presentase 0% pada hari ke-28 yaitu sebesar 4,20 MPa dan nilai kuat tekan terendah pada presentase hari ke-7 yaitu sebesar 1,73MPa. Pada hasil pengujian penyerapan air didapatkan hasil terbesar pada variasi 5% dengan penyerapan nya 32,1% dan minimum pada variasi 20% yaitu sebesar 26,4%.

Chandra dkk. (2019) melakukan studi penelitian Penggunaan *Bottom Ash* Dari Sistem Pembakaran Circulated Fluidized Bed Dan Dari Boiler Sebagai Agregat Halus Dalam Pembuatan Mortar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah batu bara dengan menghasilkan kuat tekan sedang pada mortar. Pada penelitian ini agregat halus diganti menggunakan *bottom ash* dengan presentase 100 %. *Bottom ash* pada penelitian ini didapat dari PLTU Ngoro dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu *bottom ash* Ngoro cerah dan *bottom ash* Ngoro gelap. Komposisi variasi penambahan fly ash pada penelitian ini sebanyak 5%, 10%, 15%, 20%, 30% dari berat *bottom ash*. Penelitian ini menguji mortar dengan benda uji kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan persentase fly ash terhadap berat *bottom ash* Ngoro cerah sebesar 50 % didapat kuat tekan 52,27 MPa pada umur 56 hari. Penggunaan *bottom ash* Ngoro gelap menghasilkan rata - rata kuat tekan tertinggi yaitu 38 MPa pada umur 7 hari, 55 MPa pada umur 28 hari, dan 58 MPa pada umur 56 hari.

Berdasarkan masih kurangnya pemanfaatan limbah *bottom ash* dari PLTU di Kalimantan khususnya pada konstruksi beton secara nyata dan dari penelitian-penelitian terdahulu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan limbah *bottom ash* adalah memanfaatkan limbah tersebut untuk digunakan sebagai material bahan bangunan yang diharapkan dapat menggantikan bahan material yang sudah ada sehingga dapat menekan biaya produksi serta mengurangi limbah batu bara dimana volumenya terus bertambah setiap tahun. Maka inovasi dan juga dilakukannya penelitian tentang "Pembuatan Bata Semen Menggunakan Limbah Batu Bara (*Bottom Ash*) Sebagai Substitusi Agregat Halus". Pengujian dilakukan dengan membuat benda uji bata semen diharapkan memperoleh campuran yang ideal untuk menghasilkan kuat tekan yang optimum, sehingga dihasilkan bata semen yang lebih efisien. Selain itu dilakukan peninjauan terhadap pengaruh penyerapan air *bottom ash* terhadap benda uji yaitu bata semen.

Bottom ash yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PLTU Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. Penanganan limbah *bottom ash* di PLTU ini kebanyakan digunakan untuk stabilisasi tanah atau memperbaiki sifat tanah dan sebagian masih menumpuk di lahan yang kosong sehingga dirasa masih kurang efektif karena bisa saja sewaktu-waktu berbahaya bagi masyarakat sekitar. Maka dari itu dilakukan nya penelitian ini guna mengurangi limbah tersebut. Berikut adalah limbah batu bara yang terdapat pada PLTU Pulang Pisau.

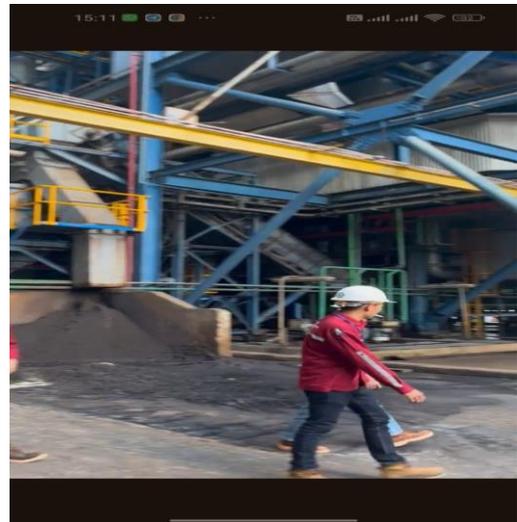


Gambar 1. Limbah Batu Bara PLTU Pulang Pisau
Sumber : <https://web.pln.co.id/cms/media/2022/08/pln-uji-coba-tambah-porsi-ebt-biomassa-sampai-20-persen-di-pltu-pulang-pisau-masyarakat-ketiban-untung/>



Gambar 2. Abu sisa pembakaran batu bara *Bottom Ash* dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Sumber : <https://www.borneonews.co.id/berita/289172-pln-manfaatkan-173-ribu-ton-sisa-pembakaran-pltu-untuk-pembangunan>



Gambar 3. Kunjungan UM Banjarmasin ke PLTU Pulang Pisau

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan *bottom ash* sebagai substitusi agregat halus dengan membandingkan korelasi penyerapan air terhadap mutu kuat tekan pada bata semen. Diharapkan dengan penelitian ini dapat mengetahui pengaruh

pemanfaatan *bottom ash* sebagai substitusi agregat halus pada bata semen.

Pada penelitian ini komposisi variasi substitusi *bottom ash* sebesar 0%, 10%, 20%, dan 40% dari berat pasir, variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengujian dan kuat tekan pada hari ke-28 dan penyerapan air, variabel kontrol adalah semen, pasir, air, mix design rencana dan alat-alat yang digunakan.

Berikut adalah urutan dari kegiatan eksperimental yang dilakukan pada penelitian ini:

Pengujian Material

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah agregat halus, semen, dan *bottom ash*. Dimana sebelum melakukan percobaan untuk melakukan perhitungan komposisi campuran harusnya dilakukan pengujian-pengujian dari masing-masing material tersebut.

Pengujian agregat halus meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, pemeriksaan kadar lumpur, dan pemeriksaan analisa saringan dengan sfesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Karakteristik Agregat Halus

No	Karakteristik Agregat Kasar	Interval Batas	Pedoman
1.	Kadar Lumpur (%)	0,2 - 6	ASTM C 117
2.	Resapan (%)	0,20 - 2,00	ASTM C 128
3.	Berat Jenis Spesifik	1,60 - 3,20	ASTM C 128
4.	Modulus Kehalusan	2,2 - 3,1	ASTM C 136

Adapun pengujian semen ini meliputi pengujian berat jenis. Sedangkan untuk pengujian *bottom ash* ini meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan kadar air dan pemeriksaan analisa saringan.

Rancangan Campuran Mortar

Perencanaan campuran mortar pada penelitian ini menggunakan metode SNI 03-6882-2002, dengan nilai faktor air semen yang digunakan 0,50 dari berat semen (faktor air semen ini disamakan pada semua variasi campuran). Berikut merupakan tabel perhitungan campuran beton dan jumlah spesimen tiap varian benda uji:

Tabel 2. Perencanaan Campuran Bata Semen

Keterangan	Nilai	Satuan
Jenis Semen	Semen Tipe I	
Jenis Agregat Halus	Alami	
Kebutuhan Air	Secukupnya hingga menghasilkan kelecakan (110±5) %	
Bobot isi semen	1250	kg/m ³
Bobot isi pasir	1200	kg/m ³

Sumber : SNI 03-6882-2002

Tabel 3. Perencanaan Campuran Bata Semen Mutu Normal Untuk 3 Benda Uji

3 KUBUS	Semen Portland	Agregat Halus
Proporsi Volume	1	3
Bobot isi (kg/m ³)	1250	3600
Faktor pengubah	0,694	0,694
Berat bahan (g)	867,5	2498,4
Proporsi Volume	1	3

Sumber : SNI 03-6882-2002

Tabel 4. Perencanaan Variasi Campuran Bata Semen Untuk 3 Benda Uji

Proporsi Campuran	Semen (gram)	Pasir (gram)	Bottom Ash (gram)
0%	867,5	2498,4	0
10%	867,5	2248,56	249,84
20%	867,5	1998,72	499,68
40%	867,5	1499,04	999,36

Tabel 5. Perencanaan Variasi Campuran Bata Semen Untuk 12 Benda Uji

Proporsi Campuran	Semen (gram)	Pasir (gram)	Bottom Ash (gram)
0%	3470	9993,60	0
10%	3470	8994,24	999,36
20%	3470	7994,88	1998,72
40%	3470	5996,16	3997,44
Jumlah	13.880	32.978,88	6.995,52

Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan benda uji bata semen dengan menggunakan SNI 03-6882-2002 tentang spesifikasi mortar untuk pekerjaan pemasangan bata. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.

Pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Adapun tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- Mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan.
- Lakukan pencampuran 3 (tiga) material secara langsung yaitu, semen portland, pasir, *bottom ash* yang direncanakan, lalu tambahkan air sesuai perhitungan desain yaitu menggunakan faktor air semen maksimum yang ditetapkan 0,50 (faktor air semen yang dipakai dalam penelitian ini disamakan pada semua variasi campuran).
- Memasukan mortar kedalam begisting kubus, padatkan bata semen dengan alat pemadat dan ratakan permukaan bata semen.
- Cetakan yang sudah terisi mortar segar diletakan di tempat yang tidak terkena sinar matahari secara langsung agar pengeringan berjalan secara bertahap dan bata semen tidak mengalami retak.
- Melepaskan begisting kubus setelah bata semen berumur 24 jam.

Tabel 6. Jumlah Benda Uji

No	Persentase Bottom Ash (%)	Hari	Jumlah Benda Uji
1	0%	6	6
2	10%	6	6
3	20%	6	6
4	40%	6	6
Total Benda Uji			48

Perawatan Benda Uji

Perawatan bata semen yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan merendam bata semen di bak rendam setelah melepas bata semen dari begisting kubus. Bata semen yang sudah dilepas dari begisting kubus dimasukan kedalam bak rendam sampai terendam sempurna dan setelah itu bata semen dikeluarkan dari bak rendam lalu dijemur selama 1 atau 2 hari sebelum hari ke-28.

Pengujian Penyerapan Air Bata Semen

Pengujian penyerapan air ini menggunakan metode SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasang dinding. Pengujian ini dilakukan dengan merendam benda uji ke dalam air bersih yang bersuhu ruangan selama 24 jam. Rumus yang digunakan untuk perhitungan penyerapan air pada bata semen adalah sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{W_w - W_{dry}}{W_{dry}} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan W_w = berat mortar/bata semen basah (kg) dan W_{dry} = berat mortar/bata semen kering (kg)

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin *Compressive Testing Machine* (CTM). Beton yang akan diuji diletakkan di pusat bidang tekan mesin, pembebanan dilakukan secara perlahan sampai beton mengalami kehancuran. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kekuatan tekan beton adalah sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P_{maks}}{A} \quad (2)$$

Dengan f'_c adalah kekuatan tekan mortar, P_{maks} adalah gaya tekan maksimum dan A adalah luas penampang benda uji

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (ASTM C 128)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat pasir dalam kondisi kering permukaan (SSD) dan penyerapan agregat halus, berdasarkan ASTM C 128. Berikut merupakan hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel. 7.

Tabel 7. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

No	Uraian	Hasil	Satuan
1.	Berat Flask	72,57	Gram
2.	Berat SSD	500	Gram
3.	Berat Flask + Air	573,67	Gram
4.	Berat Flask + Air + SSD	883,18	Gram
5.	Berat Kering	496,09	Gram
6.	Apparent Specific Gravity = Point 5 / (5 + 3 - 4)	2,66	
7.	Bulk Specific Gravity On Dry Basic = Point 5 / (2 + 3 - 4)	2,60	
8.	Bulk Specific Gravity SSD Basic = Point 2 / (2 + 3 - 4)	2,62	
9.	Persentase Water Absorption = (2 - 5) / 5 x 100%	0,79	%

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan diperoleh berat jenis yaitu sebesar 2,62 dan penyerapan agregat halus sebesar 0,79%. Hasil ini telah memenuhi standar ASTM C 128 yaitu berat jenis untuk agregat halus berkisar antara 1,60 – 3,20 dan penyerapan air maksimal sebesar 2,0%.

Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus (ASTM C 117)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan kadar lumpur pada agregat halus, berdasarkan ASTM C 117. Berikut merupakan hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel. 8 dibawah ini:

Tabel 8. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

No	Uraian	Hasil	Satuan
1	Berat kering benda uji sebelum di cuci (W_1)	1000	gram
2	Berat kering benda uji sesudah di cuci (W_2)	993,41	gram
Kadar lumpur = (1 - 2) / 1 x 100%		0,659	%

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan diperoleh persentase kadar lumpur yang digunakan sebesar 0,659%. Hasil ini telah memenuhi standar ASTM C 117, yaitu maksimal sebesar 6,0%.

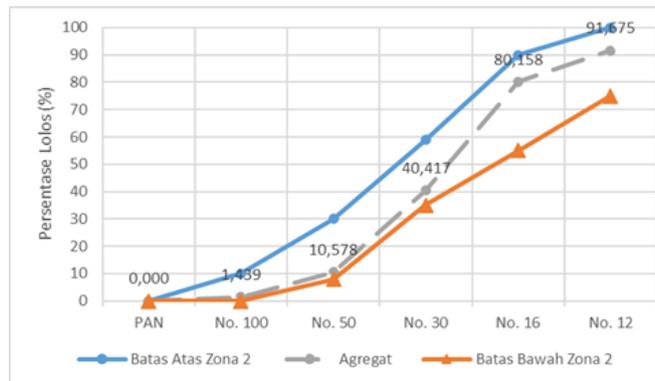
Hasil Pengujian Pemeriksaan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir agregat halus yang digunakan dan juga untuk memperoleh nilai modulus kehalusan agregat halus, mengacu pada SNI 03-2834-1993 untuk pembagian zona agregat halus dan ASTM C 136 untuk modulus halus butir. Hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel dan Gambar berikut ini:

Tabel 9. Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Saringan	Agregat Halus				
		Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Tertahan Kumulatif (%)	Lolos	Persen Lolos (%)
2,4	No.12	83,25	8	8	916,75	91,68
1,2	No.16	115,17	12	20	801,58	80,16
0,6	No.30	397,41	40	60	404,17	40,42
0,3	No.50	298,39	30	89	105,78	10,58
0,15	No.100	91,39	9	99	14,39	1,44
Sisa	Pan	14,39	1	100	0	0,00
Jumlah		1000,00		276		
				MHB =	2,76	

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 4. Grafik Analisa Pembagian Zona 2

Berdasarkan Tabel dan Grafik diatas, hasil untuk nilai modulus halus butir yang diperoleh sebesar 2,76. Dimana hasil ini telah memenuhi standar ASTM C 136 untuk modulus halus butir yaitu berkisar antara 2,2 – 3,1. Sedangkan hasil analisa pembagian zona untuk agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berada dalam gradasi agregat halus zona 2 (dua).

Tabel 10. Pembagian Zona Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-1993

Zona	Jenis
Zona 1	Pasir Kasar
Zona 2	Pasir Sedang
Zona 3	Pasir Agak Halus
Zona 4	Pasir Halus

Sumber : SNI 03-2834-1993

Dari tabel di atas agregat halus yang digunakan berada dalam gradasi agregat halus zona 2 yaitu pasir sedang

Hasil Pengujian Berat Jenis Semen Portland (ASTM C 188)

Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen merek Gresik dengan tipe I (satu). Pengujian yang dilakukan adalah pemeriksaan berat jenis (ASTM C 188). Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis semen portland, berdasarkan ASTM C 118. Berikut merupakan hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 11 berikut:

Tabel 11. Pemeriksaan Berat Jenis Semen Portland

No	Uraian	Hasil	Satuan
1	Berat Semen	64	gram
2	V ₁ (Pembacaan Pertama Pada Skala Botol)	0,2	ml
3	V ₂ (Pembacaan Kedua Pada Skala Botol)	20,55	ml
4	d (density air pada suhu kamar 4°)	1	gr/cm ³
5	Berat Jenis = 1 / (V ₂ - V ₁) x d	3,145	gr/cm ³

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan diperoleh berat jenis semen portland sebesar 3,145 gram/cm³. Hasil ini telah memenuhi standar ASTM C 118 yaitu untuk berat jenis semen portland berkisar antara 3,15 – 3,17 dengan toleransi diperkenankan 0,01 gram/cm³.

Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Bottom Ash (ASTM C 128)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan yang terjadi pada bottom ash. Berikut merupakan hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 12 dibawah ini:

Tabel 12. Berat Jenis dan Penyerapan Bottom Ash

No	Uraian	Hasil	Satuan
1.	Berat Flask	72	gram
2.	Berat SSD	500	gram
3.	Berat Flask + Air	586	gram
4.	Berat Flask + Air + SSD	906	gram
5.	Berat Kering	476	gram
6.	Apparent Specific Gravity = Point 5 / (5 + 3 - 4)	3,05	
7.	Bulk Specific Gravity On Dry Basic = Point 5 / (2 + 3 - 4)	2,64	
8.	Bulk Specific Gravity SSD Basic = Point 2 / (2 + 3 - 4)	2,78	
9.	Persentase Water Absorption = (2 - 5) / 5 x 100%	5,04	%

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan diperoleh berat jenis SSD bottom ash yaitu sebesar 2,78 dan penyerapan air bottom ash sebesar 5,04%. Menurut standar ASTM C 128, yaitu untuk berat jenis berkisar antara 1,60 – 3,20 maka, bottom ash telah memenuhi. Sedangkan untuk penyerapan air tidak memenuhi karena melebihi dari 2,0%.

Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Lumpur Bottom Ash (ASTM C 117)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan persentasi kadar lumpur yang terjadi pada bottom ash. Berikut merupakan hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 13 dibawah ini:

Tabel 13. Pemeriksaan Kadar Lumpur Bottom Ash

No	Uraian	Hasil	Satuan
1	Berat Kering benda uji sebelum di cuci (W1)	1000	gram
2	Berat Kering benda uji sesudah di cuci (W2)	990	gram
	Kadar lumpur = (W1-W2)/W1 x 100%	1,000	%

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh persentase kadar lumpur sebesar 1,0%. Hasil ini telah memenuhi standar ASTM C 117 untuk kadar lumpur, yaitu maksimal 6%.

Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air Bottom Ash (SNI 1971 – 2011)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar air yang terkandung didalam *bottom ash*. Berikut merupakan hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 14 dibawah ini:

Tabel 14. Pemeriksaan Kadar Air *Bottom Ash*

No	Uraian	Hasil	Satuan
1	Berat Benda Uji	1000	gram
2	Berat kering benda uji	940	gram
Kadar Air = $(W1-W2)/W1 \times 100\%$		6,00	%

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan diperoleh persentase kadar air *bottom ash* yang digunakan sebesar 6%.

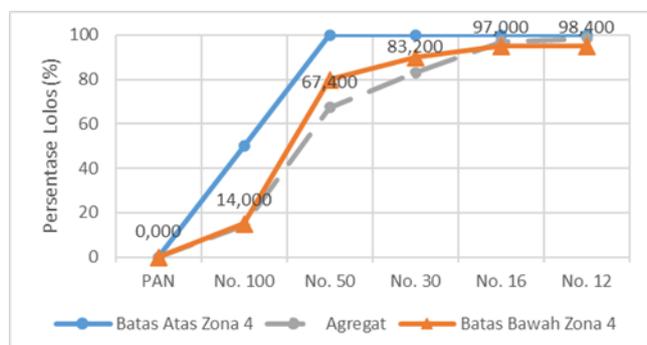
Hasil Pengujian Pemeriksaan Analisa saringan Bottom Ash (ASTM C 136)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan gradasi *bottom ash* dengan menggunakan saringan. Berikut merupakan hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel dan Gambar berikut ini:

Tabel 15. Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Saringan	Agregat Halus				
		Tertahan (gram)	Tertahan (%)	Tertahan Kumulatif (%)	Lolos	Persen Lolos (%)
2,4	No.12	16,000	1,600	1,600	984,000	98,400
1,2	No.16	14,000	1,400	3,000	970,000	97,000
0,6	No.30	138,000	13,800	16,800	832,000	83,200
0,3	No.50	158,000	15,800	32,600	674,000	67,400
0,15	No.100	534,000	53,400	86,000	140,000	14,000
Sisa	PAN	140,000	14,000	100,000	0,000	0,000
Jumlah		1000,00	100,00	140		
		MHB		1,400		

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 5. Grafik Analisa Pembagian Zona 4

Dari Tabel dan Grafik di atas, hasil dari nilai modulus halus butir yang diperoleh adalah 1,400. Hasil ini

tidak memenuhi standar ASTM C 136 untuk nilai modulus halus, yaitu berkisar antara 2,2 – 3,1. Sedangkan berdasarkan SNI 03-2834-1993 untuk agregat halus yang digunakan berada dalam gradasi agregat halus zona 4 (empat).

Pengujian Penyerapan Air

Pada pengujian penyerapan air bata semen ini dilakukan dengan tujuan untuk menunjukkan kemampuan bata semen dalam menyerap air, apabila tingkat penyerapan air bata semen semakin besar, maka kemampuannya dalam menahan kekuatan tekan akan mengalami penurunan. Hasil dari pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 16 berikut ini:

Tabel 16. Analisa Saringan Agregat Halus

Persentase Bottom Ash	Berat Basah (Kg)	Berat Kering (Kg)	Penyerapan (%)	Total (%)	Rata - Rata 5 Benda uji (%)	Syarat Fisis Mak. (%)
0%	0,260	0,260	0,000	0,402	0,08032	25
	0,255	0,255	0,000			
	0,245	0,245	0,000			
	0,250	0,250	0,000			
	0,250	0,249	0,402			
10%	0,260	0,260	0,000	0,760	0,15209	25
	0,265	0,265	0,000			
	0,260	0,260	0,000			
	0,250	0,250	0,000			
	0,265	0,264	0,760			
20%	0,260	0,259	0,386	1,147	0,22931	25
	0,260	0,260	0,000			
	0,265	0,263	0,760			
	0,260	0,260	0,000			
	0,260	0,260	0,000			
40%	0,265	0,263	0,760	1,521	0,30418	25
	0,265	0,263	0,760			
	0,265	0,265	0,000			
	0,260	0,260	0,000			
	0,265	0,265	0,000			

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada uji penyerapan air, bata semen dengan variasi penambahan *bottom ash* dari 10%, 20% dan 40% terhadap berat pasir, memiliki penyerapan air terendah pada persentase *bottom ash* 10% yaitu sebesar 0,15209%, sedangkan penyerapan air tertinggi terjadi pada persentase *bottom ash* 40% yaitu sebesar 0,30418%. Hasil ini telah memenuhi syarat fisis karena kurang dari 25%. Terjadi kenaikan persentase penyerapan air pada bata semen yang mengalami penambahan *bottom ash* menyebabkan hasil kuat tekan bata semen mengalami penurunan, sebaliknya apabila penyerapan air nya rendah hasil kuat tekan yang diperoleh akan maksimal. Hal ini dikarenakan bentuk ukuran butiran *bottom ash* yang lebih halus dari pasir sehingga menyerap air lebih banyak pada bata semen.

Pengujian Kuat Tekan Bata Semen

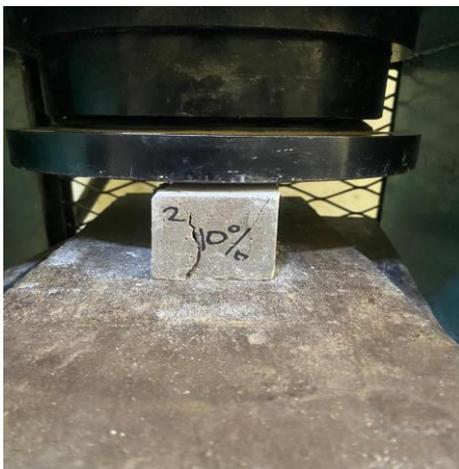
Pengujian kuat tekan bata semen ini dilakukan setelah bata semen ber-umur 28 hari. Besarnya gaya tekan maksimum ditandai dengan pecahnya benda uji dan jarum penunjuk nilai pada alat Compressive Testing Machine berkapasitas 2000 kN berhenti. Hasil pengujian kuat tekan bata semen dapat dilihat pada Gambar dan Tabel berikut ini.



Gambar 6. Pengujian Kuat Tekan Bata Semen Normal (0%)



Gambar 9. Pengujian Kuat Tekan Variasi *Bottom Ash* 40%



Gambar 7. Pengujian Kuat Tekan Variasi *Bottom Ash* 10%



Gambar 8. Pengujian Kuat Tekan Variasi *Bottom Ash* 20%

Tabel 17. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Varian	Umur	Pengujian (Kg/cm ²)	Rata - Rata (Kg/cm ²)	Tingkat Mutu
Normal	28	200,00	173,33	I
		160,00		
		160,00		
		240,00		
		160,00		
10%	28	120,00	156,67	I
		140,00		
		140,00		
		160,00		
		120,00		
20%	28	200,00	150,00	I
		180,00		
		160,00		
		160,00		
		140,00		
40%	28	180,00	146,67	I
		160,00		
		140,00		
		160,00		
		100,00		

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada uji kuat tekan, bata semen dengan variasi penambahan *bottom ash* dari 10%, 20% dan 40% terhadap berat pasir, memiliki kuat tekan tertinggi pada persentase *bottom ash* 10% yaitu sebesar 156,67 Kg/cm², sedangkan kuat tekan terendah terjadi pada persentase *bottom ash* 40% yaitu sebesar 146,67 Kg/cm². Penurunan hasil kuat tekan dari persentase variasi 10% sampai 40% disebabkan oleh penyerapan air yang semakin besar seiring bertambahnya persentase

bottom ash dan juga ukuran butiran *bottom ash* yang lebih besar dari pasir menyebabkan bata semen terdapat banyak pori-pori sehingga semen yang digunakan tidak mampu mengikat pencampuran dengan baik. Akan tetapi untuk variasi penambahan *bottom ash* 10% sampai 40% ini masih termasuk kedalam kategori pada tingkatan mutu I (satu).

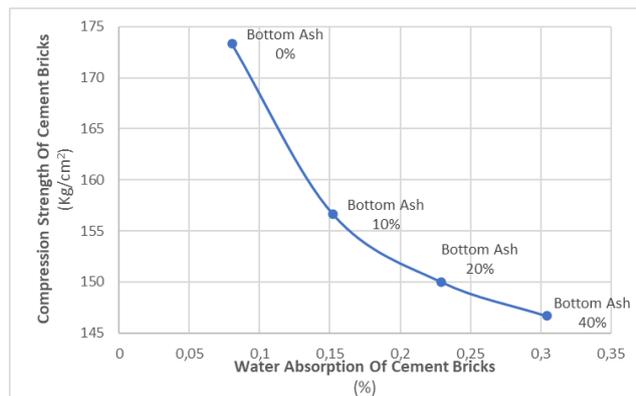
Korelasi Penyerapan Air Bata Semen dan Kuat Tekan Umur 28 Hari

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan korelasi antara penyerapan air bata semen dan kuat tekan bata semen umur 28 hari bisa dilihat pada Tabel dan Grafik berikut ini.

Tabel 18. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata Semen

Persentase <i>Bottom Ash</i>	Rata-Rata Penyerapan Air Bata Semen	Rata-Rata Kuat Tekan
0%	0,08032 %	173,33
10%	0,15209 %	156,67
20%	0,22931 %	150,00
40%	0,30418 %	146,67

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 10. Grafik Korelasi Penyerapan Air Bata Semen & Kuat Tekan Umur 28 Hari (Sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan korelasi antara penyerapan air bata semen dan kuat tekan bata semen umur 28 hari yaitu penambahan *bottom ash* menyebabkan terjadinya kenaikan persentase penyerapan air pada bata semen sehingga hasil uji kuat tekan bata semen mengalami penurunan, sebaliknya apabila penyerapan airnya rendah hasil kuat tekan yang diperoleh akan maksimal. Hal ini dikarenakan bentuk ukuran butiran *bottom ash* yang lebih besar dari pasir sehingga mengakibatkan terdapat banyak pori-pori pada bata semen

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan berdasarkan dari hasil pengujian analisa saringan yang diperoleh berpengaruh terhadap hasil penyerapan air pada bata semen karena semakin halus agregat maka akan semakin tinggi pula lah penyerapan air nya. Berdasarkan hasil

besar kuat tekan yang didapatkan pada pengujian bata semen normal dengan bata semen setiap variasi campuran *bottom ash* sebagai pengganti agregat halus pada umur 28 hari, yaitu terjadinya penurunan hasil nilai kuat tekan seiring dengan bertambahnya variasi limbah *bottom ash* yang digunakan. Namun masih masuk dalam klasifikasi mutu yang dituju yaitu 100 Kg/cm². Berdasarkan hasil yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa persentase *bottom ash* 0%,10%,20% dan 40% termasuk kedalam kategori bata semen mutu kelas I (satu) karena melebihi dari 100 Kg/cm². Sehingga pemakaian *bottom ash* sebagai pengganti agregat halus 40% efektif digunakan karena dapat menekan biaya produksi serta mengurangi limbah batu bara dimana volumenya terus bertambah setiap tahun.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM. (2002). Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregates, Annual Books of ASTM Standart. In ASTM C 128.

ASTM, C. (2003). 117. Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing. United States: ASTM International.

ASTM. (2003a). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. In ASTM C 618.

ASTM. (2002). Test for Sieve Gravity and Screen Analysis of Fine and Coarse, Annual Books of ASTM Standart. In ASTM C 136.

ASTM. (2002). Test Method for Density of Hydraulic Cement, Annual Book of ASTM Standart. In ASTM C 188.

Chandra, W. H., Yusuf, K. S., Antoni, A., & Hardjito, D. (2019). Penggunaan *Bottom Ash* Dari Sistem Pembakaran Circulated Fluidizes Bed Burning Dan Dari Boiler Sebagai Agregat Halus Dalam Pembuatan Mortar. Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil, 8(1), 244–251.

Bangunan, D. P. U. Direkto. J. C. K. D. P. M. (1982). Persyaratan Umum Bangunan di Indonesia.

Ristinah, R., Zacoeb, A., Soehardjono, A., & Setyowulan, D. (2012). Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Batako Terhadap Kuat Tekan batako. Rekayasa Sipil, 6(3), 264–271.

Takim, Naibaho, A., & Ningrum, D. (2016). Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Mortar. In Jurnal Reka Buana (Vol. 1, Issue 2).

Tjokrodimuljo, K. (2007). “Teknologi Beton”. Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.

Setiawan, A. (2018). Studi Pengaruh Penggunaan Material Pasir Putih Baranti Terhadap Kekuatan Beton.

Sultan, M. A., Imran, I., & Sakti, R. (2019). Subtitusi Parsial Agregat Halus Dengan *Bottom Ash* Pada Pembuatan Bata Semen. Rekayasa Sipil, 13(1), 64–69.

SNI 03-0349-1989. (1989)“Bata Beton Untuk Pasangan Dinding”. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-1971-2011. (2011)“Metode Pengujian Kadar Air Agregat”. Badan Standarisasi Nasional.

- SNI 03-2834-2002. (2002)“Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6821-2002. (2002). Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6825-2002 “Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil”. Badan Standar Nasional.
- SNI 03-6882-2002. (2002)”Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan”. Badan Standarisasi Nasional.