Jurnal Science and Engineering
Fakultas Teknik

KLAS MUTU PAVING BLOCK YANG MENGGUNAKAN BOTTOM ASH LIMBAH BATU BARA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT PASIR

Jamalun Togubu[a], Imran[b*], Mufti A. Sultan[c*]

[a,b,c,] Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

Article history
Received
1 Oktober 2019
Received in revised form
23 Oktober 2019
Accepted
30 Oktober 2019
*Corresponding author
imran.imo@unkhair.ac.id
muftiasltn@unkhair.ac.id

Graphical abstract

Abstract

Tidore power plant is a low-calorie coal-fired power plant to serve the electricity needs of the community, especially in the cities of Ternate and Tidore. The impact of the use of coal produces waste in the form of fly ash and bottom ash. In this study, we tried to use bottom ash as a partial substitute for sand aggregates in the manufacture of paving blocks and examine the resulting quality classes. Based on the results of testing the physical properties of the bottom ash material has a lighter character than sand and the absorption rate above 20% which is 10 times more than the standard material for normal aggregate. While the dominant chemical constituents of bottom ash have similarities in composition with sand and also cement material so that the bottom ash does not have a bad influence on the reaction of cement when stirring. The results of compressive strength testing of paving block mortars with variations in compression of 10 kN and 40 kN obtained the rate of decreased mortar compressive strength ranged from 0.8 MPa to 5.3 MPa with an average value of 2.1 MPa for every 10% replacement of sand material with bottom ash. Likewise, the absorption rate of paving blocks produced has increased along with the addition of the amount of bottom ash in making paving blocks. However, even though the use of bottom ash material in the manufacture of paving blocks causes the degradation of compressive ability and increased absorption, the resulting paving blocks are still more dominant in the quality class B and pressing with a larger force will make the mass of the paving block even denser.

Keywords: bottom ash, paving block, mortar

Abstrak

PLTU Tidore adalah pembangkit listrik yang berbahan bakar batu bara berkalori rendah untuk melayani kebutuhan listrik masyarakat khususnya di Kota Ternate dan Tidore. Dampak penggunaan batu bara menghasilkan limbah berupa *fly ash* dan *bottom ash.* Pada penelitian ini dicoba untuk menggunakan bahan *bottom ash* sebagai bahan pengganti parsial terhadap agregat pasir pada pembuatan *paving block* dan meneliti klas mutu yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik bahan *bottom ash* memiliki karakter yang lebih ringan dari pasir dan tingkat penyerapan diatas 20% yang 10 kali lebih banyak dari standar bahan untuk agregat normal. Sementara senyawa kimia dominan penyusun *bottom ash* memiliki kemiripan komposisi dengan bahan pasir dan juga bahan semen sehingga bahan *bottom ash* tidak memberikan pengaruh buruk terhadap reaksi semen saat pengadukan. Hasil pengujian kuat tekan sampel mortar *paving block* dengan variasi pengempaan 10 kN dan 40 kN diperoleh laju penurunan kemampuan tekan mortar berkisar antara 0,8 MPa hingga 5,3 MPa dengan nilai rata-rata sebesar 2,1 MPa setiap penggantian 10% bahan pasir dengan *bottom ash.* Begitu pula dengan tingkat penyerapan *paving block* yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan jumlah *bottom ash* pada pembuatan *paving block.* Akan tetapi meskipun dengan penggunaan bahan bottom ash pada pembuatan paving block menybabkan degradasi kemampuan tekan dan peningkatan peyerapan, paving block yang dihasilkan masih lebih dominan pada klas mutu B dan pengempaan dengan

gaya yang lebih besar akan membuat massa paving block lebih padat lagi.

Kata kunci: *bottom ash*, *paving block*, mortar

© 2019 Penerbit Fakultas Teknik Unkhair. All rights reserved

1.0 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PLTU Tidore adalah salah satu pembangkit yang telah ada di Indonesia bagian timur yang telah beroperasi sejak 2016. Pembangkit berkapasitas 2x7 MW ini berperan penting dalam sistem kelistrikan Maluku Utara, khususnya Pulau Ternate dan Tidore. Sekitar 35% beban puncak disangga oleh PLTU Tidore yang menggunakan bahan bakar batu bara berkalori rendah. Manfaat PLTU Tidore telah dirasakan oleh masyarakat, akan tetapi efek penggunaah bahan bakar batu bara menghasilkan limbah sisa pembakaran yang digolongkan atas jenis *fly ash* dan *bottom ash*. Limbah ini dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan jika tidak dikelola dan dikendalikan dengan baik

Dalam kaitan pemanfaatan limbah batu bara agar dapat digunakan kembali salah satunya dengan menjadikan *fly ash* dan *bottom ash* tadi sebagai bahan tambah atau bahan subtitusi parsial pada bahan konstruksi. Sifat fisik dan kandungan senyawa kimia yang memiliki kemiripan dengan agregat dan semen yang terdapat pada *fly ash* dan *bottom ash* sangat memungkinkan untuk digunakan pada campuran adukan beton atau mortar.

Perkembangan teknologi pada bidang bahan konstruksi menghasilkan banyak inovasi-inovasi baru pada bahan konstruksi salah satunya bata beton atau yang umum dikenal sebagai paving block. Paving block adalah jenis bata yang memiliki kekuatan yang lebih tinggi dan dibuat dari adukan mortar yang diberi tekanan pada saat pencetakan. Karena kekuatan yang tinggi, mudah dikerjakan dan banyak diperoleh dipasaran mengakibatkan penggunaan *paving block* menjadi popular pada pekerjaan konstruksi khususnya untuk konstruksi landskap, parkiran, lapangan, jalan, parkiran dll yang berhubungan dengan area.

Berdasakan pemikiran tersebut, maka pada penelitian ini dicoba dilakukan eksperimen untuk memanfaatkan bahan *bottom ash* pada pembuatan bata beton atau *paving block* dan meneliti bagaimana klas mutu *paving block* yang dihasilkan dari eksperimen tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang menjadi topik pada penelitian ini yaitu bagaimana penggunaan bahan *bottom ash* limbah batu bara yang berasal dari PLTU kota Tidore untuk pembuatan *paving block* yang masih dapat memenuhi standar klas mutu *paving block* untuk bahan konstruksi

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu:

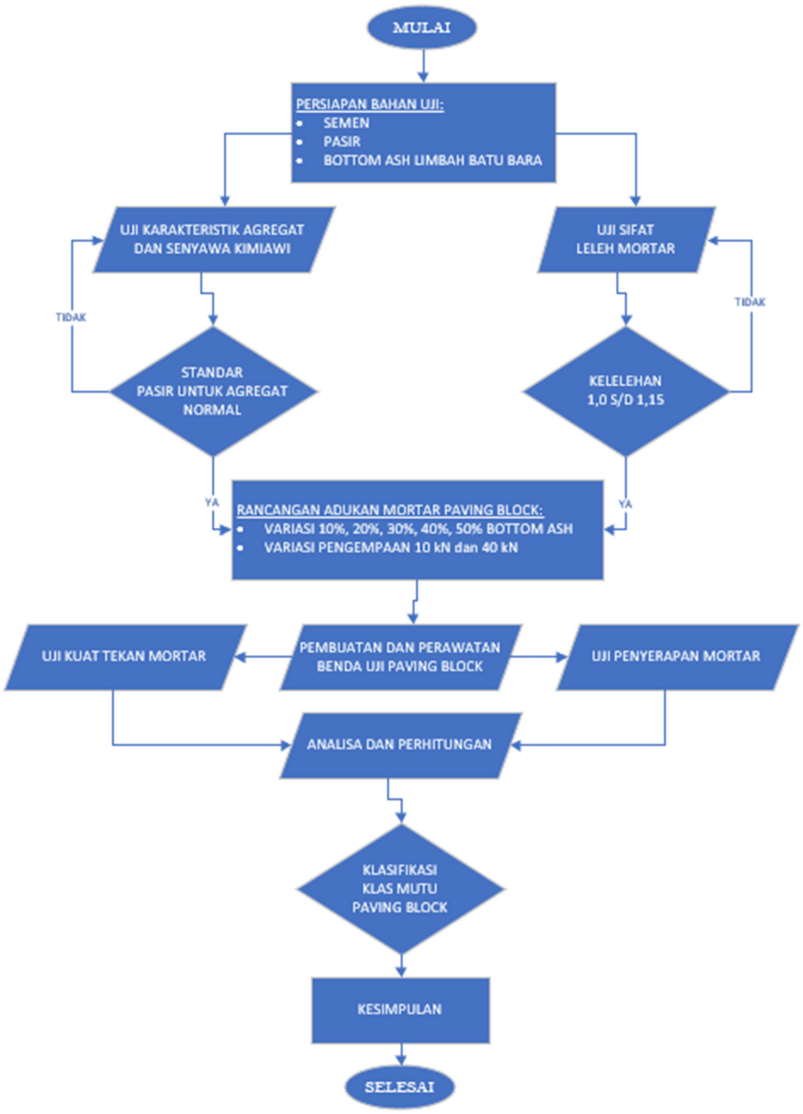
1. Mengenal sifat-sifat fisik dan senyawa kimia bahan *bottom ash* limbah batu bara PLTU kota Tidore.
2. Mengetahui laju perubahan kekuatan dan tingkat penyerapan *paving block* yang menggunakan bahan *bottom ash* limbah batu bara PLTU kota Tidore.
3. Mengetahui hubungan antara tingkat pengempaan pada pembuatan *paving block* yang menggunakan bahan *bottom ash* dengan klas mutu yang dihasilkan.

4. Mengetahui klas mutu paving block yang dihasilkan dari penggunaan bahan bottom ash limbah batu bara kota Tidore

2.0 METODE PENELITIAN

2.1. Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang melakukan serangkaian tahapan-tahapan pengujian sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan alir tahapan pengujian

2.2. Standar Klas Mutu Paving Block

Standar klas mutu paving block sebagai berikut:

Tabel 1. Standar Klas Mutu Bata Beton

Klas Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Rata-rata Penyerapan Air Maksimum
	Rata-rata	Minimum	(%)
A	40	35	3
B	20	17.0	6
C	15	12.5	8
D	10	8.5	10

Berdasarkan Tabel 1, maka parameter penentuan klas mutu *paving block* terdiri atas kuat tekan dan tingkat penyerapan yang bisa dihitung dengan persamaan berikut:

$$f'c = \frac{Pmaks}{A}$$

Dimana :

f'c : kekuatan tekan mortar, MPa

P_{maks} : gaya tekan maksimum, N

A : luas penampang banda uji, mm^2

$$\text{Penyerapan air} = \frac{Ww - Wdry}{Wdry}\ x\ 100\%$$

Dimana :

W_w : berat *paving* basah, gr

W_{dry} : berat *paving* kering, gr

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1. Sifat Fisik Agregat

Hasil pengujian sifat fisik agregat halus (pasir) dan limbah batu bara *(bottom ash)* sebagai berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi Sifat Fisik Agregat

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian		Spesifikasi
		Pasir	*Bottom ash*	
1	Kadar Lumpur	1,3 %	12,5 %	0,2 – 5,0 %
2	Kadar Air	3,3 %	8,0 %	3.0 – 5.0 %

3	Penyerapan *(absorption)*	1,5 %	22,5 %	0,2 – 2,0 %
4	Berat Jenis Kering Oven	2,7	1,6	1,6 – 3,2
5	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh Air	2,9	1,9	1,6 – 3,2
6	Berat Jenis Semu	3,0	2,4	1,6 – 3,2
7	Modulus Kehalusan Butir	2,3 %	3,2 %	1,5 – 3,8 %

Hasil pada Tabel 2 di atas menunjukkan pasir yang akan digunakan memiliki sifat fisik yang baik sebagai bahan baku pembuatan sampel uji *paving block*, sementara bahan *bottom ash* dari limbah batu bara mempunyai sifat fisik tekstur yang berongga sehingga mengakibatkan tingkat kadar air dan kemampuan penyerapan air yang lebih tinggi dari agregat untuk bahan baku mortar normal. Hal tersebut akan mempengaruhi jumlah air yang digunakan pada adukan campuran *paving block*. Tekstur yang berpori pada bahan *bottom ash* juga menyebabkan berat jenis agregat menjadi lebih ringan dibandingkan dengan pasir yang akan digunakan sehingga dapat menghasilkan *paving block* yang lebih ringan saat digunakan sebagai bahan campuran pembuatan *paving block*.

1.2. Kandungan Senyawa Kimia Agregat Dan Semen

Senyawa-senyawa kimia penyusun bahan pembuat *paving block* pada tabel berikut:

Tabel 3. Susunan Senyawa Kimia

No	Senyawa Kimia	Bahan baku		
		Semen (%)	**Pasir (%)**	***Bottom Ash* (%)**
1	Fe (Ferrum)	4,53	44.1	53,3
2	Ca (Kalsium)	58,76	19.7	18,2
3	Si (Silika)	23,23	19.4	14,5
4	Al (Aluminium)	8,66	6.9	4,4
Total		**95,17**	**90,1**	**90,4**

Tabel 3 di atas menunjukkan 4 senyawa kimia dominan yang terdapat pada bahan-bahan untuk pembuatan *paving block*. Nampak bahwa 4 senyawa kimia tersebut mengisi lebih dari 90% dari komposisi senyawa penyusun yang mengindikasikan 4 senyawa kimia ini yang mempangaruhi sifat dan karakteristik agregat dan semen. Selain itu tren besaran senyawa kimia pada unsur pasir dan *bottom ash* sama yang mengindikasikan kemiripan bahan dari susunan kimia, dan kemiripan ini mendukung senyawa yang dominan yang terdapat pada bahan semen yaitu senyawa kalsium (Ca) dan silika (Si) yang berfungsi sebagai bahan pengikat hidrolis pada adukan mortar *paving block* nantinya.

1.3. Sifat Leleh dan Adukan Mortar

Penentuan kadar air pada adukan mortar berdasarkan dari hasil pengujian sifat leleh berikut:

Tabel 4. Sifat Leleh Adukan Mortar

Sampel *Paving Block* (PB)	Diameter Awal (cm)	Diameter Rata-rata (cm)	Kelelehan 1,0 – 1,15 (cm)	Jumlah Air (gr)
N. PB	8	9	1,0	225
V. PB-10%	8	9	1,0	230
V. PB-20%	8	9.1	1,1	240
V. PB-30%	9	10,1	1,1	245
V. PB-40%	10	11	1,0	250
V. PB-50%	11	12,1	1,1	260

Jumlah kadar air yang diperoleh dari pengujian sifat leleh agregat akan digunakan pada proses pencampuran mortar pembuatan benda uji. Nampak bahwa penambahan *bottom ash* sebagai pengganti sebagian bahan pasir menghasilkan penggunaan jumlah air yang lebih banyak dikarenakan tekstur *bottom ash* yang berpori sehingga menyerap air disekitarnya.

1.4. Komposisi Adukan Mortar Paving Block

Berdasarkan data-data hasil pengujian sifat fisik dan karakteristik agregat di atas dan dengan menggunakan rasio semen dan agregat 1 : 4, maka komposisi adukan mortar *paving block* sebagai berikut:

Tabel 5. Komposisi Bahan Adukan Mortar

Sampel *Paving Block*	Komposisi adukan mortar (gr)				
	Semen	Pasir	*Bottom Ash*	Air	Jumlah
N. PB	400	1600	0	225	2225
V. PB-10%	400	1455	95,3	230	2180,3
V. PB-20%	400	1333	174,7	240	2147,7
V. PB-30%	400	1231	241,9	245	2117,9
V. PB-40%	400	1143	299,5	250	2092,5
V. PB-50%	400	1067	349	260	2076

Dengan volume yang sama dan rasio semen agregat tetap, maka dengan mengganti sebagian agregat pasir dengan *bottom ash* dapat menurunkan berat mortar yang akan menghasilkan *paving block* yang lebih ringan. Selanjutnya pembuatan sampel dilakukan berdasarkan komposisi pada tabel di atas dan setiap varian diberikan pengempaan dengan gaya 10 kN dan 40 kN.

1.5. Kuat Tekan

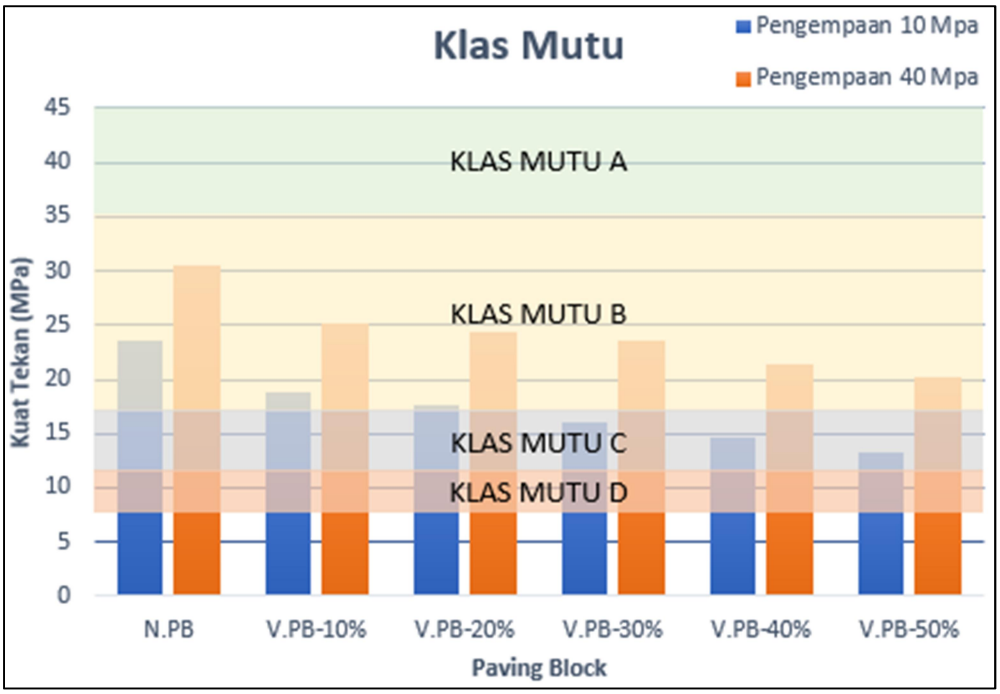
Kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dari varian benda uji *paving block* sebagai berikut:

Tabel 5. Kuat Tekan Paving Block

Sampel *Paving Block*	Kuat Tekan (MPa)	
	Pengmapaan 10 MPa	Pengempaan 40 MPa
N. PB	23,6	30,5
V. PB-10%	18,8	25,2
V. PB-20%	17,6	24,4
V. PB-30%	16,1	23,5
V. PB-40%	14,7	21,8
V. PB-50%	13,2	20,2

Dengan luas permukaan yang sama pada tiap sampel uji, maka mutu kuat tekan yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya gaya resitansi yang diberikan oleh sampel terhadap pembebanan. Gaya resistansi tersebut dipengaruhi oleh massa penyusun dan kepadatan massa sampel, sehingga nampak jelas pada hasil pengujian bahwa penggantian sebagian material pasir yang memiliki tekstur yang lebih solid dengan bahan bottom ash yang lebih ringan mengakibatkan massa penyusun sampel menjadi lebih berongga dan faktor pengempaan sangat mempengaruhi kerapatan massa paving blok yang dihasilkan.

Jika nilai kuat tekan yang dihasilkan tersebut disesuaikan dengan klas mutu bata beton, maka dapat digolongkan kedalam mutu-mutu berikut:



Gambar 1. Klas Mutu Paving Block Berdasarkan Kuat Tekan

Klas mutu yang diperoleh bervariasi antara klas mutu B dan klas mutu C dengan klas mutu terbanyak pada klas mutu B. klas mutu C hanya diperoleh pada varian paving blok dengan penggunaan bahan pengganti bottom ash sebanyak lebih dari 30% dan dengan pengempaan rendah.

1.6. Tingkat Penyerapan

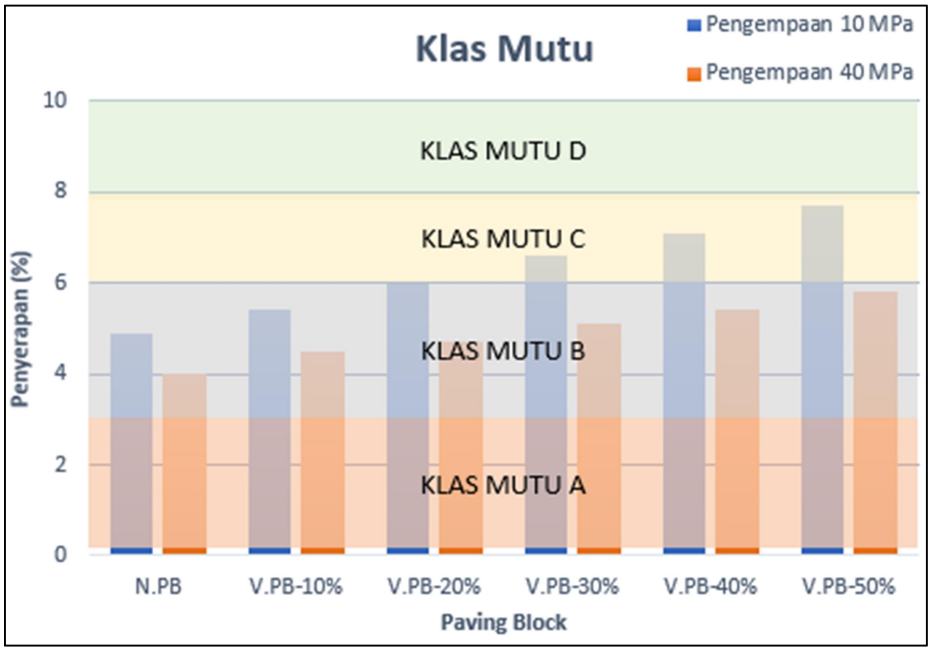
Nilai yang dihasilkan dari varian benda uji *paving block* sebagai berikut:

Tabel 6. Penyerpan Paving Block

Sampel *Paving Block*	**Penyerapan (%)**	
	Pengempaan 10 MPa	Pengempaan 40 MPa
N. PB	4,9	4,0
V. PB-10%	5,4	4,5
V. PB-20%	6,0	4,7
V. PB-30%	6,6	5,1
V. PB-40%	7,1	5,4
V. PB-50%	7,7	5,8

Kemampuan penyerapan air oleh benda uji juga dipengaruhi oleh kerapatan massa dari benda uji, sehingga Nampak bahwa sampel yang memiliki kerapatan massa tingi lebih sedikit memiliki rongga dalam massanya sehingga jumlah air akan lebih sedikit untuk meresap dan menempati rongga tersebut.

Jika tingkat ponyerapan yang dihasilkan tersebut juga disesuikan dengan klas mutu bata beton, maka dapat digolongkan ke dalam mutu-mutu berikut



Gambar 2. Klas Mutu Paving Block Berdasarkan Penyerapan

Klas mutu paving block yang diperoleh berdasarkan tingkat penyerapan juga berada pada antara klas mutu B dan klas mutu C dengan lebih dominan berada pada klas mutu B yaitu paving block dengan variasi bottom ash selain yang lebih tinggi dari 20% dan dengan pengempaan rendah,

4.0 KESIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan, kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut:

1. Sifat fisik *bottom ash* limbah batu bara PLTU Tidore berbeda dengan pasir meskipun terdapat kemiripan pada senyawa kimia penyusunnya, hal ini mempengaruhi *paving block* yang dihasilkan saat *bottom ash* hasil limbah batu baru digunakan sebagai bahan baku.
2. *Bottom ash* limbah batu bara dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian pasir pada pembuatan *paving block* dengan batasan jumlah penggunaan karena mengakibatkan degradasi terhadap klas mutu yang dihasilkan. Laju penurunan tiap penggantian 10% bahan pasir dengan *bottom ash* bervariasi antara 0,8 MPa hingga 5,3 MPa dengan rata-rata sebesar 2,1 MPa.
3. Tingkat pengempaan dapat memperbaiki klas mutu *paving block* yang menggunakan bahan campuran *bottom ash* limbah batu bara, semakin besar kadar pengganti pasir dengan *bottom ash* juga membutuhkan tingkat pengempaan yang lebih tinggi.
4. Klas mutu *paving block* yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara klas mutu B dan klas mutu C dengan lebih dominan berada pada klas mutu B.

References

[1] Anonim. 1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*: SNI 03-0349-1989.
[2] Anonim. 1996. *Bata Beton (Paving Block)*: SNI 03-0691-1996
[3] Anonim. 2002. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*: SNI 03-6825-2002.
[4] Anonim. 2002. *Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan*: SNI-6882-2202.
[5] Fitiria, Laila. 2018. *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Subtitusi Sebagian Pasir Pada Paving Block.*
[6] Sultan, M A, Imran, Sakti, R. 2019. *Subtitusi Parsial Agregat Halus Dengan Bottom Ash Pada Pembuatan Bata Semen*: Jurnal Rekayasa Sipil/Volume 13, No 1.
[7] Ristina. 2012. *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Batako Terhadap Kuat Tekan Batako:* Jurnal Rekayasa Sipil/Volume 6, No.3.
[8] Soehardjono, Agoes. 2013. *Pengaruh PEnggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan dan Kemampuan Serapan Air Strutur Paving*: Jurnal Rekayasa Sipil/Volume 7, No.1.
[9] Sulistyowati, A.N. 2013. *Bata Beton Berlubang dari Abu Batubara (Fly Ash dan Bottom Ash) yang Ramah Lingkungan*: Teknik Sipil dan Perencanaan No.5 Vol. 15.