

Pemanfaatan Limbah Abu Tongkol Jagung Dan Bottom Ash Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block

Rani Aqidatul Afirul¹; Tri Yuhanah¹

1. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan,
Institut Teknologi PLN, DKI Jakarta 11750, Indonesia

^{*)}Email: tri.yuhanah@itpln.ac.id

Abstract

Paving block is a building material that is commonly used by the public, especially in parking lots, yards, sidewalks and other outdoor areas. The quality of paving blocks must meet the requirements according to their use, depending on the material for making the paving blocks. One of them is by utilizing the residue from the tofu factory combustion in the form of cob ash waste corn (ATJ) and coal combustion residue (bottom ash). In this study, corn cob ash was used as a cement substitute and bottom ash as a sand substitute. The ratio of materials for making paving blocks is 1 (cement): 4 (sand). The purpose of this study was to determine the value of compressive strength, water absorption and the optimum composition of substitution material for corn cob ash and bottom ash in paving blocks. Corncob ash waste used in the mixture of paving block materials is 5% ATJ waste and variations in bottom ash mixture of 0%, 10%, 20%, and 30%. The compressive strength test was carried out at the age of 7 days, 14 days and 28 days and the water absorption test was carried out at the age of 28 days. From the results of the research, the compressive strength values were respectively 18 MPa, 20.58 MPa, 23.25 MPa, 22.17 MPa, and 20.08 MPa. The percentages of absorption are 5.91%, 5.53%, 6.57%, 7.42 % and 8.23%, respectively. Based on SNI 03-0691-1996, the paving blocks produced in this study include B quality which can be used for parking lots.

Keywords: corncob ash waste, bottom ash, compressive strength, water absorption, paving blocks

Abstrak

Paving block adalah material konstruksi yang sering digunakan di area lahan parkir, taman bermain, jalan akses di perumahan dan area luar lainnya. Kualitas paving block harus memenuhi persyaratan sesuai dengan penggunaannya, tergantung pada material pembuat paving block. Salah satunya dengan cara memanfaatkan sisa hasil pembakaran pabrik tahu berupa limbah abu tongkol jagung (ATJ) dan sisa hasil pembakaran batu bara (bottom ash). Pada penelitian limbah abu tongkol jagung digunakan sebagai substitusi semen dan bottom ash sebagai substitusi pasir. Perbandingan bahan pembuatan paving block adalah 1 (semen) : 4 (pasir). Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui nilai kuat tekan, kadar penyerapan air dan komposisi penambahan bahan substitusi abu tongkol jagung dan sisa pembakaran batu bara pada pembuatan paving block. Limbah abu tongkol jagung yang digunakan dalam campuran bahan pembuatan paving block ialah 5% limbah ATJ dan variasi campuran bottom ash 0%, 10%, 20%, dan 30%. Uji kuat tekan dilaksanakan pada umur paving block 7, 14, 28 hari dan uji penyerapan airnya pada umur 28 hari. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan masing-masing sebesar 18 MPa, 20,58MPa, 23,25 MPa, 22,17 MPa, dan 20,08 MPa. Untuk persentase penyerapan masing-masing sebesar 5,91%, 5,53 %, 6,57 %, 7,42 % dan 8,23 %. Menurut SNI 03-0691-1996, paving block dari hasil penelitian ini dikategorikan mutu B, sebagai peruntukan lahan parkir.

Kata kunci: limbah abu tongkol jagung, bottom ash, kuat tekan, penyerapan air, paving block

1. PENDAHULUAN

Salah satu alternatif penggunaan *paving block* yaitu untuk penutup perkerasan tanah pada lahan parkir, taman bermain, jalan akses di perumahan dan area luar lainnya. Untuk menghasilkan kualitas *paving block* yang baik maka sangat bergantung dengan material yang terkandung di dalamnya. Berbagai macam penelitian dilakukan agar mendapatkan beberapa bahan alternatif bahan pembuatan *paving block*. Salah satunya dengan cara memanfaatkan limbah sisa pembakaran pabrik tahu yaitu abu limbah tongkol jagung dan limbah sisa pembakaran batu bara yaitu *bottom ash*.

Limbah dari jagung selain kulit jagung yang cukup melimpah adalah tongkol jagung. Tongkol jagung di Indonesia banyak digunakan sebagai pakan ternak, kerajinan, maupun produk-produk olahan makanan. Sebagian besar pabrik tahu di Situbondo menggunakan tongkol jagung sebagai bahan bakar pembuatan tahu. Sisa hasil pembakaran tongkol jagung yang telah menjadi abu tersebut dibuang begitu saja sampai membentuk timbunan. Hasil pembakaran limbah pertanian berserat umumnya menghasilkan abu yang mengandung silika [1]. Pemanfaatan sumber daya lainnya yang merupakan terobosan dalam mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan yaitu adalah *bottom ash*. Pembakaran batu bara di PLTU menghasilkan *bottom ash*. Penggunaan *bottom ash* dalam pembuatan *paving block* sebagai pengganti pasir, sekaligus mengurangi penggunaan pasir yang semakin langka [2]. *Bottom ash* memiliki kriteria yang dapat digunakan sebagai bahan pengganti pasir, kandungan Si dan Fe yang berada pada *bottom ash* sangat mirip dengan kandungan yang terdapat dalam pasir[3].

Penelitian sebelumnya limbah abu tongkol jagung meningkatkan kuat tekan sebesar 19,33 MPa dan penyerapan air 4,09% dari paving normal kuat tekan 17,17 MPa dan penyerapan air 5,55% sebagai substitusi semen pada penambahan abu tongkol jagung 5% [4]. Sedangkan sebagai substitusi pasir dapat menambah kekuatan tekan beton menjadi 23,771 MPa dibandingkan beton normal sebesar 23,77 MPa dengan abu tongkol jagung 5%.[5]. Penelitian lainnya abu tongkol jagung sebagai zat *addictive* sebesar 4% untuk beton meningkatkan kuat desak sebesar 37,67 MPa dari beton normal 36,46 Mpa [6]. Pada penelitian beton K-200[7] meningkatkan kuat tekan sebesar 33,04 MPa dengan penggunaan abu tongkol jagung 4%

Penelitian sebelumnya pemanfaatan limbah *bottom ash* untuk *paving block* sebagai pengganti agregat halus, abu batu, *screening*, dan pengganti semua agregat yaitu 1BA:2AB:1SC, sebesar 28,75 MPa dan penyerapan air sebesar 4,8%.[8]. Pada peneliti [3] dengan penambahan *bottom ash* 10% meningkatkan kuat tekan 22,22 MPa. Peneliti lainnya penggunaan *bottom ash* 30%, menghasilkan kuat tekan yaitu 20,756 MPa dan berat isi rata-rata diperoleh untuk masing-masing variasi sebesar 2,405 gr/cm³; 2,381 gr/cm³; 2,365 gr/cm³; 2,375 gr/cm³; 2,362 gr/cm³. [9]

Sedangkan pengaruh penggunaan limbah *bottom ash* dan limbah lumpur lapindo pada kuat tekan dan absorpsi *paving block* [10] dengan perbandingan 1 (semen) :3 (pasir) pada komposisi 30% LL + 10% BA, nilai kuat tekannya sebesar 38,2 MPa dan nilai persentase penyerapannya sebesar 7,45%.

Dari hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya, maka pada penelitian ini akan memakai material abu tongkol jagung sebagai semen dan *bottom ash* sebagai pengganti agregat pasir yang diharapkan meningkatkan kuat tekan dan absorpsi *paving block* yang menggunakan bahan material ramah lingkungan.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Proporsi Paving Block

Penelitian dilakukan dengan campuran yang digunakan untuk *mix* desain yaitu menggunakan perbandingan 1:4 dengan beberapa variasi perbandingan 0%, 10%, 20%, dan 30% *bottom ash* (BA) dengan 5% limbah abu tongkol jagung (ATJ) sebanyak 5 variasi campuran. Sampel uji *paving block* yang dipakai adalah segiempat berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm. Sampel uji dibuat 60 benda uji dengan umur perawatan pada 7, 14 dan 28 hari. Jumlah kebutuhan benda uji dan material yang digunakan untuk penelitian terdapat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

Variasi Benda Uji	Komposisi Variasi Benda Uji	Pengujian Hari Ke-			Jumlah Benda Uji
		7	14	28	
V_0 = Normal	1 PC :4 PS	3	3	6	12
V_1 = Substitusi 0% BA, 5% ATJ	(0,95PC + 0,05ATJ) : 4 PS	3	3	6	12
V_2 = Substitusi 10% BA, 5% ATJ	(0,95PC + 0,05ATJ) : (0,4BA + 3,6 PS)	3	3	6	12
V_3 = Substitusi 20% BA, 5% ATJ	(0,95PC + 0,05ATJ) : (0,8BA + 3,2 PS)	3	3	6	12
V_4 = Substitusi 30% BA, 5% ATJ	(0,95PC + 0,05ATJ) : (1,2BA + 2,8 PS)CK	3	3	6	12
Jumlah Benda Uji		15	15	30	60

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Tabel 2. Kebutuhan Material untuk Semua Variasi Paving Block

Benda Uji	Material	Berat Material (kg)			Total Berat (kg)
		7 Hari	14 Hari	28 Hari	
V_0 (Normal)	Semen	2,49	2,49	4,98	9,96
	Agregat Halus	4,86	4,86	9,72	19,44
V_1 = substitusi 0% BA + 5% ATJ	Semen	2,37	2,37	4,74	9,48
	Agregat Halus	4,86	4,86	9,72	19,44
	Limbah ATJ	0,12	0,12	0,24	0,48
	Bottom Ash	0	0	0	0
V_2 = substitusi 10% BA + 5% ATJ	Semen	2,37	2,37	4,74	9,48
	Agregat Halus	4,38	4,38	8,76	17,52
	Limbah ATJ	0,12	0,12	0,24	0,48
	Bottom Ash	0,45	0,45	0,90	1,80
V_3 = substitusi 20% BA + 5% ATJ	Semen	2,37	2,37	4,74	9,48
	Agregat Halus	3,90	3,90	7,80	15,60
	Limbah ATJ	0,12	0,12	0,24	0,48
	Bottom Ash	0,90	0,90	1,80	3,60
V_4 = substitusi 30% BA + 5% ATJ	Semen	2,37	2,37	4,74	9,48
	Agregat Halus	3,39	3,39	6,78	13,56
	Limbah ATJ	0,12	0,12	0,24	0,48
	Bottom Ash	1,35	1,35	2,70	5,40

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

2.2. Proses Penelitian

Hal yang ditinjau dalam penelitian ini adalah mengetahui nilai korelasi antara penggunaan 5% limbah abu tongkol jagung (ATJ) sebagai substitusi semen dengan variasi perbandingan 0%, 10%, 20%, dan 30% *bottom ash* (BA) sebagai substitusi agregat halus pada pembuatan *paving block*. Proses penelitian dilakukan beberapa tahapan yaitu persiapan, pengujian material, pembuatan benda uji, pengujian benda uji, dilanjutkan analisis data dari hasil pengujian kuat tekan dan penyerapan air, serta tahap penyusunan kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

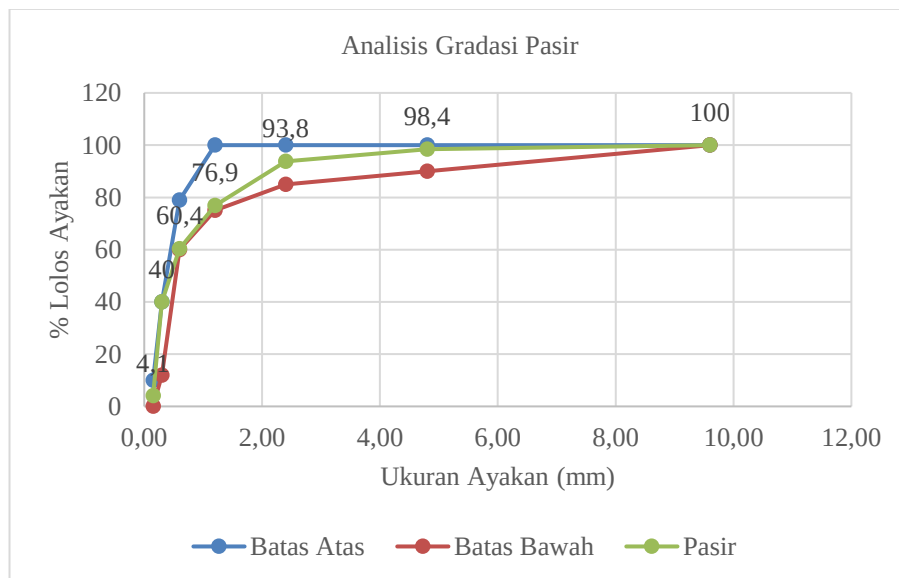
Penggunaan material campuran *paving block* pada benda uji dilakukan pengujian fisis di laboratorium untuk mendapatkan parameter proporsi campuran. Kemudian melakukan pengujian nilai kuat tekan [11] *paving block* semua variasi campuran substitusi *bottom ash* (BA) dan abu tongkol jagung (ATJ) pada umur *paving block* 7, 14, dan 28 hari sedangkan pengujian absorpsi 28 hari umur *paving block*.

3.1. Hasil Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan pada material agregat halus pasir, *bottom ash* sebagai substitusi agregat halus, semen dan abu tongkol jagung. Parameter yang diuji pada agregat halus dan *bottom ash* meliputi analisis gradasi, berat satuan, berat jenis dan penyerapan sedangkan abu tongkol jagung yang lolos ayakan 200[12] dilakukan pengujian berat jenis [13] termasuk semen.

3.1.1. Pengujian Analisis Gradasi Pasir

Pengujian analisis gradasi pasir dilakukan untuk mengetahui variasi bentuk ukuran pasir [14]. Hasil pengujian analisis gradasi pasir terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hasil Analisis Gradasi Agregat Pasir
(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Agregat pasir yang diuji termasuk katagori agregat agak halus (Zona III) dan modulus kehalusannya yaitu $2,26 \approx 2,3$. Sedangkan persyaratan modulus kehalusan yang ditetapkan dalam

ASTM C-33 yaitu 2,3 – 3,1, sehingga agregat pasir ini dapat digunakan sebagai material utama paving block yang memenuhi persyaratan.

3.1.2. Pengujian Berat Satuan Agregat Halus Pasir

Untuk mengetahui berat satuan dilakukan pengujian perbandingan antara berat dengan volume dari agregat halus pasir. Hasil pengujian berat satuan ada di Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Berat Satuan *Agragat Pasir* di Laboratorium

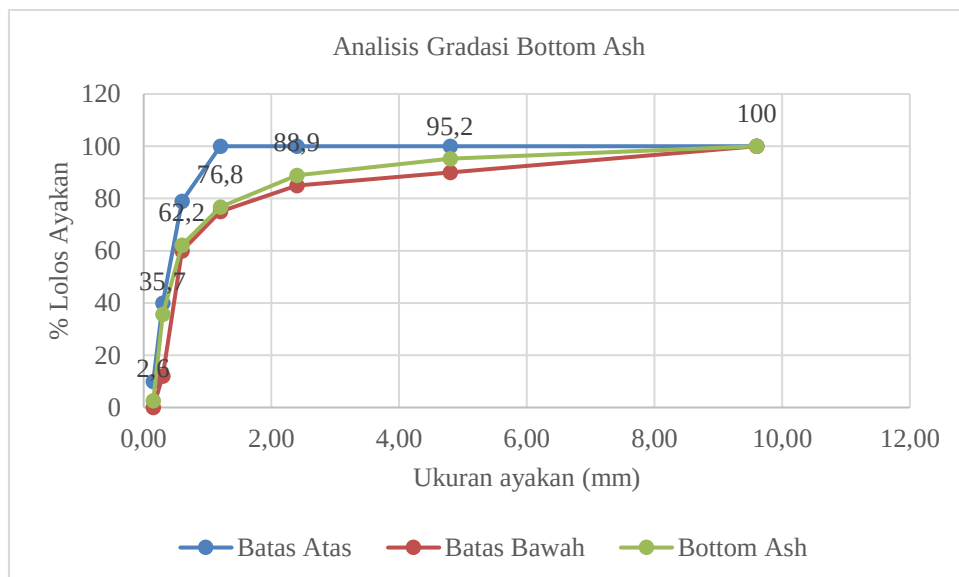
No	Keterangan	Hasil Uji
1	Berat bejana kosong (B_1)	2,113 kg
2	Berat bejana + agregat halus (B_2)	6,734 kg
3	Berat agregat halus ($B_3 = B_2 - B_1$)	4,621 kg
4	Volume bejana baja (V)	0,00274 m ³
5	Berat Satuan agregat halus pasir (γ) $\gamma = \frac{B_3}{V}$	1686,50 kg/m ³

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Pengujian berat satuan agregat pasir didapat sebesar 1686,50 kg/m³.

3.1.3. Pengujian Analisis Gradasi *Bottom Ash*

Bottom ash digunakan sebagai substitusi agregat halus. Untuk mengetahui variasi ukuran pada *bottom ash* (BA), dilakukan analisis gradasi dengan hasil seperti Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus Bottom Ash

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Berdasarkan hasil dari pengujian gradasi *bottom ash* masuk kedalam kategori agregat agak halus (Zona III) dengan modulus kehalusan *bottom ash* didapatkan sebesar $2,38 \approx 2,4$. Modulus kehalusan ini memenuhi syarat yang ditetapkan dalam ASTM C-33 yakni dengan batas modulus kehalusan agregat halus 2,3 – 3,1. Jadi *bottom ash* ini bisa dipakai sebagai bahan pengganti pasir dalam pembuatan *paving block*.

3.1.4. Pengujian Berat Satuan *Bottom Ash*

Pemeriksaan berat satuan *bottom ash* dengan membandingkan berat *bottom ash* dengan volume. Hasil pengujian berat satuan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Satuan *Bottom Ash*.

No	Keterangan	Hasil Uji
1	Berat bejana kosong (B_1)	2,113 kg
2	Berat bejana + agregat halus (B_2)	6,405 kg
3	Berat agregat halus ($B_3 = B_2 - B_1$)	4,292 kg
4	Volume bejana baja (V)	0,00274 m ³
5	Berat Satuan agregat halus pasir (γ) $\gamma = \frac{B_3}{V}$	1566,42 kg/m ³

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Dari hasil pengujian berat satuan bottom ash lebih kecil dari agregat halus pasir.

3.1.5. Pengujian Berat Jenis Semen

Semen Gresik[15] yang digunakan mempunyai nilai berat jenis sebesar 3,46 gr/ml dengan data pengujian seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Jenis Semen

No	Pemeriksaan	Hasil Uji
1	Berat semen (W)	75 gr
2	Volume minyak tanah (V_1)	0,80 ml
3	Volume minyak tanah + semen (V_2)	22,3 ml
4	Berat jenis semen = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	3,46 gr/ml

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

3.1.6. Pengujian Berat Jenis Limbah Abu Tongkol Jagung (ATJ)

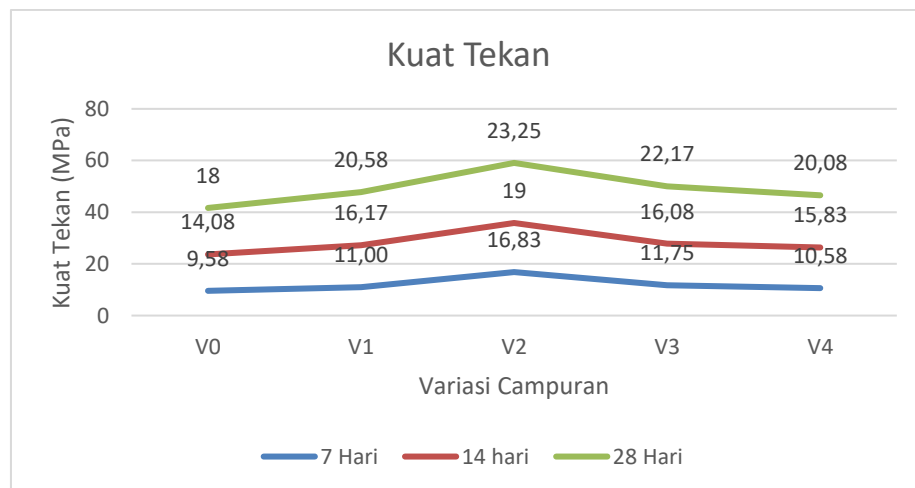
Pengujian berat jenis limbah abu tongkol jagung memberikan hasil nilai berat jenis sebesar 3,01 gr/ml dengan data tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Tongkol Jagung

No	Pemeriksaan	Hasil Uji
1	Berat fly ash (W)	75 gr
2	Volume minyak tanah (V_1)	0,80 ml
3	Volume minyak tanah + abu tongkol jagung (V_2)	25,70 ml
4	Berat jenis abu tongkol jagung = $\frac{W}{V_2 - V_1}$	3,01 gr/ml

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

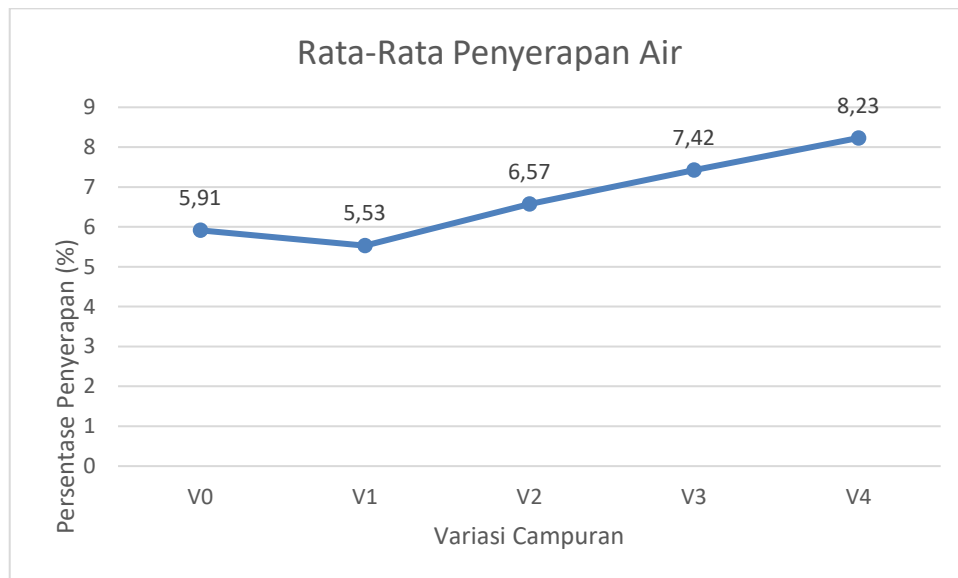
3.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*



Gambar 3. 8 Grafik nilai kuat tekan

Berdasarkan gambar di atas bahwa hasil kuat tekan semua variasi lebih tinggi dari paving normal. Variasi kuat tekan optimum V_2 (5% ATJ + 10% *Bottom Ash*) pada umur 28 hari yaitu 23,25 MPa lebih tinggi dari variasi normal V_0 (0%) yaitu 18 MPa. Semua variasi pada umur 28 hari dapat digunakan sebagai lahan area parkir yang termasuk kedalam mutu B. Penggunaan *Bottom Ash* lebih dari 10% akan terjadi penurunan, hal ini terjadi karena paving block memiliki pori-pori yang lebih besar dengan menggunakan *Bottom Ash* dibandingkan pasir, jadi akan mengurangi kepadatan pada *paving block* dan abu tongkol jagung memiliki sifat *pozzoland* sehingga dapat berfungsi dengan baik sebagai pengganti semen dan *filler*. Selain itu silika yang terkandung di dalam abu tongkol jagung dapat meningkatkan keterikatan antar material.

3.3. Hasil Pengujian Penyerapan Air Tekan *Porous Paving Block*



Gambar 4. 8 Grafik nilai Penyerapan Air

Berdasarkan grafik di atas nilai penyerapan air semua variasi memenuhi syarat mutu untuk penggunaan area parkir yang termasuk paving block mutu B. Persentase penyerapan terkecil pada umur 28 hari terdapat pada variasi *paving block* 5% ATJ + 0% BA yaitu sebesar 5,53% dan persentase penyerapan tertinggi terdapat pada variasi *paving block* 5% ATJ + 30% BA yaitu sebesar 8,23%.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak limbah *bottom ash* yang digunakan, maka semakin besar nilai penyerapan airnya. Hal ini disebabkan karena rongga atau pori-pori pada *bottom ash* sehingga dapat menyerap air lebih banyak.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan yaitu *paving block* mempunyai kuat tekan untuk 5% limbah abu tongkol jagung dan variasi *bottom ash* 0%, 10%, 20%, dan 30% berturut-turut sebesar 20,58 MPa, 23,25 MPa, 22,17 MPa, dan 20,08 MPa., pada saat variasi *bottom ash* di atas 10% kuat tekan *paving block* mengalami penurunan. Untuk penyerapan airnya, mengalami kenaikan berturut-turut sebesar 5,53%, 6,57%, 7,42%, dan 8,23%. Hal ini karena penggunaan *Bottom Ash* memiliki rongga yang lebih besar dibandingkan pasir sehingga akan mengurangi kepadatan pada *paving block* dan abu tongkol jagung memiliki sifat *pozzoland* sehingga dapat berfungsi dengan baik sebagai pengganti semen dan *filler*. Selain itu silika yang terkandung di dalam abu tongkol jagung dapat meningkatkan keterikatan antar material.

Material limbah abu tongkol jagung dan *bottom ash* dapat dimanfaatkan sebagai material pembuatan *paving block* yang ramah lingkungan.

Untuk penelitian lanjutan, dapat menambahkan *superplasticizer* agar kuat tekan yang dihasilkan semakin meningkat. Dan dalam proses pemadatan saat pembuatan *paving block* perlu dilakukan secara maksimal dan merata agar hasil kuat tekan yang maksimal dan daya serap air rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Laboratorium Beton FTIK Institut Teknologi PLN untuk melakukan penelitian di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chistiawan, Seno. (2010). "Perilaku Bahan Bata Merah Berserat Abu Sekam Padi". Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [2] Singh, M. and Siddique, R. (2015). "Properties of Concrete Containing High Volumes of Coal Bottom Ash as Fine Aggregate. *Journal of Cleaner Production*, 91, 269-278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.026>
- [3] Fitria & Yogie. (2018). "Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Substitusi Sebagian Pasir Pada Paving Block". *Jurnal Ilmiah*. Universitas Negeri Surabaya.
- [4] Hanifa. (2019). "Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Tongkol Jagung Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Paving Block". Skripsi, Program Sarjana Departemen Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik-PLN, Jakarta.
- [5] Abdi, F. N., Widayati, R. and Ramadhani, W. (2018). "Influence Of Adding Corn Cob Ash Against Compressive Strength Of Concrete Using Palu Coarse Aggregate And Tenggarrong". *Jurnal Ilmiah Techno Entrepreneur Acta*. 3(1), pp. 13–19.
- [6] Chandra, Roy Adi. (2013). "Kajian Kuat Desak Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Penambahan Abu Bonggol Jagung Sebagai Zat Additive". Skripsi. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- [7] Hepiyanto & Firdaus. (2019). "Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K-200". DOI : 10.30737/ukarst.v3i2.475. Universitas Islam Lamongan. Lamongan.
- [8] Darwis & Soelarso. (2013). "Pemanfaatan limbah bottom ash sebagai bahan baku pembuatan paving block". *Jurnal Teknik Sipil Fondasi*, Vol. 2, No1. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- [9] Suarnita, I. wayan. (2012). "Pemanfaatan Abu Dasar (Bottom Ash) Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton". *Jurnal Teknik Sipil Infrastruktur Universitas Tadulako*. Palu
- [10] Arbi, Tri Kuswardhana. (2018). "Pengaruh Penggunaan Limbah Bottom Ash Dan Limbah Lumpur Lapindo Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Paving Block". Skripsi, Program Sarjana Departemen Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik-PLN, Jakarta.
- [11] Badan Standarisasi Nasional (1996). SNI 03-0691-1996. "Bata Beton (Paving Block), Mutu dan Cara Uji". Jakarta : Badan Standar Nasional
- [12] ASTM C-33 (2003), "Standard Specification for Concrete Aggregates". *Annual Books of ASTM standards*, USA
- [13] Badan Standarisasi Nasional (2008). SNI 1970-2008. "Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus". Jakarta : Badan Standar Nasional.
- [14] Badan Standarisasi Nasional (2012). SNI ASTM C136-2012. "Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- [15] Badan Standarisasi Nasional (2015). SNI 2049-2015. "Semen Portland". Jakarta : Badan Standar Nasional.