

## Analisis Sifat Fisis Penyerapan Air Pada *Paving Block* Dengan Campuran Variasi Limbah Abu Ketel dan Limbah Botol Plastik

Yusrianti<sup>1</sup>, Noverma<sup>2</sup>, Oktavi Elok Hapsari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> UIN Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

[yusrianti\\_sabang@uinsby.ac.id](mailto:yusrianti_sabang@uinsby.ac.id)

---

---

### Abstract

The quality of paving blocks affected by the composition of the material used in the mixture. The addition of boiler ash and plastic waste is expected to improve the quality of paving blocks. Boiler ash has a fine grain size and high silica content which can be an alternative to cement. Whereas plastic bottle waste is a type of material that is difficult to decompose which is good for increasing the strength of paving blocks. Paving blocks usually applied to lightweight pavement, sidewalks, parks, and surface layers whose function can absorb water on the surface. This study aims to analyze the percentage of water absorption from paving blocks added with boiler ash waste and plastic bottle waste. The method was carried out experimentally in the laboratory with variations in the percentage increase in the addition of kettle ash and plastic bottle waste. Water absorption from paving blocks is obtained by measuring the percentage of water content after and before soaking for 24 hours, and dry weight after roasting. The results showed that the addition of boiler ash waste and plastic bottle waste significantly affected the absorption value. The value of absorption of paving blocks for the quality of class A construction based on SNI 03-0691, 1996 was obtained in the addition of 5% kettle ash waste and 0%, 0.5% and 1% Plastic Bottle waste.

Keywords: kettle ash, plastic waste, *paving block*, water absorption.

### Abstrak

Kualitas paving block dipengaruhi komposisi material yang dipergunakan pada campurannya. Penambahan limbah abu ketel dan limbah plastic diharapkan dapat meningkat mutu paving block. Abu ketel memiliki ukuran butiran halus dan kandungan silikat tinggi yang dapat menjadi alternative pengganti semen. Sedangkan limbah botol plastik merupakan jenis bahan yang sulit terurai, sehingga baik untuk meningkatkan kekuatan paving block. Paving block biasanya diaplikasikan untuk perkerasan kelas ringan, trotoar, taman, dan lapisan permukaan yang fungsinya dapat menyerap air di permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persentase penyerapan air dari paving block yang dtambahkan dengan limbah abu ketel dan limbah botol plastic. Metode dilakukan secara eksperimental di laboratarium dengan variasi persentase penambahan limbah abu ketel dan limbah botol plastic. Penyerapan air dari paving block diperoleh dengan mengukur persentase kandungan air setelah dan sebelum dilakukan perendaman selama 24 jam, dan berat kering setelah dioven. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah abu ketel dan limbah botol plastic cukup berpengaruh terhadap nilai persentase penyerapan. Nilai penyerapan paving block untuk mutu konstruksi kelas A berdasarkan SNI 03-0691, 1996, diperoleh pada penambahan limbah abu ketel 5 % dan limbah Botol Plastik 0%, 0,5 % dan 1%.

Kata Kunci: abu ketel, limbah plastik, *paving block*, penyerapan air.

---

---

## 1. PENDAHULUAN

Paving block merupakan perkerasan kelas ringan, trotoar, taman, dan lapisan permukaan yang fungsinya dapat menyerap air di permukaan. Paving block sering digunakan karena kemudahan dalam pemasangan dan perawatannya.

Untuk konstruksi perkerasan jalan, paving block dapat menjadi alternatif ekonomis dan paving block juga memiliki kekuatan, daya

tahan serta estetika yang indah untuk permukaan sehingga dapat diterapkan di daerah komersial, kota dan industri seperti area parkir, wilayah pejalan kaki, persimpangan lalu lintas dan jalan (El Nouhy, 2012)

Penelitian bahan tambah material buatan pada paving block sudah diteliti, seperti pada penelitian (Adibroto, 2014) dengan penambahan serat ijuk, plastik dan kawat,

penelitian (Kusuma, 2012) dengan pemanfaatan limbah kulit kerang sebagai bahan campuran paving block serta penelitian (Dewi dan Mahyudin, 2018) melakukan analisis sifat fisis dan ketahanan terhadap natrium sulfat paving block dengan variasi serbuk cangkang langkitang dan penambahan serat ijuk.

Pemanfaatan serta penggunaan ulang limbah padat proses produksi gula masih belum tertangani secara optimal, sedangkan ketersediaan limbah padatnya semakin bertambah seiring dengan berjalannya proses produksi. Limbah padat akan terus bertambah seiring dengan proses produksi salah satunya adalah abu ketel. Abu ketel adalah limbah yang dihasilkan oleh pembakaran ampas tebu pada boiler secara kimiawi. Menurut (Rompas dkk, 2013), dengan ukuran butiran yang halus dan kandungan silikat tinggi maka limbah abu ampas tebu diharapkan sebagai bahan pengganti semen dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan karena berkurangnya emisi gas rumah kaca karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) akibat dari proses pembuatan semen.

Limbah botol plastik saat ini juga menjadi permasalahan yang serius, karena setiap tahunnya angka kenaikan limbah plastik yang terbawa ke laut dan tidak terurai sekitar 1 (satu) ton perharinya, jelas ini akan berdampak sangat buruk terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup. Plastik merupakan limbah yang akan terus menjadi permasalahan lingkungan apabila tidak tertangani secara baik. Menggunakan campuran plastik pada paving block akan memperkuat struktur paving karena plastik tergolong limbah yang sulit terurai.

Polyethylene Terephthlate (PET) merupakan salah satu jenis polimer jernih serta kuat dengan sifat-sifat penahan gas dan kelembaban. Kemampuan plastik PET untuk menampung karbon dioksida menjadi sangat ideal dalam penggunaan botol-botol minuman ringan (Arif, 2013). Sehingga, plastik PET sering digunakan sebagai botol air minum kemasan.

Melihat kondisi limbah plastik yang meningkat, beberapa lembaga pemerintah, organisasi swasta dan para peneliti melakukan berbagai studi dan proyek penelitian mengenai kelayakan, kesesuaian lingkungan dan kinerja menggunakan limbah plastik dibidang konstruksi yang lebih baik dan biaya yang efektif. Salah satunya penelitian yang

dilakukan oleh (Vanitha, 2015), menyimpulkan bahwa limbah plastik dapat digunakan dalam campuran beton semen yang dimodifikasi dalam konstruksi perkerasan kaku, biaya konstruksi akan berkurang dan juga membantu mengurangi teknik pembuangan limbah plastik ke dalam tanah dan pembakaran yang memiliki dampak terhadap lingkungan.

Tujuan penelitian adalah mengetahui serta menganalisa seberapa besar efek penambahan limbah abu ketel dan limbah botol plastik terhadap kadar penyerapan air *paving block*.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif eksperimen. Metode eksperimen dilakukan dengan penelitian beberapa pengujian yang terlaksana di Laboratorium Pengujian Bahan Jalan, Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VIII Sidoarjo. Pengambilan data berupa sampel limbah abu ketel diperoleh dari Pabrik Gula Kremboong, Sidoarjo dan limbah plastik yang digunakan merupakan limbah dari botol plastik (PET).

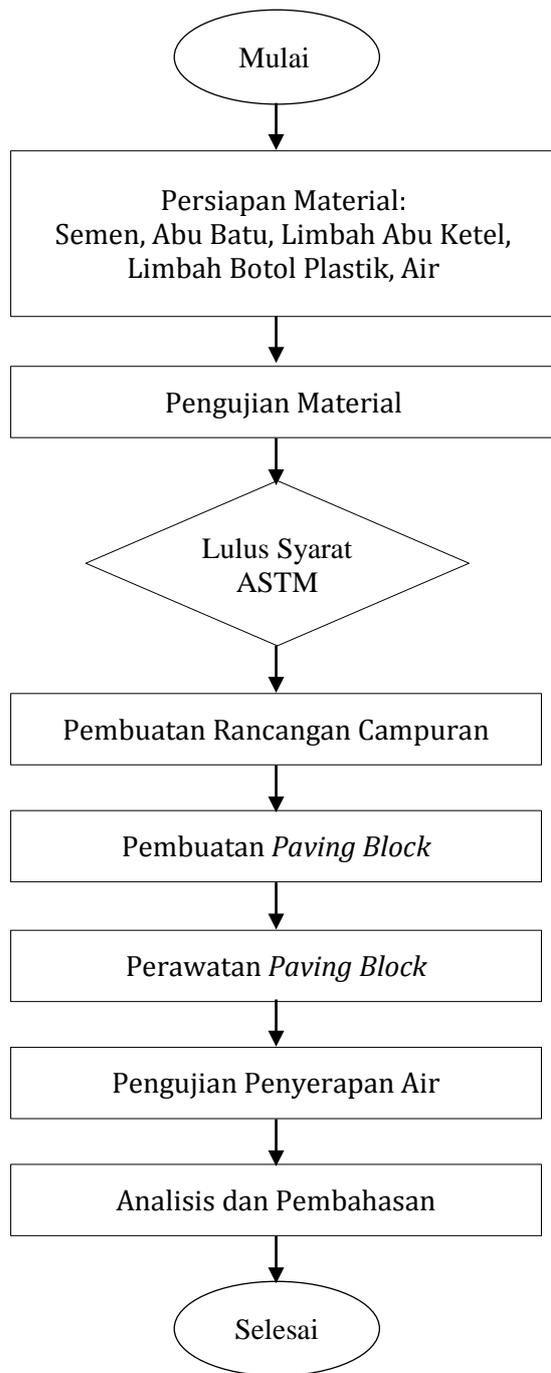
Rancangan campuran (*mix design*) dilakukan untuk mengetahui jumlah material yang akan digunakan. Perhitungan *mix design* mengacu pada perbandingan komposisi 1 : 3, perbandingan ini digunakan untuk paving block berukuran 10,5 x 21 x 6 cm dengan berat 3 kg. Berikut Tabel 1, persyaratan penyerapan air paving block sesuai SNI-03-0691-1996.

Tabel 1. Persyaratan Penyerapan Air Mutu *Paving Block*

Jenis	Kegunaan	Kadar Air Rata-rata Maks (%)
A	Perkerasan Jalan	3
B	Tempat Parkir Mobil	6
C	Pejalan Kaki	8
D	Taman Kota	10

(Sumber: SNI 03-0691, 1996)

Rancangan komposisi campuran menggunakan metode SNI-03-0691-1996, beberapa variasi benda uji yang terdapat dalam tabel 2. dan diagram alir penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tabel 2. Variasi Benda Uji

Konsentrasi Abu Ketel	Konsentrasi Limbah Plastik	Jumlah Benda Uji
0.0%	0.0%	3
0.0%	0.5%	3
0.0%	1.0%	3
3.0%	0.0%	3
3.0%	0.5%	3

Konsentrasi Abu Ketel	Konsentrasi Limbah Plastik	Jumlah Benda Uji
3.0%	1.0%	3
5.0%	0.0%	3
5.0%	0.5%	3
5.0%	1.0%	3
7.0%	0.0%	3
7.0%	0.5%	3
7.0%	1.0%	3
<b>Sub Total</b>		<b>36</b>

(Sumber: Data Primer, 2019)

### Pengujian Penyerapan

Perlakuan pada benda uji (*paving block*) sebelum dilakukan pengovenan adalah perendaman selama 1 hari untuk pengujian penyerapan. Tahapan pengujian *paving block*, disajikan pada Gambar 2 sampai 6.

Pengujian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- *Paving block* dimasukkan dan direndam dalam bak perendam dengan suhu ruangan selama  $\pm 24$  jam



Gambar 2. Perendaman Paving Block (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

- Benda uji diangkat dari bak perendam, dan sisa air di tiriskan  $\pm 1$  menit.



Gambar 3. Paving Block Ditiriskan (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

- Permukaan *paving block* kemudian diseka dengan kain agar dapat mengurangi sisa air yang terdapat pada *paving block*.
- *Paving block* lalu ditimbang.
- *Paving block* dikeringkan dalam oven pengering pada suhu 105°



Gambar 4. Pengovenan *Paving Block*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

- Benda uji dikeluarkan dari dalam oven kemudian didinginkan pada suhu ruang.



Gambar 5. Pendinginan *Paving Block*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

- Menimbang benda uji.



Gambar 6. Penimbangan *Paving Block*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019)

Pendinginan dilakukan agar hasil yang diperoleh ketika ditimbang dengan neraca lebih akurat. Pengujian daya serap air melalui persentase dari perbandingan antara selisih

massa basah dengan massa kering. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 pengujian daya serap air dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Daya serap air} = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \dots\dots (1)$$

Keterangan:

$m_b$  = massa basah benda uji (gr)

$m_k$  = massa kering benda uji (gr)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian penyerapan air di *paving block* bertujuan untuk dapat mengetahui berapa persen (%) kemampuan benda uji (*paving block*) pada masing - masing variasi. Pada perendaman umur 1 hari atau 24 jam, hasil yang di dapatkan melalui perhitungan dan pengujian ini kerapatan setiap benda uji. Semakin rapat material *paving block* yang diuji, maka nilai kuat tekannya semakin meningkat. Karena kerapatan pada benda uji sangat mempengaruhi nilai resapan airnya.

Densitas dengan serapan air berbanding terbalik. Maloney (1993) dalam Fitri (2002) menyatakan semakin rendah densitas maka daya serap air akan semakin besar, semakin tinggi densitas *paving block*, maka ikatan antar partikel semakin rapat sehingga menyebabkan rongga udara dalam *paving block* mengecil. Keadaan ini mengakibatkan air akan sulit untuk mengisi rongga tersebut dan Trisna (2012), memperkuat hasil pengujian dimana semakin tinggi persentase serat, densitas papan semakin kecil sedangkan daya serap air papan semakin besar.

Dengan demikian, semakin rendah densitas maka daya serap air akan semakin besar. Penentuan daya serap air pada *paving block* diperoleh dari hasil pengukuran massa basah dan massa kering yang diukur menggunakan neraca ohaus. Untuk mengetahui besarnya penyerapan air *paving block* dapat dihitung dengan persamaan (1).

Pengujian serapan air dengan menggunakan timbangan, dan menimbang benda uji dalam keadaan kering dan basah. Pangestuti (2014), menyatakan sisa pembakaran ampas tebu atau abu ketel yang dipergunakan, secara fisik berwarna hitam dan menyerupai arang serta mempunyai daya serap (hidrolisis) terhadap air yang tinggi. Sifat hidrolisis yang dimiliki tersebut dimungkinkan mengganggu reaksi pengikatan agregat oleh semen. Ini disebabkan karena untuk mengikat agregat, semen membutuhkan

air yang cukup. Disamping itu, air yang banyak akan diserap oleh abu ketel yang terdapat pada campuran.

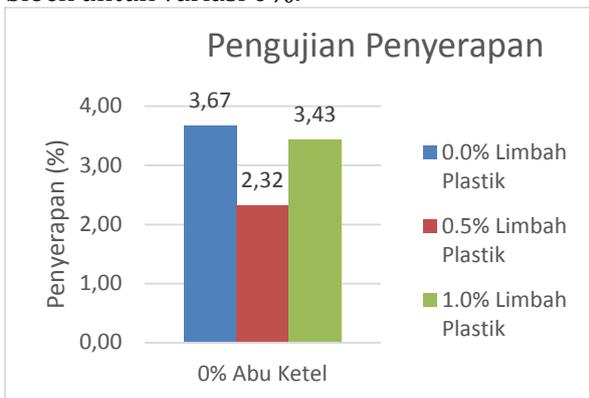
Perendaman dilakukan selama 24 jam atau 1 hari di laboratorium sebelum dilakukan penimbangan berat basah dan di oven untuk mendapatkan berat kering pada benda uji. Berikut hasil penyerapan air pada paving block.

Tabel 3. Hasil Pengujian Penyerapan Air Paving Block Variasi 0%

Variasi	Benda Uji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya Serap Air (%)	Rata-rata
0.0% Abu Ketel + 0.0% Limbah Plastik	1A	2683.8	2596.1	3.38	3.67
	1B	2782.5	2681.2	3.78	
	1C	2678.2	2579.1	3.84	
0.0% Abu Ketel + 0.5% Limbah Plastik	1A	2977.0	2921.0	1.92	2.32
	1B	2999.7	2921.5	2.68	
	1C	2780.5	2716.1	2.37	
0.0% Abu Ketel + 1.0% Limbah Plastik	1A	2864.9	2761.3	3.75	3.43
	1B	2981.3	2897.1	2.91	
	1C	2613.6	2522.0	3.63	

(Sumber: Data primer, 2019)

Pada Tabel 3, menunjukkan hasil pengujian variasi 0,0 % + 0,0 % Abu ketel dan limbah plastik, pada rata- rata umur 1 hari adalah 3,67 %. Untuk variasi 0,0 % + 0,5 % abu ketel dan limbah plastik rata - rata yang diperoleh adalah 2,32%. Dan pada variasi 0,0 % + 1,0 % abu ketel dan limbah plastik rata –rata yang diperoleh adalah 3,43 %. Berikut ini adalah grafik pengujian penyerapan air pada paving block untuk variasi 0%.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Paving Block Variasi 0%

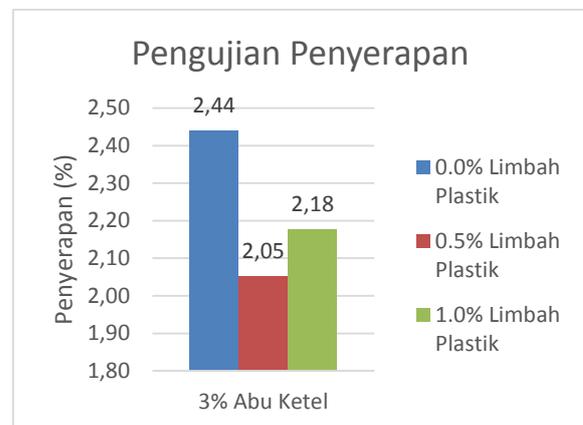
Pada Gambar 7, hasil pengujian penyerapan terhadap paving block terlihat pada paving murni tanpa campuran memiliki rata - rata diatas 3% sedangkan pada campuran yang menggunakan plastik terlihat random kenaikannya. Hal ini menunjukkan bahwa paving yang ditambahkan plastik daya serapnya tinggi.

Tabel 4. Hasil Pengujian Penyerapan Air Paving Block Variasi 3%

Variasi	Benda Uji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya Serap Air (%)	Rata-rata
3.0% Abu Ketel + 0.0% Limbah Plastik	1A	2845.3	2790.8	1.95	2.44
	1B	2807.0	2763.5	1.57	
	1C	2923.6	2816.7	3.80	
3.0% Abu Ketel + 0.5% Limbah Plastik	1A	2759.6	2714.4	1.67	2.05
	1B	2740.9	2663.7	2.90	
	1C	2838.8	2794.4	1.59	
3.0% Abu Ketel + 1.0% Limbah Plastik	1A	2792.6	2729.4	2.32	2.18
	1B	2841.4	2786.3	1.98	
	1C	2897.1	2833.8	2.23	

(Sumber: Data primer, 2019)

Pada Tabel 4, menunjukkan hasil pengujian variasi 3,0 % + 0,0 % Abu ketel dan limbah plastik, pada rata- rata umur 1 hari adalah 2,44 %. Untuk variasi 3,0 % + 0,5 % abu ketel dan limbah plastik rata - rata yang diperoleh adalah 2,05%. Dan pada variasi 3,0 % + 1,0 % abu ketel dan limbah plastik rata – rata yang diperoleh adalah 2,18 %. Berikut ini adalah grafik pengujian penyerapan air pada paving block untuk variasi 3%.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Paving Block Variasi 3%

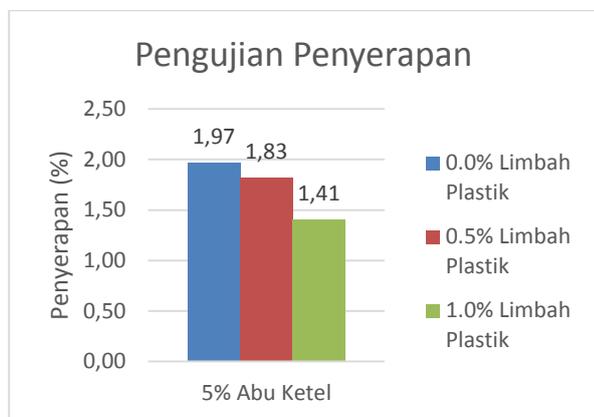
Pada Gambar 8, hasil pengujian penyerapan terhadap paving block terlihat pada paving dengan variasi campuran 3% abu ketel dan plastik menunjukkan daya serap terbesar terdapat pada komposisi 3% abu ketel dan 0% plastik.

Tabel 5. Hasil Pengujian Penyerapan Air Paving Block Variasi 5%

Variasi	Benda Uji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya Serap Air (%)	Rata-rata
5.0% Abu Ketel + 0.0% Limbah Plastik	1A	3107.4	3058.8	1.59	1.97
	1B	2962.9	2894.4	2.37	
	1C	2912.7	2856.8	1.96	
5.0% Abu Ketel + 0.5% Limbah Plastik	1A	2964.1	2916.4	1.64	1.83
	1B	2936.0	2887.9	1.67	
	1C	2775.9	2716.8	2.18	
5.0% Abu Ketel + 1.0% Limbah Plastik	1A	3107.0	3062.2	1.46	1.41
	1B	3053.7	3006.5	1.57	
	1C	3116.6	3079.9	1.19	

(Sumber: Data primer, 2019)

Pada Tabel 5, menunjukkan hasil pengujian variasi 5,0 % + 0,0 % Abu ketel dan limbah plastik, pada rata-rata umur 1 hari adalah 1,97 %. Untuk variasi 5,0 % + 0,5 % abu ketel dan limbah plastik rata-rata yang diperoleh adalah 1,83%. Dan pada variasi 5,0 % + 1,0 % abu ketel dan limbah plastik rata-rata yang diperoleh adalah 1,41 %. Berikut ini adalah grafik pengujian penyerapan air pada paving block untuk variasi 5%.



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Paving Block Variasi 5%

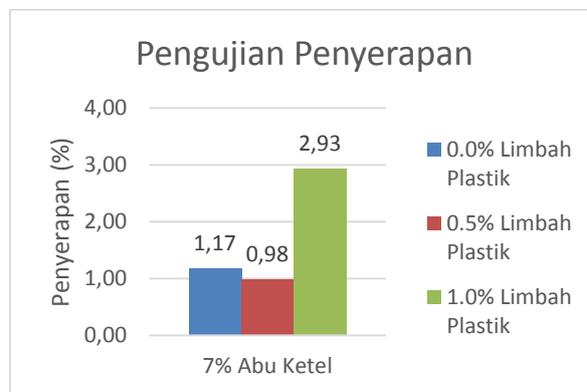
Pada Gambar 9, hasil pengujian penyerapan terhadap paving block terlihat pada paving block dengan menggunakan variasi campuran 5% abu ketel dan plastik berada di bawah 2%. Semakin bertambahnya campuran variasi pada paving, daya serap air benda uji paving block semakin kecil.

Tabel 6. Hasil Pengujian Penyerapan Air Paving Block Variasi 7%

Variasi	Benda Uji	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya Serap Air (%)	Rata-rata
7.0% Abu Ketel + 0.0% Limbah Plastik	1A	2952.9	2920.9	1.10	1.17
	1B	2986.0	2960.4	0.86	
	1C	2789.9	2747.1	1.56	
7.0% Abu Ketel + 0.5% Limbah Plastik	1A	2934.3	2905.8	0.98	0.98
	1B	2942.6	2918	0.84	
	1C	2710.8	2680.9	1.12	
7.0% Abu Ketel + 1.0% Limbah Plastik	1A	2811.6	2753.0	2.13	2.93
	1B	2867.2	2823.0	1.57	
	1C	2704.0	2573.1	5.09	

(Sumber: Data primer, 2019)

Pada Table 6, menunjukkan hasil pengujian variasi 7,0 % + 0,0 % Abu ketel dan limbah plastik, pada rata-rata umur 1 hari adalah 1,17 %. Untuk variasi 7,0 % + 0,5 % abu ketel dan limbah plastik rata-rata yang diperoleh adalah 0,98%. Dan pada variasi 7,0 % + 1,0 % abu ketel dan limbah plastik rata-rata yang diperoleh adalah 2,93 %. Berikut ini adalah grafik pengujian penyerapan air pada paving block untuk variasi 7%.



Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Paving Block Variasi 7%

Pada Gambar 10, hasil pengujian penyerapan terhadap paving block terlihat pada paving block dengan menggunakan variasi campuran 7% abu ketel dan plastik berada di bawah 2%. Semakin bertambah variasi limbah plastik, semakin tinggi nilai penyerapan.

Daya serap yang dinyatakan dalam persen (%) rongga fraksi volume dari suatu rongga yang terdapat pada paving block, semakin rendah porositas yang terdapat pada paving block akan menambah kekuatannya. Dengan proses pemadatan yang dilakukan secara mekanik, memungkinkan kepadatan paving block yang dihasilkan tinggi, sehingga tidak terdapat banyak rongga dalam paving block. Pada variasi 0 % limbah botol plastik dengan penambahan abu ketel sebesar 0% penyerapan 3,67%; 3% penyerapan 2,44%, 5% penyerapan 1,97%; dan 7% yaitu 1,17 %, hal ini terlihat abu ketel dapat berperan sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan menutupi rongga yang ada, sebaliknya setelah penambahan limbah botol plastik nilai penyerapan air menjadi rendah dan tinggi di beberapa variasi. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan karena struktur dari limbah botol plastik tidak dapat menyerap air serta ukuran/bentuk cacahan limbah botol plastik dan waktu proses pengadukan campuran.

Sejalan dengan penelitian (Arif, 2013) yang memperoleh daya serap air mengalami penurunan pada penambahan konsentrasi PET dikarenakan serat PET buruk dalam hal penyerapan air dan penelitian (Agyeman, 2019), Paving block yang tidak menggunakan limbah plastik menyerap air lebih banyak. Penelitian ini menggunakan limbah plastik dari berbagai macam limbah. Dalam perkembangan konstruksi yang cepat dan di daerah yang tergenang air, paving block yang dihasilkan memiliki keunggulan karena sifat keawetan yang tinggi dan nilai daya serap air yang rendah sehingga lebih rendah terhadap dampak kimiawi, tekanan fisik dan kerusakan mekanis.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penyerapan air paving block menunjukkan variasi campuran 5% abu ketel dan limbah Botol Plastik 0%, 0,5 % dan 1% dengan hasil dibawah 2%, ini memenuhi persyaratan mutu paving block jenis A sesuai SNI 03-0691, 1996.

Penggunaan limbah sebagai bahan alternatif merupakan salah satu cara

memanfaatkan limbah yang ada disekitar lingkungan, jika hal ini terus dikembangkan dan dikelola dengan baik, maka segala sesuatu yang terbuang yang tidak ternilai dapat dipergunakan kembali dengan tidak mengurangi manfaat bagi kehidupan. Penggunaan yang bijak dalam kehidupan sehari – hari atau minimal dengan memanfaatkan limbah disekitar untuk dijadikan hal yang berguna, karena kualitas yang sama dan penggunaan lebih ramah terhadap lingkungan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto, F., 2014. Pengaruh Penambahan Berbagai Jenis Serat Pada Kuat Tekan Paving Block. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Volume 10 No.1.
- Agyeman, S., Obeng-Ahenkora, N.K., Assiamah, S., Twumasi, G., 2019. Exploiting Recycled Plastic Waste as an Alternative Binder for Paving Blocks Production. *Case Studies in Construction Materials 11*. Elsevier
- Arif, F. 2013. Pemanfaatan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Eco Olafie (Economic Plastic Fiber) Paving Block Yang Berkonsep Ramah Lingkungan Dengan Uji Tekan, Uji Kejut, Serapan Air. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara*
- Dewi, M.S, Mahyudin, A., 2018. Analisis Sifat Fisis dan Ketahanan Atas Natrium Sulfat Paving Block dengan Variasi Serbuk Cangkang Langkitang (Faunus ater) dan Penambahan Serat Ijuk (Arrenge pinnata) . *Jurnal Fisika Unand Vo..7 N0.4*.
- El Nouhy, H., 2012. Properties of Paving Units Incorporating Slag Cement. *HBRC Journal*.
- Fitri, Hendra Setia C., 2002. *Pengembangan Teknologi Papan Komposit Dari Limbah Batang Pisang (Musa sp): Sifat Fisis dan Mekanis Papan Pada Berbagai Variasi Perekat dan Parafin* . Skripsi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Kusuma, E.W., 2012. *Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block*. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, UPN Veteran Jatim.
- Naibaho, R.A., Rohanah. A., Panggabean. S., 2015. Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Untuk Mengurangi Pemakaian Semen Pada Pembuatan Batako. *J. Rekayasa Pangan dan Pertanian*. Vol.3 No. 4.
- Pangestuti, E.K., 2014. Pengaruh Penambahan Limbah Pembakaran Ampas Tebu Pada Paving Terhadap Jenis Semen PPC dan PCC.

*Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. No.2  
Vol.16 Juli 2014.

- Rompas, G.P., Pangouw, J.D., Pandaleke, R., Mangare, J.B.. 2013. Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Sipil Statik* Vol.1 No.2, Januari 2013.
- SNI 03-0691-1996, *Bata Beton (Paving Block)*, Badan Standard Nasional.
- Trisna, H., Mahyudin, A., 2012. Analisis Sifat Fisis dan Mekanik Papan Komposit Gypsum Serat Ijuk Dengan Penambahan Boraks (Dinatrium Tetraborat Decahydrate). *Jurnal Fisika Unand* Vol. 1 No.1, Oktober 2012.
- Vanitha, S., Omprakaash, P., Venugopal, N., 2015. Utilisation of Waste Plastics as a Partial Replacement of Coarse Aggregate in Concrete Blocks. *Indian Journal of Science and Technology*, Juli 2015.