

PENGARUH PENAMBAHAN CACAH SAMPAH PLASTIK *POLYETILENE TEREPHLATE* (PET) PADA VARIASI RANCANG CAMPUR *PAVING BLOCK*

**Aditya Hananta Oktoyudha; Nur Khotimah Handayani, S.T., M.Eng
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Abstrak

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dikota Blora, tingkat konsumsi masyarakat juga semakin meningkat. Salah satunya konsumsi terhadap penggunaan plastik dalam aktifitas sehari-hari, hal ini yang menyebabkan permasalahan sampah diindonesia. Jika tidak ditangani dengan baik, sampah akan memberi dampak yang buruk bagi lingkungan. Menanggapi hal tersebut, masyarakat harus kreatif dalam mengelola sampah plastik, salah satunya dengan cara mengelolah sampah plastik sebagai bahan campuran pembuatan *Paving block*. *Paving block* adalah salah satu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi bata beton. Pemanfaatan bahan tambah cacah sampah plastik PET juga merupakan salah satu solusi yang diharapkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai kuat tekan dan daya serap air *paving block* dengan perbandingan semen : pasir yang digunakan 1:3, 1:4, 1:5 dengan variasi rancang campur plastik PET 0%, 5%, 10%, 15% dan menggunakan metode mesin press hidrolis. Pada Penelitian ini hasil nilai kuat tekan rata-rata *paving block* tertinggi yang didapatkan sebesar 40,89 MPa pada perbandingan 1:3 dengan variasi 0% cacah sampah plastik PET pada *paving block*. Sedangkan nilai kuat tekan rata-rata terkecil sebesar 10,72 MPa diperbandingkan 1:4 dengan variasi 15% penambahan cacah sampah plastik PET. Penurunan nilai kuat tekan terjadi karena lekatan antar bahan- bahan penyusun kurang bekerja optimal sehingga banyak rongga atau celah kosong yang membuat *paving block* tidak padat saat diuji, sehingga faktor air semen tidak terkontrol dan menyebabkan hasil yang tidak optimum, ditunjukkan pada perbandingan 1:4 yang dimana hasil kuat tekannya paling rendah. Hal ini terjadi karena air yang digunakan kurang, sehingga mengganggu proses sementasi pada benda uji. Ditinjau dari daya serap airnya nilai penyerapan air rata-rata tertinggi sebesar 4,4 % pada perbandingan 1:4 pada variasi 15% hal ini yang membuat daya serap air semakin tinggi ketika dicampur dengan bahan campuran plastik PET mengakibatkan kurangnya pengikat antara semen, pasir, dan air sehingga terdapat rongga-rongga pada *paving block* yang bisa memicu air untuk masuk dan diserap oleh *paving block*.

Kata Kunci: *paving block*, cacah sampah plastik PET, kuat tekan, daya serap air.

Abstract

Along with the increasing population in the city of Blora, the level of public consumption is also increasing. One of them is consumption of the use of plastic in daily activities, this is what causes waste problems in Indonesia. If not handled properly, waste will have a bad impact on the environment. In response to this, the community must be creative in managing plastic waste, one of which is by managing plastic waste as a mixed ingredient for making paving blocks. Paving block is one of the building material compositions made from a mixture of Portland cement or similar hydraulic adhesives, water and aggregate or without other additives which do not reduce the concrete bricks. Utilization of added materials for chopped PET plastic waste is also one of the solutions expected to reduce environmental pollution. The purpose of this study was to determine the compressive strength and water absorption of paving blocks with a ratio of cement: sand used 1:3, 1:4, 1:5 with variations in mixed PET plastic designs of 0%, 5%, 10%, 15% and

using the hydraulic press method. In this study, the highest average paving block compressive strength was obtained at 40.89 MPa at a ratio of 1:3 with a variation of 0% chopped PET plastic waste in paving blocks. While the smallest average compressive strength value is 10.72 MPa compared to 1:4 with a variation of 15% with the addition of small pieces of PET plastic waste. The decrease in compressive strength occurs because the adhesion between the constituent materials does not work optimally so that there are many voids or empty gaps which make the paving blocks not solid when tested, so that the water-cement factor is not controlled and causes non-optimal results, shown in a 1:4 ratio which where the compressive strength results are lowest. This happens because the water used is less, thus interfering with the cementation process on the test object. In terms of water absorption, the highest average water absorption value is 4.4% at a ratio of 1:4 at 15% variation. and water so that there are cavities in the paving blocks which can trigger water to enter and be absorbed by the paving blocks.

Keywords: *paving block*, chop PET plastic waste, compressive strength, water absorption.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dikota Blora, tingkat konsumsi masyarakat juga semakin meningkat. Salah satunya konsumsi terhadap penggunaan plastik dalam aktifitas sehari-hari, hal ini yang menyebabkan permasalahan sampah diindonesia, jika tidak ditangani dengan baik sampah memberi dampak yang buruk bagi lingkungan (Indrawijaya, dkk. 2019). Gaya hidup instan yang disenangi masyarakat Indonesia mengakibatkan tingginya produksi sampah khususnya sampah plastik. Limbah plastik merupakan material yang sulit terurai oleh tanah, sehingga keberadaanya sangat mengganggu lingkungan sekitar. Pemanfaatan sampah plastik telah dilakukan dengan cara membuat kerajinan, daur ulang, dan berbagai produksi lainnya, namun car aini belum mampu menyelesaikan masalah karena pada suatu saat produk tersebut akan rusak dan Kembali lagi menjadi sampah (Syefringga, 2021). Menanggapi hal tersebut, masyarakat harus kreatif dalam mengelola sampah plastik, salah satunya dengan cara mengelolah sampah plastik sebagai bahan campuran pembuatan *Paving block*.

Paving block adalah salah satu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi bata beton (SNI 03-0691-1996). *Paving block* merupakan salah satu alternatif perkerasan jalan yang relatif kuat, murah dan mampu menyerap air, populer digunakan untuk pengganti aspal. Dalam proses pembuatan *Paving block* sangat mudah dan tidak memerlukan waktu yang lama sehingga membuat kebutuhan *Paving block* semakin meningkat seiring dengan pembangunan perumahan dan jalan. Semakin banyaknya permintaan *Paving block* di pasaran akan mempengaruhi bahan baku yang salah satunya agregat halus. Dengan meningkatnya kebutuhan agregat halus, maka harga agregat akan semakin meningkat. Ini tentu menjadi masalah di daerah-daerah yang tidak terdapat sumber bahan agregat halus.

Hal ini yang mendasari peneliti untuk mengembangkan suatu bahan yang bertujuan sebagai bahan campuran dalam proses pembuatan *Paving block*. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan campuran adalah cecah sampah plastic botol minuman. Plastik memiliki karakteristik yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi, seperti tahan lama, tahan korosi, isolator, ekonomis, memiliki masa pakai yang lama. Penggunaan plastik sebagai bahan konstruksi dapat meningkatkan elastisitas dan daya tahan serta mengurangi densitas sehingga bahan menjadi lebih ringab. Selain itu, penggunaan sampah plastic diharapkan dapat diterapkan pada bahan bangunan dengan harga yang lebih murah, serta dapat mengurangi pencemaran lingkungan (Jassim, 2017).

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kuat tekan dan daya serap air setelah penambahan limbah plastik pada pembuatan *Paving block* serta mengetahui rancang campur *Paving block* dengan limbah plastik yang bisa mencapai minimal mutu C. Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian, maka judul yang dipilih adalah “Pengaruh Penambahan Cecah Sampah Plastik *Polyethylene Terephlate* (PET) Pada Variasi Rancang Campur *Paving Block*”.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam mendukung penelitian adalah alat pemeriksaan kadar lumpur (cawan, oven listrik 100°C, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, dan gelas ukur), alat pemeriksaan kandungan zat organik (cawan, oven listrik 100°C, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, gelas ukur, larutan NaOH, dan *colour standard glass scales*), alat pengujian *Saturated Surface Dry* (SSD) (cawan, kerucut conus, dan penggaris), alat pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air (cawan, timbangan, gelas ukur, dan *Picnometer* 100ml), alat pemeriksaan gradasi pasir (cawan, timbangan, oven, dan ayakan saringan), cetakan paving, mesin pres hidrolik, mesin uji kuat tekan beton, kolam perendam, alat penggiling plastik, dan alat penunjang (cangkul, sekop, cetok, ember, palu dan lain sebagainya). Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* atau penelitian adalah agregat halus (pasir), semen portland, air, dan limbah plastik PET.

2.2 Tahapan Penelitian

Bahan dasar yang digunakan sebagai bahan pembuatan paving block ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, untuk pelaksanaan pembuatan benda uji paving ini dibuat disalah satu tempat pembuatan *paving block* dengan tahapan awal persiapan alat dan penyediaan bahan untuk pemeriksaan bahan-bahan yang digunakan penyusun paving dilanjutkan dengan pemeriksaan bahan dasar. Sebelum membuat campuran adonan paving, dilakukan uji bahan dasar paving yang berupa agregat halus (pasir) dengan melakukan pemeriksaan uji SSD, pengujian Analisa saringan, pengujian kandungan lumpur. Pembuatan dan perawatan paving menggunakan perbandingan semen dengan agregat halus sebesar 1:3 , 1:4 , 1:5 dengan penambahan

limbah plastik sebesar 0% , 5% , 10% , dan 15% dari berat volume total. Pada tahapan pengujian paving, dilakukan pengolahan data hasil pengujian yang diperoleh dalam pengujian kuat tekan paving dan daya serap air. Hasil dari pengujian dianalisa apakah hasil pengujian tersebut sesuai dengan karakteristik paving.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam mendapatkan data-data yang diperlukan, maka dilakukan serangkaian pengujian terhadap bahan dasar penyusun *Paving Block* hingga pengujian terhadap benda uji.

3.1 Hasil Pemeriksaan Semen

Pada penelitian ini jenis semen yang digunakan yaitu *Portland Composite Cement (PCC)* dari merk Semen Tiga Roda. Pemeriksaan yang dilakukan adalah uji visual terhadap butir semen, yang bertujuan untuk mengetahui bahwa semen dalam kondisi yang baik dan tidak ada gumpalan.

3.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur dalam pasir di Laboratorium Teknik Sipil UMS bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan lumpur yang terdapat pada pasir. Berdasarkan SNI 03-6820-2002 disebutkan bahwa batas maksimum kadar 4,77% lumpur yang terdapat di dalam pasir adalah 5%. Hasil pengujian kandungan lumpur dalam pasir sebesar sehingga bahan pasir yang diteliti dapat digunakan sebagai bahan campuran pada pembuatan *Paving Block*.

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis dan nilai penyerapan air pada agregat halus. Berdasarkan SNI 1970:2008 bahwa nilai penyerapan air pada berat jenis <5%. Pada penelitian ini didapatkan hasil berat jenis dan penyerapan air sebesar 3,950 gram.

Pengujian Kandungan Zat Organik Pasir bertujuan untuk mengetahui kandungan zat organik atau kotoran yang terkandung dalam pasir. Berdasarkan hasil pengujian agregat halus yang diuji dengan larutan NaOH dan didiamkan selama 24 jam mengalami perubahan warna. Perubahan warna tersebut dapat diukur dengan bantuan alat yang bernama *Hellige Tester*. Berdasarkan data yang diperoleh perubahan warna yang terjadi menunjukkan pada nomor 2. Seperti yang telah ditentukan pada SNI 03-2816-1992 kandungan organik pasir tidak boleh melebihi warna standar yang telah ditentukan yaitu nomor 3.

Pengujian SSD agregat halus bertujuan untuk mengetahui jenis pasir termasuk dalam SSD, jenuh, atau basah dengan menggunakan pasir kering udara selama 24 jam. Berdasarkan SNI 1970:2008 Agregat halus dinyatakan telah mencapai SSD jika pasir yang diuji turun dari puncak kerucut hingga separuh tinggi kerucut. Hasil penelitian didapatkan rata-rata penurunan sebesar 3,8 cm sehingga agregat halus dinyatakan telah mencapai SSD. Pasir yang termasuk dalam SSD dapat digunakan sebagai campuran *paving block*.

Pengujian gradasi pasir atau analisa saringan bertujuan untuk menentukan pemabagian size pasir pada saringan. Mengacu pada SNI ASTM C176 2012, pasir mrmiliki modulus halus butir antara 1,5-3,8. Berdasarkan hasil percobaan didapatkan (MHB) sebesar 2,68 sehingga pasir yang digunakan termasuk pasir halus dan dapat memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan campuran pembuatan *paving block*.

Air yang digunakan dalam penelitian adalah air sumur yang ada di pabrik *paving block*. Hasil pemeriksaan secara visual menunjukkan bahwa air memenuhi syarat untuk digunakan dalam pembuatan *paving block* karena air tersebut bersih dan tidak berbau. Sedangkan cacahan sampah plastik PET yang digunakan untuk bahan campuran pada penelitian ini didapatkan dari limbah masyarakat. Dan kemudian dicacah menggunakan alat dan disaring sehingga berukuran kurang lebih 1,4 cm.

3.3 Hasil Kuat Tekan *Paving Block*

Pemeriksaan kuat tekan pada *paving block* dilakukan setelah direndam dikolam perendaman selama 28 hari dengan benda uji sebanyak 60 buah. Setelah proses perendaman selesai, *paving block* dipotong terlebih dahulu berbentuk kubus 6 cm x 6 cm x 6 cm. Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UMS. Pengujian kuat tekan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan setelah benda uji *Paving block* di rendam selama 28 hari. Untuk hasil kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada Tabel 1.

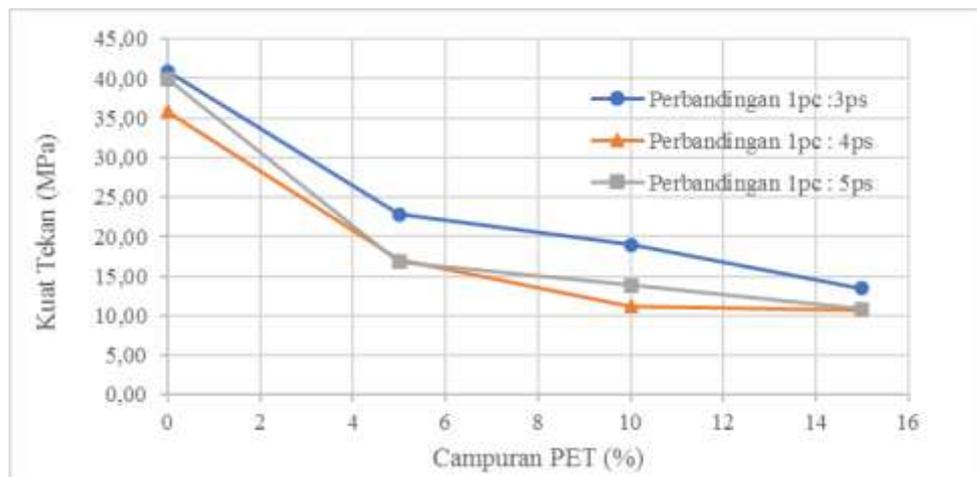
Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block* Semen pasir 1:3, 1:4, 1:5 dengan bahan campuran PET 0%, 5%, 10%, 15%

PET (%)	Semen : Pasir	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Mutu
0%	1: 3	40,89	A
	1: 4	35,86	A
	1: 5	39,92	A
5%	1: 3	22,81	B
	1: 4	17,03	C
	1: 5	16,81	C
10%	1: 3	19,00	C
	1: 4	11,19	D
	1: 5	13,83	D
15%	1: 3	13,44	D
	1: 4	10,72	D
	1: 5	10,78	D

Contoh Perhitungan mencari kuat tekan dan kuat tekan rata-rata pada *paving block*. Pada *paving block* dengan kode PV-15%-01 dengan penambahan cacahan sampah plastik PET 15%. Panjang 60 mm, lebar 60 mm, sehingga luas penampang (A) adalah 3600 mm² serta beban maksimum 39 KN.

$$\text{Kuat Tekan } (f'c) = \frac{P}{A} = \frac{39}{3600} = 0,01083 \text{ KN/mm}^2 = 10,83 \text{ MPa} \quad (1)$$

Berdasarkan rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan rata-rata *paving block* normal dan *paving block* dengan bahan campuran sampah plastic PET didapatkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hasil Kuat Tekan

Berdasarkan tabel 1 dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya penggunaan bahan campuran plastik PET dapat mempengaruhi kuat tekan *paving block* sehingga mengalami penurunan. Penurunan nilai kuat tekan terjadi karena lekatan antar bahan-bahan penyusun kurang bekerja optimal sehingga banyak rongga atau celah kosong yang membuat *paving block* tidak padat saat diuji. Selain itu penurunan kuat tekan terjadi karena proses pembuatan *paving* secara tradisional sehingga faktor

air semen tidak terkontrol dan menyebabkan hasil yang tidak optimum, ditunjukkan pada perbandingan 1:4 yang dimana hasil kuat tekannya paling rendah. Hal ini terjadi karena air yang digunakan kurang, sehingga mengganggu proses sementasi pada benda uji.

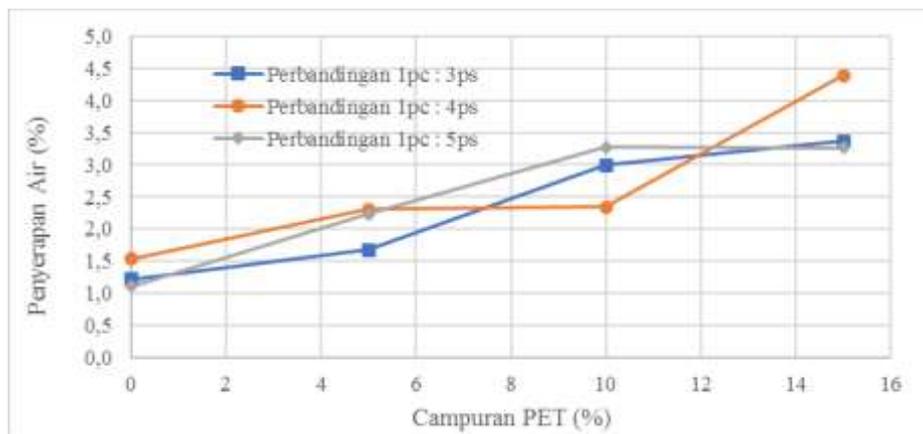
3.4 Hasil Penyerapan Air *Paving Block*

Pengujian penyerapan air dilakukan setelah *paving block* direndam selama 28 hari di kolam perendaman dengan jumlah benda uji masing-masing variasi sebanyak 3 buah. Kemudian *paving block* ditimbang sebelum dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Kemudian berat *paving block* dibandingkan dengan sebelum di oven dan setelah di oven selama 24 jam dengan suhu 70°C. Hasil dari pengujian penyerapan air ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Daya Serap Air *Paving Block* Semen pasir 1:3, 1:4, 1:5 dengan bahan campuran PET 0%, 5%, 10%, 15%

PET (%)	Semen : pasir	Penyerapan Air Rata-rata (%)	Mutu
0%	1: 3	1,2	A
	1: 4	1,5	A
	1: 5	1,1	A
5%	1: 3	1,7	A
	1: 4	2,3	A
	1: 5	2,2	A
10%	1: 3	3,0	A
	1: 4	2,3	A
	1: 5	3,3	B
15%	1: 3	3,4	B
	1: 4	4,4	B
	1: 5	3,3	B

Berdasarkan rekapitulasi hasil pengujian daya serap air rata-rata *paving block* normal dan *paving block* dengan bahan campuran cacahan sampah plastik PET diperoleh grafik seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Daya Serap Air

Berdasarkan data tabel 2 dan gambar 3 dapat diketahui bahwa penggunaan bahan campuran plastik PET mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya variasi penggunaan campuran plastik PET. Berdasarkan hasil pengujian, *paving block* dengan penggunaan bahan campuran plastic PET memiliki nilai daya serap yang tinggi. Faktor yang membuat daya serap air semakin tinggi Ketika dicampur dengan bahan campuran plastic PET adalah kurangnya pengikat antara semen, pasir, dan air sehingga terdapat rongga-rongga pada *paving block* yang bisa memicu air untuk masuk dan diserap oleh *paving block*.

4 PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penambahan cacah plastik PET 15% nilai kuat tekan tertinggi pada perbandingan semen : pasir 1:3 dan termasuk ke dalam mutu beton D, pada penambahan cacah plastik PET 10% nilai kuat tekan tertinggi pada perbandingan semen : pasir 1:3 dan termasuk ke dalam mutu beton C, pada penambahan cacah plastik PET 5% nilai kuat tekan tertinggi pada perbandingan semen : pasir 1:3 dan termasuk ke dalam mutu beton B, sedangkan pada penambahan cacah plastik PET 0% nilai kuat tekan tertinggi pada perbandingan semen : pasir 1:3 dan termasuk ke dalam mutu beton A.
2. Pada penambahan cacah plastik PET 15% daya serap air terendah pada perbandingan semen : pasir 1:5 dan termasuk ke dalam mutu beton B, pada penambahan cacah plastik PET 10% daya serap air terendah pada perbandingan semen : pasir 1:4 dan termasuk ke dalam mutu beton A, pada penambahan cacah plastik PET 5% daya serap air terendah pada perbandingan semen : pasir 1:5 dan termasuk ke dalam mutu beton A, sedangkan pada penambahan cacah plastik PET 0% daya serap air terendah pada perbandingan semen : pasir 1 : 5 termasuk ke dalam mutu beton A.
3. Variasi penambahan plastik maksimal 5% untuk mencapai minimal mutu C yang bisa dipakai untuk pejalan kaki, sedangkan variasi penambahan plastik lebih dari 5% termasuk ke dalam mutu beton D yang bisa dipakai untuk taman dan penggunaan lainnya.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan adalah:

1. Penelitian selanjutnya agar dapat menggunakan komposisi yang berbeda untuk hasil yang lebih baik dan memiliki mutu yang lebih berkualitas.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan pengujian tidak hanya pada kuat tekan dan daya serap air saja, namun juga nilai kuat lentur, dan ketahanan aus agar dapat lebih memahami sifat dari *paving block* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, I., Setyanto, S., & Wulansari, A. (2017). Pengaruh Penambahan Pasir dan Semen Terhadap Kuat Tekan Paving Block Material Tanah Menggunakan Alat Pematat Modifikasi. *Rekayasa: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 20(2), 75-80.
- Amran, Y. (2016). Pemanfaatan limbah plastik untuk bahan tambahan pembuatan paving block sebagai alternatif perkerasan pada lahan parkir di Universitas Muhammadiyah Metro. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 4(2).
- Badan Standarisasi Nasional, 1989. SK SNI S-04-1989-F Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam. Badan Standarisasi Nasional, Indonesia.
- Badan Standar Nasional (SNI 03-0691-1996). (1996). Bata Beton (Paving Block). Sni 03-0691-1996, 1-9.
- Hambali, M., Lesmania, I., & Midkasna, A. (2013). Pengaruh Komposisi Kimia Bahan Penyusun Paving Block Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Airnya. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(4).
- Haris, H. M., & Tahir, S. (2020). Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Dengan Mensubtitusikan Limbah Batu Bata Pada Semen. *Siimo Engineering: Journal Teknik Sipil*, 4, 39-52.
- Lalu Syamsul Hadi, L. S. H. (2018). *Pemanfaatan Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) Untuk Bahan Tambahan Pembuatan Paving Block* (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Andi Publishing. Yogyakarta.
- Rezi, A. (2018). *Pemanfaatan Cacahan Sampah Plastik Jenis Polyethylene Terephthalate (PET) Bekas Kemasan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Dalam Pembuatan Paving Block dengan Metode Solidifikasi/Stabilisasi* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS ANDALAS).
- Salam, Dkk. 2017. Pengaruh Penambahan Serat Pelepeh Pisang Pada Pembuatan *Paving Block* K-175. Universitas Islam Lamongan, Lamongan.
- Saputra, Dimas Wahyu Aji. 2019. Analisis Kuat Tekan Paving Block Dengan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah. Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto.
- SNI 15-2049-2004. (2004). Semen Portland. *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*, 1-128.
- Sultan, M. A., Tata, A., & Wanda, A. (2020). Penggunaan Limbah Plastik PP Sebagai Bahan Pengikat Pada Campuran Paving Block. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 95-102.
- Syefringga, F. (2021). *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Sebagai Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Pada Paving Block* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).