

PLASTIK LDPE (Low Density Polyethylene) SEBAGAI CAMPURAN KOMPOSIT POLIMER PAVING BLOCK

Emilia Silfiani 1¹⁾, Dian Wijaya Kurniawidi 2²⁾, Teguh Ardianto 3³⁾, Susi Rahayu 4⁴⁾

^{1,2,3,4)}Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Jalan Majapahit No.62, Mataram, NTB, Indonesia

Corresponding author : Emilia Silfiani

E-mail : emiliazusyar16@gmail.com

Diterima 25 Februari 2023, Disetujui 25 Februari 2023

ABSTRAK

Paving block merupakan salah satu pilihan yang digunakan sebagai bahan struktur dalam konstruksi. Inovasi *paving block* diharapkan menghasilkan kualitas yang lebih baik meliputi kekuatan dan daya serap air tanpa mengurangi nilai ekonomis. Untuk membuat paving memiliki kualitas yang baik, maka dalam penelitian ini berhasil dibuat *paving block* berbahan plastik LDPE dan agregat halus menggunakan metode konvensional. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh komposit polimer terhadap kuat tekan, daya serap air dan densitas untuk dapat memenuhi SNI mutu D. Perlakuan yang digunakan adalah menetapkan nilai pasir dan memvariasikan plastik LDPE menggunakan perbandingan volume (1:1, 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5) dengan ukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan nilai rata-rata tertinggi dihasilkan oleh perbandingan 1:1 yaitu sebesar 12,31 MPa dan diklasifikasikan ke dalam mutu D untuk taman kota. Sedangkan nilai daya serap terendah dihasilkan oleh perbandingan 1:5 dengan nilai rata-rata 0,308% yang diklasifikasikan ke dalam mutu A sebagai penerasan jalan. Dan densitas seluruh sampel sudah memenuhi syarat SNI.

Kata kunci: *daya serap air, kuat tekan, LDPE, komposit polimer paving block*

ABSTRACT

Paving blocks are structural materials in construction. Its innovation is expected to produce good quality, especially compressive strength and absorption at an economical price. In this study, it has been successful in making paving blocks with LDPE plastic material and fine aggregates using conventional methods. The purpose of this study was to determine the influence of polymer composites on compressive strength and absorbency to be able to achieve SNI quality D. The treatment used was to maintain sand value and LDPE plastic variations with a ratio of volume (1:1, 1:2, 1:3, 1:4, and 1:5) measured in 1 cm x 1 cm x 1 cm. The highest average compressive strength test is a ratio of 1:1, which is 12,31 MPa, get into the quality classification of D for city park. While the lowest absorption by 1:5 is only 0.308%, get A quality classification for road hardening. And density of entire sample meet the SNI requirements

Keywords: *water absorption, compressive strength, LDPE, paving block polymer composite*

PENDAHULUAN

Komposit merupakan material gabungan yang direkayasa untuk mendapatkan suatu material baru di mana sifat masing-masing bahan berbeda, baik sifat kimia maupun sifat fisiknya. Salah satu komposit yang sering ditemukan adalah *paving block*. Campuran yang digunakan dalam pembuatan *paving block* secara umum adalah pasir, semen dan air (Ruswanto, 2017). Akan tetapi jika diperhatikan lagi, ada beberapa material yang dapat mengganti substitusi semen pada *paving block* yaitu plastik. Sifat plastik yang dapat mengikat bahan lain ketika dipanaskan akan mampu mengganti semen sebagai bahan pengganti *paving block* (Zainuri, 2021).

Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Plastik memiliki karakteristik penting yang dapat digunakan baik sendiri maupun komposit yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi karena keunggulan dari bahan ini adalah tahan terhadap suhu panas dan juga dingin, tidak mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, kegunaan bahan plastik juga dapat memperbaiki daya ikat matriks beton sehingga mengurangi penyusutan, meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik lentur beton, serta mengurangi retak akibat penyusutan pada campuran beton (Putri dkk., 2019). Namun tidak semua jenis plastik dapat didaur ulang seperti plastik *thermosetting* (epoksi dan poliester)

karena respon terhadap suhu tinggi yang cenderung akan membuatnya menjadi gosong, sedangkan jenis *thermoplastic* (PVC, HDPE, LDPE, PET, PP, PS, dan OTHER) jika dipanaskan akan melunak menjadi cair-kental sehingga mudah untuk mengikuti bentuk wadah karena elastis dan fleksibel. Salah satu termoplastik yang paling baik dalam proses pemanasan yaitu *Low Density Polyethylene* (LDPE) karena tidak perlu menggunakan suhu tinggi dalam proses pembuatan *paving block* namun merupakan plastik yang paling tinggi mutunya (Prasad, 1999). Dari beberapa keunggulan yang disebutkan di atas maka dapat dijadikan alternatif dalam pembuatan *paving block* dengan bahan dasar plastik LDPE sebagai pengganti semen.

Paving block merupakan komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen atau bahan perekat hidrolisis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan yang tidak mengurangi mutu paving itu sendiri (SNI 03-0691-1996). *Paving block* lebih baik dibanding perkerasan yang lainnya jika ditinjau dari segi ekonomis pemeliharannya, tidak memerlukan alat berat, serta dapat diproduksi secara massal, juga bila dipandang dari segi kelestarian lingkungan sebagai sistem penyerapan air (Ariyadi, 2019). Terdapat syarat khusus yang harus ada pada *paving block*, salah satunya adalah kuat tekan. Kualitas *paving block* akan semakin baik jika memiliki kuat tekan yang semakin tinggi dilihat dari mutu yang ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan dan alat yang digunakan. Badan Standar Nasional mengklasifikasikan *paving block* dalam 4 jenis yaitu, mutu A untuk perkerasan jalan, mutu B untuk tempat parkir, mutu C untuk pejalan kaki dan mutu D untuk taman kota. Dalam proses pembuatan *paving block* dengan metode konvensional pada umumnya menghasilkan mutu C dan mutu D.

Penelitian yang melakukan studi literatur tentang plastik digunakan sebagai rujukan pustaka yang berkaitan dengan penelitian. Dalam pengujian kuat tekan *paving block* berbahan plastik LDPE sudah memenuhi syarat mutu menurut SNI 03-0691-1996 mutu D untuk taman kota (Rahmi dkk. Pada tahun 2022). Sementara itu dalam penelitian Brizi dkk. Pada tahun 2020, daya serap *paving block* terbesar terdapat pada variasi campuran 1 LDPE : 1 pasir dengan nilai serapan air sebesar 0,353%, sedangkan nilai penyerapan terendah terdapat pada variasi campuran 100% LDPE : 0% pasir dengan nilai penyerapan sebesar 0,260%. Hasil pengujian menunjukkan sampel dalam kondisi baik dan tidak mengalami retak setelah direndam. Hasil pengamatan dari pengujian

sifat tampak maka sampel uji dinyatakan baik. Selanjutnya pada penelitian, dalam hasil penelitiannya menyatakan bahwa komposisi campuran yang paling baik di antara semua sampel uji *paving block* menggunakan limbah plastik LDPE didapatkan nilai kuat tekan tertinggi ada pada komposisi 1 plastik : 1 pasir dengan nilai kuat tekan rata-rata 70,55 MPa (Pranata, 2021). Dan dalam penelitian Indrawijaya dkk. (2019) yang menyatakan bahwa hasil dari pengujian densitas yang merupakan perbandingan antara massa terhadap volume. Angka 0, 10, 20, 30, 40 dan 50 pada sampel menunjukkan persentase jumlah limbah yang ditambahkan pada proses pembuatan *paving block*. Dalam penelitiannya membuktikan bahwa dengan adanya penambahan limbah plastik LDPE membuat *paving block* yang dihasilkan semakin ringan. Semakin banyak jumlah limbah plastik yang ditambahkan semakin ringan *paving block*nya.

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui penggunaan plastik LDPE pada *paving block* dapat memenuhi mutu D serta mengetahui variasi komposit polimer yang memenuhi standar SNI *paving block* berdasarkan kuat tekan, daya serap air dan densitas.

METODE PENELITIAN

Paving block adalah salah satu produksi konstruksi yang biasa digunakan untuk pengerasan jalan, halaman rumah, trotoar dan lainnya. Dalam pembuatannya, *paving block* menggunakan susunan bahan yang sama seperti beton yaitu semen, agregat (pasir) dan air. Namun dalam penelitian ini berfokus pada alternatif pengganti semen yaitu plastik, maka plastik dan agregat halus menjadi bahan dasar utama dalam pembuatan komposit polimer *paving block*.

Peran agregat halus dalam penelitian ini sebagai filler komposit untuk menambah nilai kuat tekan pada *paving block*. Agregat halus merupakan butiran kecil yang mempunyai ukuran diameter butiran lebih kecil 4,8 mm, sedangkan peran plastik dalam penelitian ini sebagai matriks dalam susunan komposit yang berguna untuk melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Selain itu, matriks juga berfungsi sebagai pelapis serat. Plastik merupakan salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi menggabungkan beberapa molekul sederhana melalui proses kimia menjadi molekul besar. Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Beberapa jenis *thermoplastic* seperti PET (*Polyethylene Terephthalate*), HDPE (*High Density Polyethylene*), PVC (*Polyvinyl*

Chloride), LDPE (*Low Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), PS (*Polystyrene*), dan Other.

LDPE merupakan plastik yang mudah dibentuk ketika panas, yang terbuat dari minyak bumi, dan rumus molekulnya adalah $(-CH_2-CH_2)_n$. Merupakan resin yang keras, kuat dan tidak bereaksi terhadap zat kimia lainnya, kemungkinan merupakan plastik yang paling tinggi mutunya.

Tabel 1. Sifat Mekanik LDPE (*Low Density Polyethylene*)

No	Sifat	Nilai
1	Densitas (g/cm ³)	0,901-0,935
2	Suhu Leleh (°C)	105-115
3	Kuat Tekan (MPa)	18-25
4	Modulus Kelenturan (MPa)	240-330
5	Pemanjangan Putus (%)	100-800
6	Modulus Tarik (MPa)	102-310

Sumber : (Prasad, 1999)

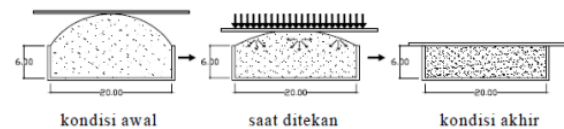
Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen skala laboratorium karena melakukan preparasi bahan, pembuatan sampel uji serta pengujian pada sampel uji. Penelitian ini dimulai dari bulan Juni 2022 sampai Desember 2022 di Lingkungan Fakultas MIPA dan Laboratorium Fisika Dasar Fakultas MIPA, Universitas Mataram. Penelitian ini dilakukan dengan membuat *paving block* dengan material pasir halus dan plastik LDPE yang divariasikan menggunakan perbandingan volume yaitu 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5 dan menjadi pembanding adalah paving yang terbuat dari semen secara normal dengan tujuan mengetahui paving terbaik dari bahan plastik atau semen serta mengetahui mutu yang dihasilkan oleh beberapa variasi tersebut. Dalam perawatannya dilakukan selama 7 hari di mana pada jangka waktu tersebut merupakan waktu yang ideal.

Metode pembuatan *paving block* yang biasa digunakan oleh masyarakat diklasifikasikan menjadi dua metode yaitu metode konvensional dan metode mekanis. Metode konvensional adalah metode yang paling banyak digunakan oleh masyarakat karena lebih mudah dan tidak memerlukan biaya yang terlalu tinggi. Pembuatan *paving*

block dengan metode konvensional ini biasanya menggunakan alat cetak paving seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alat Cetak *Paving Block*



Gambar 2. Prinsip Kerja Metode Konvensional (Fitriana, 2016)

Alat ini masih menggunakan tenaga manusia (manual) dalam proses pemadatan sehingga kepadatan *paving block* yang dihasilkan bergantung pada tenaga orang yang memadatkannya. Mutu *paving block* yang dihasilkan dengan metode ini biasanya masuk ke dalam kelas mutu C dan D (Ariansyah, 2020).

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan sampel penelitian adalah *tensilon RTG1310*, tungku, wajan, ayakan, cetak, ember, oven, timbangan digital dan cetakan berbentuk kubus berukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm.

Sampel dibuat dengan melelehkan plastik dan menambahkan pasir. Setelah lelehan sudah tercampur, dituang lelehan ke dalam cetakan dan ditekan. Kemudian direndam agar suhu paving mulai normal dan menjadi salah satu cara untuk mengetahui bahwa sampel tidak terdapat lubang atau retak. Setelah paving dianggap sudah memenuhi syarat, maka sampel dapat disimpan selama 7 hari pada suhu ruang dan kemudian dapat dilakukan pengujian kuat tekan, daya serap air dan densitas. Pengujian dilakukan untuk menentukan kelayakan sebuah sampel sesuai standar SNI 03-0691-1996. Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan adalah sebagai berikut:

$$p = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

p = Kuat tekan sampel uji (MPa)

F = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan sampel uji yang tertekan (mm²).

Rumus yang digunakan untuk uji daya serap air sebagai berikut:

$$P_a = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\%$$

Keterangan:

P_a = Daya serap air (%)

m_0 = Massa sampel kering (gr)

m_1 = Massa sampel basah (gr).

Hasil uji yang didapatkan pada penelitian ini harus memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 yang ditentukan oleh kekuatan fisik sebagai berikut.

Tabel 2. Kekuatan Fisik *Paving Block*

Mutu	Kegunaan	Kuat Tekan (MPa)		Penyerapan Air Rata-rata Maks(%)
		Rata-rata	Min.	
A	Perkerasan Jalan	40	35,0	3
B	Tempat Parkir	20	17,0	6
C	Pejalan Kaki	15	12,5	8
D	Taman Kota	10	8,5	10

Sumber : SNI 03-0691-1996.

Densitas dapat diukur secara matematis, massa jenis zat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan :

ρ = Densitas (gr/cm³)

m = Massa (gr)

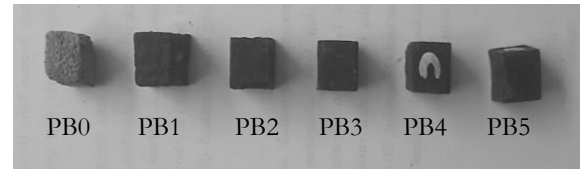
V = Volume (cm³)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, telah dibuat komposit polimer *paving block* berbahan plastik LDPE menggunakan metode konvensional. Tahap awal yang dilakukan dalam pembuatan komposit polimer *paving block* adalah melelehkan plastik dengan proses insinerasi pada suhu $\pm 300^\circ\text{C}$, kemudian menambahkan agregat ke dalam lelehan plastik sembari diaduk agar campuran komposit menjadi homogen. Campuran tersebut menghasilkan lelehan berwarna hitam seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3 (a). Hasil insinerasi dari penelitian ini berbentuk lelehan seperti caramel pada suhu panas dan berubah menjadi padatan pada suhu mendekati normal seperti terlihat pada Gambar 3 (b).



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Lelehan Komposit Polimer Plastik, (b) Hasil Cetak *paving block*.

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa meskipun sampel komposit yang dibuat memiliki volume yang sama yaitu 1 cm x 1 cm x 1 cm. Namun, seiring bertambahnya persentase plastik terjadi penyusutan di bagian tengah sampel akibat pendinginan yang dilakukan saat proses perendaman.

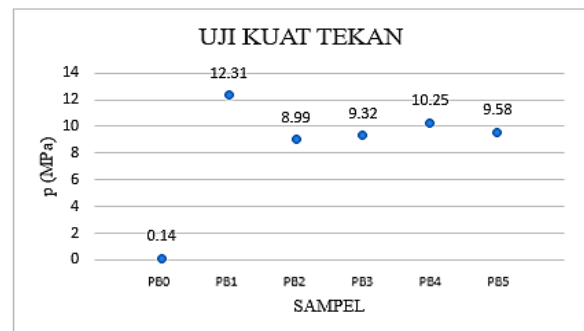


Gambar 4. Bentuk Sampel Komposit Polimer *Paving Block*

Di samping itu, agregat yang menjadi *filler* pada paving kurang mengisi bagian-bagian sampel, sehingga bentuk sampel tidak berbentuk kubus sempurna. Hal ini dapat mempengaruhi hasil uji pada *paving block*. Hasil dan pembahasan untuk masing-masing pengujian akan dijelaskan berikut ini:

1. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan setelah umur mencapai 7 hari masa perawatan. Pengujian kuat tekan pada penelitian ini menggunakan mesin uji *Tensilon model RTG1310* dengan bantuan *software TensCompBend Addons* yang menghasilkan data output berupa tabel dan grafik setiap sampel. Kemudian data tersebut diolah menjadi satu dalam sebuah grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block*

Berdasarkan Gambar 5 bahwa nilai kuat tekan PB1 merupakan nilai rata-rata tertinggi sebesar 12,31 MPa dan nilai rata-rata terendah pada sampel PB2 yaitu 8,99 MPa. Kemudian dilakukan klasifikasi *paving block* tiap variasi menurut SNI 03-1691-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 3.

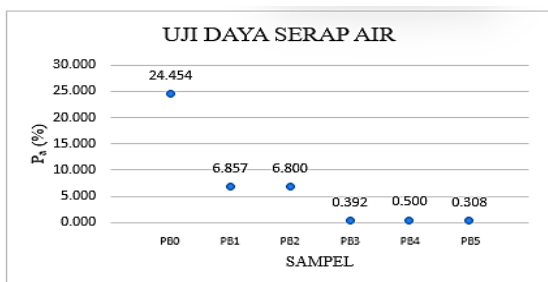
Tabel 3. Klasifikasi Mutu Kuat Tekan *Paving Block*

Kode Sampel	Perbandingan Campuran Bahan	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Mutu SNI
PB0	4:1	0,14	-
PB1	1:1	12,31	D
PB2	1:2	8,99	D
PB3	1:3	9,32	D
PB4	1:4	10,25	D
PB5	1:5	9,58	D

Pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa penggunaan plastik LDPE dengan substitusi agregat halus mempengaruhi kuat tekan *paving block*, di mana mengalami penurunan akibat bertambahnya variasi plastik. Penurunan nilai kuat tekan pada penelitian ini sesuai dengan penelitian Syefringga (2021) yang juga mengalami penurunan akibat lekatan antar bahan penyusun kurang bekerja optimal sehingga banyak rongga atau celah kosong yang membuat *paving block* tidak padat saat diuji. Penambahan limbah plastik menyebabkan bertambahnya luasan permukaan agregat yang licin dan datar sehingga menyebabkan gangguan lekatan antar partikel.

2. Daya Serap Air

Pengujian daya serap air bertujuan untuk mengetahui seberapa besar komposit polimer *paving block* mampu menyerap air. Penyerapan dilakukan mengoven sampel pada suhu 90°C selama 24 jam. Uji daya serap air dilakukan dengan cara menganalisa sampel setelah merendam sampel ke dalam wadah berisi air dan sampel dibiarkan hingga keadaan jenuh kemudian sampel ditimbang. Untuk mendapatkan nilai daya serap air digunakan pers. (2). Hasil pengujian daya serap air dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Hasil Uji Daya Serap Air *Paving Block*

Berdasarkan Gambar 6 hasil serapan air untuk PB1 dengan penambahan plastik sebanyak 5 mL menghasilkan daya serap rata-rata sebesar 6,86% dan nilai terendah dihasilkan oleh sampel PB5 dengan nilai daya serap rata-rata adalah 0,31% seperti yang dilakukan oleh Wibowo (2017). Dari hasil rata-rata daya serap air seluruh variasi diklasifikasikan ke dalam mutu *paving block* menurut SNI 03-1691-1996, maka dapat dilihat Tabel 4 yang menunjukkan pengaruh penggunaan plastik pada *paving block*.

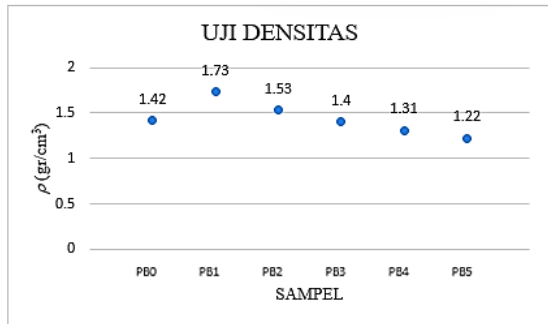
Tabel 4. Klasifikasi Mutu Daya Serap Air *Paving Block*

Kode Sampel	Perbandingan Campuran Bahan	Daya Serap Air Rata-rata (%)	Mutu SNI
PB0	4:1	24,454	-
PB1	1:1	6,857	B
PB2	1:2	6,800	B
PB3	1:3	0,392	A
PB4	1:4	0,500	A
PB5	1:5	0,308	A

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa penggunaan plastik LDPE dengan substitusi agregat halus dapat menurunkan nilai daya serap air pada *paving block*. Hal ini dikarenakan sifat dari plastik yang anti air sehingga tidak mudah menyerap air. Adapun nilai tertinggi yang dihasilkan dikarenakan jumlah pasir yang lebih banyak dari sampel lainnya sehingga ada rongga kecil yang terdapat pada ruang dalam sampel, kemudian pada saat perendaman air masuk dan mengendap di dalam sampel saat ditimbang. Dengan nilai daya serap yang dihasilkan, nilai tertinggi menghasilkan mutu B untuk tempat parkir dengan nilai daya serap rata-rata 6%. Sedangkan nilai terendah diklasifikasi ke dalam mutu A dengan nilai daya serap rata-rata 3% menurut SNI yang digunakan sebagai pengerasan jalan.

3. Densitas

Pengujian densitas *paving block* dilakukan setelah *paving block* berusia 7 hari masa perawatan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan timbangan digital, dengan angka ketelitian 0,003 gram. Untuk mendapatkan nilai densitas *paving block* digunakan pers. (3) tiap variasi. Hasil pengujian densitas dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hasil Pengujian Densitas *Paving Block*

Dari hasil uji yang ditampilkan pada Gambar 7 di atas menunjukkan nilai rata-rata densitas komposit polimer *paving block* tertinggi diperoleh pada sampel PB1 yaitu sebesar 1,73 gr/cm³ dan densitas terendah pada sampel PB5 yaitu sebesar 1,22 gr/cm³. Hasil rata-rata uji densitas yang dilakukan dapat dilihat bahwa densitas *paving block* mengalami penurunan seiring dengan penambahan persentase plastik. Nilai uji densitas yang diperoleh dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Indrawijaya (2019). Menurut ASTM C1688, *paving block* umumnya memiliki nilai densitas sekitar 1,75 gr/cm³ sampai 2 gr/cm³. Inovasi komposit polimer *paving block* pada penelitian ini menghasilkan nilai yang lebih rendah.

Hasil uji ini untuk membuktikan bahwa semakin banyak plastik LDPE yang ditambahkan akan membuat berat *paving block* semakin ringan karena sifat plastik yang ringan. Faktor yang mempengaruhi densitas *paving block* mengalami penurunan yaitu perentase antara plastik dan agregat di mana persentase plastik LDPE lebih dominan dibandingkan dengan agregat. Sedangkan agregat yang berkurang berdampak pada massa sampel. Meskipun plastik lebih dominan, namun akibat proses insinerasi yang dilakukan maka terjadi pemuaihan pada plastik yang menyebabkan massa semakin berkurang.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian kuat tekan, densitas, daya serap air *paving block* yang dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar dan Laboratorium Fisika Lanjut, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram, maka dapat diambil kesimpulan bahwa kuat tekan komposit polimer *paving block* pada variasi 1:1 memiliki nilai tertinggi dan sudah memenuhi klasifikasi SNI mutu D yang digunakan pada taman kota sedangkan daya serap pada variasi 1:5 menghasilkan nilai terendah yang diklasifikasikan ke dalam mutu A dan densitas seluruh variasi sampel sudah memenuhi syarat SNI.

Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan pencampuran agregat ukuran agak kasar supaya menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dan melakukan pengujian tektilitas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dosen pembimbing/penguji serta teman-teman yang telah membantu dan mengkritik serta memberi saran dalam penulisan ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Staff Laboratorium Program Studi Fisika MIPA Universitas Mataram yang telah menyediakan fasilitas penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Ariansyah. 2020. Studi Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block. *Skripsi*. Fakultas Teknik UMM: Mataram.
- Ariyadi. 2019. Uji Pembuatan Paving Block Menggunakan Campuran Limbah Plastik Jenis PET (Poly Ethylene Terephthalate) Pada Skala Laboratorium. *Skripsi*. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Intan: Lampung.
- Brizi, Muhammad R.A., Anis R. dan Yudhi. A. 2021. Pemanfaatan Limbah Plastik LDPE Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Bata Beton (Paving Block). *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*. Vol. 1, No. 2 (2020): Hal. 1-6.
- Fitriana, Resti. 2016. Pengaruh Pengganti Sebagian Bahan Pengikat (Fly Ash dan Kapur) Terhadap Kuat Tekan Paving Block. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah: Purworejo.
- Indrawijaya, B, Ahmad W., Agustina D.S., Didik I., Deno P.N. dan Desi P. Pemanfaatan Limbah Plastik LDPE Sebagai Pengganti Agregat Untuk Pembuatan Paving Block Beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia Unpam*. Vol. 3, No. 1 (2019), Hal. 1-7.
- Pranata, Ahmad D. 2021. Pengaruh Limbah Plastik Snack Type LDPE (Low Density Polyethylene) Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Paving Block. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Al-Azhar: Mataram.
- Prasad, A. 1999. *Polymer Data Handbook Polyethylene, Low Density*. Cincinnati USA: Oxford University Press.
- Putri, Elsyani E., Ismeddiyanto dan Reni S. Sifat Fisik Paving Block Komposit Sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air

- (Permeable Pavement). *Jurnal Teknik*, Vol. 13, No. 1 (2019), Hal. 1-8.
- Rahmi, S. A., Elida N. L., Meilandi P. dan Nova P. L. Analisis Perbandingan Mutu *Eco Paving Block* Berbahan Baku Limbah Plastik. *Teras Jurnal*, Vol. 12, No. 2 (2022), Hal. 395-404.
- Ruswanto, T.A. 2017. Pengaruh Penambahan Abu Pembakaran Serbuk Kayu Jati Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air Pada Paving Block. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta.
- SNI 03-0691-1996. *Bata Beton (Paving Block)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Syefringga, Fajri. 2021. Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Sebagai Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada Paving Block. *Tugas Akhir*. Fakultas Teknik UIR: Pekanbaru.
- Wibowo, Argo. 2017. Perbandingan Kuat Tekan Dan Serapan Air Paving Block Hydraulic Dengan Variasi Campuran Semen. *Tugas Akhir*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta.
- Zainuri. Penanganan Sampah Plastik Pada Produksi Paving Block. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol. 22, No. 2 (2021), Hal. 170-177.