

# Karakteristik fisik dan ekonomi paving block dengan tambahan limbah plastik

Abdollah Intizar Tafalas\*, Setya Winarno

Jurusan Teknik Sipil, Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

\*Email: [21511096@students.uii.ac.id](mailto:21511096@students.uii.ac.id)

## Abstrak

Pemanfaatan limbah plastik sebagai lapisan atas *paving block* berpotensi mendukung konstruksi berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh lelehan limbah plastik terhadap karakteristik fisik dan mekanik *paving block*, meliputi kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air, serta aspek ekonominya. Metode eksperimental dilakukan dengan sampel *paving block* berlapis: lapisan bawah campuran semen–pasir (1:6) dan lapisan atas lelehan limbah plastik setebal  $\pm 0,7$  cm. Terdapat satu variasi konvensional dan tiga variasi plastik (P): abu batu (A) 93,5%:6,5%, 87%:13%, dan 80,5%:19,5%. Pengujian pada umur 28 hari sesuai SNI 03-0691-1996 menunjukkan bahwa kuat tekan *paving block* berlapis plastik tergolong mutu D, lebih rendah dibandingkan blok konvensional (17,713 MPa, mutu C). Sebaliknya, ketahanan aus meningkat dengan nilai keausan terendah 0,185 mm/menit (93,5%), dan daya serap air menurun hingga 9,507% (87%). Biaya produksi meningkat 55,26%–59,31%, sehingga dukungan kebijakan, seperti subsidi, diperlukan agar produk bersaing secara ekonomi.

**Kata Kunci:** analisis ekonomi; limbah plastic; ketahanan aus; kuat tekan; *paving block*

## *Physical and economic characteristics of paving blocks with additional plastic waste*

### Abstract

The utilization of plastic waste as the top layer of paving blocks has the potential to support sustainable construction. This study aimed to analyze the effect of melted plastic waste on the physical and mechanical properties of paving blocks, including compressive strength, abrasion resistance, and water absorption, as well as its economic aspects. An experimental method was applied using layered paving block samples: a bottom layer of cement–sand mixture (1:6) and a top layer of melted plastic waste with a thickness of  $\pm 0.7$  cm. One conventional variation and three plastic variations with plastic (P): stone ash (A) ratios of 93.5%:6.5%, 87%:13%, and 80.5%:19.5% were prepared. Testing at 28 days according to SNI 03-0691-1996 showed that plastic-layered paving blocks had a compressive strength classified as grade D, lower than the conventional block (17.713 MPa, grade C). In contrast, abrasion resistance improved, with the lowest wear value of 0.185 mm/min (93.5%), and water absorption decreased to 9.507% (87%). Production costs increased by 55.26%–59.31%, indicating that policy support, such as subsidies, is required for market competitiveness.

**Keywords:** abrasion resistance; compressive strength; economic analysis; paving blocks; plastic waste

## 1. Pendahuluan

Peningkatan volume limbah plastik akibat tingginya penggunaan plastik sekali pakai dan pengelolaan sampah yang belum optimal menjadi permasalahan lingkungan serius di Indonesia. Plastik merupakan material berbasis bahan kimia tak terbarukan yang sulit terurai, umumnya digunakan sebagai kemasan sekali pakai (Munthe, 2023). Indonesia menghasilkan jutaan ton sampah plastik setiap tahun, dengan sekitar 16% sampah plastik laut berasal dari negara ini (Jambeck et al., 2015). Oleh karena itu, dibutuhkan solusi inovatif yang mampu mengurangi limbah plastik sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi.

Pengelolaan limbah plastik melalui tempat pembuangan akhir memerlukan biaya besar dan belum menyelesaikan masalah secara menyeluruh. Daur ulang menjadi material konstruksi menjadi alternatif potensial karena dapat mengurangi volume limbah sekaligus menghasilkan produk bernilai guna. Namun, pemanfaatan limbah plastik secara penuh masih terkendala biaya tinggi. Pendekatan yang lebih ekonomis adalah mengombinasikan limbah plastik dengan material konvensional. Penggunaan lelehan

limbah plastik sebagai lapisan atas *paving block* berbasis semen–pasir diharapkan dapat mengoptimalkan pemanfaatan plastik tanpa meningkatkan biaya produksi secara signifikan.

Plastik memiliki sifat tahan korosi, relatif kedap air, dan ketahanan aus yang baik (Kamaliah, 2019). Penggunaan lelehan limbah plastik sebagai lapisan atas *paving block* diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan, ketahanan aus dan memaksimalkan daya serap air *paving block*. Selain itu, pemanfaatan limbah plastik mendukung prinsip ekonomi sirkular dengan mengurangi beban lingkungan dan memperpanjang siklus hidup material (Shirvanimoghaddam et al., 2020). Namun, kajian mengenai penggunaan lelehan limbah plastik sebagai lapisan atas *paving block* beserta analisis ekonominya masih terbatas, sehingga penelitian ini perlu dilakukan.

Hipotesis penelitian ini menyatakan bahwa penambahan lapisan lelehan limbah plastik pada *paving block* berpotensi meningkatkan kuat tekan, ketahanan aus dan memaksimalkan daya serap air *paving block* berlapis plastik dibandingkan *paving block* konvensional. Dari aspek ekonomi, *paving block* berlapis plastik berpotensi layak secara finansial apabila didukung kebijakan subsidi sebagai bagian dari upaya pengelolaan limbah plastik.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan lelehan limbah plastik pada lapisan atas *paving block* terhadap karakteristik fisik dan mekanik, yaitu kuat tekan, ketahanan aus, dan daya serap air, serta mengevaluasi aspek ekonominya. Metode yang digunakan adalah eksperimental, dengan pembuatan *paving block* berlapis: lapisan bawah berupa campuran semen dan pasir, serta lapisan atas berupa lelehan limbah plastik dengan variasi komposisi tertentu. Hasil pengujian dibandingkan dengan *paving block* konvensional untuk menilai efektivitas pemanfaatan limbah plastik sebagai solusi konstruksi berkelanjutan.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh penambahan lapisan lelehan limbah plastik pada *paving block* terhadap karakteristik fisik, mekanik, dan aspek ekonomi. Benda uji dibuat berupa *paving block* berlapis, dengan lapisan bawah campuran semen–pasir (1:6) setebal 5,3 cm dan lapisan atas lelehan plastik setebal  $\pm 0,7$  cm. Variasi sampel terdiri atas satu *block* konvensional dan tiga variasi berlapis plastik dengan komposisi plastik (P) : abu batu (A) 93,5%:6,5%; 87%:13%; dan 80,5%:19,5%. Bahan yang digunakan meliputi semen Portland, pasir halus, air, limbah plastik, abu batu, dan kawat penguat.

Pengujian dilakukan pada umur 28 hari sesuai (SNI 03-0691-1996), meliputi kuat tekan, daya serap air, dan ketahanan aus. Peralatan yang digunakan antara lain cetakan, *mixer*, *vibrator*, oven, mesin uji tekan, dan mesin uji keausan. Analisis ekonomi dilakukan berdasarkan perhitungan biaya produksi melalui wawancara dengan pihak terkait. Data penelitian terdiri atas data primer dari pengujian laboratorium dan data sekunder dari literatur, standar teknis, serta informasi biaya produksi. Variabel bebas penelitian adalah persentase komposisi plastik dan abu batu, sedangkan variabel terikat mencakup kuat tekan, daya serap air, ketahanan aus, dan biaya produksi, dengan variabel terkontrol meliputi umur benda uji, ketebalan lapisan plastik, komposisi semen–pasir, serta metode perawatan.

Data hasil pengujian diolah menggunakan *Microsoft Excel* dan dianalisis secara komparatif antar variasi. Analisis ekonomi dilakukan dengan pendekatan *full costing* dan *variable costing* untuk menentukan biaya produksi per unit serta membandingkannya dengan *paving block* konvensional.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil pengujian laboratorium dan pembahasan *paving block* berlapis limbah plastik secara sistematis, mencakup kuat tekan, daya serap air, ketahanan aus, serta analisis ekonomi. Pembahasan difokuskan pada pengaruh lapisan plastik terhadap kinerja teknis dan potensinya sebagai material konstruksi berkelanjutan.

### 3.1. Karakteristik Bahan Penyusun

Pembuatan *paving block* dalam penelitian ini menggunakan pasir, semen, dan air sebagai bahan utama, serta plastik dan abu batu sebagai bahan tambahan pada lapisan atas. Sebelum proses pencetakan, dilakukan pengujian terhadap bahan penyusun untuk menentukan karakteristik material.

Pengujian meliputi analisis saringan, berat jenis dan penyerapan air, berat volume padat dan gembur, serta kadar lumpur melalui uji lolos saringan No. 200. Hasil pengujian bahan penyusun disajikan pada subbab berikutnya.

### 3.1.1. Agregat Halus (Pasir)

Agregat adalah material berbutir yang berasal dari batu, kerikil, atau pasir, dan berperan sebagai komponen utama dalam campuran beton dengan proporsi sekitar 70–75% dari total volume. Agregat harus memiliki gradasi baik, bersifat keras, tahan cuaca, dan stabil secara volume agar menghasilkan beton padat dan homogen. Berdasarkan ukuran, agregat dibedakan menjadi kasar dan halus, dengan agregat halus berupa pasir alami atau hasil pemecahan batu berukuran maksimum 5 mm sesuai (SNI 03-2834-2002). Partikel kurang dari 0,075 mm dikategorikan lanau, sedangkan kurang dari 0,002 mm termasuk lempung. Agregat halus yang digunakan harus bersih, kuat, dan memiliki bentuk serta gradasi yang sesuai untuk menjamin mutu beton. Persyaratan agregat halus mengacu pada (SNI 8321-2834-2016) dan ASTM C33.

#### 3.1.1.1. Pengujian Analisis Saringan

Uji analisis saringan dilakukan mengacu pada (SNI 03-1968-1990) untuk menentukan klasifikasi agregat halus berdasarkan ukuran butir serta memperoleh nilai modulus kehalusan butir. Hasil dari uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Hasil Pengujian Analisis Saringan Pasir

Lubang Ayakan (ASTM)	(mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
1 1/2"	40,00	0	0	0	100
3/4"	20,00	0	0	0	100
3/8"	10,00	0	0	0	100
No. 4	4,75	0	0	0	100
No. 8	2,40	124	6,21	6,21	93,79
No. 16	1,20	232	11,62	17,84	82,16
No. 30	0,60	428	21,44	39,28	60,72
No. 50	0,30	402	20,14	59,42	40,58
No. 100	0,15	412	20,64	80,06	19,94
Pan	Pan	398	19,94	100	0
Jumlah		1996	100	202,8056	100

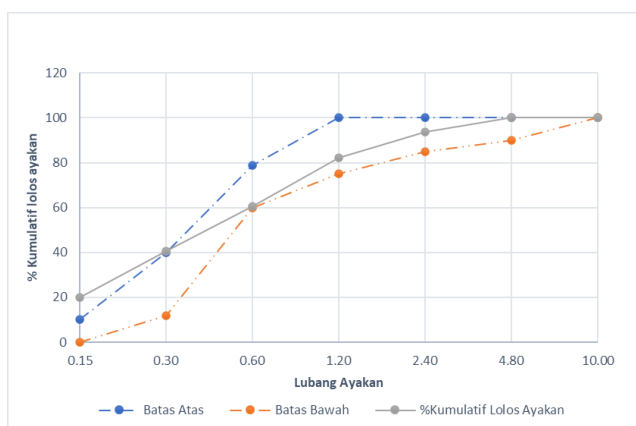
$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \\ \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{202,8056}{100} \\ &= 2,03 \end{aligned}$$

Menurut Tjokrodimuljo (2007), nilai modulus halus butir agregat halus berada diantara 1,35 – 3,8. Pengujian analisis saringan menghasilkan nilai modulus halus butir sebesar 2,03. Nilai ini menunjukkan bahwa pasir yang digunakan telah memenuhi standar spesifikasi terkait modulus halus butir. Mengacu pada (SNI 03-2834-2002), agregat halus yang digunakan termasuk dalam daerah gradasi III (pasir agak halus). Klasifikasi gradasi agregat halus serta grafik hasil analisis saringan yang merepresentasikan daerah III disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 1.

**Tabel 2.** Gradasi Pasir

Ukuran Saringan		Persentase Berat Butir yang Lolos Saringan (%)			
(ASTM)	(mm)	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
3/8"	10,00	100	100	100	100
No. 4	4,75	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
No. 8	2,40	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
No. 16	1,20	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
No. 30	0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
No. 50	0,30	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
No. 100	0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber: (SNI 03-2834-2000)



**Gambar 1.** Analisis Saringan Agregat Halus Daerah III

### 3.1.1.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air berdasarkan (SNI 03-1970-2008) menunjukkan nilai berat jenis curah sebesar 2,67, berat jenis jenuh kering muka sebesar 2,72, dan berat jenis semu sebesar 2,82. Menurut Tjokrodinuljo (2007), nilai berat jenis agregat normal umumnya berada pada rentang 2,4–2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Agregat dengan berat jenis dalam kisaran 2,4–2,7 gr/cm<sup>3</sup> umumnya menghasilkan beton dengan berat jenis sekitar 2,3 gr/cm<sup>3</sup> Tjokrodinuljo (1995). Semakin tinggi berat jenis agregat, semakin tinggi pula berat jenis beton yang dihasilkan, yang pada akhirnya berdampak pada meningkatnya kuat tekan beton. beton dengan berat jenis dan kuat tekan yang memadai. Menurut Dessy (2005), nilai standar spesifikasi penyerapan air yaitu 2 – 7 %. Nilai penyerapan air yang diperoleh sebesar 2,04%. Hasil dari uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat Pasir Kering Mutlak, Bk (gr)	490
Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka, SSD (gr)	500
Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air, Bt (gr)	977,50
Berat piknometer Berisi Air, B (gr)	661
Berat Jenis Curah, $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,67
Berat Jenis Jenuh Kering Muka, $500 / (B + 500 - Bt)$	2,72
Berat Jenis Semu, $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,82
Penyerapan Air, $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$ (gr)	2,04

### 3.1.1.3. Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur

Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh berat volume agregat halus pada kondisi padat sebesar  $1,95 \text{ gr/cm}^3$  dan pada kondisi gembur sebesar  $1,62 \text{ gr/cm}^3$ . Selisih antara kedua nilai tersebut adalah  $0,33 \text{ gr/cm}^3$ . Data berat volume ini digunakan untuk mempermudah perhitungan proporsi campuran yang akan dijadikan acuan dalam perencanaan pembuatan *paving block*. Menurut Kusumawardhana (2018), semakin kecil perbedaan antara berat volume padat dan gembur, semakin baik kualitas gradasi agregat yang digunakan. Hasil dari uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	5210
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku, W2 (gr)	8438
Berat Agregat, W3 = W2 – W1 (gr)	3228
Volume Tabung, V (cm <sup>3</sup> )	1656
Berat Volume Padat, W3 / V (gr/ cm <sup>3</sup> )	1,95

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat Tabung, W1 (gr)	5210
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku, W2 (gr)	7898
Berat Agregat, W3 = W2 – W1 (gr)	2688
Volume Tabung, V (cm <sup>3</sup> )	1656
Berat Volume Padat, W3 / V (gr/ cm <sup>3</sup> )	1,62

#### 3.1.1.4. Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kandungan Lumpur dalam Pasir)

Pengujian kandungan lumpur mengacu pada SNI 03-4142-1996 menunjukkan kadar lumpur sebesar 4,5% Mengacu pada Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), fraksi agregat halus yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) diperbolehkan maksimum hingga 5%. Hasil dari uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Pada Pasir

Uraian	Hasil Pengamatan Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven, W1 (gr)	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci, W2 (gr)	478
Berat yang Lolos Ayakan No 200, $(W1 - W2 / W1) \times 100\%$ (gr)	4,5%

#### 3.1.2. Semen

Semen Portland merupakan bahan pengikat utama dalam pembuatan beton. Berdasarkan ASTM C-150 (1985), semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan melalui penggilingan klinker dengan penambahan kalsium sulfat. Menurut (SNI 15-2049-2004), semen Portland diklasifikasikan menjadi lima tipe, yaitu Tipe I (penggunaan umum), Tipe II (ketahanan sulfat sedang dan panas hidrasi moderat), Tipe III (kuat awal tinggi), Tipe IV (panas hidrasi rendah), dan Tipe V (ketahanan sulfat tinggi). Penelitian ini menggunakan semen Portland Tipe I merek Tiga Roda.

#### 3.1.3. Air

Menurut Mulyono (2005), air merupakan komponen esensial dalam campuran beton karena berperan dalam hidrasi semen dan pembentukan pasta semen yang menentukan kelecakan (*workability*). Jumlah dan kualitas air harus dikontrol, karena kelebihan air meningkatkan porositas dan menurunkan mutu beton, sedangkan kekurangan air menghambat hidrasi. Berdasarkan SNI 03-6861.1-2002, air pencampur beton harus bebas kotoran, lumpur, minyak, dan benda terapung, dengan kandungan zat terlarut maksimum 2 g/L, garam merusak  $\leq 15 \text{ g/L}$ , ion klorida ( $\text{Cl}^-$ )  $\leq 0,5 \text{ g/L}$ , dan sulfat ( $\text{SO}_3$ )  $\leq 1 \text{ g/L}$ . Pada penelitian ini digunakan air biasa dari kran lokasi penelitian.

### 3.1.4. Plastik HDPE

Plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) merupakan plastik termoplastik dengan kode daur ulang 2 yang umum digunakan untuk kemasan makanan dan minuman, botol, galon air, serta kantong belanja. HDPE memiliki kepadatan molekul lebih tinggi sehingga bersifat kuat, tahan benturan, cukup lentur, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap bahan kimia, kelembapan, dan suhu rendah (Khaq & Damara, 2024). Dalam penelitian ini, HDPE digunakan sebagai lapisan atas *paving block*.

### 3.1.5. Abu Batu

Abu batu merupakan material hasil sampingan pemecahan batu dengan ukuran butir halus (<4,75 mm), termasuk kategori agregat halus. Material ini banyak digunakan dalam beton, *paving block*, dan perkerasan karena mampu mengisi rongga antar agregat, meningkatkan kepadatan, memperbaiki sifat mekanik seperti kuat tekan dan ketahanan aus, serta menurunkan porositas dan daya serap air. Berdasarkan SNI 03-2461-2002, abu batu diklasifikasikan sebagai agregat halus yang dapat menggantikan pasir. Abu batu yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari lokasi penelitian.

## 3.2. Perhitungan Kebutuhan Campuran

Komposisi campuran *paving block* ditetapkan untuk menentukan proporsi bahan yang diperlukan. Rasio campuran semen–pasir yang digunakan adalah 1:6, dengan ketebalan lapisan paving pasir–semen 5,3 cm, sedangkan lelehan plastik dan abu batu diaplikasikan sebagai lapisan atas setebal 0,7 cm sesuai variasi yang dirancang. Rekapitulasi kebutuhan bahan untuk setiap variasi disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Kebutuhan Bahan Susun *Paving Block*

Variasi	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	Plastik (kg)
100% pasir+semen dan 0% plastic + abu batu	4,0152	24,0910	0	0
88,33% pasir + semen dan 10,91% plastic + 0,76% abu batu	3,5467	21,2803	0,1613	0,0112
88,33% pasir + semen dan 10,15% plastic + 1,52% abu batu	3,5467	21,2803	0,1501	0,0224
88,33% pasir + semen dan 9,39% plastik + 2,28% abu batu	3,5467	21,2803	0,1389	0,0336
Total	14,6553	87,9320	0,4711	0,0464

## 3.3. Pengaruh Lapisan Plastik terhadap Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan *paving block* mengalami kerusakan atau hancur ketika diberikan gaya tekan tertentu menggunakan mesin uji tekan (SNI 03-1968-1990). Menurut (SNI 03-1968-1990), perhitungan kuat tekan atau kuat desak dilakukan menggunakan Persamaan 1.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

$\sigma$  = Kuat tekan/kuat desak *paving block* (kg/cm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

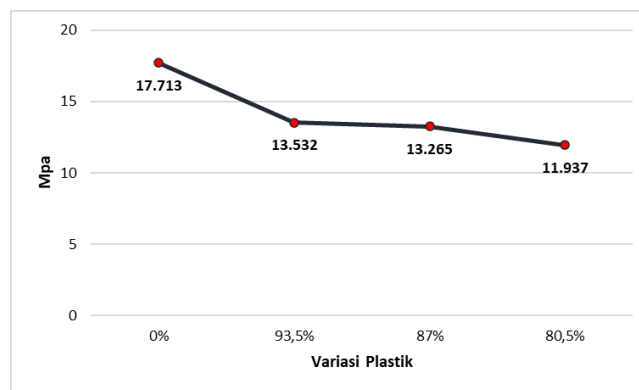
Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa *paving block* tanpa lapisan plastik (0%) memiliki nilai kuat tekan rata-rata tertinggi dan memenuhi klasifikasi mutu C berdasarkan SNI 03-0691-1996. Penambahan lapisan plastik pada variasi 93,5%, 87%, dan 80,5% menyebabkan penurunan kuat tekan sehingga termasuk dalam mutu D. Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya ketebalan beton struktural dan lemahnya ikatan antarmuka antara beton dan lapisan plastik. Plastik bersifat non-reaktif terhadap semen, sehingga ikatan yang terbentuk bersifat mekanis, bukan kimia. Tjokrodinuljo (2007) menyatakan bahwa material non-mineral yang tidak terintegrasi secara homogen dalam matriks beton dapat membentuk bidang lemah yang mempercepat kegagalan saat pembebanan tekan. Temuan ini menunjukkan bahwa lapisan plastik berfungsi lebih sebagai lapisan fungsional permukaan dibandingkan elemen struktural. Berdasarkan hasil pengujian, mutu *paving block* pada setiap variasi

diklasifikasikan sesuai ketentuan SNI 03-0691-1996. Rekapitulasi hasil uji ketahanan aus dan klasifikasi mutu setiap variasi disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Berlapis Plastik (0,7 cm) dengan Variasi Plastik dan Abu Batu

No	Variasi Plastik	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Mutu Paving Blok	Fungsi
1	0%	17,713	C	Pejalan Kaki
2	93,5%	13,532	D	Taman
3	87%	13,265	D	Taman
4	80,5%	11,937	D	Taman

Hasil pengujian kuat tekan direkapitulasi dan dianalisis secara komparatif antarvariasi. Hasil ini disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah pemahaman dan interpretasi data. Nilai rata-rata kuat tekan *paving block* ditampilkan Gambar 2.



**Gambar 2.** Kuat Tekan Rata-Rata

### 3.4. Pengaruh Lapisan Plastik terhadap Daya Serap Air

Daya serap air pada *paving block* merupakan persentase air yang dapat diserap melalui pori-porinya, diperoleh dengan membandingkan berat *paving block* dalam kondisi kering dan basah. Berat kering diukur setelah benda uji dioven pada suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Berdasarkan hasil pengujian, nilai daya serap air dihitung sesuai ketentuan SNI 03-0691-1996 seperti pada Persamaan 2.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

A = berat paving basah

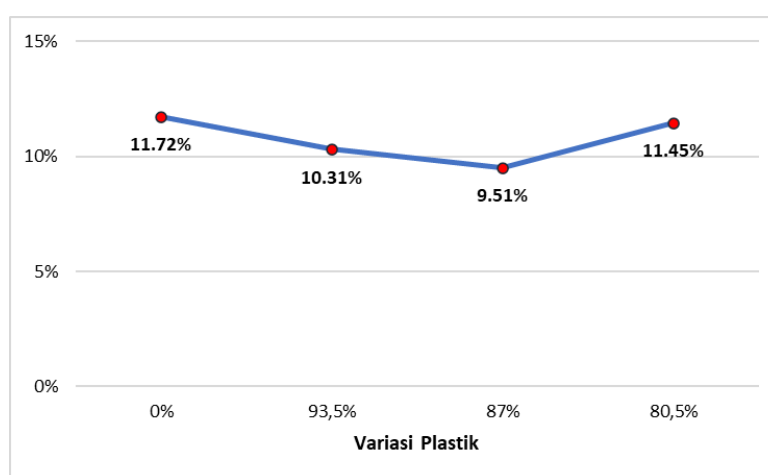
B = berat paving kering

Pengujian daya serap air pada *paving block* dilakukan setelah lapisan plastik dilepas untuk mencegah pelelehan selama pengeringan pada suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  sesuai SNI 03-0691-1996. Pelelehan plastik berpotensi memengaruhi hasil penimbangan dan menurunkan akurasi data. Dengan dilepasnya lapisan plastik, nilai daya serap air mencerminkan karakteristik beton paving yang tersusun dari campuran pasir dan semen, tanpa pengaruh fisik atau termal dari plastik. Variasi daya serap antar benda uji lebih dipengaruhi oleh faktor internal beton, seperti kepadatan, homogenitas campuran, dan variasi pemadatan saat pencetakan. Tjokrodimuljo (2007) menyatakan bahwa distribusi pori dan kepadatan beton sangat menentukan kemampuan penyerapannya. Berdasarkan hasil perhitungan daya serap air *paving block* pada seluruh variasi yang diuji, dilakukan pengelompokan mutu *paving block* dengan mengacu pada ketentuan SNI 03-0691-1996. Rekapitulasi hasil pengujian ketahanan aus beserta klasifikasi mutu untuk setiap variasi disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Daya Serap Air *Paving Block* Berlapis Plastik (0,7 cm) dengan Variasi Plastik dan Abu Batu

No	Variasi Plastik	Penyerapan Air Rata-rata (%)	Mutu Paving Blok	Fungsi
1	0%	11,717	-	-
2	93,5%	10,310	-	-
3	87%	9,507	D	Taman
4	80,5%	11,454	-	-

Hasil pengujian daya serap air direkapitulasi dan dianalisis secara komparatif antarvariasi. Hasil ini disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah pemahaman dan interpretasi data. Nilai rata-rata daya serap air *paving block* ditampilkan Gambar 3.



**Gambar 3.** Daya Serap Air Rata-Rata

### 3.5. Pengaruh Lapisan Plastik terhadap Ketahanan Aus

Menurut Nurul Ihsan (2022) keausan adalah hilangnya material secara progresif atau pindahnya sejumlah material dari suatu permukaan sebagai hasil dari pergerakan relatif antara permukaan tersebut dengan permukaan lain. Untuk menentukan nilai ketahanan aus *paving block*, dilakukan pengujian yang mengacu pada SNI 03-0691-1996, dengan perhitungan menggunakan Persamaan 3.

$$D = 1,27 G + 0,0246 \quad (3)$$

Keterangan:

D = ketahanan aus (mm/menit)

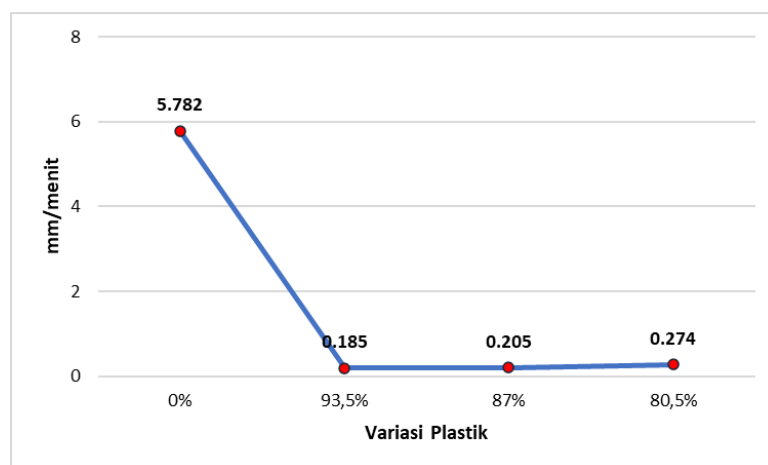
G = kehilangan berat/lama pengausan (gram/menit)

Hasil pengujian ketahanan aus menunjukkan bahwa *paving block* berlapis plastik memiliki ketahanan aus lebih baik dibandingkan *paving block* tanpa lapisan plastik. Variasi dengan kandungan plastik 93,5% menunjukkan nilai keausan terendah dan memenuhi klasifikasi mutu berdasarkan SNI 03-0691-1996. Peningkatan ketahanan aus ini disebabkan oleh sifat plastis dan elastis lapisan HDPE yang mampu menyerap dan mendistribusikan gaya gesek secara efektif. Kamaliah (2019) menyatakan bahwa plastik memiliki ketahanan terhadap abrasi dan korosi lebih baik dibandingkan material mineral konvensional. Namun, pada variasi dengan penambahan abu batu lebih tinggi, ketahanan aus cenderung menurun akibat berkurangnya homogenitas lapisan plastik–abu batu dan menurunnya kohesi antarpartikel. Berdasarkan hasil pengujian seluruh variasi, mutu *paving block* diklasifikasikan sesuai ketentuan SNI 03-0691-1996. Rekapitulasi hasil pengujian ketahanan aus dan klasifikasi mutu setiap variasi disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Ketahanan Aus *Paving Block* Berlapis Plastik (0,7 cm) dengan Variasi Plastik dan Abu Batu

No	Variasi Plastik	Ketahanan Aus Rata-rata (mm/menit)	Mutu Paving Blok	Fungsi
1	0%	5,782	-	-
2	93,5%	0,185	C	Pejalan Kaki
3	87%	0,205	D	Taman
4	80,5%	0,274	D	Taman

Hasil pengujian ketahanan aus direkapitulasi dan dianalisis secara komparatif antarvariasi. Hasil ini disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah pemahaman dan interpretasi data. Nilai rata-rata ketahanan aus *paving block* ditampilkan Gambar 4.



**Gambar 4.** Ketahanan Aus Rata-Rata

### 3.6. Analisis Ekonomi *Paving Block* Berlapis Plastik

Biaya produksi harus dicatat dan diklasifikasikan sesuai perilaku biaya agar penentuan harga jual akurat. Menurut Ersyafdi (2021), biaya merupakan pengorbanan sumber daya ekonomi yang dapat diukur dengan satuan uang untuk mencapai tujuan tertentu. Dalam perusahaan manufaktur, biaya produksi dikelompokkan menjadi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya overhead pabrik (Mulyadi, 2020). Perhitungan harga pokok produksi dapat dilakukan dengan pendekatan *full costing* maupun *variable costing*. *Full costing* memperhitungkan seluruh unsur biaya produksi, termasuk biaya bahan baku, tenaga kerja langsung, serta biaya overhead pabrik tetap dan variabel (Mulyadi, 2018). *Variable costing* hanya memasukkan biaya produksi variabel, yaitu bahan baku, tenaga kerja langsung, dan overhead variabel. Dalam penelitian ini, biaya produksi dihitung sebagai biaya bruto, dengan potensi konversi menjadi biaya netto jika didukung subsidi pemerintah untuk limbah plastik.

Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa penambahan lapisan plastik meningkatkan biaya produksi *paving block* dibandingkan produk konvensional. Kenaikan biaya disebabkan oleh tambahan material plastik, konsumsi energi untuk proses pelelehan, dan waktu produksi yang lebih panjang. Meskipun demikian, *paving block* berlapis plastik memiliki potensi sebagai produk ramah lingkungan dengan ketahanan permukaan lebih baik. Keberlanjutan penerapan teknologi ini bergantung pada dukungan kebijakan, seperti subsidi pengelolaan limbah plastik atau insentif pemerintah daerah, agar produk tetap kompetitif secara ekonomi. Kenaikan harga *paving block* akibat penambahan limbah plastik disajikan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Hasil Perhitungan Biaya Produksi *Paving Block*

Jenis <i>Paving Block</i>	Harga per buah	Kenaikan harga karena penggunaan limbah plastik
100% pasir + semen dan 0% plastik + abu batu	RP1993,70	0%
88,33% pasir + semen dan 10,91% plastik + 0,76% abu batu	Rp3176,18	59.31%
88,33% pasir + semen dan 10,15% plastik + 1,52% abu batu	Rp3035,81	57.29%
88,33% pasir + semen dan 9,39% plastik + 2,28% abu batu	Rp2995,45	55.26%.

#### 4. Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan lapisan limbah plastik berpengaruh terhadap karakteristik teknis *paving block*. Kuat tekan *paving block* berlapis plastik lebih rendah dibandingkan blok konvensional; blok tanpa lapisan plastik (0%) memiliki rata-rata 17,713 MPa dan memenuhi mutu C untuk fungsi pejalan kaki, sedangkan blok dengan lapisan plastik 93,5%, 87%, dan 80,5% masing-masing memiliki kuat tekan 13,532 MPa; 13,265 MPa; dan 11,937 MPa, termasuk mutu D dan direkomendasikan untuk area taman.

Penambahan plastik memberikan efek positif terhadap ketahanan aus. *Paving block* konvensional memiliki nilai keausan tertinggi 5,782 mm/menit, sedangkan variasi 93,5% menunjukkan ketahanan aus terbaik 0,185 mm/menit, memenuhi mutu C untuk fungsi pejalan kaki. Variasi 87% dan 80,5% memiliki nilai ketahanan aus 0,205 mm/menit dan 0,274 mm/menit.

Pengujian daya serap air menunjukkan nilai daya serap terendah diperoleh pada variasi 87% sebesar 9,507%, yang termasuk dalam mutu D (untuk penggunaan taman). Sementara itu, *paving block* konvensional memiliki daya serap sebesar 11,717%. Pada variasi 93,5% dan 80,5%, masing-masing diperoleh nilai sebesar 10,310% dan 11,454%.

Dari aspek ekonomi, penggunaan limbah plastik meningkatkan biaya produksi sebesar 55,26%–59,31% dibandingkan blok konvensional. Wawancara dengan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman dan Provinsi DIY menunjukkan tidak adanya subsidi langsung bagi produsen. Kondisi ini membuat harga produk kurang kompetitif, sehingga minat masyarakat terhadap *paving block* berlapis limbah plastik tetap terbatas meskipun memiliki keunggulan teknis pada ketahanan aus.

#### 5. Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia atas dukungan fasilitas laboratorium dan penyediaan material penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta atas informasi dan data yang mendukung analisis ekonomi dalam penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI 03-1968-1990)*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). *Bata Beton (Paving Block) (SNI 03-0691-1996)*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2002)*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). *Semen Portland (SNI 15-2049-2004)*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 03-1970-2008)*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Spesifikasi Agregat Beton (SNI 8321-2834-2016)*.
- Dessy Wulan Sari, F. A. (2005). *Kinerja Beton Beserat Karet Pasca Kebakaran*. Universtias Riau.
- Fauziyyah, N., Irwansyah, R., Eryafdi, I. R., Manurung, S., Sholihat, W., Corrina, F., Suharmiyati, Nainggolan, C. D., Listya, K., Ahmadi, L. P., Bairizki, A., Hidayadi, T., Prabowo, M. A., Pattiapon, M. L., & Utami, F. (2021). *Akuntansi biaya*. Widina Bhakti Persada Bandung.
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K.

- (2015). Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science (New York, N.Y.)*, 347, 768–771.
- Kamaliah. (2019). *Pemanfaatan Limbah Sampah Plastik Menjadi Bata Beton*.
- Khaq, N. A., & Damara, B. (2024). Analisa Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Paving Block. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 24(3), 2548.
- Kusumawardhana, I. (2018). *Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Beton Limbah Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Beton Normal*. Universitas Islam Indonesia.
- Mulyadi. (2018). *Akutansi Biaya* (5 ed.). UPP STIM YKPN.
- Mulyadi. (2020). *Akutansi Biaya*. UPP STIM YKPN.
- Mulyono. (2005). *Kamus Kimia*. Bumi Aksara.
- Munthe, R. N. (2023). Penanganan Limbah Sampah Plastik Berbasis Kearifan Lokal di Kelurahan Sirandorung Kabupaten Labuhanbatu. *Inspiratif Pendidikan*, 11(2), 424–436.
- Nurul Ihsan, M., Wicaksono, D., & Sehonno, S. (2022). Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Limbah Organik Menggunakan Metode Ogoshi. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(1), 92–96.
- Shirvanimoghaddam, K., Motamed, B., Ramakrishna, S., & Naebe, M. (2020). Death by waste: Fashion and textile circular economy case. *Science of the Total Environment*, 718(February 2020).
- Tjokrodimujo, K. (1995). *Teknologi Beton*. Universitas Gadjah Mada.
- Tjokrodimujo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Universitas Gadjah Mada.