



Scripta Technica: Journal of Engineering and Applied Technology

Vol 2 No 1 June 2026, Hal. 145-159
ISSN:3110-0775(Print) ISSN: 3109-9696(Electronic)
Open Access: <https://scriptainteletektual.com/scripta-technica>

Analisis Sifat Fisik dan Mekanik *Paving Block* dengan Penambahan Plastik dan *Crumb Rubber*

Benigno Faza Akbari^{1*}, Muhammad Aufa Ahda Athoillah², Juny Andry Sulisty³

¹⁻³ Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Indonesia

email: benignofaza99@gmail.com¹

Article Info :

Received:
10-01-2026
Revised:
23-02-2026
Accepted:
24-02-2026

Abstract

Paving blocks are construction materials made from a mixture of cement, sand, aggregate, and water. Typically, paving blocks are molded in square or rectangular shapes and are used as surface coverings for roads, sidewalks, parking lots, and other public areas. One of the reasons why paving blocks are popular is because of their load-bearing ability, durability, and aesthetic appearance. This research aims to analyze paving blocks used in construction. Another objective of the research conducted was to analyze the opportunity of using added materials, namely recycled plastic and crumb rubber in making paving blocks, which aims to produce quality and sustainable products. In experimental research, the first step is to determine the variation in the composition of the additives used. Next, paving blocks are made through a dry mixing process until they are homogeneous, then molded using hexagonal molds and compacted manually. After that, the test objects undergo a curing process for 28 days before testing. Testing of paving blocks includes compressive strength and water absorption tests to determine the effect of adding additives on the quality and performance of the modified paving blocks. The results showed that the addition of plastic and crumb rubber can increase the strength of paving blocks and ensure flexibility and the product itself, reduce production costs and effective use of industrial waste.

Keywords: *Blocks, Recycled HDPE Plastic, Crumb Rubber, Compressive Strength, Water Absorption.*

Abstrak

Paving block adalah material konstruksi yang terbuat dari campuran semen, pasir, agregat, dan air. Biasanya, paving block dicetak dalam bentuk persegi atau persegi panjang dan digunakan sebagai penutup permukaan jalan, trotoar, parkir, dan area publik lainnya. Salah satu alasan mengapa paving block populer adalah karena kemampuannya dalam menahan beban, daya tahan, serta penampilannya yang estetik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis paving block yang digunakan dalam konstruksi. Tujuan lain dari penelitian yang dilakukan adalah menganalisis peluang penggunaan bahan tambah yaitu plastik daur ulang dan crumb rubber dalam membuat paving block, yang bertujuan untuk menghasilkan produk berkualitas dan berkelanjutan. Dalam penelitian dengan cara eksperimen, dengan langkah awal menentukan variasi komposisi bahan tambah yang digunakan, kemudian dilakukan pembuatan paving block dengan proses pencampuran kering hingga homogen, kemudian dicetak menggunakan cetakan berbentuk segi enam dan dipadatkan secara manual. Setelah itu, benda uji dilakukan proses curing selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian, kemudian pengujian terhadap paving block meliputi uji kuat tekan dan uji daya serap air untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan tambah terhadap kualitas dan performa paving block hasil modifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan plastik dan crumb rubber dapat meningkatkan kekuatan pada paving block dan menjamin fleksibilitas dan pada produk itu sendiri, menurunkan biaya produksi serta efektif dalam penggunaan sampah limbah industri.

Kata kunci: *Paving Block, Plastik HDPE Daur Ulang, Crumb Rubber, Kuat Tekan, Daya Serap Air.*



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Perkembangan aktivitas industri dan perubahan pola konsumsi masyarakat telah meningkatkan volume limbah padat yang sulit terurai di lingkungan, khususnya limbah plastik dan ban bekas yang terus mengalami akumulasi dari waktu ke waktu. Limbah plastik menunjukkan karakteristik non-biodegradable yang menyebabkan proses degradasi berlangsung sangat lambat sehingga berpotensi mencemari tanah dan air dalam jangka panjang sebagaimana dicatat oleh Roslan et al. (2025). Produksi

karet global yang semakin meningkat turut menghasilkan limbah ban dalam jumlah besar yang menjadi salah satu sumber pencemar lingkungan padat yang signifikan menurut Habib et al. (2023). Material berbasis polimer seperti plastik dan karet memiliki stabilitas kimia tinggi yang menyebabkan keduanya sulit mengalami dekomposisi alami di lingkungan terbuka sebagaimana dijelaskan oleh Asnur dan Yunita (2023). Kondisi tersebut mendorong upaya pemanfaatan limbah menjadi material konstruksi alternatif yang memiliki nilai guna teknis sekaligus berkontribusi terhadap pengurangan beban lingkungan seperti yang diuraikan oleh Prasetya (2024).

Produksi material konstruksi konvensional seperti semen memberikan kontribusi besar terhadap emisi karbon global sehingga pemanfaatan bahan alternatif berbasis limbah menjadi fokus penelitian terkini pada sektor teknik sipil sebagaimana dipaparkan oleh Iftikhar et al. (2023). Substitusi sebagian material pengikat menggunakan limbah plastik pada campuran paving block mampu meningkatkan kekuatan tekan sekaligus menurunkan daya serap air pada produk akhir menurut Kapita et al. (2023). Penelitian oleh Awodiji et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan limbah plastik rumah tangga sebagai bahan pengikat pada campuran pasir menghasilkan paving block dengan kekuatan tekan yang cukup baik untuk aplikasi beban ringan. Inovasi penggunaan polyethylene terephthalate sebagai pengganti sebagian semen juga mampu mempengaruhi karakteristik daya serap air paving block seperti yang dilaporkan oleh Al Hidayat et al. (2025). Penggunaan material alternatif berbasis limbah ini membuka peluang pengembangan produk konstruksi ramah lingkungan yang tetap memenuhi persyaratan teknis sebagaimana diatur dalam standar mutu material bangunan.

Standar mutu teknis paving block seperti kekuatan tekan dan daya serap air telah diatur dalam SNI 03-0691-1996 yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional (1996) sebagai acuan dalam pengujian material perkerasan. Parameter tersebut menjadi indikator utama dalam menentukan kelayakan paving block untuk aplikasi struktural maupun non-struktural pada konstruksi perkerasan jalan dan halaman. Penambahan material limbah sebagai bahan substitusi atau bahan tambah perlu diuji secara komprehensif agar tidak menurunkan performa mekanik produk akhir sebagaimana diungkapkan oleh Naufaldi et al. (2025). Karakteristik fisik dan mekanik paving block sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran serta jenis material tambahan yang digunakan dalam proses produksi menurut Asnur dan Yunita (2023). Pengujian laboratorium terhadap variasi campuran material alternatif menjadi langkah penting dalam memastikan kesesuaian produk dengan standar teknis yang berlaku secara nasional.

Penggunaan crumb rubber dari limbah ban bekas sebagai bahan tambah pada paving block memberikan pengaruh terhadap sifat elastisitas serta ketahanan material terhadap beban dinamis sebagaimana dijelaskan oleh Habib et al. (2023). Penambahan material berbasis karet pada campuran beton mampu meningkatkan ketahanan retak dan deformasi pada struktur perkerasan ringan menurut Kapita et al. (2023). Kombinasi limbah plastik dan crumb rubber berpotensi menghasilkan material paving block dengan karakteristik mekanik yang lebih adaptif terhadap perubahan beban dan kondisi lingkungan sebagaimana ditunjukkan oleh Iftikhar et al. (2023). Integrasi kedua jenis limbah dalam satu komposisi campuran masih memerlukan kajian lebih lanjut untuk memperoleh proporsi optimal yang menghasilkan performa terbaik sebagaimana disampaikan oleh Prasetya (2024). Upaya eksplorasi komposisi campuran alternatif ini menjadi langkah penting dalam pengembangan material konstruksi berkelanjutan berbasis limbah.

Penelitian terdahulu telah mengkaji pemanfaatan limbah plastik maupun crumb rubber secara terpisah dalam campuran paving block dengan hasil yang menunjukkan peningkatan pada beberapa parameter mekanik dan fisik material menurut Awodiji et al. (2021). Penggunaan high-density polyethylene sebagai bahan pengikat alternatif menunjukkan potensi dalam meningkatkan kualitas produk paving block berbasis limbah plastik sebagaimana dilaporkan oleh Roslan et al. (2025). Kajian mengenai pengaruh variasi bahan tambah terhadap daya serap air juga menunjukkan bahwa komposisi campuran memiliki peran penting dalam menentukan kinerja material menurut Al Hidayat et al. (2025). Evaluasi terhadap sifat fisik seperti porositas dan ketahanan air menjadi aspek penting dalam menilai kualitas paving block berbasis material alternatif sebagaimana dikemukakan oleh Naufaldi et al. (2025). Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengetahui pengaruh kombinasi kedua jenis limbah terhadap karakteristik paving block secara simultan.

Penelitian ini difokuskan pada analisis pengaruh penambahan limbah plastik dan crumb rubber terhadap sifat fisik dan mekanik paving block sebagai material perkerasan ringan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah campuran material alternatif tersebut mampu memenuhi persyaratan mutu

teknis yang berlaku pada produk paving block. Variasi komposisi limbah dalam campuran diharapkan dapat menghasilkan produk dengan kekuatan tekan yang optimal serta daya serap air yang rendah. Evaluasi terhadap performa material dilakukan melalui pengujian laboratorium terhadap parameter fisik dan mekanik utama. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan rekomendasi komposisi campuran terbaik untuk pengembangan paving block ramah lingkungan berbasis limbah plastik dan karet remah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk mengevaluasi pengaruh variasi penambahan plastik daur ulang jenis High-Density Polyethylene (HDPE) dan crumb rubber terhadap sifat fisik serta mekanik paving block dengan mutu rencana K-180. Benda uji yang digunakan berbentuk segi enam berdiameter 20 cm dan tinggi 6 cm dengan jumlah 14 variasi campuran yang masing-masing terdiri dari tiga sampel uji. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari untuk mengetahui parameter kuat tekan dan daya serap air sebagai indikator performa material. Seluruh rangkaian pengujian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Data penelitian yang digunakan merupakan data primer yang diperoleh secara langsung melalui hasil pengujian laboratorium terhadap setiap variasi campuran paving block.

Proses penelitian diawali dengan pemeriksaan karakteristik material penyusun meliputi agregat halus, agregat kasar, semen Portland tipe I, air, plastik HDPE berukuran 1–2 mm, serta crumb rubber berukuran $\leq 4,75$ mm. Perancangan campuran dilakukan berdasarkan ketentuan SNI 03-0691-1996 dengan menetapkan mutu paving block kelas B yang memiliki kuat tekan minimum 20 MPa untuk perkerasan jalan lingkungan. Variasi bahan tambah plastik dan crumb rubber ditentukan sebesar 2% hingga 6% dari berat agregat dalam komposisi campuran semen, pasir, kerikil, dan air. Penetapan faktor air semen dilakukan melalui metode trial mix untuk memperoleh kepadatan dan porositas campuran yang optimal. Proporsi material dihitung dalam satuan kilogram per meter kubik dengan memperhatikan kondisi agregat dalam keadaan kering agar diperoleh hasil campuran paving block yang sesuai standar teknis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan serangkaian pengujian pada bahan, dapat diperoleh hasil pemeriksaan terhadap agregat halus dan kasar. Pengujian ini dilakukan dengan metode analisis saringan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran agregat.

Uji Gradasi Agregat

Tabel 1. Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Kasar

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (gr)	Kumulatif Agregat Tertinggal (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Lolos (%)
1.	12,5	104,5	104,5	20,95	79,05
2.	9,5	110,8	215,3	43,16	56,84
3.	4,75	72	287,3	57,59	42,41
4.	2,36	118,8	406,1	81,4	18,6
5.	1,18	90,2	496,3	99,48	0,52
	PAN	2,5	498,8	99,98	0,02
Jumlah		498,8		302,58	

Sumber : Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Hasil perhitungan analisis saringan agregat kasar pada data diatas menghasilkan nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebesar 3,02. Nilai ini menunjukkan bahwa gradasi agregat kasar berada dalam

rentang yang sesuai dengan ketentuan SNI 03-0691-1996, sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran paving block.

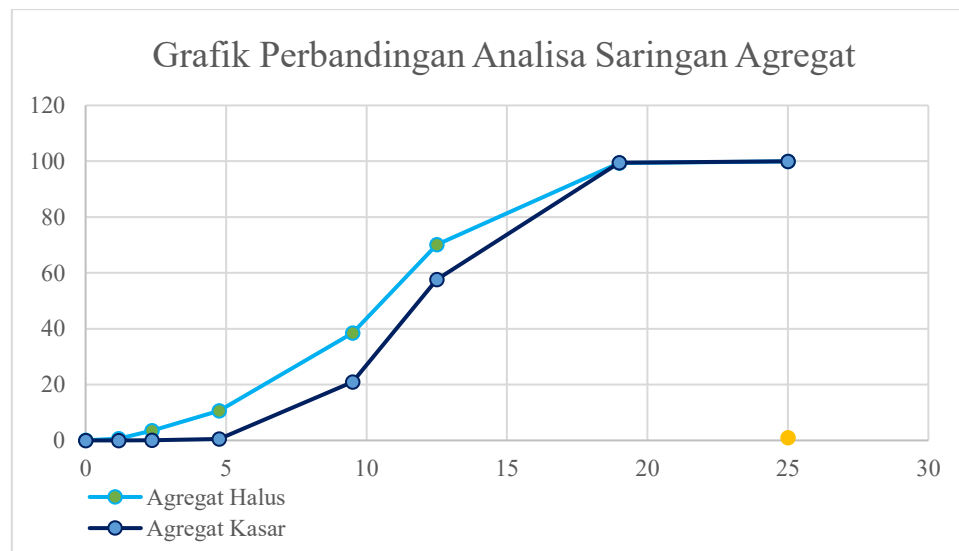
Tabel 2. Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Halus

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (gr)	Kumulatif Agregat Tertinggal (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Lolos (%)
1.	12,5	-	-	-	100
2.	9,5	17,4	17,4	3,49	96,51
3.	4,75	35,2	52,6	10,56	89,44
4.	2,36	139,1	191,7	38,51	61,49
5.	1,18	157,3	349	70,12	29,88
6.	0,6	115,4	464,4	93,31	6,69
7.	0,3	30,3	494,7	99,4	0,6
8.	PAN	2,8	497,5	99,96	0,04
Jumlah		497,5		315,39	

Sumber : Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Berdasarkan pengujian gradasi gradasi agregat halus, diperoleh Modulus Halus Butir (MHB) sebesar 3,15. Hasil ini menunjukkan bahwa agregat halus yang dipakai telah memenuhi syarat gradasi menurut SNI 03-2461-2002 (Spesifikasi Agregat Halus untuk Beton), yakni pada rentang 1,5-3,8, sehingga layak digunakan dalam pembuatan *paving block*.

Perbandingan Agregat Kasar dan Halus



Gambar 1. Perbandingan Analisa Saringan Halus dan Kasar

Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa agregat halus memiliki persentase lolos yang lebih tinggi dibandingkan agregat kasar pada setiap ukuran saringan. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus memiliki distribusi butiran yang lebih kecil dan seragam, sedangkan agregat kasar memiliki butiran yang lebih besar dengan persentase lolos yang lebih rendah.

Uji Berat Jenis Agregat

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

No. Contoh	Berat Kering Oven (g)	Berat Kering Permukaan (g)	Jenuh Air (g)	Berat di Air (g)	Berat Jenis Curah (g)	Berat Jenis Semu (g)	Penyerapan (%)
A	600	606,9	378,26	2,64	2,80	1,15	
B	580	586,67	363,64	2,72	2,88	1,15	
Rata-rata	590	596,78	370,95	2,68	2,84	1,15	

Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh berat jenis curah rata-rata sebesar 2,68 gram, berat jenis semu sebesar 2,84 gram, serta penyerapan air rata-rata 1,15%. Nilai ini sesuai dengan kisaran normal agregat kasar menurut standar (2,6-2,9 gram), sehingga material kerikil/batu pecah yang digunakan layak dipakai dalam campuran *paving block*.

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

No. Contoh	Berat Kering Oven (g)	Berat Kering Permukaan (g)	Jenuh Air (g)	Berat di Air (g)	Berat Jenis Curah (g)	Berat Jenis Semu (g)	Penyerapan (%)
A	398	422	246,13	2,40	2,62	6,05	
B	410	426,03	265,78	2,65	2,84	4,16	
Rata-rata	404	424,01	255,95	2,52	2,73	5,10	

Hasil rata-rata menunjukkan berat jenis curah sebesar 2,52 gram, berat jenis semu sebesar 2,73 gram, dengan penyerapan rata-rata 5,10%. Nilai tersebut masih dalam batas wajar untuk agregat halus (2,5-2,7 untuk berat jenis curah sedangkan 2,6-2,8 gram untuk berat jenis semu), sehingga pasir yang digunakan memenuhi syarat sebagai agregat halus dalam campuran *paving block*.

Uji Kadar Air

Tabel 5. Hasil Pengujian Kandungan Air

No.	Berat Pasir (W_1) (gram)	Berat Pasir (W_2) (gram)	Kadar Agregat Air (%)
1.	500,42	493,15	1,47
2.	498,82	489,92	1,83
Rata-rata			1,65

Dari dua pengulangan diperoleh kadar air masing-masing 1,47% dan 1,83%, sehingga rata-rata kadar air agregat sebesar 1,65%, yang masih berada dibawah batas maksimum 5% menurut SNI 03-1971-1990, sehingga agregat layak digunakan.

Mix Design

Tabel 6 . Volume Semen, Agregat Halus, dan Agregat Kasar untuk 1 Sampel

Untuk 1 Sampel	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar
Perbandingan	1	2,7	1,8
Berat yang dibutuhkan (kg)	0,64	1,77	1,16

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan bahan untuk satu sampel, maka untuk pembuatan 16 buah sampel diperlukan bahan:

Tabel 7. Berat Total Semen, Agregat Halus, dan Agregat Kasar untuk 16 Sampel

Untuk 15 Sampel	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar
Perbandingan	1	2,7	1,8
Berat yang dibutuhkan (kg)	10,24	28,32	18,56

Perolehan total kebutuhan bahan ini menunjukkan estimasi volume material yang diperlukan dalam penelitian, sehingga dapat dipastikan ketersediaan material sesuai dengan jumlah sampel yang direncanakan.

Tabel 8. Komposisi Campuran *Paving Block*

No.	Kode Benda Uji	Pasir (kg)	Semen (kg)	Kerikil (kg)	Faktor Air Semen	Air (kg)	Plastik (kg)	Crumb Rubber (kg)	Jumlah Sampel
1.	N	1,77	0,64	1,16	0,35	0,22	0	0	1
2.	CP0-2	1,71	0,64	1,16	0,35	0,22	0,06	0	1
3.	CP0-4	1,67	0,64	1,16	0,35	0,22	0,12	0	1
4.	CP0-6	1,59	0,64	1,16	0,35	0,22	0,18	0	1
5.	CP2-0	1,71	0,64	1,16	0,35	0,22	0	0,06	1
6.	CP2-2	1,67	0,64	1,16	0,35	0,22	0,06	0,06	1
7.	CP2-4	1,59	0,64	1,16	0,35	0,22	0,12	0,06	1
8.	CP2-6	1,53	0,64	1,16	0,35	0,22	0,18	0,06	1
9.	CP4-0	1,67	0,64	1,16	0,35	0,22	0	0,12	1
10.	CP4-2	1,59	0,64	1,16	0,35	0,22	0,06	0,12	1
11.	CP4-4	1,53	0,64	1,16	0,35	0,22	0,12	0,12	1
12.	CP4-6	1,47	0,64	1,16	0,35	0,22	0,18	0,12	1
13.	CP6-0	1,59	0,64	1,16	0,35	0,22	0	0,18	1
14.	CP6-2	1,53	0,64	1,16	0,35	0,22	0,06	0,18	1
15.	CP6-4	1,47	0,64	1,16	0,35	0,22	0,12	0,18	1
16.	CP6-6	1,41	0,64	1,16	0,35	0,22	0,18	0,18	1
Total		25,5	10,24	18,56		3,52	1,44	1,44	16

Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving

Tabel 9. Hasil Uji Kuat Tekan Paving

No.	Kode Benda Uji	Plastik (%)	Crumb Rubber (%)	Umur (Hari)	Massa (kg)	Kuat Tekan (Mpa)
1.	N	0	0	28	3,55	5,89
2.	CP0-2	2	0	28	3,51	3,21
3.	CP0-4	4	0	28	3,26	2,95
4.	CP0-6	6	0	28	3,02	2,70
5.	CP2-0	0	2	28	3,52	8,92
6.	CP2-2	2	2	28	3,48	4,61
7.	CP2-4	4	2	28	3,23	2,78
8.	CP2-6	6	2	28	2,99	2,31

9.	CP4-0	0	4	28	3,31	15,2
10.	CP4-2	2	4	28	3,27	3,72
11.	CP4-4	4	4	28	3,02	2,57
12.	CP4-6	6	4	28	2,78	2,25
13.	CP6-0	0	6	28	3,05	4,75
14.	CP6-2	2	6	28	3,01	3,60
15.	CP6-4	4	6	28	2,76	2,78
16.	CP6-6	6	6	28	2,52	2,18

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan terlihat bahwa nilai kuat tekan paving normal tanpa bahan tambahan menunjukkan hasil kuat tekan sebesar 5,89 Mpa. Sementara itu penambahan bahan plastik dan *crumb rubber* memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap kuat tekan paving. Pada campuran dengan penambahan *crumb rubber* sebesar 2% - 6%, nilai kuat tekan masih tergolong tinggi, yaitu berkisar 4,75 – 15,2 MPa, yang menunjukkan bahwa penggunaan *crumb rubber* dalam kadar optimum masih mampu meningkatkan kekuatan *paving block* terutama pada variasi CP4-0 yang menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 15,2 MPa. Sebaliknya penambahan plastik dengan kadar tinggi cenderung menurunkan nilai kuat tekan. Hal ini terlihat pada variasi campuran 6% yang hanya menghasilkan kuat tekan sebesar 2,7 - 2,18 Mpa.

Tabel 10. Hasil Rata-Rata Uji Kuat Tekan Paving

No.	Kode Benda Uji	Plastik (%)	Crumb Rubber (%)	Umur (Hari)	Massa (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-Rata Kuat Tekan (Mpa)
1.	N	0	0	28	3,55	5,89	5,89
2.	CP0-2	2	0	28	3,51	3,21	
3.	CP0-4	4	0	28	3,26	2,98	2,96
4.	CP0-6	6	0	28	3,02	2,70	
5.	CP2-2	2	2	28	3,48	4,61	
6.	CP2-4	4	2	28	3,23	3,06	3,32
7.	CP2-6	6	2	28	2,99	2,31	
8.	CP4-2	2	4	28	3,27	3,72	
9.	CP4-4	4	4	28	3,02	2,89	2,95
10.	CP4-6	6	4	28	2,78	2,25	
11.	CP6-2	2	6	28	3,01	3,60	
12.	CP6-4	4	6	28	2,76	2,78	2,85
13.	CP6-6	6	6	28	2,52	2,18	
14.	CP2-0	0	2	28	3,52	8,92	
15.	CP4-0	0	4	28	3,31	15,2	9,62
16.	CP6-0	0	6	28	3,05	4,75	
17.	CP2-2	2	2	28	3,48	4,61	
18.	CP4-2	2	4	28	3,27	3,72	3,97
19.	CP6-2	2	6	28	3,01	3,60	
20.	CP2-4	4	2	28	3,23	3,06	
21.	CP4-4	4	4	28	3,02	2,57	2,80
22.	CP6-4	4	6	28	2,76	2,78	
23.	CP2-6	6	2	28	2,99	2,41	
24.	CP4-6	6	4	28	2,78	2,23	2,35
25.	CP6-6	6	6	28	2,52	2,17	

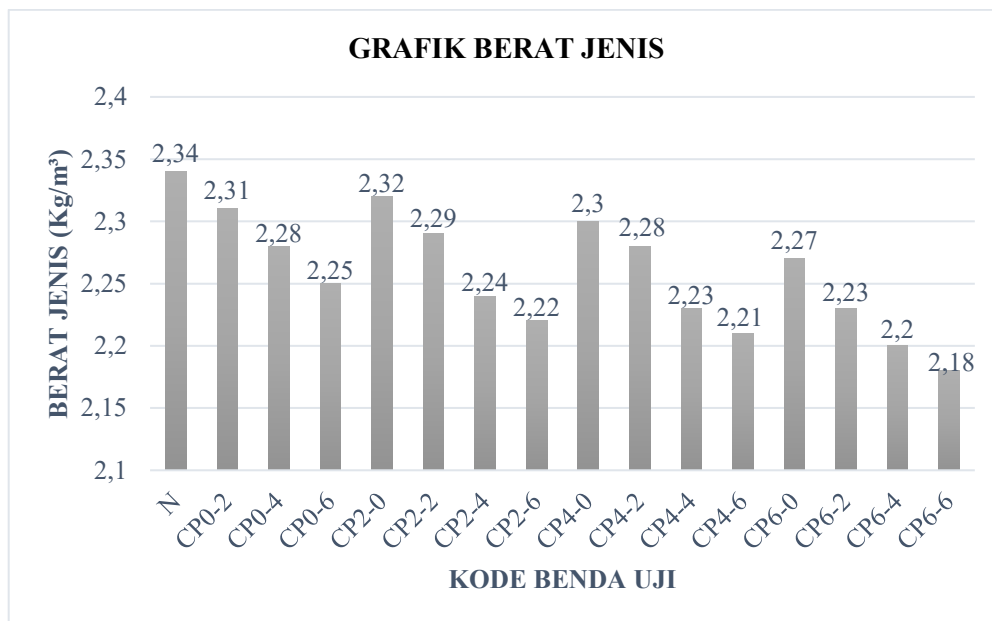
Berdasarkan hasil pengujian pada tabel diatas dapat diketahui bahwa penambahan *crumb rubber* pada paving memberikan kuat tekan yang setara dengan paving normal yang dapat digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus, sedangkan efek penambahan plastik *High-Density Polyethylene* (HDPE) justru mengurangi nilai kuat tekan pada paving. Nilai kuat tekan tertinggi yang diperoleh pada variasi

crumb rubber 2%-6% tanpa plastik HDPE dengan nilai rata-rata 9,62 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada variasi plastik HDPE 6% dengan *crumb rubber* 2%-6% dengan rata-rata sebesar 2,35 MPa.

Berat Volume Paving

Tabel 11. Berat Volume Rata–Rata Paving

No.	Kode Benda Uji	Berat (Kg)	Berat Jenis (Kg/m ³)	Bentuk
1.	N	3,55	2,731	Segi Enam
2.	CP0-2	3,51	2,700	Segi Enam
3.	CP0-4	3,26	2,508	Segi Enam
4.	CP0-6	3,02	2,323	Segi Enam
5.	CP2-0	3,52	2,708	Segi Enam
6.	CP2-2	3,48	2,677	Segi Enam
7.	CP2-4	3,23	2,485	Segi Enam
8.	CP2-6	2,99	2,300	Segi Enam
9.	CP4-0	3,31	2,546	Segi Enam
10.	CP4-2	3,27	2,515	Segi Enam
11.	CP4-4	3,02	2,323	Segi Enam
12.	CP4-6	2,78	2,138	Segi Enam
13.	CP6-0	3,05	2,346	Segi Enam
14.	CP6-2	3,01	2,315	Segi Enam
15.	CP6-4	2,76	2,123	Segi Enam
16.	CP6-6	2,52	1,938	Segi Enam



Gambar 2. Grafik Berat Jenis Paving

Hasil Pengujian Daya Serap Air

Tabel 12. Hasil Uji Daya Serap Air

No.	Kode Benda Uji	Plastik (%)	Crumb Rubber (%)	Umur (Hari)	Berat Kering (Kg)	Berat Basah (Kg)	Penyerapan Air (%)
-----	----------------	-------------	------------------	-------------	-------------------	------------------	--------------------

1.	N	0	0	28	3,55	3,68	0,037
2.	CP0-2	2	0	28	3,51	3,65	0,040
3.	CP0-4	4	0	28	3,26	3,37	0,034
4.	CP0-6	6	0	28	3,02	3,08	0,020
5.	CP2-0	0	2	28	3,52	3,69	0,048
6.	CP2-2	2	2	28	3,48	3,79	0,089
7.	CP2-4	4	2	28	3,23	3,51	0,087
8.	CP2-6	6	2	28	2,99	3,22	0,077
9.	CP4-0	0	4	28	3,31	3,54	0,069
10.	CP4-2	2	4	28	3,27	3,64	0,113
11.	CP4-4	4	4	28	3,02	3,36	0,113
12.	CP4-6	6	4	28	2,78	3,07	0,104
13.	CP6-0	0	6	28	3,05	3,36	0,102
14.	CP6-2	2	6	28	3,01	3,46	0,150
15.	CP6-4	4	6	28	2,76	3,18	0,152
16.	CP6-6	6	6	28	2,52	2,89	0,147

Tabel 13. Hasil Rata-Rata Uji Daya Serap Air

No.	Kode Benda Uji	Plastik (%)	Crumb Rubber (%)	Berat Kering (kg)	Berat Basah (Kg)	Penyerapan Air (%)	Rata-Rata Penyerapan Air (%)
1.	N	0	0	3,55	3,68	0,037	0,037
2.	CP0-2	2	0	3,51	3,65	0,040	0,031
3.	CP0-4	4	0	3,26	3,37	0,034	
4.	CP0-6	6	0	3,02	3,08	0,020	
5.	CP2-2	2	2	3,48	3,79	0,089	0,084
6.	CP2-4	4	2	3,23	3,51	0,087	
7.	CP2-6	6	2	2,99	3,22	0,077	
8.	CP4-2	2	4	3,27	3,64	0,113	0,11
9.	CP4-4	4	4	3,02	3,36	0,113	
10.	CP4-6	6	4	2,78	3,07	0,104	
11.	CP6-2	2	6	3,01	3,46	0,150	0,149
12.	CP6-4	4	6	2,76	3,18	0,152	
13.	CP6-6	6	6	2,52	2,89	0,147	
14.	CP2-0	0	2	3,52	3,52	0,048	0,073
15.	CP4-0	0	4	3,31	3,31	0,069	
16.	CP6-0	0	6	3,05	3,05	0,102	
17.	CP2-2	2	2	3,48	3,69	0,048	0,103
18.	CP4-2	2	4	3,27	3,64	0,113	
19.	CP6-2	2	6	3,01	3,46	0,150	
20.	CP2-4	4	2	3,23	3,51	0,087	0,117
21.	CP4-4	4	4	3,02	3,36	0,113	
22.	CP6-4	4	6	2,76	3,18	0,152	
23.	CP2-6	6	2	2,99	3,22	0,077	0,109
24.	CP4-6	6	4	2,78	3,07	0,104	
25.	CP6-6	6	6	2,52	2,89	0,147	

Hasil pengujian daya serap air pada umur 28 hari menunjukkan bahwa tingkat penyerapan tertinggi diperoleh pada variasi campuran plastik 2% - 6% dengan *crumb rubber* 6%, dengan nilai rata-rata sebesar 0,149%. Sebaliknya nilai terendah terdapat pada variasi plastik 2% - 6% yang hanya mencapai 0,031%.

Perhitungan Beban Maksimum yang dapat dipikul *Paving Block*

Tabel 14. Hasil Perhitungan Beban Maksimum pada *Paving Block*

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Luas Penampang (cm ²)	Beban Maksimum (N)
1.	N	5,89	200	117800
2.	CP0-2	3,21	200	64200
3.	CP0-4	2,95	200	59000
4.	CP0-6	2,70	200	54000
5.	CP2-0	8,92	200	178400
6.	CP2-2	4,61	200	92200
7.	CP2-4	2,78	200	55600
8.	CP2-6	2,31	200	46200
9.	CP4-0	15,2	200	304000
10.	CP4-2	3,72	200	74400
11.	CP4-4	2,57	200	51400
12.	CP4-6	2,25	200	45000
13.	CP6-0	4,75	200	95000
14.	CP6-2	3,60	200	72000
15.	CP6-4	2,78	200	55600
16.	CP6-6	2,18	200	43600

Berdasarkan Tabel 14, terlihat bahwa nilai beban maksimum yang dapat dipikul *paving block* memiliki pola konsisten dengan nilai kuat tekan masing-masing variasi. *Paving normal* menunjukkan nilai beban maksimum, yaitu sebesar 117.800 N, sejalan dengan kuat tekan yang sebesar 5,89 MPa. Untuk variasi dengan penambahan plastik HDPE 2% - 6%, nilai beban maksimum berada pada rentang 54.000 – 64.200 N. Pada varian plastik 2% memiliki nilai beban yang lumayan rendah, yaitu 64.200 N, nilai ini tergolong lebih rendah dibandingkan dengan campuran rubber maupun *paving normal*, namun masih tergolong cukup baik untuk kategori *paving* kelas ringan hingga menengah.

Pada variasi dengan penambahan *crumb rubber* 2% - 6%, memiliki nilai beban maksimum berkisar antara 95.000–304.000 N. Pada *paving* campuran *crumb rubber* 4% menghasilkan beban tertinggi diantara *paving* yang lain yaitu sebesar 304.000 N, hal ini menunjukkan bahwa penambahan *crumb rubber* memiliki pembebanan yang lebih maksimal dibanding dengan campuran plastik maupun *paving normal*. Sementara itu, pada variasi *paving* kombinasi plastik 2% - 6% dan *crumb rubber* 2% - 6%, beban maksimum yang diperoleh berada pada kisaran 43.600–92.200 N. Pada *paving* kombinasi plastik 2% dan *crumb rubber* 2% menghasilkan beban yang relatif tinggi yaitu 92.200 N, namun pada kadar penambahan yang lebih tinggi, nilai beban menurun.

Pengaruh Variasi Kadar Plastik HDPE dan Crumb Rubber terhadap Kuat Tekan *Paving Block*

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa variasi campuran memberikan respons mekanik yang berbeda terhadap penambahan plastik HDPE dan *crumb rubber* sebagai bahan substitusi agregat halus. *Paving block* normal tanpa bahan tambah hanya menghasilkan kuat tekan sebesar 5,89 MPa, nilai yang masih berada di bawah mutu rencana K-180 dan belum memenuhi klasifikasi mutu struktural menurut Badan Standarisasi Nasional (1996). Variasi dengan penambahan *crumb rubber* tunggal memperlihatkan peningkatan signifikan pada kadar tertentu, dimana campuran 4% *crumb rubber* tanpa plastik mencapai kuat tekan maksimum sebesar 15,2 MPa. Nilai tersebut menunjukkan adanya kontribusi positif *crumb rubber* dalam batas optimal, sejalan dengan temuan Habib et al. (2023) yang menyatakan bahwa granula karet dapat meningkatkan kapasitas deformasi sekaligus mempertahankan integritas matriks semen pada kadar terbatas.

Variasi dengan penambahan plastik HDPE menunjukkan kecenderungan penurunan kuat tekan seiring bertambahnya kadar substitusi dari 2% hingga 6%. Campuran dengan kandungan plastik 6% menghasilkan kuat tekan berkisar antara 2,18 MPa hingga 2,70 MPa, jauh lebih rendah dibanding *paving normal*. Fenomena ini mengindikasikan bahwa dominasi partikel polimer dalam matriks semen mengurangi efektivitas ikatan pasta semen dengan agregat, sebagaimana dijelaskan oleh Mustakim et

al. (2023) yang menekankan bahwa limbah plastik cenderung bersifat non-polar dan kurang reaktif terhadap hidrasi semen. Sari et al. (2025) juga menjelaskan bahwa struktur morfologi permukaan plastik yang relatif halus menyebabkan terbentuknya zona transisi antarmuka yang lemah sehingga transfer tegangan tidak berlangsung optimal.

Perbandingan antara variasi crumb rubber dan plastik HDPE menunjukkan bahwa crumb rubber lebih adaptif terhadap distribusi tegangan tekan dibanding plastik padat. Dharmaraj et al. (2022) mengemukakan bahwa crumb rubber memiliki sifat elastomerik yang mampu menyerap sebagian energi beban sehingga mengurangi konsentrasi tegangan mikro pada matriks beton. Kondisi ini selaras dengan hasil penelitian Tanijaya dan Sandy (2025) yang menemukan peningkatan kuat tekan pada kadar crumb rubber rendah akibat efek pengisian dan peningkatan kohesi internal campuran. Nilai kuat tekan 15,2 MPa pada variasi 4% crumb rubber mengindikasikan bahwa kadar tersebut berada pada batas optimum sebelum terjadi penurunan akibat kelebihan partikel elastis.

Kombinasi antara plastik HDPE dan crumb rubber menghasilkan kuat tekan yang relatif lebih stabil dibanding penggunaan plastik tunggal, meskipun nilainya tetap berada di bawah variasi crumb rubber tanpa plastik. Campuran kombinasi menunjukkan bahwa crumb rubber mampu mengurangi dampak negatif plastik terhadap struktur internal paving block. Kapita et al. (2023) menjelaskan bahwa interaksi antara partikel polimer dan agregat dapat menciptakan rongga mikro apabila distribusinya tidak homogen, sehingga keberadaan crumb rubber membantu memperbaiki distribusi tersebut melalui efek fleksibilitasnya. Asnur dan Yunita (2023) juga mencatat bahwa variasi polimer tertentu dalam paving block cenderung menurunkan kuat tekan apabila tidak diimbangi oleh komposisi agregat yang tepat.

Kuat tekan rata-rata tertinggi dalam keseluruhan variasi penelitian ini tercatat sebesar 9,62 MPa, nilai yang masih termasuk dalam kategori mutu D menurut Badan Standarisasi Nasional (1996). Klasifikasi tersebut menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan lebih sesuai untuk area dengan beban ringan seperti taman atau jalur pejalan kaki. Prasetya (2024) dalam tinjauan literturnya menegaskan bahwa substitusi material non-konvensional pada paving block harus dikontrol ketat agar tidak menurunkan performa struktural secara signifikan. Data ini memperlihatkan bahwa hipotesis peningkatan kuat tekan akibat penambahan plastik tidak sepenuhnya terbukti, sementara crumb rubber menunjukkan pengaruh positif pada kadar tertentu.

Hubungan antara kadar bahan tambah dan kuat tekan memperlihatkan pola non-linier yang menunjukkan adanya titik optimum pada komposisi tertentu. Mudiyo dan Sudarno (2019) menyatakan bahwa material berserat atau elastomerik dapat meningkatkan kekuatan tekan hingga batas tertentu sebelum menyebabkan penurunan akibat peningkatan porositas. Efendri et al. (2019) juga menjelaskan bahwa kelebihan crumb rubber dapat menurunkan kepadatan vulkanisat akibat distribusi partikel yang tidak merata, sehingga analoginya berlaku pula pada matriks beton. Pola serupa terlihat pada variasi 6% crumb rubber maupun plastik yang menunjukkan penurunan kuat tekan dibanding kadar 4%.

Interpretasi terhadap keseluruhan hasil menunjukkan bahwa hipotesis mengenai pengaruh signifikan variasi plastik HDPE dan crumb rubber terhadap kuat tekan paving block terbukti secara parsial. Crumb rubber pada kadar 4% terbukti meningkatkan kuat tekan dari 5,89 MPa menjadi 15,2 MPa, sementara peningkatan kadar plastik hingga 6% justru menurunkan kuat tekan hingga mendekati 2 MPa. Roslan et al. (2025) menekankan bahwa pengembangan produk paving berbasis HDPE memerlukan pendekatan rekayasa mutu yang mempertimbangkan kebutuhan teknis dan karakteristik material secara menyeluruh. Mildawati et al. (2022) juga menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik perlu dikaji terhadap proporsi semen dan agregat agar tidak mengorbankan kapasitas tekan material secara drastis.

Pengaruh Variasi Kadar Plastik HDPE dan Crumb Rubber terhadap Daya Serap Air Paving Block

Hasil pengujian daya serap air menunjukkan bahwa variasi kadar plastik HDPE dan crumb rubber memberikan perubahan terhadap kemampuan paving block dalam menyerap air. Paving block normal tanpa bahan tambahan memiliki nilai penyerapan air sebesar 0,037% yang menunjukkan tingkat kerapatan struktur internal yang relatif baik. Variasi kombinasi plastik HDPE dan crumb rubber sebesar 6% menghasilkan nilai penyerapan air tertinggi yaitu sebesar 0,152%. Naufaldi et al. (2025)

menjelaskan bahwa peningkatan substitusi material non-mineral dalam campuran paving block berpotensi memperbesar rongga kapiler akibat berkurangnya kepadatan pasta semen.

Nilai penyerapan air yang meningkat pada variasi campuran dengan plastik HDPE mengindikasikan adanya penurunan kualitas ikatan antara pasta semen dengan agregat. Mildawati et al. (2022) menyatakan bahwa limbah plastik dalam campuran beton cenderung menciptakan zona transisi antarmuka yang kurang kompak karena sifat hidrofobiknya. Karakteristik ini menyebabkan air lebih mudah masuk ke dalam pori-pori mikro yang terbentuk selama proses pengerasan. Al Hidayat et al. (2025) juga menemukan bahwa material berbasis polimer memiliki kecenderungan meningkatkan permeabilitas apabila tidak terdistribusi secara homogen dalam matriks semen.

Penambahan crumb rubber dalam kadar tertentu menunjukkan pengaruh terhadap peningkatan daya serap air yang lebih moderat dibanding plastik HDPE. Fahri dan Tarigan (2021) menjelaskan bahwa crumb rubber memiliki sifat elastis yang mampu mengisi ruang kosong dalam campuran, namun pada kadar tinggi justru dapat membentuk rongga baru akibat distribusi yang tidak merata. Dharmaraj et al. (2022) juga mencatat bahwa substitusi agregat dengan crumb rubber berpotensi meningkatkan porositas apabila jumlah partikel elastomerik melebihi batas optimum. Nilai penyerapan air yang meningkat pada kadar 6% menunjukkan bahwa efek pengisian oleh crumb rubber telah melewati batas efektifnya.

Kombinasi plastik HDPE dan crumb rubber menunjukkan bahwa interaksi kedua material tersebut berkontribusi terhadap peningkatan total porositas campuran. Sari et al. (2025) mengemukakan bahwa polimer termoplastik seperti HDPE memiliki kecenderungan membentuk rongga udara akibat perbedaan modulus elastisitas dengan pasta semen. Habib et al. (2023) menambahkan bahwa crumb rubber juga dapat mempengaruhi distribusi mikrostruktur apabila tidak mengalami proses pencampuran yang optimal. Nilai penyerapan air sebesar 0,152% pada variasi kombinasi 6% mencerminkan adanya peningkatan permeabilitas akibat terbentuknya jalur kapiler internal.

Perbedaan nilai daya serap air antara paving normal dan paving dengan bahan tambah menunjukkan adanya hubungan langsung antara komposisi campuran dan kepadatan struktur internal. Maulia dan Suryanita (2019) menyatakan bahwa paving block dengan tingkat porositas tinggi cenderung memiliki ketahanan rendah terhadap infiltrasi air dan siklus basah-kering. Khairunnisa et al. (2026) juga menegaskan bahwa permeabilitas material beton berpori meningkat seiring bertambahnya bahan substitusi non-konvensional. Peningkatan nilai serapan air pada variasi campuran plastik dan crumb rubber menunjukkan bahwa perubahan mikrostruktur telah terjadi secara signifikan.

Standar mutu daya serap air menurut Badan Standarisasi Nasional (1996) mensyaratkan batas maksimum tertentu untuk memastikan durabilitas paving block terhadap kondisi lingkungan. Nilai serapan air sebesar 0,037% pada paving normal masih berada dalam rentang aman untuk aplikasi perkerasan ringan. Variasi campuran dengan nilai serapan hingga 0,152% menunjukkan adanya potensi penurunan ketahanan terhadap pelapukan akibat penetrasi air. Awodiji et al. (2021) menjelaskan bahwa paving block berbasis limbah plastik memerlukan pengendalian komposisi agar tidak mengalami degradasi kekuatan akibat peningkatan permeabilitas.

Interpretasi terhadap hasil pengujian daya serap air menunjukkan bahwa hipotesis mengenai pengaruh variasi plastik HDPE dan crumb rubber terhadap sifat fisik paving block terbukti secara signifikan. Peningkatan kadar bahan tambah berbanding lurus dengan kenaikan nilai serapan air yang dihasilkan. Roslan et al. (2025) menegaskan bahwa penggunaan HDPE dalam paving block harus mempertimbangkan aspek porositas untuk menjaga kualitas produk akhir. Iftikhar et al. (2023) juga menyatakan bahwa integrasi limbah plastik dalam paving berbasis pasir dapat mempengaruhi kerapatan struktur apabila tidak dilakukan optimasi komposisi campuran secara tepat.

Penentuan Komposisi Optimum Plastik HDPE dan Crumb Rubber Berdasarkan Evaluasi Kinerja Mekanik dan Fisik

Hasil pengujian kuat tekan dan daya serap air menunjukkan bahwa tidak seluruh variasi campuran memberikan performa yang seimbang antara aspek mekanik dan fisik. Campuran dengan crumb rubber 4% tanpa plastik menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 15,2 MPa, sementara paving normal hanya mencapai 5,89 MPa. Variasi dengan plastik HDPE 6% menunjukkan penurunan kuat tekan hingga kisaran 2,18–2,70 MPa disertai peningkatan daya serap air mendekati 0,152%. Pola tersebut memperlihatkan bahwa komposisi optimum tidak hanya ditentukan oleh nilai kuat tekan

tertinggi, tetapi juga oleh kestabilan sifat fisik material secara menyeluruh sebagaimana ditegaskan oleh Badan Standarisasi Nasional (1996) dalam parameter mutu paving block.

Evaluasi terhadap variasi crumb rubber menunjukkan adanya titik optimum pada kadar 4% yang memberikan peningkatan signifikan terhadap kuat tekan tanpa lonjakan serapan air yang ekstrem. Tanijaya dan Sandy (2025) menjelaskan bahwa crumb rubber pada kadar rendah mampu meningkatkan kohesi internal akibat efek pengisian mikrostruktur. Dharmaraj et al. (2022) menambahkan bahwa sifat elastomerik karet memungkinkan redistribusi tegangan tekan secara lebih merata sebelum terjadi retak mikro. Nilai kuat tekan 15,2 MPa pada kadar tersebut menunjukkan bahwa proporsi ini berada dalam rentang efektif sebelum terjadi peningkatan porositas akibat kelebihan partikel elastis.

Evaluasi terhadap variasi plastik HDPE memperlihatkan bahwa peningkatan kadar berbanding terbalik dengan kinerja mekanik paving block. Mustakim et al. (2023) menyatakan bahwa limbah plastik dalam jumlah tinggi cenderung mengurangi kepadatan campuran karena rendahnya adhesi terhadap pasta semen. Sari et al. (2025) melalui analisis morfologi menunjukkan bahwa permukaan polimer yang halus membentuk zona transisi lemah sehingga menghambat transfer tegangan. Nilai kuat tekan yang turun hingga mendekati 2 MPa pada kadar 6% menunjukkan bahwa proporsi tersebut melampaui batas toleransi struktural untuk aplikasi perkerasan ringan.

Perbandingan antara performa mekanik dan fisik menunjukkan bahwa campuran kombinasi plastik dan crumb rubber tidak selalu menghasilkan sinergi yang optimal. Habib et al. (2023) menyatakan bahwa integrasi material daur ulang memerlukan keseimbangan antara sifat elastis dan kepadatan matriks semen. Mildawati et al. (2022) menemukan bahwa peningkatan kadar plastik tanpa rekayasa komposisi semen berpotensi meningkatkan porositas internal. Nilai daya serap air tertinggi sebesar 0,152% pada kombinasi 6% menunjukkan bahwa akumulasi dua material polimer memperbesar jalur kapiler dalam struktur paving block.

Penentuan komposisi optimum harus mempertimbangkan standar mutu teknis yang berlaku agar produk dapat diaplikasikan secara fungsional. Badan Standarisasi Nasional (1996) mengklasifikasikan mutu paving block berdasarkan kuat tekan rata-rata dan batas penyerapan air tertentu. Nilai rata-rata tertinggi penelitian ini sebesar 9,62 MPa masih tergolong dalam kategori mutu D yang diperuntukkan bagi beban ringan. Prasetya (2024) menekankan bahwa material substitusi harus dikontrol agar tidak menurunkan mutu klasifikasi yang ditargetkan dalam desain awal.

Analisis keseimbangan antara kuat tekan dan daya serap air menunjukkan bahwa variasi crumb rubber 4% tanpa plastik merupakan komposisi paling rasional dalam penelitian ini. Kapita et al. (2023) menjelaskan bahwa keberhasilan substitusi limbah plastik dalam paving block sangat dipengaruhi oleh proporsi campuran dan metode pencampuran. Roslan et al. (2025) juga menekankan pentingnya pendekatan rekayasa mutu dalam pengembangan paving berbasis HDPE agar memenuhi kebutuhan teknis pasar. Kadar crumb rubber 4% mampu meningkatkan kuat tekan hingga 15,2 MPa tanpa lonjakan serapan air yang ekstrem dibanding variasi kombinasi tinggi.

Interpretasi keseluruhan data menunjukkan bahwa hipotesis mengenai adanya komposisi optimum terbukti melalui variasi crumb rubber 4% sebagai titik performa terbaik dalam penelitian ini. Nilai kuat tekan meningkat hampir tiga kali lipat dibanding paving normal, sementara peningkatan daya serap air masih dalam batas relatif terkendali. Maulia dan Suryanita (2019) menegaskan bahwa keseimbangan antara kepadatan dan fleksibilitas struktur menentukan keberlanjutan performa paving pada perkerasan ringan. Nasruddin (2017) juga menunjukkan bahwa modifikasi berbasis karet memberikan efek peredaman beban yang menguntungkan selama tidak melebihi proporsi kritis dalam campuran.

KESIMPULAN

Pengujian yang dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan dan Konstruksi Universitas Islam Sultan Agung Semarang menunjukkan bahwa paving normal memiliki nilai daya serap air sebesar 0,037%, sementara penambahan plastik HDPE cenderung menurunkan tingkat penyerapan air hingga berada pada rata-rata di bawah 0,031%, sedangkan penggunaan crumb rubber menghasilkan nilai rata-rata penyerapan air sebesar 0,073%, yang seluruhnya masih jauh di bawah batas maksimum 6% sesuai SNI 03-0691-1996 karena tidak melebihi 0,1%. Hasil pengujian kuat tekan memperlihatkan bahwa campuran crumb rubber mampu meningkatkan kekuatan tekan dibandingkan paving normal dengan nilai rata-rata mencapai 9,62 MPa yang termasuk dalam klasifikasi Mutu D, serta nilai kuat tekan tertinggi sebesar 15,2 MPa diperoleh pada variasi crumb rubber 4%, sedangkan nilai terendah sebesar

2,17 MPa ditemukan pada variasi plastik HDPE 6%, yang mengindikasikan bahwa peningkatan kadar plastik dalam campuran berpengaruh terhadap penurunan kekuatan tekan paving block.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Hidayat, F., Indriani, A. M., Utomo, G., & Harami, F. (2025). Analisis Daya Serap Air Paving Block Dengan Polyethylene Terephthalate Sebagai Pengganti Semen. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 6(2), 118-123. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v6i2.1004>.
- Asnur, H., & Yunita, R. (2023). Perbandingan Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block Normal Dengan Paving Block Variasi Campuran Polystyrene. *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, 1(1), 55-63. <https://doi.org/10.25077/jbkdd.1.1.55-63.2023>.
- Awodiji, C. T. G., Sule, S., & Oguguo, C. V. (2021). Comparative study on the strength properties of paving blocks produced from municipal plastic waste. *Nigerian Journal of Technology*, 40(5), 762-770. <https://doi.org/10.4314/njt.v40i5.1>.
- Badan Standarisasi Nasional (1996). Bata Beton Semen untuk Perkerasan Jalan dan Halaman—Spesifikasi dan Metode Pengujian. *SNI 03-0691-1996*.
- Dharmaraj, R., Manikandan, P., Narayanan, K., Malathy, R., Alagumurugan, R., & Rajalinggam, P. (2022). Study of impact of crumb rubber used as an aggregate in concrete mix. *Materials Today: Proceedings*, 68, 2104-2110. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.371>.
- Efendri, E., Elfidiyah, E., Kharismadewi, D., & Prasetya, H. A. (2019). Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit dan Limbah Crumb Rubber terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Vulkanisat Handgrip Rubber. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 30(2), 445753. <https://doi.org/10.28959/jdpi.v30i2.5437>.
- Fahri, T. M., & Tarigan, J. (2021). Penggunaan Crum Rubber Pada Pembuatan Paving Blok. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(3), 523-533. <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i3.192>.
- Habib M. M., Nurmin Bolong, Ismail Saad, Lilian Gungat, Mokhtar Ibrahim, Janus Tioon, Rosman Pileh, Mark Delton, Lusry Sikun (2023). *Development of Concrete Eco-Paving Blocks using Crumb Rubber Granules and Eco-Processed Pozzolan*. *Transactions on Science and Technology*, 10(2-2), 71-79.
- Iftikhar, B., Alih, S. C., Vafaei, M., Ali, M., Javed, M. F., Asif, U., ... & Amran, M. (2023). Experimental study on the eco-friendly plastic-sand paver blocks by utilising plastic waste and basalt fibers. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17107>.
- Kapita, H., Aswan, M., & Aswan, D. T. C. (2023). Pengujian kuat tekan beton pada paving block berbahan baku limbah plastik. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(2), 5846-5853. <https://doi.org/10.32672/jse.v8i2.5966>.
- Khairunnisa, H., Fadhil, A., & Kurnia, R. D. I. (2026). Studi Awal Permeabilitas Dan Kuat Tekan Beton Berpori Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Industri. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 31(1), 133-143. <https://doi.org/10.36728/jtsa.v31i1.5823>.
- Maulia, I., & Suryanita, R. (2019). Sifat Mekanik Paving Block Komposit Sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable Pavement). *Jurnal Teknik*, 13(1), 9-16. <https://doi.org/10.31849/teknik.v13i1.2558>.
- Mildawati, R., Dewi, S. H., & Syefringga, F. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Sebagai Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Pada Paving Block. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 8(1), 86-97. <https://doi.org/10.30601/jtsu.v8i1.2622>.
- Mudiyono, R., & Sudarno, S. (2019). The influence of coconut fiber on the compressive and flexural strength of paving blocks. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(5), 4702-4705. <https://doi.org/10.48084/etasr.3008>.
- Mustakim, M., Rahima, R., Muis, A., & Sulfanita, A. (2023). Studi perbandingan kuat tekan paving block berbahan dasar limbah plastik. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 20(1), 41-50. <https://doi.org/10.30630/jirs.v20i1.1022>.
- Nasruddin, N. (2017). Natural Rubber Modification For Upper Layer Of Rubberized Asphalt Paving Block AS Shock Absorber. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 28(2), 120-130. <https://doi.org/10.28959/jdpi.v28i2.3093>.

- Naufaldi, E. A., Putra, M. Y. P., & Mudiyo, R. (2025). Pengaruh Campuran Serabut Kelapa Terhadap Daya Serap Air Pada Paving Block. *Jurnal Teknik Silitek*, 5(03), 1523-1530. <https://doi.org/10.51135/xsndsjs82>.
- Prasetya, B. T. (2024). Analisis Pembuatan Paving Block Menggunakan Campuran Limbah Pecahan Keramik & Pasir Silika sebagai Pengganti Sebagian Pasir terhadap Kuat Tekan (Literature Review). *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(1), 76-87. <https://doi.org/10.52005/teslink.v6i1.313>.
- Roslan, M. A. P., Oktavina, R., & Pranoto, S. N. (2025). Pengembangan Produk Paving Block Berbasis Limbah Plastik High-Density Polyethylene (HDPE) Menggunakan House of Quality di PT Rebrick Indonesia. *Teknik dan Kajian Multidisiplin Aplikatif*, 1(2), 74-86. <https://doi.org/10.63891/tekma.v1i2.78>.
- Sari, Y. I., Supu, I., Mursalin, M., Latief, M. F., Setiawan, D. G. E., Ramadani, A. I. W. S., & Ahmadi, H. (2025). Analisis struktur morfologi dan sifat mekanik paving block dari berbagai jenis polimer limbah plastik. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 22(2), 156-165. <https://dx.doi.org/10.20527/flux.v22i2.21418>.
- Tanjaya, J., & Sandy, D. (2025). Penggunaan Crumb Rubber Pada Pembuatan Paving Block. *Paulus Civil Engineering Journal*, 7(1), 28-35. <https://doi.org/10.52722/7q4n5037>.