

Pengaruh Penambahan Abu Daun Bambu terhadap Durabilitas dan Kuat Tekan pada *Paving Block*

* Anwar Supian¹, Andi Sulfanita², Muh. Jabir³, Jasman⁴

^{1,2} Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. A. Yani Km 6, Parepare

³ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare, Parepare

ARTICLE INFORMATION

Received: August 26, 2026

Revised: October 17, 2026

Accepted: October 20, 2026

Available online: October 20, 2026

KEYWORDS

Bamboo Leaf Ash; Paving Block;
Compressive Strength; Durability; Wear

* CORRESPONDENCE

anwarsrabali@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of adding bamboo leaf ash on the compressive strength and durability of paving blocks. Bamboo leaf ash is used as a partial replacement for cement due to its high silica content and its potential as an eco-friendly pozzolanic material. The research employs a laboratory experimental method, incorporating bamboo leaf ash at levels of 0%, 5%, 10%, and 15% by weight of cement. Testing includes compressive strength at 7, 14, and 28 days, as well as durability, specifically water absorption and abrasion (wear) resistance. The results indicate that the addition of bamboo leaf ash enhances the mechanical properties and durability of the paving blocks. The highest compressive strength was achieved with a 10% addition of bamboo leaf ash, reaching an average of 37.00 MPa at 28 days—surpassing the 29.50 MPa recorded for standard (control) paving blocks. In terms of durability, the 10% variation also yielded the lowest water absorption (4.39%) and the lowest abrasion value (17.23%), demonstrating superior resistance to water penetration and wear. Conversely, a 15% addition of bamboo leaf ash resulted in a decline in performance, attributed to a reduction in the amount of active cement within the mixture. Thus, a 10% inclusion of bamboo leaf ash represents the optimal performance level among the variations tested; it improves both the compressive strength and durability of the paving blocks while promoting the use of organic waste as a sustainable construction material. However, this cannot be definitively declared the universal optimum dosage, as the study was limited by the number of variations and test specimens used..

1. PENDAHULUAN

Paving block beton banyak digunakan sebagai material perkerasan pada jalur pejalan kaki, jalan lingkungan, area parkir, taman, dan berbagai fasilitas lainnya karena relatif mudah dipasang, dipelihara, serta diganti apabila mengalami kerusakan. Kinerja paving block terutama ditentukan oleh kuat tekan, ketahanan terhadap keausan permukaan, dan kemampuan material dalam membatasi penetrasi air. Semen Portland masih menjadi bahan pengikat utama dalam produksi paving block, tetapi penggunaannya dalam jumlah besar perlu dikurangi untuk mendukung pembangunan konstruksi yang lebih berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan limbah biomassa sebagai bahan substitusi parsial semen. Daun bambu merupakan limbah biomassa yang tersedia cukup melimpah, tetapi umumnya hanya dibuang atau dibakar tanpa pemanfaatan lebih lanjut. Apabila diproses melalui pembakaran yang sesuai, abu

daun bambu berpotensi digunakan sebagai material tambahan pada produk konstruksi berbasis semen.

Abu daun bambu mengandung silika dan beberapa oksida lain yang berpotensi memberikan aktivitas pozolanik. Senyawa tersebut dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan selama proses hidrasi semen untuk membentuk kalsium silikat hidrat tambahan, yang berperan dalam meningkatkan kepadatan dan perkembangan kekuatan matriks semen. [1] melaporkan bahwa abu daun bambu memiliki potensi dalam meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas beton berkinerja tinggi. [2] juga menunjukkan bahwa substitusi parsial semen dengan abu daun bambu dan bubuk batu apung dapat menghasilkan kuat tekan yang memadai serta menurunkan penyerapan air pada kadar tertentu. Selain itu, [3] menjelaskan bahwa reaktivitas pozolan, mineralogi, dan morfologi abu daun bambu berpengaruh terhadap kinerjanya dalam campuran beton. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa efektivitas abu daun bambu sangat bergantung pada karakteristik material dan proporsinya dalam sistem bahan pengikat.

Klasifikasi dan verifikasi suatu material sebagai pozolan perlu didukung oleh karakterisasi kimia dan fisik. ASTM C618-26 [12] merupakan salah satu acuan yang mencakup abu terbang dan pozolan alam mentah atau terkalsinasi serta menetapkan persyaratan kimia dan fisik untuk penggunaannya pada beton. Dalam penelitian ini tidak dilakukan pengujian komposisi kimia atau mineralogi abu daun bambu, sehingga material tidak diklasifikasikan secara formal berdasarkan ASTM C618-26; istilah potensi pozolanik digunakan berdasarkan penelitian terdahulu dan hasil pengujian kinerja.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji pemanfaatan abu daun bambu pada beton dan paving block dengan hasil yang beragam. [4] mengembangkan interlocking concrete paving block menggunakan abu daun bambu dan metakaolin serta menunjukkan bahwa penggunaan kedua material tersebut dapat mendukung produksi paving block yang lebih berkelanjutan. [5] meneliti pengaruh silika yang berasal dari abu daun bambu terhadap paving block dan melaporkan adanya pengaruh terhadap karakteristik produk yang dihasilkan. [6] juga mengkaji pemanfaatan abu daun bambu sebagai substitusi semen pada pembuatan paving block. Sementara itu, [7] menunjukkan bahwa abu daun bambu memengaruhi kuat tekan dan durabilitas beton. Meskipun hasil penelitian tersebut memperlihatkan potensi abu daun bambu sebagai material substitusi, perbedaan komposisi campuran, bentuk benda uji, kadar substitusi, dan metode pengujian menyebabkan kadar terbaik yang dilaporkan belum seragam.

Kajian yang secara bersamaan mengevaluasi kuat tekan, penyerapan air, dan ketahanan abrasi paving block dengan abu daun bambu sebagai bahan substitusi tunggal masih terbatas. Beberapa penelitian mengombinasikan abu daun bambu dengan material lain, seperti metakaolin atau bubuk batu apung, sehingga kontribusi abu daun bambu secara mandiri sulit diidentifikasi secara jelas [2], [4]. Selain itu, sebagian penelitian lebih berfokus pada beton konvensional daripada paving block serta belum mengevaluasi perkembangan kuat tekan pada beberapa umur perawatan bersama dengan parameter durabilitas. Padahal, kuat tekan yang tinggi belum tentu selalu disertai penyerapan air yang rendah dan ketahanan permukaan yang baik terhadap abrasi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mengintegrasikan ketiga parameter tersebut untuk mengetahui pengaruh kadar abu daun bambu terhadap kinerja paving block secara lebih menyeluruh.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi parsial semen dengan abu daun bambu pada kadar 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap kuat tekan dan durabilitas paving block. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari, sedangkan penyerapan air dan ketahanan abrasi diuji pada umur 28 hari. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa penggunaan abu daun bambu pada kadar sedang dapat meningkatkan kepadatan dan kekuatan matriks melalui efek pengisian serta reaksi pozolanik, sedangkan kadar substitusi yang terlalu tinggi dapat menurunkan kinerja akibat berkurangnya proporsi semen aktif. Penelitian ini diharapkan dapat menentukan variasi abu daun bambu dengan kinerja terbaik berdasarkan kuat tekan, penyerapan air, dan ketahanan abrasi serta mendukung pemanfaatan limbah biomassa dalam produksi paving block yang lebih berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium untuk mengevaluasi pengaruh substitusi parsial semen dengan abu daun bambu terhadap kuat tekan dan durabilitas paving block. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kadar abu daun bambu sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Variasi 0% digunakan sebagai campuran kontrol, sedangkan variasi 5%, 10%, dan 15% digunakan untuk mengevaluasi perubahan karakteristik paving block akibat substitusi sebagian semen dengan abu daun bambu. Variabel terikat terdiri atas kuat tekan, penyerapan air, dan kehilangan berat akibat abrasi. Kuat tekan diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari, sedangkan penyerapan air dan abrasi diuji pada umur 28 hari.

2.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan meliputi Portland Composite Cement (PCC), pasir Sungai Lasape, abu batu, air, dan abu daun bambu. Daun bambu yang telah kering dibakar hingga menjadi abu, kemudian abu dihaluskan dan diayak hingga lolos saringan berukuran 75 μm . Penelitian ini tidak melakukan pengujian komposisi kimia abu daun bambu sehingga karakteristik kimianya tidak digunakan sebagai dasar langsung dalam analisis hasil.

Pasir Sungai Lasape diuji sebelum digunakan dalam campuran. Parameter yang diperiksa meliputi kadar lumpur, kadar organik, kadar air, berat volume, absorpsi, berat jenis, dan modulus kehalusan. Pemeriksaan karakteristik agregat dilakukan berdasarkan prosedur laboratorium dan persyaratan yang digunakan dalam SNI 03-1750-1990 [11].

Peralatan utama yang digunakan terdiri atas mesin pengaduk, timbangan, cetakan paving block, mesin uji tekan, oven, wadah perendaman, dan mesin Los Angeles. Paving block dicetak dengan dimensi panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tebal 8 cm sehingga memiliki volume sebesar 1.600 cm^3 .

2.3 Rancangan Campuran

Bahan Campuran dasar paving block menggunakan perbandingan volume semen, pasir, dan abu batu sebesar 1:1:1. Faktor air-semen yang digunakan sebesar 0.35. Berdasarkan volume benda uji sebesar 1.600 cm^3 , volume awal masing-masing bahan utama adalah sekitar 0.533 liter.

Persentase abu daun bambu sebesar 5%, 10%, dan 15% diterapkan terhadap volume awal semen, kemudian dikonversi menjadi massa berdasarkan berat volume masing-masing bahan. Penambahan abu daun bambu diikuti dengan pengurangan volume semen dalam jumlah yang setara. Jumlah pasir dan abu batu dipertahankan sama pada seluruh variasi campuran. Komposisi bahan untuk setiap benda uji disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Bahan Perbenda Uji Paving Block

Bahan	VARIASI SAMPEL			
	PB-0%	PB-5%	PB-10%	PB-15%
Semen	0.629	0.597	0.566	0.535
Pasir	0.851	0.851	0.851	0.851
Abu Batu	0.838	0.838	0.838	0.838
Air	0.220	0.209	0.198	0.187
Abu Daun Bambu	0.000	0.011	0.023	0.034

2.4 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan benda uji diawali dengan menimbang seluruh bahan berdasarkan komposisi setiap variasi. Semen, pasir, abu batu, dan abu daun bambu dicampur dalam kondisi kering hingga merata. Air kemudian ditambahkan secara bertahap sambil campuran diaduk menggunakan mesin pengaduk sampai homogen.

Campuran dimasukkan ke dalam cetakan paving block berukuran 20 cm $\times$ 10 cm $\times$ 8 cm dan dipadatkan. Benda uji dibiarkan di dalam cetakan selama 24–48 jam, kemudian dilepaskan dari cetakan dan dirawat melalui perendaman dalam air sampai mencapai umur pengujian.

Benda uji kuat tekan diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari. Setiap kombinasi variasi dan umur pengujian menggunakan dua benda uji. Pengujian penyerapan air menggunakan dua benda uji untuk setiap variasi pada umur 28 hari. Pengujian abrasi menggunakan tiga potongan sampel berukuran 5 cm × 5 cm × 2 cm untuk setiap variasi. Rancangan benda uji disajikan pada Tabel 2. Dengan demikian, jumlah benda uji kuat tekan pada penelitian ini terbatas, yaitu dua benda uji untuk setiap kombinasi variasi dan umur pengujian. Keterbatasan jumlah ulangan ini perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil dan tidak digunakan untuk menyatakan perbedaan yang signifikan secara statistik.

Tabel 2. Rancangan Benda Uji

Pengujian	Umur	Jumlah Variasi	Sampel Setiap Variasi	Jumlah sampel
Kuat tekan	7 hari	4	2	8
Kuat tekan	14 hari	4	2	8
Kuat tekan	28 hari	4	2	8
Penyerapan air	28 hari	4	2	8
Abrasi	28 hari	4	3 potongan	12 potongan

2.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan mesin uji tekan. Benda uji ditempatkan pada mesin, kemudian diberi beban secara bertahap sampai mengalami kerusakan. Pengujian dan evaluasi mutu paving block mengacu pada SNI 03-0691-1996 tentang bata beton untuk lantai [8].

Nilai kuat tekan dihitung menggunakan persamaan:

$$f'_c = P/A \quad (1)$$

dengan f'_c merupakan nilai kuat tekan paving block yang dinyatakan dalam megapascal (Mpa), P merupakan beban maksimum yang dapat diterima benda uji sampai mengalami kerusakan yang dinyatakan dalam newton (N), sedangkan A merupakan luas bidang tekan benda uji yang dinyatakan dalam milimeter persegi (mm²).

Nilai kuat tekan rata-rata setiap variasi campuran pada umur 7, 14, dan 28 hari dihitung menggunakan Persamaan:

$$f'_{cr} = \sum f'_c / n \quad (2)$$

dengan f'_{cr} merupakan kuat tekan rata-rata dalam Mpa, $\sum f'_c$ merupakan nilai kuat tekan benda uji, dan n adalah jumlah benda uji.

2.6 Pengujian Penyerapan Air

Persentase penyerapan air dihitung berdasarkan selisih antara berat benda uji setelah perendaman dan berat benda uji setelah dikeringkan, dibandingkan dengan berat kering benda uji. Penyerapan air dihitung menggunakan Persamaan:

$$\text{Penyerapan Air} = ((S - A)/A) \times 100\% \quad (3)$$

Dengan S merupakan berat benda uji jenuh kering permukaan (SSD), A merupakan berat benda uji oven.

Nilai penyerapan air rata-rata setiap variasi campuran pada umur 7, 14, dan 28 hari dihitung menggunakan Persamaan:

$$\text{Rata - rata Penyerapan Air (\%)} = \sum W / n \quad (4)$$

Dengan $\sum W$ merupakan jumlah total nilai persentase penyerapan air dari semua sampel, n merupakan banyaknya sampel atau jumlah pengulangan uji yang dilakukan.

2.7 Pengujian Abrasi

Persentase kehilangan berat akibat abrasi dihitung berdasarkan selisih antara berat sampel sebelum dan setelah pengujian, dibandingkan dengan berat awal sampel. Nilai abrasi dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Kehilangan berat akibat Abrasi (\%)} = ((A - B)/A) \times 100\% \quad (5)$$

Dengan A merupakan berat benda uji kering awal sebelum pengujian, B berat benda uji tertinggal di atas saringan No. 12 (1,7 mm) setelah dicuci dan dikeringkan sesudah pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Sungai Lasape. Pemeriksaan karakteristik agregat dilakukan untuk memastikan bahwa pasir memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun paving block. Parameter yang diuji meliputi kadar lumpur, kadar organik, kadar air, berat volume, absorpsi, berat jenis, dan modulus kehalusan. Hasil pengujian agregat halus disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Karakteristik Agregat	SNI 03-1750-1990	Hasil Pengamatan		Nilai Rata-Rata	Keterangan
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	4.6%	3.5%	4.04%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2.3%	2.9%	2.61%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1.4 - 1.9 kg/liter	1.51	1.32	1.41	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1.4 - 1.9 kg/liter	1.63	1.56	1.60	Memenuhi
5	Absorpsi	0.2% - 2%	1.5%	2.2%	1.85%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1.6 - 3.3	2.46	2.46	2.46	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1.6 - 3.3	2.37	2.33	2.35	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1.6 - 3.3	2.41	2.39	2.40	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1.50 - 3.80	3.80	3.80	3.80	Memenuhi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh parameter agregat halus memenuhi persyaratan yang digunakan dalam penelitian. Kadar lumpur sebesar 4.04% masih berada di bawah batas maksimum 5%, sehingga kandungan material halus diperkirakan tidak mengganggu ikatan antara pasta semen dan agregat secara berlebihan. Kadar organik pada skala No. 2 juga menunjukkan bahwa kandungan bahan organik dalam pasir relatif rendah.

Nilai absorpsi sebesar 1.85% menunjukkan kemampuan penyerapan air agregat masih berada dalam batas yang digunakan. Berat volume kondisi padat sebesar 1.60 kg/liter lebih tinggi dibandingkan berat volume kondisi lepas sebesar 1.41 kg/liter. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa susunan partikel agregat menjadi lebih rapat setelah proses pemadatan. Modulus kehalusan sebesar 3.80 menunjukkan bahwa pasir berada pada batas atas rentang yang digunakan dan memiliki karakteristik relatif kasar.

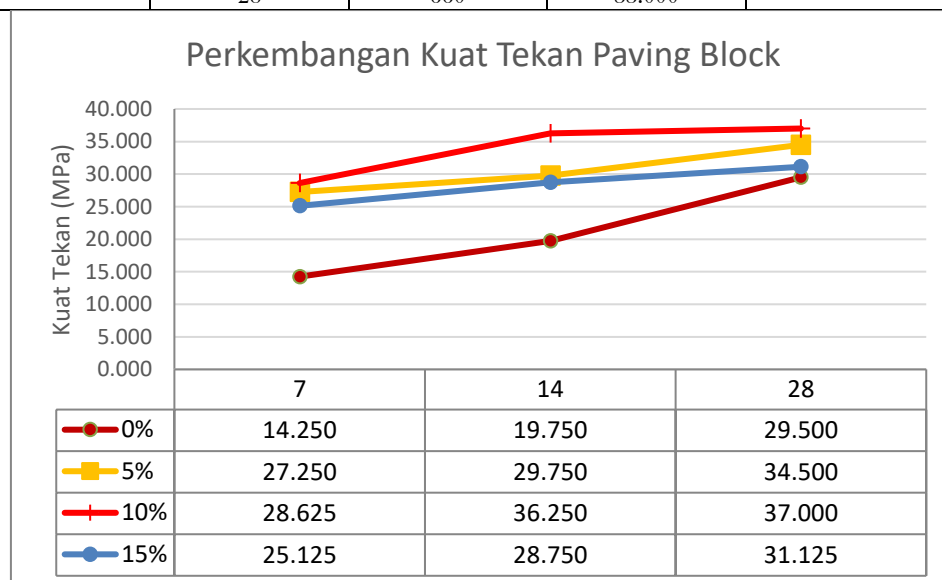
3.2 Kuat Tekan Paving Block

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari untuk mengetahui perkembangan kekuatan paving block pada setiap variasi abu daun bambu. Nilai kuat tekan rata-rata disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kuat Tekan Rata-rata Paving Block

Variasi	Umur	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata
	(Hari)	(KN)	(Mpa)	(Mpa)
0%	7	125	6.250	14.250
	7	445	22.250	
	14	225	11.250	19.750
	14	565	28.250	
	28	675	33.750	29.500
	28	505	25.250	
5%	7	570	28.500	27.250
	7	520	26.000	
	14	595	29.750	29.750
	14	595	29.750	
	28	610	30.500	34.500
	28	770	38.500	
10%	7	550	27.500	28.625

	7	595	29.750	36.250
	14	745	37.250	
	14	705	35.250	
	28	745	37.250	37.000
	28	735	36.750	
15%	7	490	24.500	25.125
	7	515	25.750	
	14	720	36.000	28.750
	14	430	21.500	
	28	585	29.250	31.125
	28	660	33.000	



Gambar 1. Perkembangan Kuat Tekan Paving Block pada Umur 7, 14, dan 28 Hari

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan meningkat seiring bertambahnya umur perawatan pada seluruh variasi. Campuran kontrol menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 14.250 MPa pada umur 7 hari, 19.750 MPa pada umur 14 hari, dan 29.500 MPa pada umur 28 hari. Perkembangan kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa proses hidrasi bahan pengikat terus berlangsung selama masa perawatan.

Variasi abu daun bambu sebesar 5% menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 27.250 MPa pada umur 7 hari, 29.750 MPa pada umur 14 hari, dan 34.500 MPa pada umur 28 hari. Pada umur 28 hari, kuat tekan variasi 5% meningkat sebesar 16.95% dibandingkan campuran kontrol. Hasil tersebut menunjukkan bahwa substitusi abu daun bambu dalam jumlah terbatas dapat memberikan kinerja kuat tekan yang lebih baik dibandingkan campuran tanpa abu daun bambu.

Variasi 10% menghasilkan kuat tekan tertinggi pada seluruh umur pengujian, yaitu 28.625 MPa pada umur 7 hari, 36.250 MPa pada umur 14 hari, dan 37.000 MPa pada umur 28 hari. Kuat tekan umur 28 hari pada variasi tersebut meningkat sebesar 25.42% dibandingkan campuran kontrol.

Peningkatan kuat tekan pada variasi 5% dan 10% diduga berkaitan dengan kemampuan partikel halus abu daun bambu mengisi rongga dalam matriks serta kontribusi reaksi pozolanik. Abu daun bambu yang memiliki sifat pozolanik dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen dan membentuk produk hidrasi tambahan. Proses tersebut dapat meningkatkan kepadatan matriks dan memperbaiki ikatan antarkomponen dalam campuran [1], [7]. [7] mengidentifikasi struktur amorf dan aktivitas pozolanik pada abu daun bambu yang telah dikalsinasi, sedangkan [1] menemukan bahwa substitusi abu daun bambu sebesar 10% memberikan kinerja mekanik dan durabilitas terbaik pada beton berkinerja tinggi.

Kecenderungan hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian [4], yang melaporkan bahwa penggunaan kombinasi abu daun bambu dan metakaolin sampai kadar 10% meningkatkan kekuatan mekanik interlocking paving block dan mengurangi jumlah pori pada beton yang telah

mengalami perawatan. Namun, hasil tersebut harus dibandingkan secara hati-hati karena penelitian [4] menggunakan kombinasi dua bahan pengikat tambahan, sedangkan penelitian ini menggunakan abu daun bambu tanpa metakaolin.

Pada variasi 15%, kuat tekan rata-rata sebesar 25.125 MPa pada umur 7 hari, 28.750 MPa pada umur 14 hari, dan 31.125 MPa pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan umur 28 hari masih 5.51% lebih tinggi daripada campuran kontrol, tetapi lebih rendah daripada variasi 5% dan 10%. Penurunan kinerja setelah kadar 10% menunjukkan bahwa peningkatan proporsi abu daun bambu tidak selalu menghasilkan peningkatan kuat tekan.

Penurunan kuat tekan pada kadar substitusi yang lebih tinggi dapat berkaitan dengan berkurangnya jumlah semen aktif yang berpartisipasi dalam proses hidrasi. Apabila jumlah abu daun bambu melebihi kadar yang dapat bereaksi secara efektif, sebagian partikelnya hanya berfungsi sebagai bahan pengisi dan tidak membentuk produk pengikat yang cukup. [2] juga menemukan bahwa peningkatan kadar campuran bubuk batu apung dan abu daun bambu setelah komposisi tertentu menyebabkan penurunan kuat tekan beton.

Hasil penelitian [9] menunjukkan kecenderungan yang berbeda, yaitu substitusi abu bambu sebesar 5% menghasilkan sedikit penurunan kuat tekan paving stone dibandingkan campuran kontrol. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh komposisi campuran, rasio air-semen, sifat bahan baku, metode pembakaran, tingkat kehalusan abu, serta kondisi perawatan benda uji. Dengan demikian, pengaruh abu daun bambu terhadap kuat tekan sangat bergantung pada karakteristik material dan rancangan campuran yang digunakan [9].

Meskipun variasi 10% menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi, kadar tersebut lebih tepat dinyatakan sebagai variasi dengan kinerja kuat tekan terbaik di antara kadar yang diuji, bukan sebagai kadar optimum secara universal. Penelitian hanya menggunakan empat variasi campuran dan dua benda uji pada setiap kombinasi variasi dan umur. Selain itu, beberapa hasil pengujian individual menunjukkan rentang nilai yang cukup besar, terutama pada campuran kontrol. Oleh karena itu, nilai rata-rata kuat tekan perlu ditafsirkan secara hati-hati.

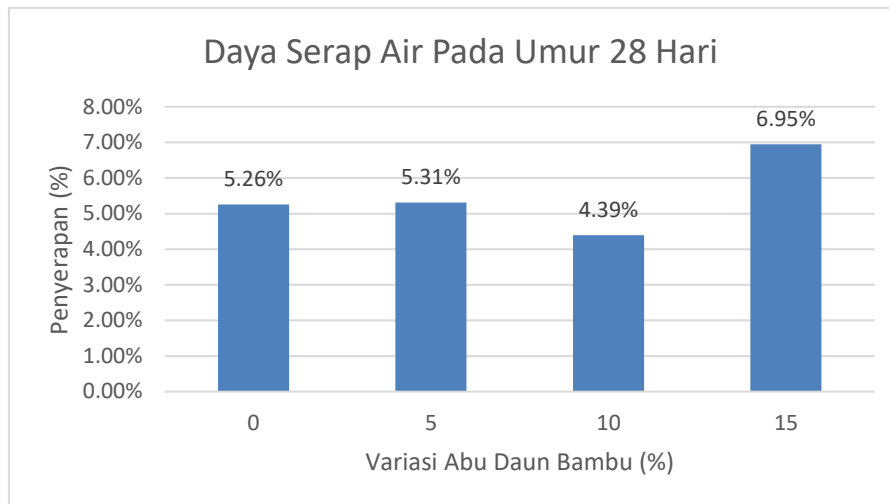
3.3 Pengaruh Abu Daun Bambu Terhadap Penyerapan Air

Dalam skripsi, pengujian ini disebut sebagai uji porositas. Namun, parameter yang dihitung sebenarnya adalah persentase penyerapan air berdasarkan perubahan massa benda uji setelah pengeringan dan perendaman. Oleh karena itu, istilah yang digunakan dalam artikel adalah penyerapan air.

Pengujian dilakukan pada umur 28 hari menggunakan dua benda uji untuk setiap variasi. Hasil penyerapan air rata-rata disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Penyerapan Air Terhadap Paving Block pada Umur 28 Hari

Variasi	Umur	Beban Awal	Beban Kering	daya serap air	Rata-Rata daya serap Air
		(g)	(g)	(%)	(%)
0%	28	2970	2820	5.26%	5.26%
	28	3640	3460	5.31%	
5%	28	2860	2710	4.39%	4.39%
	28	3100	2950	6.95%	
10%	28	3010	2870	5.26%	5.26%
	28	3190	3070	5.31%	
15%	28	3260	3100	4.39%	4.39%
	28	3110	2860	6.95%	



Gambar 2. Daya Serap Air Pada Umur 28 Hari

Campuran kontrol menghasilkan penyerapan air rata-rata sebesar 5.26%. Variasi 5% menghasilkan penyerapan air sebesar 5.31%, atau sedikit lebih tinggi dibandingkan campuran kontrol. Selisih yang relatif kecil menunjukkan bahwa penggunaan abu daun bambu sebesar 5% belum memberikan pengurangan penyerapan air.

Variasi 10% menghasilkan penyerapan air terendah, yaitu sebesar 4.39%. Nilai tersebut menurun sekitar 16.54% dibandingkan campuran kontrol. Rendahnya nilai penyerapan air menunjukkan bahwa paving block variasi 10% memiliki jumlah pori terbuka yang relatif lebih sedikit sehingga air lebih sulit masuk ke dalam material.

Hasil penyerapan air pada variasi 10% konsisten dengan hasil kuat tekan. Campuran dengan penyerapan air paling rendah juga menghasilkan kuat tekan paling tinggi. Hubungan tersebut mengindikasikan bahwa campuran 10% menghasilkan struktur yang lebih rapat dibandingkan variasi lainnya.

Variasi 15% menghasilkan penyerapan air sebesar 6.95%, yaitu nilai tertinggi di antara seluruh variasi. Nilai tersebut meningkat sekitar 32.13% dibandingkan campuran kontrol. Peningkatan penyerapan air mengindikasikan bahwa penggunaan abu daun bambu sebesar 15% menghasilkan struktur yang lebih mudah dimasuki air.

Kondisi tersebut diduga terjadi akibat berkurangnya jumlah semen aktif dan adanya partikel abu yang tidak terikat secara optimal. [10] juga menunjukkan bahwa penggunaan abu daun bambu dalam campuran paving block memengaruhi kuat tekan dan penyerapan air. Namun, penelitian tersebut menggunakan kombinasi abu daun bambu dan serbuk limbah kaca sehingga hasilnya tidak dapat dibandingkan secara langsung.

Berdasarkan hasil pengujian, variasi 10% memberikan kinerja penyerapan air terbaik, sedangkan variasi 15% menghasilkan penyerapan air tertinggi.

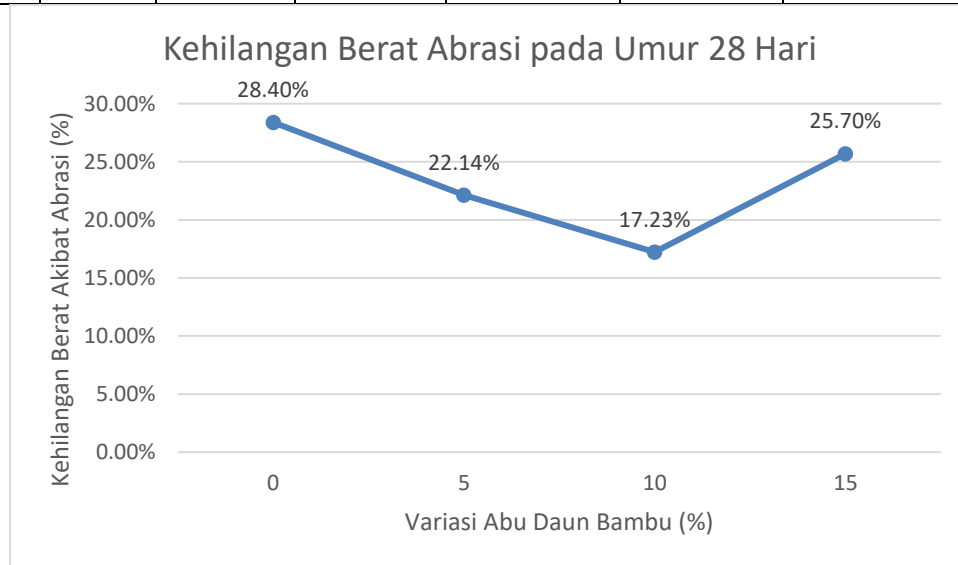
3.4 Pengaruh Abu Daun Bambu Terhadap Ketahanan Abrasi

Pengujian abrasi dilakukan pada umur 28 hari menggunakan sampel berukuran 5 cm × 5 cm × 2 cm. Ketahanan abrasi ditentukan berdasarkan persentase kehilangan berat sebelum dan setelah pengujian menggunakan mesin Los Angeles. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Abrasi Paving Block

Variasi	Umur (hari)	berat basah	Berat kering	Berat sebelum abrasi	Berat setelah abrasi	% Kehilangan Berat Setelah Abrasi
		(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)
0%	28	290	270	810	580	28.40%
	28	280	270			
	28	290	270			
5%	28	300	290	840	654	22.14%
	28	300	280			
	28	290	270			
10%	28	300	280	830	687	17.23%

	28	290	270			
	28	300	280			
15%	28	310	290	860	639	25.70%
	28	310	290			
	28	300	280			



Gambar 3. Kehilangan Berat Akibat Abrasi pada Umur 28 Hari

Campuran kontrol menghasilkan kehilangan berat akibat abrasi sebesar 28.40%. Variasi 5% menghasilkan kehilangan berat sebesar 22.14%, atau menurun sekitar 22.04% dibandingkan campuran kontrol. Penurunan nilai kehilangan berat menunjukkan bahwa penggunaan abu daun bambu sebesar 5% meningkatkan ketahanan terhadap abrasi.

Variasi 10% menghasilkan kehilangan berat terendah sebesar 17.23%. Nilai tersebut menurun sekitar 39.33% dibandingkan campuran kontrol. Dengan demikian, variasi 10% memiliki ketahanan abrasi terbaik di antara seluruh campuran yang diuji.

Ketahanan abrasi yang lebih baik pada variasi 10% sejalan dengan hasil kuat tekan dan penyerapan air. Campuran ini menghasilkan kuat tekan paling tinggi dan penyerapan air paling rendah. Matriks yang lebih padat dan ikatan antarkomponen yang lebih baik dapat mengurangi pelepasan partikel dari permukaan ketika mengalami gesekan dan benturan.

Temuan ini mendukung hasil [1], yang menunjukkan bahwa penggunaan abu daun bambu pada proporsi tertentu dapat meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas material berbasis semen. [4] juga melaporkan bahwa penggunaan abu daun bambu pada paving block dapat memperbaiki kekuatan dan kepadatan struktur pada kadar yang sesuai.

Pada variasi 15%, kehilangan berat akibat abrasi meningkat menjadi 25.70%. Nilai tersebut masih lebih rendah daripada campuran kontrol, tetapi lebih tinggi dibandingkan variasi 5% dan 10%. Peningkatan kehilangan berat menunjukkan bahwa penambahan abu daun bambu sebesar 15% menyebabkan ketahanan permukaan menurun dibandingkan variasi 10%.

Penurunan ketahanan abrasi pada variasi 15% konsisten dengan penurunan kuat tekan dan peningkatan penyerapan air. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa campuran 15% memiliki struktur yang kurang rapat dibandingkan variasi 10% sehingga permukaannya lebih mudah mengalami pengikisan.

3.5 Evaluasi Kinerja Keseluruhan

Rekapitulasi hasil kuat tekan, penyerapan air, dan abrasi pada umur 28 hari disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan, Penyerapan Air dan Abrasi pada Umur 28 Hari

Variasi Abu Daun Bambu	Kuat Tekan (Mpa)	Penyerapan Air (%)	Kehilangan Berat Akibat Abrasi (%)
0%	29.50	5.26	28.40
5%	34.50	5.31	22.14

10%	37.00	4.39	17.23
15%	31.13	6.95	25.70

Berdasarkan ketiga parameter pengujian, variasi abu daun bambu sebesar 10% memberikan kinerja terbaik di antara variasi yang diuji. Campuran tersebut menghasilkan kuat tekan umur 28 hari sebesar 37.00 MPa, penyerapan air sebesar 4.39%, dan kehilangan berat akibat abrasi sebesar 17.23%.

Dibandingkan campuran kontrol, variasi 10% meningkatkan kuat tekan sebesar 25.42%, menurunkan penyerapan air sebesar 16.54%, dan menurunkan kehilangan berat akibat abrasi sebesar 39.33%. Kesamaan kecenderungan ketiga parameter menunjukkan bahwa variasi 10% menghasilkan paving block yang relatif lebih padat, lebih kuat, dan lebih tahan terhadap pengikisan dibandingkan variasi lainnya.

Peningkatan kadar abu daun bambu menjadi 15% menyebabkan kuat tekan menurun, sedangkan penyerapan air dan kehilangan berat akibat abrasi meningkat dibandingkan variasi 10%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan abu daun bambu dalam jumlah yang terlalu tinggi dapat mengurangi kinerja paving block akibat berkurangnya proporsi semen aktif dalam campuran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu daun bambu berpotensi digunakan sebagai substitusi parsial semen dalam pembuatan paving block. Namun, hasil tersebut terbatas pada bahan, komposisi campuran, metode pengolahan abu, dan kondisi laboratorium yang digunakan. Jumlah benda uji kuat tekan dan penyerapan air hanya dua sampel pada setiap variasi sehingga hasil belum dapat digunakan untuk menyatakan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik.

Penelitian ini juga tidak melakukan pengujian komposisi kimia, mineralogi, porositas internal, dan struktur mikro abu daun bambu. Oleh karena itu, penjelasan mengenai efek pengisian dan reaksi pozolanik merupakan interpretasi berdasarkan kecenderungan hasil penelitian dan temuan penelitian terdahulu, bukan hasil pengamatan langsung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penggunaan abu daun bambu sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan dan durabilitas paving block, dapat disimpulkan bahwa penambahan abu daun bambu memberikan pengaruh terhadap karakteristik mekanik dan ketahanan paving block.

Variasi abu daun bambu sebesar 10% menghasilkan kinerja terbaik dibandingkan variasi lainnya. Pada umur 28 hari, variasi tersebut menghasilkan kuat tekan sebesar 37.00 MPa, meningkat sebesar 25.42% dibandingkan campuran kontrol tanpa abu daun bambu (29.50 MPa). Selain itu, variasi 10% menghasilkan nilai penyerapan air terendah sebesar 4.39% dan kehilangan berat akibat abrasi terendah sebesar 17.23%, sehingga menunjukkan peningkatan terhadap aspek durabilitas paving block.

Peningkatan kadar abu daun bambu hingga 15% tidak memberikan peningkatan kinerja yang lebih baik. Variasi tersebut menghasilkan kuat tekan sebesar 31.13 MPa, dengan penyerapan air sebesar 6.95% dan kehilangan berat akibat abrasi sebesar 25.70%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan abu daun bambu dalam jumlah lebih tinggi dapat mengurangi efektivitas campuran akibat berkurangnya proporsi semen aktif.

Berdasarkan hasil penelitian, abu daun bambu berpotensi digunakan sebagai bahan substitusi parsial semen pada pembuatan paving block. Namun, variasi 10% dalam penelitian ini dinyatakan sebagai variasi dengan performa terbaik dari kadar yang diuji, bukan sebagai kadar optimum secara umum karena penelitian masih terbatas pada variasi campuran dan jumlah benda uji yang digunakan. Secara praktis, variasi 10% dapat dipertimbangkan sebagai alternatif campuran pada paving block untuk aplikasi yang sesuai dengan persyaratan mutu, dengan tetap memperhatikan konsistensi proses pembakaran, kehalusan abu, proporsi campuran, dan pengendalian mutu.

5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan Abu daun bambu terhadap karakteristik paving block, beberapa saran dapat diberikan sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan variasi penambahan abu daun bambu yang lebih beragam, misalnya 2,5%, 7,5%, atau lebih dari 15%, untuk mengetahui komposisi optimum yang lebih akurat dalam meningkatkan kualitas paving block
2. Penelitian selanjutnya juga disarankan untuk melakukan pengujian tambahan, seperti uji kuat lentur, uji ketahanan terhadap cuaca, dan uji ketahanan terhadap bahan kimia, agar dapat diketahui lebih lanjut pengaruh abu daun bambu terhadap kinerja paving block secara menyeluruh
3. Dalam proses pembuatan paving block, perlu diperhatikan proses pembakaran dan pengolahan abu daun bambu agar menghasilkan abu dengan kualitas yang lebih baik sehingga dapat meningkatkan mutu campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. O. Nduka, B. J. Olawuyi, A. M. Ajao, V. C. Okoye, and O. M. Okigbo, "Mechanical and durability property dimensions of sustainable bamboo leaf ash in high-performance concrete," *Clean. Eng. Technol.*, vol. 11, p. 100583, 2022, doi: 10.1016/j.clet.2022.100583.
- [2] H. H. Adem and F. D. Cherkos, "Analyzing the Mechanical, Durability, and Microstructural Impact of Partial Cement Replacement with Pumice Powder and Bamboo Leaf Ash in Concrete," *Adv. Civ. Eng.*, vol. 2024, Art. no. 5119850, 2024, doi: 10.1155/2024/5119850.
- [3] B. F. Akinbile and W. A. Jayeola, "Pozzolan reactivity, mineralogy and morphology of bamboo leaf ash (BLA) and palm fruit fibre ash (PFFA) blended concrete," 2023, pp. 67–77.
- [4] A. A. Busari, R. T. Loto, S. Ajayi, S. D. Oluwajana, and A. Eletu, "Development of sustainable interlocking concrete paving blocks using bamboo leaf ash and metakaolin," *Helijon*, vol. 10, no. 11, p. e31845, 2024, doi: 10.1016/j.helijon.2024.e31845.
- [5] G. Cynthia et al., "Effect of SiO₂ derived natural bamboo leaf ash on paving blocks to reduce pollutants," *Engineering and Applied Science Research*, vol. 52, no. 5, pp. 516–523, 2025, doi: 10.14456/easr.2025.46.
- [6] A. Ibrahim, A. Syahril, N. I. A. Y., and H. Kaselle, "Pemanfaatan limbah abu daun bambu sebagai substitusi semen pada pembuatan paving block," vol. 5, no. 1, pp. 37–43, 2025.
- [7] G. Dhinakaran and G. H. Chandana, "Compressive strength and durability of bamboo leaf ash concrete," *Jordan J. Civ. Eng.*, vol. 10, no. 3, pp. 279–289, 2016, doi: 10.14525/jjce.10.3.3601.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-0691-1996: Bata beton (paving block)," 1996.
- [9] D. V. K. D. V. D. Iru, "Engineering Properties of Paving Stones Made with Bamboo Ash as a Partial Replacement for Cement," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 1107, no. 1, p. 012163, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1107/1/012163.
- [10] A. Intan, N. Diana, U. Wiraraja, and J. Timur, "Penambahan serbuk limbah kaca dan abu daun bambu terhadap kinerja paving block," *Paduraksa*, vol. 10, no. 2, pp. 398–416, 2021, doi: 10.22225/pd.10.2.3932.398-416.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-1750-1990: Mutu dan Cara Uji Agregat Beton," 1990.
- [12] ASTM International, "ASTM C618-26: Standard Specification for Coal Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete," 2026, doi: 10.1520/C0618-26.