

Analisis Kualitas Mutu *Paving Block* Berbahan Campuran *Cocopeat* Dan Serbuk Kaca

Hezliana Syahwanti ^{1,2}, Ronald Sukwadi*¹

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Sudirman 51, Jakarta 12930

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Panca Bhakti, Jl. Kom Yos Sudarso, Kec. Pontianak Barat, Pontianak 78244

Article Info	Abstract
<i>Article history:</i> Received 22 June 2026 Accepted 26 June 2026 <i>Keywords:</i> <i>paving block; cocopeat;</i> <i>glass powder;</i> <i>compressive strength;</i> <i>water absorption</i>	<i>This study aims to analyze the effect of adding cocopeat and glass powder on the quality of paving blocks based on compressive strength and water absorption at 28 days and to compare the results with SNI 03-0691-1996 standards. The mix variations include a control sample, 1% cocopeat as a partial replacement of fine aggregate, and a combination of 1% cocopeat with 1%, 3%, and 5% glass powder by cement weight. All samples were subjected to 28 days of water curing before testing. The results show that all variations achieved high compressive strength ranging from 32.94 to 36.30 MPa, exceeding the minimum requirement for Grade B according to SNI. However, water absorption values ranged between 7.40% and 8.38%, limiting the quality classification. The control and 1% cocopeat samples are categorized as Grade C, while mixtures containing glass powder fall into Grade D due to slightly higher absorption. Cocopeat increases porosity, while glass powder enhances compressive strength through filler effects and pozzolanic reactions, although it does not significantly reduce water absorption. Overall, these materials show potential as eco-friendly innovations with excellent mechanical performance, but optimization is needed to meet higher standards.</i>

Info Artikel	Abstrak
<i>Histori Artikel:</i> Diserahkan: 22 Juni 2026 Diterima: 26 Juni 2026 Kata Kunci: <i>paving block;</i> <i>cocopeat; serbuk kaca;</i> <i>kuat tekan; daya serap</i>	Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan cocopeat dan serbuk kaca terhadap mutu paving block berdasarkan kuat tekan dan daya serap air pada umur 28 hari, serta kesesuaiannya dengan SNI 03-0691-1996. Variasi campuran meliputi sampel kontrol, cocopeat 1% sebagai substitusi sebagian agregat halus, serta kombinasi cocopeat 1% dengan serbuk kaca 1%, 3%, dan 5% dari berat semen. Seluruh sampel mengalami curing perendaman selama 28 hari sebelum pengujian. Hasil menunjukkan bahwa semua variasi memiliki kuat tekan tinggi, yaitu 32,94–36,30 MPa, melampaui batas minimum Mutu B menurut SNI. Namun, daya serap air berada pada kisaran 7,40%–8,38%, sehingga membatasi klasifikasi mutu. Sampel kontrol dan cocopeat 1% termasuk Mutu C, sedangkan penambahan serbuk kaca masuk Mutu D karena daya serap sedikit melebihi 8%. Cocopeat meningkatkan porositas paving block, sementara serbuk kaca membantu meningkatkan kuat tekan melalui efek filler dan reaksi pozzolan, meskipun belum signifikan menurunkan daya serap. Secara keseluruhan, material ini berpotensi sebagai inovasi ramah lingkungan dengan kinerja mekanik baik, namun diperlukan optimasi untuk meningkatkan mutu sesuai standar.

*Corresponding author. Ronald Sukwadi
Email address: ronald.sukwadi@atmajaya.ac.id

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat sektor konstruksi di berbagai negara mendorong kebutuhan akan material yang tidak hanya efisien dan kuat secara mekanik, tetapi juga ramah lingkungan. Paving block sebagai elemen penting pada infrastruktur permukaan seperti jalan lingkungan, trotoar, dan area parkir terus meningkat permintaannya seiring perkembangan kawasan permukiman dan area publik (Erlina *et al.*, 2021). Namun, produksi material konvensional seperti semen dan agregat halus mengandalkan sumber daya alam yang terus menipis serta menghasilkan emisi karbon yang signifikan, sehingga menimbulkan tantangan keberlanjutan (*sustainability*) dalam industri konstruksi (Bharanidharan *et al.*, 2025). Dalam konteks ini, pemanfaatan limbah sebagai bahan tambah atau substitusi di dalam beton dan paving block menawarkan solusi inovatif untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya baru dan sekaligus mengurangi beban limbah seperti serbuk kaca, misalnya, memiliki sifat pozzolan yang dapat meningkatkan performa mekanik dan durabilitas beton sekaligus mengurangi penggunaan semen konvensional (Aprilistia & Mulyani, 2024; Br Pasaribu *et al.*, 2022; Muhedin & Ibrahim, 2023; Navaneetha & Bahurudeen, 2026).

Selanjutnya, limbah organik seperti *cocopeat* yang merupakan produk samping dari industri pengolahan sabut kelapa, telah diidentifikasi memiliki karakteristik fisik yang mirip dengan pasir halus, sehingga potensial dijadikan substitusi parsial untuk agregat halus pada paving block (Syahwanti *et al.*, 2022; Irvhaneil & Syahwanti, 2023; Syahwanti *et al.*, 2024). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan *cocopeat* dalam komposisi agregat paving block berpengaruh terhadap parameter serapan air dan kuat tekan, sekaligus memberikan peluang pengurangan penggunaan pasir alam (Bediako *et al.*, 2025; Wiyogo *et al.*, 2022; Saaed & Hassan, 2025).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi *cocopeat* dan serbuk kaca sebagai bahan tambah/pengganti sebagian komponen campuran paving block terhadap parameter mutu utama seperti kuat tekan dan daya serap air, dengan tetap mengacu pada standar mutu nasional yaitu *SNI 03-0691-1996* (BSN, 1996). Penelitian ini tidak hanya membandingkan performa paving block hasil inovasi komposisi terhadap kontrol tanpa bahan tambah, tetapi juga menelaah potensi peningkatan mutu dan dampak lingkungan dari pemanfaatan limbah tersebut secara simultan pada material konstruksi.

Walaupun banyak studi telah mengkaji penggunaan serbuk kaca dalam beton (misalnya peningkatan mekanik dan durabilitas beton *green concrete* serta potensi pozzolaniknya) (Li *et al.*, 2022; Naik *et al.*, 2024; Srini, 2024), literatur masih terbatas pada kombinasi serbuk kaca dengan limbah organik seperti *cocopeat*, khususnya dalam konteks paving block. Literatur terdahulu umumnya fokus pada penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi semen atau agregat dalam beton secara umum, namun tidak banyak yang mengintegrasikan kedua jenis limbah tersebut dalam satu komposisi yang diuji dalam produk paving block serta mengevaluasi parameter performa secara komprehensif berdasarkan standar mutu yang berlaku.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mengisi *research gap* dengan memberikan bukti eksperimen yang lebih holistik mengenai pengaruh kombinasi *cocopeat* dan serbuk kaca terhadap kinerja paving block berbasis beton, sekaligus menawarkan rekomendasi teknis bagi implementasi praktis material inovatif yang lebih ramah lingkungan dan berpotensi sustainable di sektor konstruksi.

2. METODE PELAKSANAAN

Metode penelitian yang digunakan dalam kajian ini adalah metode eksperimen laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *cocopeat* dan serbuk kaca terhadap kuat tekan dan daya serap air paving block. Penelitian dilaksanakan melalui tahapan yang sistematis mulai dari perencanaan campuran, pembuatan benda uji, proses perawatan (*curing*), hingga pengujian karakteristik mekanik dan fisik paving block. Seluruh prosedur pengujian dan kriteria penilaian mutu mengacu pada SNI 03-0691-1996 (BSN, 1996) sebagai standar nasional untuk bata beton (*paving block*).

Tahap awal penelitian diawali dengan studi literatur untuk mengidentifikasi komposisi bahan penyusun paving block serta potensi pemanfaatan limbah *cocopeat* dan serbuk kaca sebagai bahan tambah. Selanjutnya dilakukan perencanaan variasi campuran yang terdiri atas satu sampel kontrol (tanpa bahan tambah), campuran dengan *cocopeat* 1%, serta kombinasi *cocopeat* 1% dengan serbuk kaca masing-masing sebesar 1%, 3%, dan 5% dari berat agregat halus. Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi semen, pasir, abu batu, air, *cocopeat*, dan serbuk kaca.

Setelah perancangan komposisi, dilakukan proses pembuatan campuran paving block sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Campuran diaduk hingga homogen, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dipadatkan menggunakan mesin press hidrolik agar diperoleh kepadatan yang optimal. Benda uji yang telah dicetak selanjutnya menjalani proses *curing* dengan metode perendaman dalam air selama 28 hari untuk memastikan proses hidrasi semen berlangsung sempurna dan kekuatan material berkembang secara maksimal.

Tahap berikutnya adalah pengujian kuat tekan menggunakan mesin uji tekan (*compression testing machine*) untuk memperoleh nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh paving block. Nilai kuat tekan dihitung menggunakan persamaan (BSN, 1996):

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana P adalah beban maksimum dan A adalah luas bidang tekan. Selain itu, dilakukan pengujian daya serap air untuk mengetahui kemampuan paving block dalam menyerap air sebagai indikator kualitas porositas material dengan rumus (BSN, 1996):

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana W_b adalah berat *paving block* setelah direndam air selama 24 jam dan W_k adalah berat *paving block* setelah dioven selama 24 jam.

Hasil pengujian dari setiap variasi kemudian dihitung nilai rata-ratanya dan dibandingkan dengan sampel kontrol. Data yang diperoleh dianalisis secara komparatif untuk melihat pengaruh penambahan *cocopeat* dan serbuk kaca terhadap peningkatan atau penurunan kuat tekan dan daya serap air. Selanjutnya, hasil tersebut diklasifikasikan ke dalam mutu paving block berdasarkan ketentuan SNI 03-0691-1996 (BSN, 1996).

Dari analisis ini ditarik kesimpulan mengenai komposisi campuran yang paling optimal serta rekomendasi teknis pemanfaatan limbah *cocopeat* dan serbuk kaca dalam produksi paving block yang memenuhi standar mutu. Seluruh rangkaian penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

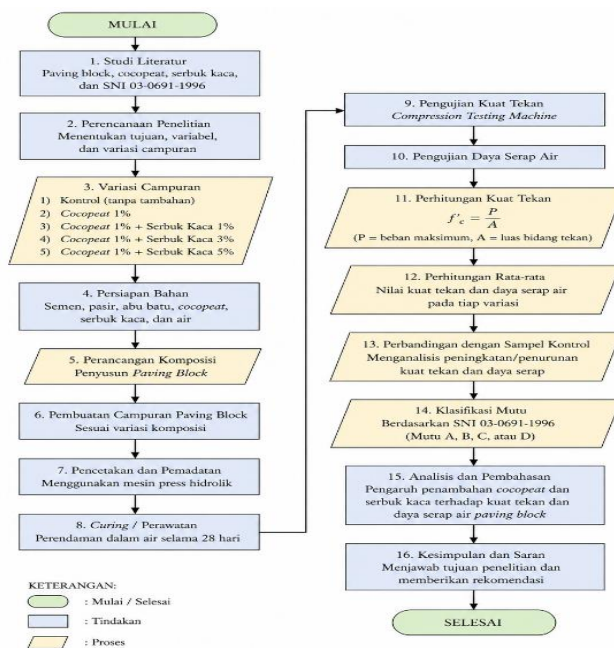
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Penggunaan *Cocopeat* dan Serbuk Kaca Pada *Paving Block*

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan *cocopeat* dan serbuk kaca sebagai bahan substitusi parsial pada campuran *paving block* terhadap kuat tekan dan daya serap air pada umur 28 hari. Variasi campuran yang digunakan terdiri dari: sampel kontrol, campuran *cocopeat* 1%, serta kombinasi *cocopeat* 1% dengan serbuk kaca sebesar 1%, 3%, dan 5%. *Cocopeat* merupakan material yang berasal dari serbuk sabut kelapa, yang memiliki struktur serat yang ringan, berpori tinggi, dan kemampuan retensi air yang baik. Sebagai material organik, *cocopeat* telah mulai dilirik dalam penelitian beton sebagai substitusi parsial agregat halus karena kesamaan ukuran partikel dengan pasir halus, meskipun sifat mekaniknya berbeda signifikan dari bahan mineral konvensional (Bediako *et al.*, 2025).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan *cocopeat* pada campuran *paving block* akan mempengaruhi nilai daya serap air secara signifikan karena sifat porositasnya yang tinggi (Syahwanti *et al.*, 2024). *Cocopeat* dapat meningkatkan volume ruang mikro dalam matriks beton, sehingga menyerap lebih banyak air. Hal ini sejalan dengan temuan dalam penelitian ini yang menunjukkan nilai daya serap lebih tinggi pada variasi dengan penambahan *cocopeat* tanpa kompensasi pozzolan.

Lebih lanjut, penelitian mengenai karakteristik *cocopeat* dalam beton juga menunjukkan bahwa meskipun *cocopeat* memiliki potensi sebagai bahan agregat, sifat pengikatnya yang rendah dan kandungan organiknya membuatnya kurang cocok dalam campuran beton dengan target kuat tekan tinggi (Syahwanti *et al.*, 2022). *Cocopeat* dapat diperhitungkan sebagai material ringan yang berguna untuk aplikasi non-struktural, namun untuk *paving block* dengan kekuatan tekan tinggi, perlu dikombinasikan dengan material lain yang dapat memperbaiki kekuatan internal matriks *paving block*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, penambahan *cocopeat* memberikan efek penurunan kekuatan tekan dibandingkan kontrol, karena struktur pori yang lebih banyak dan ikatan matriks yang kurang optimal.



Gambar 1.
Diagram Alir Penelitian

Salah satu inovasi material berkelanjutan dalam beton adalah pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen atau agregat halus. Serbuk kaca merupakan material amorf dengan kandungan silika (SiO_2), alumina, dan oksida lain yang berpotensi bereaksi secara pozzolanik dalam fase hidrasi semen. Pada literatur, serbuk kaca sering dikaji karena dua alasan utama:

1. Efek pozzolan, di mana silika reaktif dari kaca bereaksi dengan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) yang dihasilkan selama hidrasi semen untuk membentuk tambahan C–S–H (kalsium silikat hidrat), yang dapat meningkatkan kepadatan matriks beton dan kuat tekan pada umur lanjut (Aprilistia & Mulyani, 2024).
2. Efek filler, di mana partikel halus serbuk kaca dapat mengisi rongga mikro di antara partikel semen dan agregat sehingga meminimalkan porositas (Br Pasaribu *et al.*, 2022).

Penelitian lain mendukung temuan ini, dimana variasi penambahan serbuk kaca hingga kadar tertentu (misalnya 5–10%) memberikan peningkatan kuat tekan beton pada umur 28 hari dibanding beton tanpa kaca. Pada kadar yang terlalu tinggi, kekuatan dapat menurun akibat menurunnya jumlah semen aktif dan terjadinya aglomerasi partikel kaca (Br Pasaribu *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kaca pada campuran yang mengandung *cocopeat* menunjukkan tren peningkatan kuat tekan dibandingkan campuran *cocopeat* saja. Hal ini mengindikasikan bahwa serbuk kaca berhasil memperbaiki matriks beton, terutama dalam mengatasi peningkatan porositas yang ditimbulkan oleh *cocopeat*. Dengan adanya reaksi pozzolan, serbuk kaca berpotensi menghasilkan ikatan mikro yang lebih baik, mengurangi ruang pori serta memperkuat antarmuka agregat–pasta semen.

Salah satu temuan penting dalam penelitian ini adalah hubungan berbanding terbalik antara kuat tekan dan sifat serapan air. Hal ini didukung oleh beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa beton dengan struktur mikro lebih padat umumnya memiliki nilai serapan air yang lebih rendah serta kuat tekan yang lebih tinggi karena porositas internal yang berkurang. Pada pengujian material *paving block*, kombinasi *cocopeat* dan serbuk kaca menghasilkan matriks yang berbeda-beda:

1. *Cocopeat* tanpa kaca cenderung meningkatkan serapan air tetapi menurunkan kuat tekan.
2. Penambahan serbuk kaca berperan dalam mengisi pori-pori dan meningkatkan densitas matriks *paving block*, sehingga hubungan kuat tekan meningkat dan serapan air menurun.

Fenomena ini konsisten dengan literatur bahwa peningkatan densitas internal beton berbanding terbalik dengan kemampuan material untuk menyerap air, karena pori kapiler atau mikro yang lebih sedikit signifikan menurunkan jalur penetrasi air. Secara teoritis, hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya pemahaman interaksi antara material organik (*cocopeat*) dan material pozzolanik (serbuk kaca) dalam campuran beton non struktur yaitu *paving block*. *Cocopeat* sebagai material organik memiliki efek lanjutan pada sifat beton yang tidak semata mekanik, tetapi juga mengubah mikrostruktur. Di sisi lain, serbuk kaca sebagai material pozzolan dapat memperbaiki mikrostruktur itu dengan memperkuat fase matriks pasta–agregat.

Secara praktis, penelitian ini menunjukkan bahwa material limbah yang berasal dari sumber organik maupun anorganik dapat dimanfaatkan bersama untuk menghasilkan *paving block* yang memiliki mutu yang masih dapat diterima sesuai standar teknis tertentu. Dengan

penyesuaian proporsi, campuran ini dapat memenuhi kebutuhan *paving block* dengan syarat mutu sesuai standar nasional.

3.2 Analisis Hasil Kuat Tekan *Paving Block*

Penilaian kelayakan mutu *paving block* yang dihasilkan pada penelitian ini, tidak hanya dianalisis secara deskriptif, tetapi juga dibandingkan secara kuantitatif dengan kriteria mutu yang telah ditetapkan dalam SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (*Paving block*) (BSN, 1996). Standar ini mengklasifikasikan mutu *paving block* berdasarkan dua parameter utama, yaitu kuat tekan dan daya serap air, yang menjadi indikator penting dalam menentukan peruntukan penggunaan *paving block* di lapangan, seperti untuk jalan kendaraan berat, area parkir, pejalan kaki, maupun taman. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 klasifikasi penentuan Standar Mutu *Paving block* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.

Standar Mutu *Paving Block*

Mutu	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Minimum (MPa)	Daya Serap Air Maks (%)	Kegunaan
A	≥ 40	≥ 35	≤ 3	Jalan Kendaraan Berat
B	≥ 20	≥ 17	≤ 6	Pelantaran Parkir
C	≥ 15	≥ 12,5	≤ 8	Pejalan Kaki
D	≥ 10	≥ 8,5	≤ 10	Taman / non struktural ringan

(Sumber: Badan Standar Nasional, 1996)

Tabel klasifikasi mutu menurut SNI tersebut memberikan batasan nilai minimum kuat tekan dan batas maksimum daya serap air untuk setiap kelas mutu (A, B, C, dan D). Oleh karena itu, tabel standar SNI dijadikan sebagai acuan pembandingan terhadap hasil pengujian masing-masing variasi sampel pada penelitian ini, yang meliputi sampel kontrol, campuran *cocopeat* 1%, serta kombinasi *cocopeat* dan serbuk kaca dengan variasi 1%, 3%, dan 5%.

Dengan mengacu pada batasan nilai dalam SNI, hasil uji kuat tekan dan daya serap dari setiap sampel dapat diidentifikasi masuk ke dalam kategori mutu tertentu. Proses ini penting untuk menunjukkan secara objektif sejauh mana campuran *cocopeat* dan serbuk kaca masih mampu menghasilkan *paving block* yang memenuhi standar teknis nasional. Tabel 2 menyajikan perbandingan antara klasifikasi mutu berdasarkan SNI dengan hasil pengujian sampel penelitian.

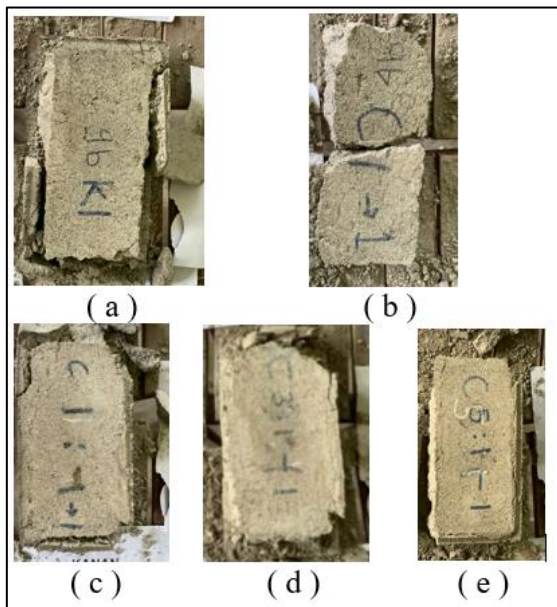
Tabel 2.

Perbandingan Kuantitatif *Paving Block*

Sampel	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Daya Serap (%)	Klasifikasi SNI	Peruntukan
Kontrol	36,30	7,54	B/C	Pelantaran Parkir dan Pejalan Kaki
<i>Cocopeat</i> 1%	32,94	7,4	B/C	Pelantaran Parkir dan Pejalan Kaki
<i>Cocopeat</i> 1% dan Serbuk Kaca 1%	33,71	8,02	B/D	Pelantaran Parkir dan Pejalan Kaki
<i>Cocopeat</i> 1% dan Serbuk Kaca 3%	34,44	8,38	B/D	Pelantaran Parkir dan Pejalan Kaki
<i>Cocopeat</i> 1% dan Serbuk Kaca 5%	35,48	8,36	B/D	Pelantaran Parkir dan Pejalan Kaki

Secara kuantitatif, hasil pengujian kuat tekan dan daya serap *paving block* menunjukkan sampel kontrol menunjukkan mutu tertinggi karena tidak mengandung material organik yang meningkatkan porositas. Berdasarkan perbandingan hasil uji dengan SNI 03-0691-1996, terlihat bahwa parameter pembatas utama pada penelitian ini bukanlah kuat tekan, melainkan daya serap air.

Seluruh sampel menunjukkan kuat tekan yang sangat baik, bahkan berada jauh di atas batas minimum Mutu B (20 MPa), dengan rentang nilai 32,94–36,30 MPa. Secara mekanis, *paving block* hasil penelitian ini sebenarnya layak untuk kategori pelataran parkir. Namun demikian, ketika dibandingkan dengan batas daya serap air menurut SNI, tidak ada sampel yang memenuhi syarat Mutu B ($\leq 6\%$). Nilai daya serap berada pada rentang 7,40%–8,38%. Hal inilah yang menyebabkan penurunan kelas mutu SNI.



Gambar 2.

(a) *Paving Block* Kontrol ; (b) *Paving Block Cocopeat 1%*; (c) *Paving Block Cocopeat 1% & Serbuk Kaca 1%*; (d) *Paving Block Cocopeat 1% & Serbuk Kaca 3%*; (e) *Paving Block Cocopeat 1% & Serbuk Kaca 5%*

Sampel kontrol dan *cocopeat 1%* masih berada di bawah 8%, sehingga diklasifikasikan sebagai Mutu C yang diperuntukkan bagi pejalan kaki. Sementara itu, seluruh campuran yang mengandung serbuk kaca menunjukkan daya serap sedikit di atas 8%, sehingga masuk ke Mutu D. Temuan ini menunjukkan bahwa:

- Secara kuat tekan, campuran *cocopeat* dan serbuk kaca sangat memenuhi standar teknis.
- Secara daya serap, campuran belum optimal akibat meningkatnya porositas internal.

Dengan demikian, secara klasifikasi SNI, *paving block* hasil penelitian ini lebih dibatasi oleh sifat porositas (daya serap) daripada kekuatan mekaniknya.

Berdasarkan evaluasi terhadap SNI 03-0691-1996, seluruh sampel penelitian menunjukkan kuat tekan yang tinggi (32,94–36,30 MPa) yang secara mekanis telah melampaui batas minimum Mutu B. Namun, daya serap air menjadi faktor pembatas yang menurunkan klasifikasi mutu menjadi C dan D. Kondisi ini memberikan beberapa implikasi teknis penting pada proses perancangan campuran (*mix design*), proses produksi, dan potensi aplikasi lapangan *paving block* berbahan *cocopeat* dan serbuk kaca.

Pertama, dari sisi kinerja mekanik, *paving block* hasil penelitian memiliki kapasitas menahan beban yang sangat baik. Nilai kuat tekan yang tinggi menunjukkan bahwa ikatan pasta semen dan agregat terbentuk dengan cukup kuat, sehingga secara struktural *paving block* ini layak untuk menerima beban tekan dari aktivitas pejalan kaki hingga beban ringan seperti halaman rumah, taman, dan area pedestrian. Artinya, secara teknis material ini tidak lemah, melainkan hanya terkendala pada sifat fisik porositasnya.

Kedua, dari sisi porositas dan daya serap, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *cocopeat* meningkatkan rongga mikro dalam matriks beton. Serbuk kaca yang ditambahkan memang membantu memperbaiki struktur internal melalui efek filler dan pozzolan, tetapi belum cukup untuk menurunkan daya serap hingga batas $\leq 6\%$ sesuai Mutu B. Implikasi teknisnya adalah bahwa perbaikan mutu tidak lagi perlu difokuskan pada peningkatan kuat tekan, melainkan pada strategi pengendalian pori di dalam *paving block*.

Ketiga, pada aspek perancangan campuran, hasil ini menunjukkan bahwa campuran dengan *cocopeat* dan serbuk kaca sangat sensitif terhadap:

- a. Faktor air semen (*w/c ratio*),
- b. Tingkat pemadatan saat pencetakan,
- c. Gradasi agregat halus,
- d. Ukuran partikel serbuk kaca yang digunakan.

Perbaikan pada parameter tersebut berpotensi besar menurunkan daya serap tanpa perlu mengubah komposisi bahan secara signifikan.

Keempat, dari sisi aplikasi praktis, *paving block* ini tetap sangat layak digunakan untuk:

- a. Trotoar dan jalur pedestrian,
- b. Halaman rumah dan taman,
- c. Area dengan beban ringan dan tidak tergenang air secara terus-menerus.

Artinya, meskipun secara klasifikasi SNI berada pada Mutu C dan D, secara fungsional *paving block* ini masih memenuhi kebutuhan penggunaan non-struktural ringan dengan keunggulan tambahan berupa pemanfaatan limbah organik dan anorganik. Secara keseluruhan, implikasi teknis dari penelitian ini menunjukkan bahwa campuran *cocopeat* dan serbuk kaca sudah memenuhi syarat kekuatan, dan hanya memerlukan optimasi pengendalian porositas pada tahap produksi untuk dapat meningkat ke mutu yang lebih tinggi sesuai standar.

3.3 Keterbatasan Penelitian dan Rencana Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasil yang diperoleh. Pertama, pengujian yang dilakukan masih terbatas pada parameter kuat tekan dan daya serap air pada umur 28 hari, sehingga belum menggambarkan secara menyeluruh kinerja *paving block* dalam jangka panjang. Padahal, sebagai material yang digunakan di lingkungan terbuka, *paving block* berpotensi mengalami pengaruh cuaca, perubahan suhu, kelembapan, genangan air, serta beban berulang dari aktivitas manusia maupun kendaraan ringan. Kedua, variasi campuran yang digunakan masih terbatas pada *cocopeat* 1% dan serbuk kaca dengan kadar 1%, 3%, dan 5%, sehingga belum dapat menunjukkan batas optimum penggunaan *cocopeat* maupun serbuk kaca secara lebih luas. Ketiga, penelitian ini belum melakukan pengujian mikrostruktur untuk melihat secara lebih detail hubungan antara porositas, ikatan pasta semen, *cocopeat*, dan serbuk kaca di dalam matriks *paving block*. Hal ini penting karena hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan seluruh variasi sudah tinggi, namun daya serap air masih menjadi faktor pembatas dalam klasifikasi mutu berdasarkan SNI 03-0691-1996. Selain itu, penelitian ini masih dilakukan

dalam skala laboratorium, sehingga kondisi proses produksi seperti tingkat pemadatan, homogenitas pencampuran, ukuran partikel bahan tambah, serta konsistensi mutu pada skala industri belum sepenuhnya terwakili. Dengan demikian, hasil penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai kajian awal mengenai potensi pemanfaatan cocopeat dan serbuk kaca sebagai bahan alternatif ramah lingkungan pada paving block.

Penelitian selanjutnya perlu diarahkan pada upaya optimasi campuran dan peningkatan mutu fisik paving block, khususnya dalam menurunkan nilai daya serap air agar dapat memenuhi klasifikasi mutu yang lebih tinggi sesuai SNI 03-0691-1996. Pengujian lanjutan dapat dilakukan dengan memperluas variasi kadar cocopeat, misalnya di bawah 1% maupun di atas 1%, untuk mengetahui batas penggunaan yang masih aman terhadap kuat tekan dan porositas. Selain itu, variasi ukuran partikel serbuk kaca juga perlu dikaji karena serbuk kaca yang lebih halus berpotensi bekerja lebih efektif sebagai filler dan material pozzolan dalam mengisi rongga mikro pada matriks paving block. Penelitian berikutnya juga disarankan untuk mengoptimalkan faktor air semen, metode pemadatan, gradasi agregat, dan teknik curing agar struktur paving block menjadi lebih padat dan daya serap air dapat ditekan. Selain pengujian kuat tekan dan daya serap air, penelitian mendatang sebaiknya menambahkan pengujian durabilitas, seperti ketahanan aus, ketahanan terhadap siklus basah-kering, ketahanan terhadap genangan, serta pengujian beban berulang untuk mensimulasikan kondisi penggunaan di lapangan. Kajian mikrostruktur menggunakan pengamatan laboratorium juga penting dilakukan untuk memahami mekanisme ikatan antara semen, agregat, cocopeat, dan serbuk kaca secara lebih mendalam. Pada tahap berikutnya, penelitian dapat dikembangkan ke skala produksi industri kecil atau home industry paving block agar diperoleh gambaran yang lebih representatif mengenai kelayakan teknis, efisiensi biaya, serta potensi penerapan material limbah ini sebagai inovasi konstruksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan *cocopeat* dan serbuk kaca pada campuran paving block memberikan kinerja kuat tekan yang sangat baik, namun tetap perlu dipertimbangkan bersama dengan karakteristik daya serap air sebagai penentu mutu. Penambahan *cocopeat* 1% sebagai substitusi parsial agregat halus tidak menurunkan kuat tekan secara signifikan, dengan nilai mencapai sekitar 32,94 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa secara mekanik paving block masih memiliki kemampuan menahan beban tekan yang tinggi. Namun, sifat alami *cocopeat* yang berpori menyebabkan peningkatan daya serap air, sehingga mempengaruhi klasifikasi mutu berdasarkan SNI 03-0691-1996. Di sisi lain, penambahan serbuk kaca pada campuran yang mengandung *cocopeat* menunjukkan peningkatan kuat tekan hingga kisaran 33,71–35,48 MPa. Peran serbuk kaca sebagai *filler* dan material pozzolan mampu memperbaiki struktur mikro dan mempertahankan kepadatan matriks paving block. Meskipun demikian, perbaikan struktur ini belum sepenuhnya mampu menurunkan daya serap air akibat porositas yang ditimbulkan oleh *cocopeat*, sehingga beberapa variasi campuran masih berada pada klasifikasi mutu yang lebih rendah. Dengan demikian, ditinjau dari aspek kuat tekan, pemanfaatan *cocopeat* dan serbuk kaca dalam paving block dapat dikategorikan berhasil karena seluruh variasi campuran masih menghasilkan kuat tekan yang tinggi dan layak secara teknis. Kombinasi kedua bahan limbah tersebut menunjukkan potensi sebagai material alternatif ramah lingkungan yang tetap mampu mempertahankan bahkan meningkatkan performa mekanik paving block.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan acuan SNI 03-0691-1996, disarankan penelitian lanjutan memfokuskan pada pengendalian porositas melalui optimasi faktor air semen, peningkatan metode pemadatan, serta penggunaan ukuran partikel serbuk kaca yang lebih halus agar daya serap air dapat ditekan. Variasi kadar *cocopeat* yang lebih kecil juga perlu diuji untuk menemukan batas optimal penggunaannya. Selain itu, pengujian sifat durabilitas dan penerapan proses produksi mendekati skala industri dianjurkan untuk memperoleh gambaran mutu yang lebih representatif.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari penelitian untuk Laporan Praktik Keinsinyuran yang dilaksanakan pada tahun 2026. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing dari PSPPI Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta yang telah memberikan bimbingan, saran dan masukan selama pelaksanaan penelitian tersebut serta Pembimbing Lapangan yang telah memberikan banyak masukan dan saran selama penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Aprilistia, V., & Mulyani, R. (2024). Pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan dan penyerapan air pada paving block. *Jurnal Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan*, 2(1), 1-8.
2. Badan Standardisasi Nasional. (1996). *SNI 10-0691-1996: Bata beton (paving block)*. Jakarta: BSN.
3. Bediako, M., Ametefe, T. K., Asante, N., & Adumatta, S. (2025). Incorporation of natural coconut fibers in concrete for sustainable construction: Mechanical and durability behavior. *Case Studies in Construction Materials*, 22, e04867.
4. Bharanidharan, K., Sri, G. S., Naveenprasath, K. A., & Kavimani, V. (2025). An experimental investigation on the use of waste glass powder and fly ash powder in paver blocks. *International Journal of Innovative Research in Technology*, 11(12), 8421–8425.
5. Br Pasaribu, N., Sirait, R., & Daulay, A. H. (2022). Karakteristik paving block dari limbah serbuk kaca (glass powder). *Einstein*, 10(3), 28–33.
6. Erlina, Suryanto, & Margareta. (2021). Analisis kualitas paving block hasil home industry di berbagai daerah (studi kasus: Sleman, Bantul, dan Kota Yogyakarta). *Jurnal CivEtech*, 3(2), 1–10.
7. Irvhaneil, & Syahwanti, H. (2023). Analisis pengaruh penambahan serbuk sabut kelapa (*cocopeat*) sebagai campuran agregat halus terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Teknologi Infrastruktur*, 5(2), 47–55.
8. Li, Q., Qiao, H., Li, A., & Li, G. (2022). Performance of waste glass powder as a pozzolanic material in blended cement mortar. *Construction and Building Materials*, 324, 126531.
9. Muhedin, D. A., & Ibrahim, R. K. (2023). Effect of waste glass powder as partial replacement of cement and sand in concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02512.
10. Naik, B. G., Nakkeeran, G., Roy, D., & Alaneme, G. U. (2024). Investigating the potential of waste glass in paver block production using RSM. *Scientific Reports*, 14, 21508.

11. Navaneetha, E., Rao, P. N., & Bahurudeen, A. (2026). Waste glass in cementitious materials: Applications, properties, and performance in construction and infrastructure. *Progress in Engineering Science*, 3(1), 100223.
12. Saeed, N. M., & Hassan, H. Z. (2025). Implementing industrial and agricultural waste materials to produce green concrete: A step towards sustainable construction. *Springer Nature Link*, 5(21).
13. Syahwanti, H., Irvhaneil, & Christiana, R. (2022). Analisis karakteristik serbuk sabut kelapa (cocopeat) sebagai agregat halus pada campuran beton. *Serambi Engineering*, 7(1), 2554–2560.
14. Syahwanti, H., Irvhaneil, & Yufiansyah. (2024). Analisis pengaruh penambahan serbuk sabut kelapa (cocopeat) pada campuran agregat paving block terhadap nilai daya serap. *Serambi Engineering*, 9(3), 9226–9232.
15. Srini, V. K. (2024). Properties of concrete with glass powder (GP) as fine aggregate replacement. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(2S11), 2308–2314.