

## ANALISIS PENGARUH ABU BATU SEBAGAI PENGGANTI PASIR DENGAN CAMPURAN SERBUK KAYU TERHADAP UJI KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR PADA *PAVING BLOCK*

Imam Muslim<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>, Hazairin Nikmatul Lukma<sup>3</sup>  
Universitas Islam Balitar<sup>1,2,3</sup>

e-mail: [Muslims.arch@gmail.com](mailto:Muslims.arch@gmail.com), [nurjanah@politata.ac.id](mailto:nurjanah@politata.ac.id), [haza.airin@gmail.com](mailto:haza.airin@gmail.com)

Diterima: 1/5/2026; Direvisi: 8/5/2026; Diterbitkan: 18/5/2026

### ABSTRAK

Paving block pada dasarnya terbuat dari campuran semen, agregat dan air dengan atau tanpa bahan tambahan. Banyak jenis penemuan tentang modifikasi terhadap paving block salah satunya adalah paving block yang terbuat dari campuran serbuk kayu sengon bekas pengergajian yang mana semua serbuk kayu dapat di campur menjadi satu dengan agregat halus (abu batu sebagai pengganti pasir). Tujuan penelitian ini adalah perbandingan kuat tekan dan daya serap paving block normal 0% (dengan campuran semen, air, dan abu batu sebagai pengganti pasir). Paving block campuran serbuk kayu sengon dengan variasi 3%, 6%, dan 9% pada umur 7, 14, dan 28 hari serta mendeskripsikan pengaruh penambahan SKS dalam campuran paving block dengan variasi 0%, 3%, 6%, dan 9% pada masing-masing umur pengujian 7, 14 dan 28 hari, rujukan pengujian ini mengacu pada (SNI 03-0691-1996). Hasil yang dapat dikemukakan dalam penelitian ini adalah *paving block* dengan penambahan SKS nilai kuat tekan terbesar yang diperoleh adalah sebesar 16,81 MPa setelah masa perawatan *paving block* selama 28 hari dengan variasi penambahan serbuk kayu sebesar 3% dari berat semen. Nilai ini sudah memenuhi standar SNI-03-0691-1996 yaitu minimal 7,10 MPa. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* campuran serbuk kayu 3% dengan nilai kuat tekan sebesar 16,81 kg/cm<sup>2</sup> sudah memasuki dalam klasifikasi *paving block* mutu C yang digunakan untuk pejalan kaki atau taman dan penggunaan lainnya, dan hasil pengujian daya serap paving block berturut-turut sebesar 4,16%, 5,60%, 6,74%, dan 7,20%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, terungkap pula kuat tekan yang dihasilkan berbanding terbalik dengan daya serap, semakin tinggi kuat tekan paving block semakin rendah daya serapnya, begitu pula sebaliknya.

**Kata Kunci :** *Paving block, Abu Batu, Serbuk Kayu, kuat tekan, Daya Serap Air*

### ABSTRACT

Paving blocks are basically made of a mixture of cement, aggregate and water with or without additives. There are many types of inventions about modification of paving blocks, one of which is paving blocks made from a mixture of used sengon wood powder where all wood powder can be mixed together with fine aggregates (stone ash instead of sand). The purpose of this study was to compare the compressive strength and absorbency of the paving block normally 0% (with cement, water, and rock ash as a substitute for sand). Paving blocks of sengon wood powder mixture with variations of 3%, 6%, and 9% at the age of 7, 14, and 28 days and describe the effect of adding credits in the paving block mixture with variations of 0%, 3%, 6%, and 9% at the age of 7, 14 and 28 days, the reference of this test refers to (SNI 03-0691-1996). The results that can be stated in this study are *paving blocks* with the addition of the maximum compressive strength value credit obtained is 16.81 MPa after the *paving block treatment period* for 28 days with a variation in the addition of wood powder of 3% of

the cement weight. This value has met the SNI-03-0691-1996 standard, which is at least 7.10 MPa. Based on SNI 03-0691-1996, 3% wood powder mixture paving blocks with a compressive strength value of 16.81 kg/cm<sup>2</sup> have entered the classification of paving blocks of C quality used for pedestrians or parks and other uses, and the results of the paving block absorption test are 4.16%, 5.60%, 6.74%, and 7.20% respectively. Based on the results of the test, it was also revealed that the compressive strength produced is inversely proportional to the absorbency, the higher the compressive strength of the paving block, the lower the absorbency, and vice versa.

**Keywords:** *Paving block, Stone Ash, Wood Powder, compressive strength, Water Absorption*

## PENDAHULUAN

Sektor konstruksi di Indonesia terus mengalami eskalasi yang signifikan seiring dengan dinamika pertumbuhan zaman yang semakin pesat saat ini. Fenomena ini dipicu oleh meningkatnya kebutuhan akan sarana dan prasarana publik serta infrastruktur pendukung yang krusial bagi mobilitas aktivitas masyarakat luas. Dalam ekosistem pembangunan modern, berbagai upaya dilakukan untuk mengoptimalkan fungsionalitas elemen bangunan tanpa mengabaikan aspek kualitas material yang digunakan setiap harinya. Salah satu komponen material yang menempati posisi strategis dalam penataan lingkungan adalah bata beton atau yang lebih populer dikenal dengan istilah *paving block*. Berdasarkan standar teknis nasional, material ini didefinisikan sebagai komposisi bahan bangunan yang dirakit dari perpaduan semen *portland* atau bahan pengikat hidrasi sejenisnya, air, serta agregat tertentu. Penambahan material lain diperbolehkan selama tidak mereduksi mutu akhir dari beton tersebut secara struktural maupun estetika. Penggunaan material ini sangat luas, mulai dari area trotoar hingga jalan lingkungan, karena kemampuannya dalam memberikan perkerasan permukaan yang efisien namun tetap memiliki nilai keindahan. Sebagai bagian integral dari lanskap perkotaan dan perumahan, pemahaman mendalam mengenai standar mutu material menjadi prasyarat mutlak guna menjamin ketahanan bangunan dalam jangka waktu panjang di tengah iklim tropis yang menantang (Krisdiyanto, 2025; Sachin et al., 2026; Saputra, 2025; Yuristiary, 2025).

Meskipun kebutuhan akan pembangunan terus meningkat, terdapat kendala ekonomi yang nyata terkait dengan tingginya harga bahan baku utama di pasar konstruksi nasional. Semen merupakan komponen krusial yang berfungsi sebagai pengikat antar material, namun fluktuasi harganya yang cenderung mahal sering kali menjadi beban dalam pembiayaan proyek berskala besar maupun kecil. Kesenjangan antara tuntutan kualitas tinggi dan realitas biaya produksi yang membengkak menuntut adanya inovasi kreatif dalam pencarian material alternatif yang lebih terjangkau namun tetap kompetitif secara mutu. Di sisi lain, industri pemecah batu menghasilkan limbah berupa abu batu dalam volume yang sangat masif dan sering kali tidak terkelola dengan baik sehingga mencemari lingkungan sekitarnya. Abu batu memiliki karakteristik fisik yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai substitusi agregat halus atau pasir dalam campuran pembuatan *paving block*. Inovasi pemanfaatan limbah industri ini diharapkan mampu mereduksi ketergantungan pada material alam yang semakin terbatas sekaligus menekan ongkos produksi secara signifikan tanpa mengorbankan integritas mekanis dari produk akhir. Transformasi limbah menjadi bahan baku fungsional merupakan langkah strategis dalam mewujudkan industri konstruksi yang berkelanjutan dan lebih ramah terhadap ekosistem lingkungan hidup secara menyeluruh bagi kepentingan bersama di masa yang akan datang (Edowinsyah & Azizah, 2025; Pang, 2025; Ribowo, Maini, et al., 2026; Ribowo, Susanti, et al., 2026).

Permasalahan limbah dalam sektor industri di Indonesia tidak hanya terbatas pada residu pertambangan batu, melainkan juga merambah pada industri penggergajian kayu yang tersebar luas di berbagai daerah. Aktivitas pemotongan dan penjualan kayu, khususnya jenis sengon, menghasilkan residu berupa serbuk gergaji yang menumpuk dalam jumlah yang sangat mengkhawatirkan di area operasional pabrik. Akumulasi serbuk kayu yang tidak ditangani secara sistematis ini berdampak pada penyempitan lahan produktif serta berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan bagi para pekerja di sekitarnya akibat debu kayu yang beterbangan bebas. Untuk mengatasi problematika tersebut, muncul gagasan inovatif untuk mentransformasi limbah serbuk kayu sengon menjadi bahan tambah dalam formulasi campuran pembuatan benda uji konstruksi. Penelitian ini mengeksplorasi potensi serbuk kayu tersebut sebagai aditif pada semen untuk melihat dinamika pengaruhnya terhadap performa fisik material bangunan secara keseluruhan. Pengolahan limbah organik ini menjadi nilai tambah yang strategis karena mampu memberikan solusi ganda bagi permasalahan lingkungan sekaligus mengeksplorasi sifat mekanis baru yang mungkin dihasilkan dari perpaduan material kayu dan semen. Diversifikasi bahan baku ini menjadi angin segar dalam riset material bangunan yang berorientasi pada prinsip ekonomi sirkular dan optimalisasi sumber daya sisa industri kayu lokal demi efisiensi material konstruksi (Dias et al., 2022; Guo et al., 2022; Maier et al., 2025; Yazan et al., 2025).

Penjaminan kualitas setiap produk material bangunan wajib merujuk pada regulasi teknis yang berlaku guna memastikan keamanan dan keandalan struktur saat diaplikasikan langsung di lapangan. Standar nasional menetapkan kriteria ketat yang mencakup dimensi, bentuk, sifat fisika, hingga penampakan visual dari sebuah *paving block* yang layak digunakan secara komersial luas. Secara spesifik, persyaratan teknis mengharuskan ketebalan nominal minimal sebesar enam puluh milimeter dengan batas toleransi tertentu, serta permukaan yang rata tanpa cacat fisik seperti retak atau mudah terkelupas. Klasifikasi mutu dibagi menjadi beberapa tingkatan, mulai dari mutu tertinggi untuk beban jalan raya hingga mutu yang diperuntukkan bagi taman atau area pejalan kaki dengan spesifikasi kuat tekan yang berbeda. Untuk memverifikasi kualitas tersebut, metode uji kuat tekan atau *compressive strength* menjadi instrumen validasi yang sangat krusial dalam menentukan perilaku material saat menerima beban tekanan vertikal. Pengujian yang konsisten sesuai protokol nasional tidak hanya menjamin integritas struktural bangunan, tetapi juga memberikan dasar data ilmiah bagi penciptaan material yang tangguh dan memiliki durabilitas tinggi. Melalui pengujian yang akurat, inovasi material baru dapat dipertanggungjawabkan secara teknis sebelum diproduksi secara massal untuk memenuhi kebutuhan pasar infrastruktur yang menuntut standar ketahanan fisik yang sangat ketat dan andal (Chang & Guo, 2025; Hong et al., 2021; Manu, 2024; Tiza et al., 2024).

Karakteristik massa jenis yang lebih rendah membuat produk ini sangat ideal untuk diaplikasikan pada area dengan kondisi tanah lunak atau wilayah rawa yang sering ditemui di berbagai pelosok wilayah Indonesia. Dengan memadukan aspek ekologis dan teknis, penelitian ini tidak hanya berupaya menjawab tantangan penumpukan limbah industri, tetapi juga menciptakan solusi praktis bagi infrastruktur di medan yang sulit secara geografis. Hasil akhir yang diharapkan adalah terciptanya *paving block* inovatif yang tangguh secara struktural namun memiliki bobot yang efisien, sehingga mampu meningkatkan efektivitas pembangunan fasilitas umum di daerah dengan karakteristik tanah yang menantang. Eksplorasi variasi campuran dalam kajian ini menjadi langkah maju dalam pengembangan teknologi beton berbasis material limbah yang kompetitif secara fungsional.

## METODE PENELITIAN

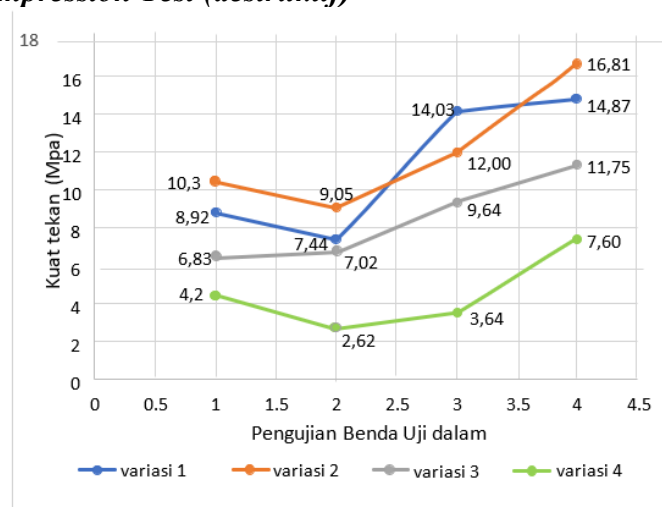
Penelitian ini menggunakan eksperimen laboratorium untuk menganalisis modifikasi bahan penyusun *paving block* dengan memanfaatkan limbah industri secara optimal. Prosedur diawali dengan penyiapan alat dan bahan utama yang terdiri dari semen, abu batu sebagai substitusi total pasir, serta serbuk kayu sengon dengan variasi konsentrasi 0%, 3%, 6%, dan 9% dari berat semen. Tahap awal pelaksanaan melibatkan penyaringan agregat menggunakan saringan nomor 4 guna memastikan keseragaman gradasi material. Selanjutnya, dilakukan pencampuran material dengan proporsi yang telah direncanakan dan penambahan air secara terkontrol untuk mencapai konsistensi adukan yang diinginkan. Setelah adukan homogen, proses dilanjutkan dengan pencetakan benda uji menggunakan cetakan manual yang disertai teknik pemadatan berlapis. Benda uji yang telah mengeras kemudian dikeluarkan dari cetakan untuk menjalani proses pengeringan alami serta tahap *curing* atau perawatan selama periode waktu tertentu. Seluruh rangkaian persiapan material ini dilakukan secara sistematis guna menjamin karakteristik fisik setiap varian benda uji tetap terjaga sebelum memasuki fase pengujian kekuatan mekanis.

Evaluasi kualitas produk dilakukan melalui serangkaian pengujian fisik dan mekanis yang merujuk pada standar SNI 03-0691-1996 sebagai acuan utama. Instrumen yang digunakan meliputi mesin uji tekan atau *universal testing machine* untuk mengukur kekuatan destruktif serta alat *hammer test* guna mendapatkan estimasi kekuatan non-destruktif berdasarkan angka pantul permukaan. Pengujian kuat tekan dilaksanakan secara berkala pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari untuk memantau perkembangan kekuatan seiring bertambahnya durasi hidrasi semen. Selain itu, dilakukan pengujian daya serap air dengan cara membandingkan berat kering dan berat basah benda uji untuk mengukur tingkat porositas material. Data kuantitatif yang diperoleh dari hasil pembacaan beban maksimal dalam satuan *kilo Newton* kemudian dikonversi menjadi satuan *Mega Pascal* atau MPa. Seluruh hasil observasi dan data teknis tersebut diolah menggunakan analisis statistik deskriptif untuk menentukan hubungan antara penambahan volume serbuk kayu terhadap stabilitas struktur serta ketahanan *paving block*. Proses ini bertujuan menetapkan klasifikasi mutu benda uji sesuai peruntukannya di lapangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### Hasil Pengujian *Compression Test* (destruktif)



Gambar 1. Grafik Kuat tekan paving block

Dari gambar 1 diatas dapat dilihat bahwa setelah melakukan uji Kuat tekan didapatkan Kuat tekan terbesar dari masing-masing variasi dari benda uji yang telah dibuat, sebesar 10,33 Mpa untuk benda uji berumur 7 hari, sebesar 8,92 Mpa untuk benda uji berumur 14 hari, sebesar 14,03 Mpa untuk benda uji yang berumur 21 hari dan 16,81 Mpa untuk benda uji yang berumur 28 hari. Sedangkan untuk Kuat tekan benda uji yang paling rendah pada masing-masing variasi dari benda uji yang telah dibuat sebesar 4,20 Mpa untuk benda uji berumur 7 hari, sebesar 2,62 Mpa untuk benda uji berumur 14 hari, sebesar 3,64 Mpa untuk benda uji berumur 21 hari, sebesar 7,60 Mpa untuk benda uji berumur 28 hari.

Secara umum, penggunaan serbuk kayu dalam beton atau *paving block* dapat menurunkan kuat tekan, terutama dalam prosentasenya tinggi. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan dampak ini saat merancang campuran beton atau *paving block* dengan campuran serbuk kayu. Penurunan ini disebabkan oleh beberapa faktor termasuk sifat serbuk kayu itu sendiri dan bagaimana ia berinteraksi dengan bahan lainnya dalam campuran beton.

Peningkatan signifikan kuat tekan *paving block* terjadi seiring dengan bertambahnya umur dan perbandingan antara semen, abu batu dan serbuk kayu. Ini disebabkan oleh proses hidrasi semen yang lebih optimal dengan adanya serbuk kayu yang membantu menghasilkan struktur beton yang lebih kuat dan padat. Nilai kuat tekan terbesar yang diperoleh adalah sebesar 16,81 MPa setelah masa perawatan *paving block* selama 28 hari dengan variasi penambahan serbuk kayu sebesar 3% dari berat semen. Nilai ini sudah memenuhi standar SNI-03-0691-1996 yaitu minimal 7,10 MPa. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* campuran serbuk kayu 3% dengan nilai kuat tekan sebesar 16,81 kg/cm<sup>2</sup> sudah memasuki dalam klasifikasi *paving block* mutu C yang digunakan untuk pejalan kaki atau taman dan penggunaan lainnya.

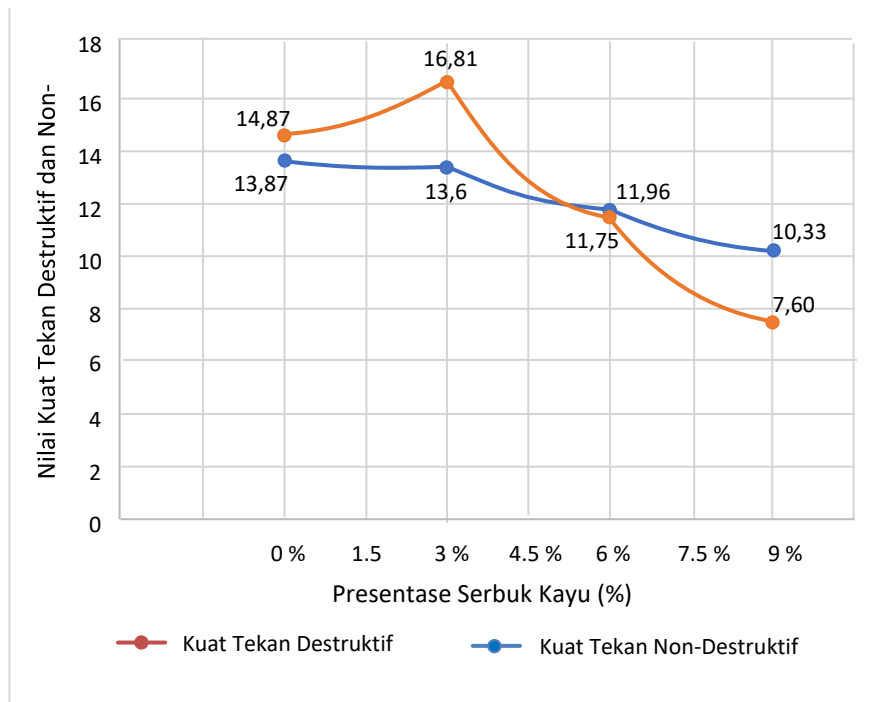
#### Analisis Kuat Tekan *Compression Test* dengan *Hammer Test*

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh perbedaan antara kuat tekan *compression test* dengan kuat tekan *hammer test*. Hasil pengujian tersebut didapatkan selisih antara kuat tekan *compression test* dengan kuat tekan *hammer test* seperti Tabel berikut.

**Tabel 1. Selisih Kuat Tekan Uji Kuat Tekan dengan Uji Pantul**

No	Benda Uji	Compression Test (Mpa)	Hammer Test (Mpa)	Selisih
1	Variasi 1 (0%)	14,87	13,87	1,00
2	Variasi 2 (3%)	16,81	13,6	3,21
3	Variasi 3 (6%)	11,75	11,96	0,21
4	Variasi 4 (9%)	7,60	10,33	2,73

Dari Tabel 1. didapatkan grafik perbandingan antara kuat tekan uji kuat tekan dengan uji pantul pada Gambar 2

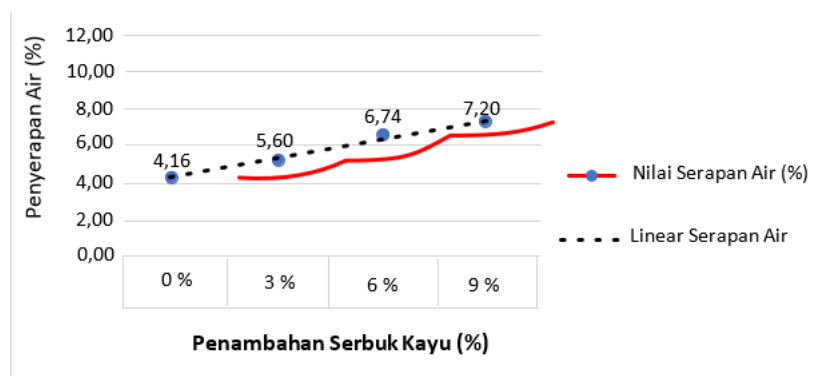


**Gambar 2. Grafik Perbandingan Kuat Tekan antara *Compression Test* dengan *Hammer Test***

Dari Gambar 2 menunjukkan perbandingan hasil kuat tekan *paving block* dimana *compression test* memiliki nilai kuat tekan lebih besar dari pada *hammer test*. Hasil uji hammer test yang lebih kecil dari uji hidrolis pada *paving block* adalah hal yang wajar, karena kedua metode ini memiliki pendekatan yang berbeda dalam mengukur kekuatan *paving block*. Uji *hammer test* merupakan metode non-destruktif yang memberikan perkiraan kekuatan yang lebih cepat, sedangkan uji hidrolis adalah metode yang menghancurkan sampel untuk menentukan kekuatan/nilai yang sebenarnya.

Hasil uji *hammer test* yang lebih tinggi dibandingkan uji hidrolis pada *paving block* bukanlah indikasi *paving block* lebih kuat, melainkan karena *hammer test* hanya mengukur kekerasan permukaan, sedangkan uji hidrolis mengukur kekuatan *paving block* secara keseluruhan. Uji hammer test lebih mudah dan cepat, namun kurang akurat dibandingkan uji hidrolis yang memberikan nilai kuat tekan yang lebih representatif.

### Pengujian Daya Serap Air Paving Block



**Gambar 3 Grafik Daya Serap Air Paving Block**

Berdasarkan gambar 3 dapat disimpulkan bahwa benda uji *paving block* normal memiliki rata-rata daya serap air 4,16%, dengan penambahan serbuk kayu 3% mengalami kenaikan dengan rata-rata daya serap air 5,60%, dengan penambahan serbuk kayu 6% mengalami kenaikan dengan rata-rata daya serap air 6,74%. Sedangkan paving block dengan penambahan serbuk kayu 9% mengalami kenaikan dengan rata-rata daya serap air 7,20%. Pada penambahan serbuk kayu 3%, 6%, dan 9% mengalami kenaikan daya serap air dari paving block normal, hal ini disebabkan serbuk kayu memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan agregat halus, sehingga dalam pembuatan paving block dengan penambahan serbuk kayu semakin banyak maka menyebabkan peningkatan daya serap yang dihasilkan, menyebabkan lebih banyak rongga udara dan kurang padat karena kadar air yang sudah diserap oleh bahan pembuatan paving block saat pencampuran yang menyebabkan *paving block* ketika dilakukan penambahan serbuk kayu menyerap lebih banyak air daripada *paving block* normal, berbanding terbalik dengan hasil pengujian kuat tekan.

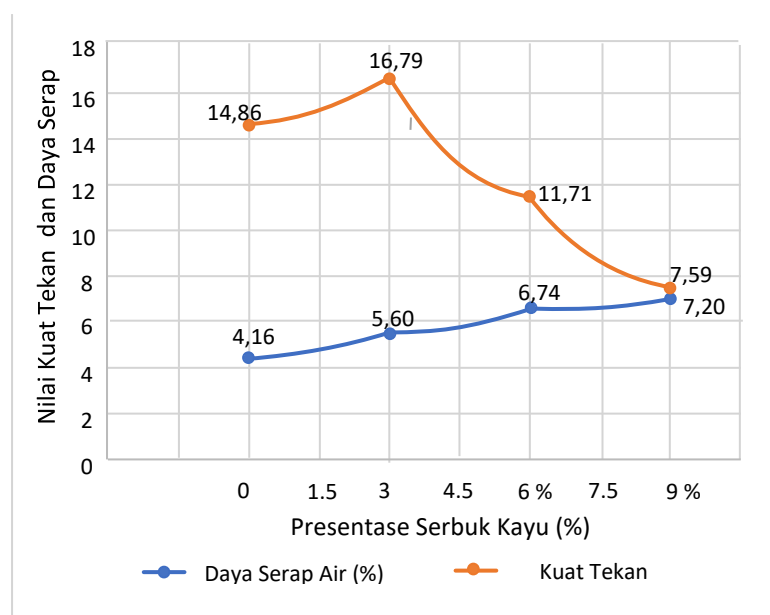
Gambar 3, dapat dilakukan penggolongan mutu pada setiap penambahan variasi serbuk kayu. Tabel 2 adalah penggolongan mutu dari hasil pengujian daya serap air paving block.

**Tabel 2. Penggolongan Mutu Daya Serap Air *Paving Block***

No	Serbuk Kayu	Rata-Rata Daya Serap Air	Mutu	Kegunaan
1	0%	4,16	B	Pelataran parkir
2	3%	5,60	B	Pelataran parkir
3	6%	6,74	C	Digunakan untuk pejalan kaki
4	9%	7,20	C	Digunakan untuk pejalan kaki

### Rekapitulasi Uji Kuat Tekan dan Daya Serap Air

Berdasarkan uji yang telah dilakukan oleh peneliti, dapat dilihat pada gambar berikut.

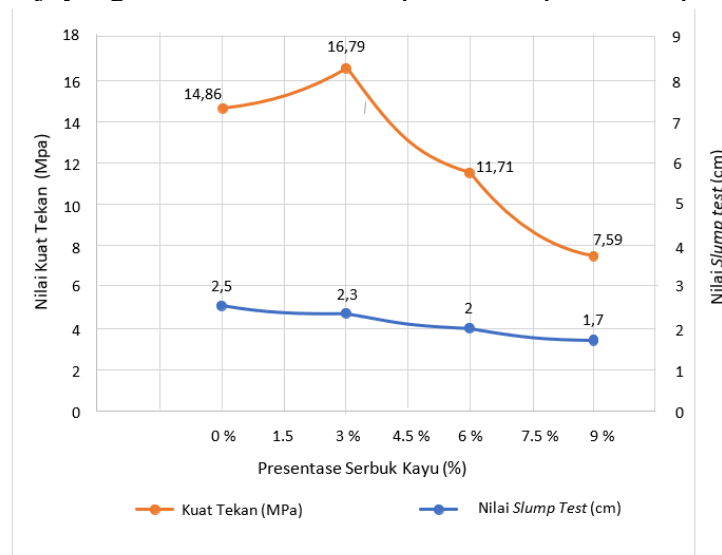


**Gambar 4. Grafik Kuat Tekan dan Daya Serap Air *Paving Block***

Berdasarkan hasil Gambar 4, dapat dilakukan hubungan Kuat Tekan dengan daya serap air pada setiap penambahan variasi serbuk kayu. Penurunan kuat tekan *paving block* akan diikuti dengan kenaikan daya serap air, ini karena material yang kurang padat dan kuat tekan rendah cenderung memiliki lebih banyak ruang pori, sehingga air dapat meresap dengan mudah.

### Hubungan Uji Kuat Tekan dan Slump Test

Berdasarkan uji yang telah dilakukan oleh peneliti, dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 5. Grafik Kuat Tekan dan Slump Test**

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilakukan hubungan Kuat Tekan dengan nilai *Slump* pada setiap penambahan variasi serbuk kayu. Hubungan antara nilai slump test dan kuat tekan bersifat kompleks dan dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk rasio air-semen, jenis agregat, dan jenis adukan. Namun, secara umum, nilai slump test yang tinggi cenderung menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah, dan nilai slump test yang rendah cenderung menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Penting untuk diingat bahwa hubungan ini bersifat umum dan dapat bervariasi tergantung pada kondisi tertentu.

### Pembahasan

Analisis terhadap kekuatan tekan material menunjukkan pola pertumbuhan yang bervariasi seiring bertambahnya usia perawatan benda uji dari satu hingga empat minggu. Berdasarkan data laboratorium, nilai puncak kekuatan tekan dicapai pada umur 28 hari dengan besaran 16,81 MPa pada variasi campuran tertentu. Sebaliknya, performa paling rendah tercatat pada umur 14 hari dengan angka hanya 2,62 MPa yang menunjukkan adanya fluktuasi dalam proses pengerasan internal beton. Pertambahan kekuatan ini secara teknis berkaitan erat dengan proses hidrasi semen yang berlangsung secara gradual di dalam struktur material. Kehadiran serbuk kayu dalam proporsi terbatas tampaknya membantu menciptakan struktur yang lebih padat melalui interaksi kimiawi selama masa pematangan. Pola kenaikan dari 10,33 MPa pada hari ke 7 menuju 14,03 MPa pada hari ke 21 membuktikan bahwa waktu merupakan variabel krusial dalam mencapai stabilitas mekanis. Meskipun terdapat penurunan pada beberapa titik pengujian, tren umum tetap menunjukkan peningkatan performa seiring kematangan beton. Hal ini mengindikasikan bahwa durasi perawatan yang tepat sangat menentukan kapasitas beban yang dapat ditahan oleh komponen konstruksi tersebut dalam aplikasi lapangan yang sebenarnya kelak sebagai produk komposit yang andal dan kokoh secara struktural bagi

penggunanya di sektor konstruksi bangunan sipil yang berkelanjutan (Amaechi et al., 2026; Burhan & Hidayatunnisa, 2025; Chen et al., 2024; Sutandi et al., 2023).

Pengaruh penambahan limbah organik berupa serbuk kayu memberikan dampak signifikan terhadap integritas mekanis dari paving block yang dihasilkan secara keseluruhan. Data menunjukkan bahwa variasi campuran dengan kadar 3 persen mampu menghasilkan kekuatan maksimal 16,81 MPa yang merupakan angka tertinggi dalam seluruh rangkaian pengujian. Namun, ketika kadar serbuk kayu ditingkatkan menjadi 9 persen, kekuatan tekan mengalami penurunan drastis hingga menyentuh angka 7,60 MPa pada usia pengujian yang sama. Fenomena degradasi kekuatan ini disebabkan oleh sifat fisik kayu yang memiliki kerapatan lebih rendah dibandingkan dengan agregat mineral murni atau abu batu. Partikel kayu cenderung menciptakan titik lemah dalam matriks semen yang mengurangi kemampuan material dalam menahan beban *compression test* secara optimal. Interaksi antara serat organik dan pasta semen menghasilkan ikatan *interfacial* yang kurang kuat dibandingkan dengan agregat kasar konvensional lainnya (Gamarra-Romero et al., 2024; Guo et al., 2022; Haigh et al., 2021; Kurpińska et al., 2022; Maglad et al., 2023). Oleh karena itu, rasio campuran harus dikontrol secara ketat untuk menjaga performa struktural agar tetap berada pada batas yang diizinkan oleh standar teknis nasional. Penurunan kekuatan pada persentase tinggi menjadi batasan utama dalam penggunaan limbah kayu sebagai bahan substitusi parsial dalam produksi elemen beton pracetak non struktural yang sering digunakan masyarakat sebagai pelataran pejalan kaki atau dekorasi taman kota di berbagai wilayah pemukiman warga setempat yang mengedepankan aspek ekologis lingkungan (Alfianarrochmah et al., 2025; Pranatya & Zain, 2025; Ribowo et al., 2026; Yusuf et al., 2022).

Perbandingan antara metode pengujian *destruktif* dan *non-destruktif* mengungkapkan perbedaan persepsi kekuatan pada permukaan dan bagian inti dari benda uji tersebut. Hasil pengujian *hammer test* menunjukkan angka 13,6 MPa untuk variasi 3 persen, yang memiliki selisih sebesar 3,21 MPa jika dibandingkan dengan hasil uji tekan hidrolis sebesar 16,81 MPa. Fenomena ini sangat wajar karena alat pantul hanya mengukur tingkat kekerasan lapisan terluar beton yang seringkali dipengaruhi oleh tekstur permukaan serbuk kayu. Sebaliknya, mesin tekan hidrolis menghancurkan seluruh sampel sehingga memberikan gambaran akurasi kekuatan yang lebih representatif terhadap daya dukung beban total material. Pada variasi campuran 6 persen, selisih antara kedua metode tersebut mengecil secara signifikan menjadi hanya 0,21 MPa dengan nilai masing masing 11,75 MPa dan 11,96 MPa. Perbedaan karakteristik pengukuran ini menekankan pentingnya penggunaan uji tekan *destruktif* sebagai acuan utama dalam menentukan mutu beton yang sebenarnya. Meskipun metode pantul menawarkan kecepatan dan kemudahan operasional di lapangan, akurasinya tetap terbatas oleh heterogenitas campuran yang mengandung bahan organik seperti limbah kayu dalam proporsi tertentu yang dapat memengaruhi pantulan pegas mekanis dari alat uji pantul yang digunakan selama proses pengawasan kualitas produksi elemen konstruksi tersebut secara berkala.

Kualitas ketahanan terhadap air menjadi parameter kritis lainnya yang sangat dipengaruhi oleh volume serbuk kayu yang diintegrasikan ke dalam adukan semen. Pengujian laboratorium mencatat bahwa benda uji normal memiliki daya serap air sebesar 4,16 sedangkan penambahan kayu sebanyak 9 persen meningkatkan angka serapan menjadi 7,20 secara signifikan. Kenaikan ini berbanding terbalik dengan performa kekuatan tekan karena keberadaan pori pori udara yang terbentuk akibat karakter serapan alami dari serat kayu tersebut. Material yang mengandung lebih banyak rongga cenderung menyerap cairan lebih cepat yang pada akhirnya dapat mempercepat proses pelapukan internal material konstruksi. Berdasarkan klasifikasi mutu, variasi 3 persen dengan serapan 5,60 masih masuk dalam

kategori mutu B yang layak digunakan untuk pelataran parkir kendaraan ringan. Sementara itu, variasi dengan kadar kayu lebih tinggi seperti 6 persen dan 9 persen jatuh pada klasifikasi mutu C yang hanya direkomendasikan untuk jalur pejalan kaki atau area taman. Hubungan antara porositas dan kekuatan mekanis ini memberikan implikasi bahwa penggunaan limbah kayu dalam jumlah besar akan menurunkan durabilitas material terhadap paparan lingkungan basah yang ekstrem dalam jangka waktu pemakaian yang cukup lama di area terbuka yang terpapar cuaca panas dan hujan secara bergantian sepanjang tahun tanpa perlindungan atap bangunan permanen di atas permukaan material paving block tersebut (Desyani et al., 2023; Fikram & Misbahuddin, 2022; Garavaglia & Tedeschi, 2022; Ngetich et al., 2024; Pradana et al., 2025).

Faktor kemudahan pengerjaan atau *workability* yang diukur melalui *slump test* juga menunjukkan korelasi yang berlawanan dengan kekuatan tekan akhir dari produk paving block. Secara teknis, nilai *slump* yang tinggi seringkali mengindikasikan adukan yang lebih cair namun cenderung menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah setelah mengeras total. Dalam penelitian ini, keseimbangan antara rasio air semen dan proporsi limbah organik menjadi kunci utama dalam menjaga kualitas hasil akhir produksi massal. Keterbatasan penelitian ini terletak pada sifat alami serbuk kayu yang memiliki kadar air tinggi sehingga seringkali menyebabkan ketidakkonsistenan pada kerapatan massa adukan beton. Rongga udara yang tercipta akibat penguapan air yang diserap kayu menjadi kendala dalam mencapai kepadatan maksimal seperti beton konvensional. Implikasi praktis dari temuan ini menunjukkan bahwa produk dengan campuran kayu 3 persen sangat potensial untuk dikembangkan sebagai material bangunan ramah lingkungan untuk infrastruktur pendukung taman. Namun, penggunaan untuk area beban berat tetap tidak disarankan karena keterbatasan daya tahan strukturalnya yang tidak mampu melampaui kelas kekuatan tinggi. Inovasi penggunaan limbah kayu ini diharapkan dapat menjadi solusi pengelolaan sampah organik sekaligus alternatif bahan bangunan ekonomis yang memenuhi standar keamanan konstruksi sipil yang berlaku secara nasional guna mewujudkan pembangunan infrastruktur perkotaan yang lebih hijau dan ramah lingkungan bagi generasi mendatang di masa depan.

## KESIMPULAN

Proses pembuatan *paving block* ini diawali dengan penyaringan agregat material tambahan serta pemilihan semen berkualitas sebelum memasuki tahap pencampuran bahan baku utama dengan air. Langkah selanjutnya meliputi pencetakan serta pengeringan alami guna memastikan material mengeras sempurna sebelum memasuki masa pemeliharaan atau *curing* hingga waktu pengujian tiba. Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan limbah kayu memberikan dampak yang sangat nyata terhadap kemampuan material dalam menahan beban tekan di lapangan. Varian dengan kandungan limbah minimal mampu menghasilkan kualitas yang layak untuk jalur pejalan kaki, sedangkan penambahan limbah yang terlalu banyak justru menurunkan kekuatan sehingga hanya cocok untuk area taman. Fenomena ini membuktikan bahwa proporsi material tambahan sangat menentukan klasifikasi mutu produk akhir yang dihasilkan dalam industri konstruksi saat ini bagi seluruh lapisan masyarakat.

Peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan eksplorasi lebih mendalam mengenai proporsi ideal antara agregat utama dan material tambahan guna mencapai target kekuatan yang lebih maksimal. Perlu dilakukan pengujian terhadap berbagai jenis limbah kayu yang berbeda karena karakteristik serat kayu sangat memengaruhi daya rekat semen serta kepadatan struktur internal bahan tersebut. Selain itu, penggunaan bahan tambah kimia atau *admixture* lainnya bisa dipertimbangkan untuk meningkatkan performa material agar dapat memenuhi standar mutu yang lebih tinggi bagi beban kendaraan. Pihak industri juga sebaiknya memperhatikan teknik

pengadukan serta tekanan saat proses pencetakan agar rongga udara di dalam material dapat diminimalisir secara efektif. Evaluasi berkala terhadap proses pemeliharaan atau *curing* sangat diperlukan untuk menjamin stabilitas kualitas produk dalam jangka panjang sebelum dipasarkan secara luas kepada pelanggan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alfianarrochmah, I., Rahmawati, R. A., Maharani, D. J., & Velantika, G. J. (2025). Pengaruh limbah serbuk kayu dan serbuk arang terhadap berat volume dan kuat tekan beton. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 21(2), 67–78. <https://doi.org/10.25077/jrs.21.2.67-78.2025>
- Amaechi, C. V., Beddu, S. B., Ja'e, I. A., Oyetunji, A. K., Salia, R. A., Oyewole, O. M., Ojedokun, O. O., & Huang, B. (2026). An overview of composites as construction materials for the development of sustainable structures. *Materials Today Sustainability*, 33, 101298. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2025.101298>
- Burhan, L. I., & Hidayatunnisa, N. A. (2025). Penggunaan pasir dalam material komposit menjadi solusi berkelanjutan untuk industri konstruksi. *DINAMIKA: Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 28–34. <https://doi.org/10.63982/8gr89j07>
- Chang, H., & Guo, F. (2025). Special issue: Innovative material design and nondestructive testing applications for infrastructure materials. *Materials*, 18(3), 611. <https://doi.org/10.3390/ma18030611>
- Chen, L., Zhang, Y., Chen, Z., Dong, Y., Jiang, Y., Hua, J., Liu, Y., Osman, A. I., Farghali, M., Huang, L., Rooney, D. W., & Yap, P. (2024). Biomaterials technology and policies in the building sector: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 22(2), 715–750. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01689-w>
- Desyani, N. A., Yuwono, A. S., & Putra, H. (2023). Assessing the performance of melted plastic as a replacement for sand in paving block. *Advances in Technology Innovation*, 8(3), 219–228. <https://doi.org/10.46604/aiti.2023.11508>
- Dias, S., Tadeu, A., Almeida, J., Humbert, P., António, J., Brito, J. de, & Pinhão, P. (2022). Physical, mechanical, and durability properties of concrete containing wood chips and sawdust: An experimental approach. *Buildings*, 12(8), 1277. <https://doi.org/10.3390/buildings12081277>
- Edowinsyah, & Azizah, B. (2025). Pemanfaatan limbah plastik sebagai agregat beton inovasi material ramah lingkungan dalam konstruksi berkelanjutan. *Jurnal Deformasi*, 10(2), 277–288. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v10i2.20147>
- Fikram, F., & Misbahuddin, M. (2022). Substitusi agregat paving block dengan tambahan serat bendrat. *Jurnal Karajata Engineering*, 2(2), 50–53. <https://doi.org/10.31850/karajata.v2i2.1855>
- Gamarra-Romero, L. F., Mora, H. E. G., Rodriguez, J. A. C., & Cárdenas-Oscanoa, A. J. (2024). Effect of adding oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) mesocarp fibers to cement composites. *Colombia Forestal*, 27(2). <https://doi.org/10.14483/2256201x.21457>
- Garavaglia, E., & Tedeschi, C. (2022). Analysis of the mass and deformation variation rates over time and their influence on long-term durability for specimens of porous material. *Sustainable Structures*, 2(1). <https://doi.org/10.54113/j.sust.2022.000014>
- Guo, A., Sun, Z., Hu, F., Shang, H., & Sathitsuksanoh, N. (2022). State-of-the-art review on the use of lignocellulosic biomass in cementitious materials. *Sustainable Structures*, 3(1). <https://doi.org/10.54113/j.sust.2023.000023>

- Haigh, R., Sandanayake, M., Bouras, Y., & Vrcelj, Z. (2021). A review of the mechanical and durability performance of kraft-fibre reinforced mortar and concrete. *Construction and Building Materials*, 297, 123759. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123759>
- Hong, B., Lu, G., Li, T., Lin, J., Wang, D., Liang, D., & Oeser, M. (2021). Gene-editable materials for future transportation infrastructure: A review for polyurethane-based pavement. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s43065-021-00039-w>
- Krisdiyanto, A. (2025). Pengaruh inovasi material ramah lingkungan terhadap kualitas bangunan di Indonesia dalam perspektif undang-undang jasa konstruksi. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 4(11), 3529–3541. <https://doi.org/10.55681/sentri.v4i11.4829>
- Kurpińska, M., Pawelska-Mazur, M., Gu, Y., & Kurpiński, F. (2022). The impact of natural fibers' characteristics on mechanical properties of the cement composites. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25085-6>
- Maglad, A. M., Mansour, W., Fayed, S., Tayeh, B. A., Yosri, A. M., & Hamad, M. (2023). Experimental study of the flexural behaviour of RC beams made of eco-friendly sawdust concrete and strengthened by a wooden plate. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-023-00617-0>
- Maier, D., Manea, D. L., Tămaş-Gavrea, D. R., Țiriac, A., & Costin, P. (2025). Comparative analysis of wood waste species on the mechanical performance of sustainable cement-based mortars. *Journal of Composites Science*, 9(11), 634. <https://doi.org/10.3390/jcs9110634>
- Manu, B. A. (2024). Innovative construction materials: Advancing sustainability, durability, efficiency, and cost-effectiveness in modern infrastructure. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(12), 4987–4999. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.1224.0215>
- Ngetich, P. J., Sanewu, F. I., & Oliveira, J. R. M. S. (2024). Performance of modified polymer as a binder with quarry dust and ballast in the production of paving blocks. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 14(4), 15829–15835. <https://doi.org/10.48084/etasr.7199>
- Pang, Y. (2025). Assessment of macroscopic properties of ecological building materials based on chemical microscopic phase composition and interface interaction mechanisms. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-20854-5>
- Pradana, R. B., Agustini, N. K. A., & Aryastana, P. (2025). Analisis variasi agregat halus terhadap karakteristik paving block berpori dengan limbah keramik. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 109–115. <https://doi.org/10.23917/dts.vi.12278>
- Pranaty, M. S., & Zain, A. (2025). Pengaruh variasi campuran serbuk kayu akasia, jati, medang terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Konstruksi*, 23(2). <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.23-2.2478>
- Ribowo, A. B., Maini, M., Sihombing, T. M. P., Yuliyanto, A., Zhafira, E., P, K., Novalina, W., Rahma, S., Marina, B. C., Sitepu, A. R. H., Apriwelni, S., Kiranaratri, A. H., Sari, D. P., Utami, E. T., & Tambunan, H. F. (2026). Bantuan teknis desain konstruksi beton non-struktural berbasis pemanfaatan limbah industri batching plant dan asphalt mixing plant untuk mendukung infrastruktur berkelanjutan.

*Jurnal Pengabdian Masyarakat Bhinneka*, 4(3), 4350–4360.

<https://doi.org/10.58266/jpmb.v4i3.1233>

- Ribowo, A. B., Susanti, J. E., Kurniawan, R., Dwiyan, P. A., Saputra, C. A., Prayogi, G. R., Fitriana, I. R., Hayati, J., Mardika, M. G. I., Aprilia, A. S., Khanza, A. K., Michael, M., Yudi, A., Nadi, M. A. B., & Wirawan, N. B. (2026). Pendampingan teknis pengelolaan limbah industri batching plant dan asphalt mixing plant dalam mendukung penyediaan material konstruksi beton. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bhinneka*, 4(3), 4340–4349. <https://doi.org/10.58266/jpmb.v4i3.1232>
- Sachin, N., V, V., & Mahaseth, R. (2026). Assessing construction material quality for enhanced durability and sustainable urban development in south Bangalore. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.55041/ijsrem56088>
- Saputra, M. M. H. (2025). Studi perbandingan material fotovoltaik transparan untuk fungsi ganda sebagai jendela dan sumber energi pada bangunan pasif. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13. <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3s1.8119>
- Sutandi, A., Habib, M., Prakoso, B. B., & Kuluq, M. A. (2023). Pelat beton komposit sebagai landasan tempat bermain anak. *Jurnal Serina Abdimas*, 1(1), 130–136. <https://doi.org/10.24912/jsa.v1i1.23840>
- Tiza, M. T., Imoni, S., Akande, E., Onyebuchi, M., Jiya, V. H., & Onuzulike, C. (2024). Revolutionizing infrastructure development: Exploring cutting-edge advances in civil engineering materials. *Recent Progress in Materials*, 6(3), 1–68. <https://doi.org/10.21926/rpm.2403023>
- Yazan, S., Yuniarti, Y., & Istikowati, W. T. (2025). Pengaruh konsentrasi semen terhadap sifat fisik dan mekanik papan semen partikel dari kayu akasia (*Acacia auriculiformis*). *Jurnal Sylva Scientiae*, 8(1), 70. <https://doi.org/10.20527/jss.v8i1.9525>
- Yuristiary, Y. (2025). Metodologi optimal untuk pengecoran beton pada kondisi cuaca panas: Perspektif iklim tropis lembab. *SIGMA TEKNIKA*, 8(1), 131–145. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v8i1.7691>
- Yusuf, M., Herlina, L., Budiman, A. T., Alvian, M. M., & Talahatu, V. (2022). Penggunaan serat kayu pinus pengganti agregat halus pada campuran beton mutu normal. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (CESD)*, 5(2), 24–29. <https://doi.org/10.25105/cesd.v5i2.15740>