



Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sengon (*Albizia falcataria* L) Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Paving Block Porous

*Utilization of Sengon Wood Dust Waste (*Albizia falcataria* L.) as an Additive in the Production of Porous Paving Blocks*

Yoga Al Husayn¹, Winda Rahmawati^{1*}, Warji¹, Siti Suharyatun¹, Englang Febriani¹, Nia Hikmah Maharani¹

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*Corresponding Author: winda.rahmawati@fp.unila.ac.id

Abstract. *This study aims to create porous paving blocks with the addition of sengon wood powder as an alternative solution to improve the quality of soil pavement in densely populated areas. The porous paving blocks were made with a cement-to-sand ratio of 1:3, and variations in the addition of sengon wood powder P1 (2%), P2 (4%), P3 (6%), and P4 (8%) of the total material weight of 2200 grams. The resulting porous paving blocks have dimensions of 19.8 × 9.8 × 6 cm with an average weight of 1,859 g. Test results show a density of 1,341–1,921 g/m³, water absorption of 11.002–23.567%, infiltration rate of 0.069–0.146 mm/s, and compressive strength of 2.90–14.32 MPa. The composition of P1 had the best values, with an average compressive strength of 14.315 MPa and an average water absorption rate of 11%, meeting the standards of SNI 03-0691-1996 Paving Block Grade D. This study shows that porous paving blocks made from sengon wood powder can serve as an alternative pavement material to address waterlogging in urban or densely populated areas and contribute to the utilization of agricultural waste, particularly wood powder waste*

Keywords: *Biomass Waste Utilization, Compressive Strength, Infiltration Rate, Porous Paving Blocks, Sengon Wood Powder Waste.*

1. Pendahuluan

Berdasarkan data badan pusat statistik, BPS (2020) dan BPS (2010), jumlah kependudukan pada tahun 2020 di Indonesia sebanyak 270.203.917 jiwa. Sedangkan pada tahun 2010 sebanyak 237.641.326 jiwa. BPS mencatat jumlah rata-rata pertambahan penduduk sebanyak 3,26 juta jiwa

setiap tahunnya.

Meningkatnya jumlah penduduk mengakibatkan meningkatnya kebutuhan pembangunan. Peningkatan kebutuhan pemukiman tersebut merupakan salah satu alasan alih fungsi lahan terbuka di daerah perkotaan maupun pinggiran perkotaan. Salah satu pembangunan yang gencar dilakukan oleh pemerintah maupun penduduk adalah menutupi tanah dengan lapis perkerasan tanah, baik untuk kebutuhan sendiri maupun kebutuhan bersama, seperti trotoar, halaman rumah, taman, jalan pemukiman dan lain sebagainya.

Lapis perkerasan tanah pada umumnya memiliki kekurangan yang sama yaitu sulit dalam menyerap dan meloloskan air, sehingga menimbulkan satu masalah ketika hujan deras yaitu banjir dan genangan air. Selain banjir lapis perkerasan tanah yang sulit dalam menyerap serta meneruskan air dapat merusak lingkungan hijau dan kerusakan tanah yang berada di dalamnya. Oleh karena itu pada penelitian ini dikembangkan *paving block porous* sebagai lapis perkerasan tanah yang dapat mengatasi masalah dari *paving block* konvensional yang belum dapat meneruskan air secara signifikan terutama pada musim banjir. *Paving block porous* merupakan *paving block* yang memiliki jumlah ruang pori yang lebih banyak dari *paving block* biasa atau lapis perkerasan tanah lainnya seperti aspal, beton, keramik dan lain sebagainya. Keunggulan dari *paving block porous*, memiliki daya serap air yang baik dibandingkan dengan *paving block* pada umumnya, salah satu keuntungan pemasangan *paving block* yaitu dapat menjaga keseimbangan air tanah. (Fauzi, *et al.*, 2023).

Pori yang terdapat pada *paving block porous* merupakan hasil dari penambahan limbah biomassa serta perbedan agregat pada campuran bahan yang digunakan untuk membuat *paving block porous* itu sendiri. Putri *et al.*, (2019) menyatakan bahwa laju infiltrasi dipengaruhi oleh rongga atau pori pada beton porous sehingga air lolos melewati rongga antar agregat tersebut bukan melalui pori yang ada pada agregat. Pada penelitian ini digunakan limbah biomassa serbuk kayu sengon sebagai bahan tambah pada pembuatan *paving block porous*. Penggunaan limbah serbuk kayu sengon didasari pada penelitian Putra *et al.*, (2018) menyebutkan bahwa kandungan lignin yang terdapat pada kayu sengon *Albizia falcataria* (L) berkisar antara 16,69% hingga 23,77%. Dengan kandungan lignin yang terdapat pada kayu sengon tersebut diharapkan dapat mempertahankan nilai kuat tekan pada *paving block porous* yang akan dibuat. Terdapat tiga tujuan utama dalam penelitian ini, yaitu; memanfaatkan limbah serbuk kayu sengon sebagai bahan tambah pada pembuatan *paving block porous*, menganalisis karakteristik *paving block porous* dengan tambahan limbah serbuk kayu sengon., serta mempelajari komposisi terbaik dari hasil percobaan pemanfaatan limbah biomassa serbuk kayu sengon sebagai bahan baku tambah *paving block porous* yang mengacu pada standar SNI-03-0691-1996 *paving block* mutu D.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember tahun 2024 sampai bulan Februari tahun 2025 di Laboratorium Daya Alat Mesin Pertanian dan Laboratorium Rekayasa Sumber daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian dan Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cetakan *paving block*, timbangan, ember, karung, sendok semen, mesin uji tekan beton, oven, mesh no 12, penggaris, alat tulis, dan karet ban. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah semen (Dynamix), pasir, air, dan limbah biomassa serbuk kayu sengon.

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cetakan *paving block*, timbangan, ember, karung, sendok semen, mesin uji tekan beton, oven, mesh no 12, penggaris, alat tulis, dan karet ban. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah semen (Dynamix), pasir, air, dan limbah biomassa serbuk kayu sengon.

2.2 Parameter Pengamatan

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan parameter yang sudah ditentukan, paving block akan diuji sekaligus diamati sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*).

2.2.1 Non Destructiv

a. Uji Tampak (SNI 03-0691-1996)

Uji tampak dilakukan dengan cara menyusun *paving block* dengan pola penyusunan paving di lantai atau permukaan yang rata, kemudian diamati perbedaan yang terdapat pada paving block tersebut seperti, warna paving, bentuk paving, *paving block* harus memiliki permukaan yang rata, bentuk sesuai dengan cetakan, tidak terdapat retakan-retakan dan cacat *pada paving*

b. Uji Densitas (SNI 03-0691-1996)

Paving block porous akan diuji dengan menimbang berat paving dan menghitung volume paving untuk menentukan nilai kerapatan paving. Rumus densitas atau kerapatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

dimana ρ adalah densitas (gr/cm^3), m adalah massa (gr), v adalah volume (cm^3).

c. Uji Daya Resap Air (SNI 03-0691-1996))

Uji daya resap air dilakukan guna mengetahui kemampuan batas maksimal paving block porous dalam menyerap air. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

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

dimana A adalah berat paving basah, B adalah berat paving kering.

d. Uji Infiltrasi (SNI 03-0691-1996))

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan paving block porous dalam meneruskan air ke tanah. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{A.t} \quad (3)$$

dimana I adalah laju infiltrasi (mm/s), V adalah volume air yang lolos (ml), A adalah luas area permukaan (mm^2), t adalah lama waktu yang diperlukan untuk meloloskan air (s).

2.2.2. Destructiv

a. Uji Keutuhan

Pada pengujian ini paving block akan ditekan menggunakan ibu jari untuk mengetahui keutuhannya. Paving block yang mempunyai keutuhan yang baik tidak akan mengalami retak atau patah ketika ditekan menggunakan tangan

b. Uji Kuat Tekan (SNI 03-0691-1996)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan tekan paving block porous sampai batas maksimal. Pada pengujian ini paving block porous akan ditekan menggunakan mesin tekan beton hingga paving block porous mengalami kerusakan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A} \quad (4)$$

dimana F adalah beban tekan (N), A adalah luas bidang tekan (m^2).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Paving Block Porous

Paving yang dibuat dalam penelitian ini adalah *paving block porous* dengan memanfaatkan limbah biomasa sebagai pembuat pori pada paving tersebut. Jenis limbah biomasa yang digunakan sebagai campuran adonan paving adalah serbuk kayu sengon yang memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan pasir dan semen, perbedaan ukuran agregat ini dapat menyebabkan adanya ruang ruang kosong pada *paving block* yang tidak terisi yang disebut (pori). Pori pada paving block *porous* ini sengaja dibuat untuk meningkatkan daya resap dan kemampuan dalam meneruskan air. Bentuk *paving block porous* yang dibuat pada penelitian ini ialah persegi panjang dengan tinggi 6 cm, lebar 9,8 cm, dan panjang 19,8 cm. Rerata berat dari paving block porous yang dibuat ialah 1,8kg.

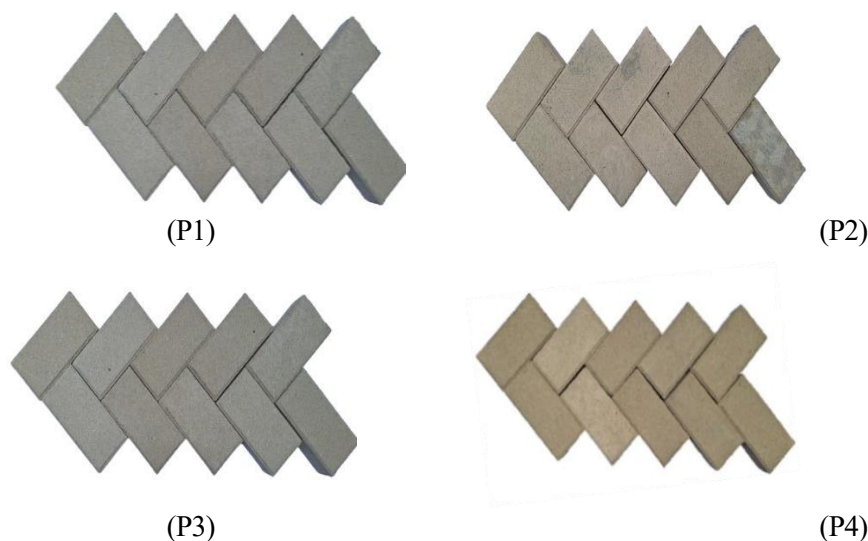


Gambar 1. *Paving block porous* setelah dicetak

3.2 Pengujian Non Destructif

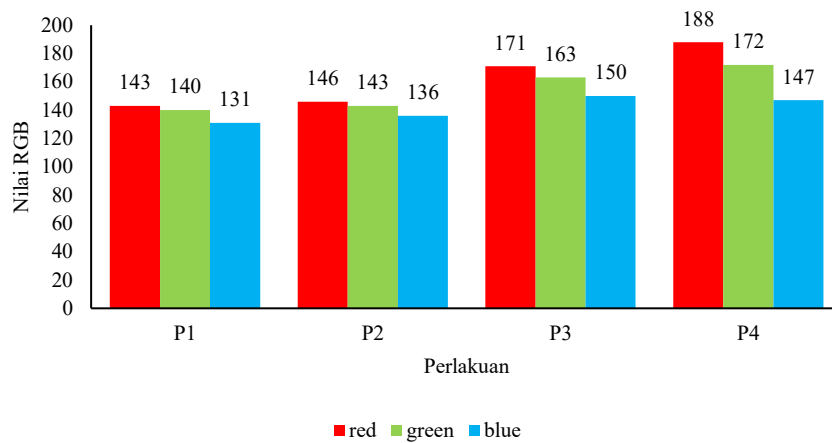
3.2.1 Uji Tampak

Berdasarkan standar SNI 03-0691-1996 *paving block* harus memiliki tampak yang baik dimana paving block yang dicetak tidak boleh memiliki cacat, retak, dan permukaan paving yang tidak rata atau bergelombang. Pada pengujian ini paving P1, P2, P4, dan P4 akan disusun seperti pemasangan paving pada umumnya.



Gambar 2. Hasil uji tampak *paving block porous* P1, P2, P3, dan P4

Pada Gambar 2 menunjukkan tampak paving pada ke empat perlakuan yaitu P1, P2, P3, dan P4 yang disusun dengan menggunakan pola tulang ikan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa paving memiliki permukaan yang rata, tampak yang utuh serta tidak memiliki retak dan patah. 40 sample paving tersebut memiliki panjang, lebar dan tinggi yang sama yaitu panjang 19,8cm, lebar 9,8cm dan tinggi 6 cm.

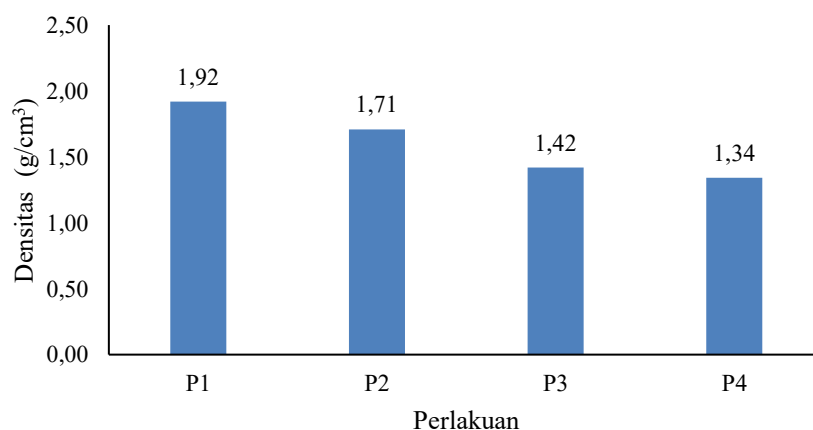


Gambar 3. Nilai RGB

Dalam pengujian ini juga dilakukan penentuan nilai RGB menggunakan web <https://imagecolorpicker.com/id>. Pada Gambar 7 dapat dilihat diagram batang RGB menunjukkan perubahan nilai *red* yaitu P1 143, P2 171, P3 146 dan P4 188. Nilai *green* mengalami perubahan yaitu P1 140, P2 163, P3 143 dan P4 172. Nilai *blue* mengalami perubahan yaitu P1 131, P2 150, P3 136, dan P4 147. Pada grafik RGB ke empat perlakuan memiliki kesamaan yaitu dimana nilai red lebih besar dari nilai green dan nilai green lebih besar dari nilai blue. Jika dilihat dengan mata pada Gambar 6 paving P1, dan P3 tidak memiliki perbedaan warna yang signifikan sedangkan P2 dan P4 memiliki warna yang cenderung lebih terang

3.2.2 Uji Densitas

Uji densitas berfungsi untuk mengetahui nilai kerapatan suatu material. menurut Rosadi *et al.*, (2023) pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kerapatan pada setiap *paving block* semakin tinggi nilai densitas *paving block*, maka semakin besar nilai massa setiap volumenya.



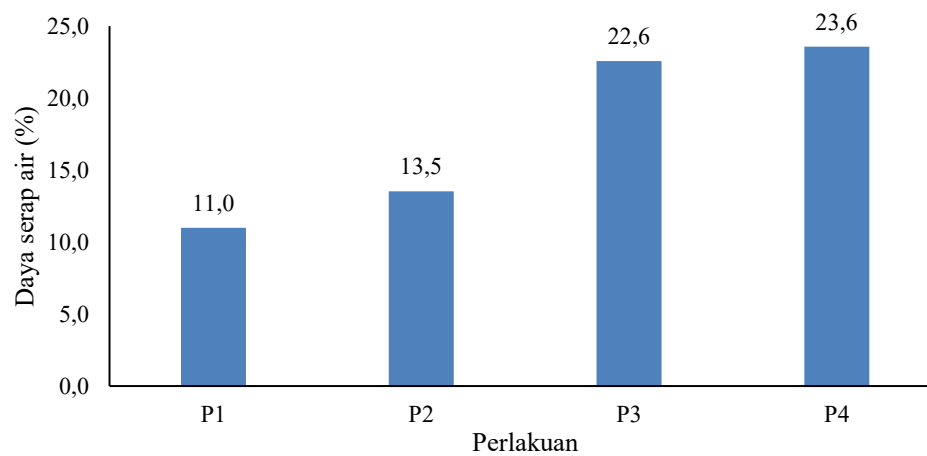
Gambar 4. Nilai uji densitas

Pada Gambar 4 dapat dilihat nilai densitas mengalami penurunan secara kontinu dimulai dari P1 senilai 1,921 g/cm³, P2 senilai 1,708 g/cm³, P3 senilai 1,420 g/cm³, dan P4 senilai 1,341 g/cm³. Penurunan nilai densitas ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rosadi *et al.*, (2023) semakin banyak serbuk gergaji kayu jati yang ditambahkan pada komposisi bahan pembuat paving, maka nilai densitas yang dihasilkan semakin rendah.

Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati *et al.*, (2024) dimana nilai densitas pada paving block menunjukkan penurunan seiring meningkatnya jumlah serat sabut kelapa yang ditambahkan, dengan nilai densitas yang diperoleh pada P1, P2, P3 dan P4 secara berturut-turut adalah 1191,73 gr/m³, 1101,33 gr/m³, 889,75 gr/m³ dan 768,11 gr/m³. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak persentase campuran limbah biomasa serbuk kayu sengon yang ditambahkan pada paving block porous maka semakin menurun pula nilai densitasnya.

3.2.3 Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui kemampuan batas maksimum *paving block porous* dalam menyerap air. Pengujian ini mengacu pada standar yang tercantum dalam SNI 03-0691-1996 *paving block* mutu D dimana rata-rata daya serap air sebesar 10%.



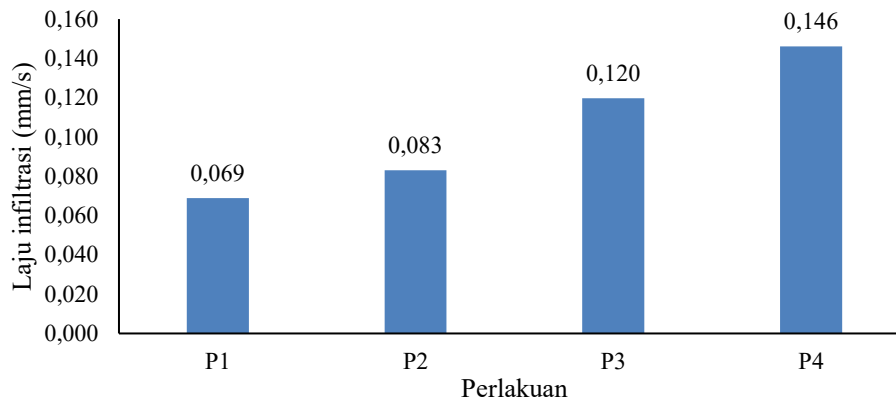
Gambar 5. Nilai uji daya serap air

Pada Gambar 5 grafik uji daya serap air menunjukkan peresapan air mengalami kenaikan secara berturut turut yaitu P1 sebesar 11,002%, P2 sebesar 13,522%, P3 sebesar 22,567%, dan P4 sebesar 23,566%. Kenaikan nilai daya serap air tersebut dipengaruhi oleh jumlah persentase campuran limbah serbuk kayu sengon yang digunakan. Hasil dari uji daya serap ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rumbayan (2020) dimana penambahan serat sabut kelapa pada pembuatan batako mempengaruhi nilai daya serap nya, semakin banyak biomassa serat sabut kelapa yang ditambahkan maka semakin tinggi pula kemampuan batako tersebut dalam menyerap air.

Tanjung *et al.*, (2023) menyatakan bahwa serbuk gergaji mengandung komponen utama seperti lignin, selulosa, hemiselulosa, dan zat ekstraktif kayu, dengan begitu akan dapat mengisi pori-pori dan memiliki kemampuan mudah menyerap air. Peningkatan kemampuan daya serap ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Karnaen & Mariani (2018) dimana *paving block* dengan variasi serbuk gergaji kayu sengon 5% memiliki nilai daya serap sebesar 25,73% dan pada variasi serbuk gergaji kayu sengon 20 % mengalami kenaikan pada daya serap airnya menjadi sebesar 47,95%, hal ini dikarenakan sifat serbuk gergaji yang higroskopis atau mudah menyerap air.

3.2.4 Uji Infiltrasi

Infiltrasi merupakan proses masuknya air secara vertikal kedalam paving melalui permukaan paving, sedangkan laju infiltrasi merupakan jumlah air yang masuk ke dalam paving per satuan waktu.



Gambar 6. Nilai uji laju infiltrasi

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa laju infiltrasi mengalami kenaikan secara kontinu dimulai dari P1 sebesar 0,069 mm/s, P2 sebesar 0,083 mm/s, P3 sebesar 0,120 mm/s dan yang terbesar di peroleh oleh P4 sebesar 0,146 mm/s.

Kenaikan nilai infiltrasi tersebut dipengaruhi oleh jumlah persentase campuran limbah serbuk kayu sengon yang digunakan dalam pembuatan *paving block porous*. Kenaikan kemampuan laju infiltrasi pada *paving block* seiring naiknya jumlah biomassa yang di tambahkan, diperkuat oleh pernyataan Rahmawati *et al.*, (2024) yang menyatakan bahwa Semakin banyak penambahan komposisi sabut kelapa pada bahan penyusun *paving block porous* maka ruang pori yang terbentuk akan semakin banyak dan nilai uji infiltrasi akan mengalami peningkatan.

3.3 Pengujian Destruktif

3.3.1 Uji Keutuhan

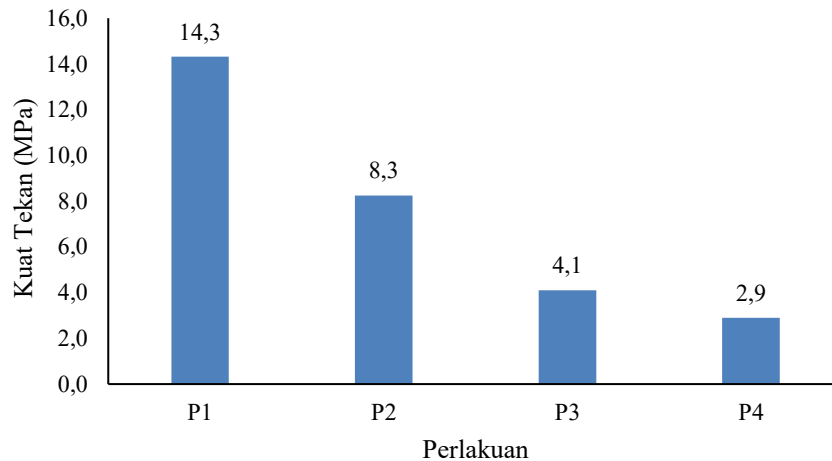
Menurut SNI 03-0691-1996 *paving block* harus memiliki keutuhan yang baik serta daya tahan yang baik ketika ditekan menggunakan ibu jari tangan. *Paving block* akan ditekan bagian ujung ujungnya menggunakan ibu jari, bila *paving block* patah saat ditekan menggunakan jari, maka dapat dikatakan bahwa *paving block* tersebut tidak memenuhi tingkat standarisasi yang ditetapkan oleh SNI 03-0691-1996. Hasil yang diperoleh dari uji keutuhan pada 40 sampel paving, semua sampel paving tidak mengalami patah ataupun retak saat ditekan menggunakan jari, ini membuktikan bahwa ke 40 sampel tersebut sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI 03-0691-1996.



Gambar 7. Uji keutuhan *paving block porous*

3.2.2 Uji Kuat Tekan

Uji tekan paving block dilakukan dengan cara menekan paving block menggunakan mesin uji tekan beton. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah paving block sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh SNI 03- 0691-1996 mutu D dimana minimum kuat tekan paving block sebesar 8,5 MPa.



Gambar 8. Nilai uji kuat tekan paving block porous

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan paving mengalami penurunan secara kontinu nilai tertinggi diperoleh pada P1 dan nilai terendah diperoleh pada P4, dimana P1 memperoleh nilai rata-rata kuat tekan sebesar 14,315 (MPa), P2 mendapatkan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 8,251 (MPa), P3 rata-rata kuat tekan sebesar 4,103 (MPa) dan P4 hanya mendapat nilai rata-rata kuat tekan sebesar 2,899 (MPa). Berdasarkan hasil uji tersebut perlakuan yang sudah memenuhi standar SNI 03-0691-1996 mutu D untuk kuat tekan yaitu pada perlakuan P1 dengan nilai rata-rata kuat tekan di atas 8,5 MPa, sedangkan untuk perlakuan P2, P3 dan P4 tidak memenuhi standar SNI 03-0691-1996 mutu D dikarenakan nilai rata-rata kuat tekan paving dibawah 8,5 MPa.

Penurunan nilai kuat tekan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rosadi *et al.*, (2023) hasil rata-rata pengujian kuat tekan, menunjukkan bahwa kuat tekan yang dihasilkan mengalami penurunan secara kontinu dimulai dari P1 sampai P4. Kuat tekan tertinggi terdapat pada P1 dengan nilai kuat tekan sebesar 16,05 MPa, kemudian P2 sebesar 5,57 MPa, sedangkan pada P3 nilai kuat tekan sebesar 4,51 MPa, dan P4 nilai kuat tekan sebesar 2,41 MPa. Penurunan kuat tekan ini dipengaruhi oleh penambahan serbuk kayu jati, semakin banyak serbuk kayu jati yang ditambahkan pada pembuatan paving block porous maka semakin kecil nilai kuat tekan pada paving block porous tersebut.

Tabel 1. Distribusi beban pijakan kaki manusia di atas paving block porous

Gender	Massa (kg)	Gravitasi (m/s ²)	Beban Pijakan 60% (Mpa)	Beban Pijakan 70%(Mpa)	Beban Tekan 60% (N)	Beban Tekan 70% (N)	Luas Bidang Tekan (m ²)	Kuat Tekan 60% (MPa)	Kuat Tekan 70% (MPa)
Pria	62.90	9.8	0.6	0.7	369.85	431.49	0.019	0.0191	0.0222
Wanita	58.6	9.8	0.6	0.7	344.57	402.00	0.019	0.0178	0.0207

Menurut Wibowo, (2018) saat manusia berdiri tegak, ke dua telapak kaki bagian belakang (*rear foot/heel region*) menanggung beban 60% dari berat tubuh. Sedangkan ketika manusia berjalan dan tumit menghentak di landasan beban satu kaki di area tumit bisa mencapai 70% dari berat tubuh. Hal ini menunjukkan bahwa ketika berjalan beban pijak dapat mencapai 70% dari total berat tubuh. Menurut Muljati et al., (2016) berat badan rata-rata orang dewasa berdasarkan AKG 2013 (Angka Kecukupan Gizi) pada orang sehat, untuk wanita dewasa dengan umur berkisar 30-49 tahun memiliki berat badan rata-rata sebesar 58,6 Kg. Sedangkan untuk pria dewasa dengan umur yang sama yaitu 30-49 tahun memiliki berat badan rata-rata sebesar 62,9 Kg. Hal ini menunjukkan bahwa *paving block porous* mampu menahan beban pijakan manusia.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. *Paving block porous* pada penelitian ini berhasil dibuat dengan menambahkan limbah biomassa berupa serbuk kayu sengon dengan komposisi campuran pasir dan semen: limbah serbuk kayu sengon pada perlakuan P1 sebesar 98% : 2%, perlakuan P2 sebesar 96%: 4%, perlakuan P3 sebesar 94% : 6%, dan perlakuan P4 sebesar 92% : 8%. *Paving block porous* pada penelitian ini memiliki Panjang 19,8 cm, Lebar 9,8 cm dan Tinggi 6 cm dengan total keseluruhan sampel adalah 40 sampel.
2. Penambahan limbah serbuk kayu sengon sangat berpengaruh terhadap karakter *paving block porous*, semakin banyak limbah serbuk kayu sengon yang ditambahkan semakin baik pula kemampuan paving dalam menyerap dan meloloskan air akan tetapi ketahanan tekan dan kerapatan pada *paving block porous* menjadi lebih rendah.
3. Limbah biomassa serbuk kayu sengon berhasil dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block porous*. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa komposisi pada perlakuan P1 mempunyai nilai terbaik, dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 14,315 MPa serta nilai rata-rata daya serap air sebesar 11,002 dan sudah masuk ke dalam standar SNI 03-0691-1996 *paving block* mutu D.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. (1996). SNI 03-0691-1996 Bata Beton (Paving Block). BSN. Jakarta
- Fauzi, A. S., Wijayanto, F. P. S., Budiman, F. A. P., Irfan, F., Tsaqif, N., & Widayoko, A. 2023. Inovasi Paving Block); Inovasi Paving Kombinasi Limbah Sabut Kelapa dan Limbah Kertas Sebagai Penguat Daya Tekan dan Penyerap Air. *Jurnal Integrasi Sains dan Qur'an (JISQu)*, 2(1), 109-113.
- Putri, E. E., Ismeddiyanto, & Suryanita, R. 2019. Sifat Fisik Paving Block Komposit sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable Pavement). *JURNAL TEKNIK*, 13(1), 1–8. <https://doi.org/10.31849/teknik.v13i1.2557>
- Karnaen, Z., & Mariani, S. 2018. Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Sengon Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada Paving Block. INA-Rxiv. <https://doi.org/10.31227/osf.io/qja5n>
- Muljati, S., Triwinarto, A., & Utami, N. 2016. Gambaran Median Tinggi Badan Dan Berat Badan Menurut Kelompok Umur Pada penduduk Indonesia Yang Sehat Berdasarkan Hasil RISKESDAS 2013. 39.
- Putra, A. F., Wardenaar, E., & Husni, H. 2018. Analisa Komponen Kimia Kayu Sengon (*Albizia falcataria* (L.) Fosberg) Berdasarkan Posisi Ketinggian Batang. *Jurnal Hutan Lestari*, Vol. 6 (1) : 83-89.
- Rahmawati, W., Marcus, P. K., Wisnu, F. K., Haryanto, A., Telaumbanua, M., & Sugianti, C. 2024. Pemanfaatan Limbah Serat Kelapa Sebagai Bahan Tambahan. *Jurnal Agricultural Biosystem*

Engineering, 3(3).

- Rosadi, I. 2023. Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis*) Sebagai Bahan Campuran Dalam Pembuatan Paving Block Porous. *Digilib.Unila.Ac.Id*.
- Rumbayan, R. 2020. Kuat Tekan, Kuat Lentur dan Daya Serap Air untuk Batako dengan Penambahan Serat Sabut Kelapa. *Journal Teknik Sipil Terapan (JTST)*, 2 (3).
- Tanjung, R., Desiasni, R., & Widyawati, F. 2023. Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Kekuatan Fisik Mekanik Dan Morfologi Komposit Berpenguat Serbuk Kayu Sengon (*Albizia Chinensis*)—Resin Epoxy. *Hexagon*, 4(1), 29–39.
- Wibowo, D. B. 2018. Pengukuran Distribusi Beban Telapak Kaki Manusia Saat Berdiri Tegak Menggunakan Sensor FSR 402. *ROTASI*, 20(1), 22. <https://doi.org/10.14710/rotasi.20.1.22-28>