

Produksi *Paving Block* Ramah Lingkungan Menggunakan *Candlenut Shells* (CNS) Sebagai Pengganti Sebagian Abu Batu

Dahlia Patah*¹, Amry Dasar²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat
e-mail: *dahliapatah@unsulbar.ac.id, amry.dasar@unsulbar.ac.id

Abstract

Waste from the agricultural industry such as *Candlenut Shells* (CNS) is an alternative material that has the potential to be used as a substitute for stone ash. This may contribute to the reduction of river rock mining. In this study, CNS waste was used as a partial replacement material for stone ash in paving blocks with a replacement ratio of 0%, 15%, 30%, 45%, and 60% to the weight of gravel. Several tests were carried out to evaluate workability, density, compressive strength, water absorption, porosity and acid resistance. Test results show that CNS reduces the w/w ratio of paving blocks along with the increasing use of CNS as a gravel substitute. Furthermore, the density of CNS paving blocks decreased as the percentage of partial gravel replacement increased. The use of paving blocks with 15%, 30% and 60% CNS meets the requirements for application on the same pedestrians/sidewalks as control paving blocks (CNS0). However, paving blocks with a replacement ratio of 45% CNS meet the requirements for application in parking lots, so that a CNS replacement of up to 45% can be accepted as a substitute for stone ash.

Keywords: *candlenut shells, paving blocks, SNI 03-069-1996, parking, pedestrians*

Abstrak

Limbah hasil industri pertanian seperti *Candlenut Shells* (CNS) merupakan salah satu material alternatif yang berpotensi digunakan sebagai pengganti abu batu. Hal ini dapat berkontribusi pada pengurangan penambangan batu sungai. Pada penelitian ini digunakan limbah CNS sebagai bahan pengganti sebagian abu batu pada paving block dengan rasio penggantian 0%, 15%, 30%, 45%, dan 60% terhadap berat kerikil. Beberapa pengujian dilakukan untuk mengevaluasi workabilitas, densitas, kuat tekan, daya serap air, porositas, dan ketahanan acid. Hasil pengujian menunjukkan bahwa CNS menurunkan rasio w/b pada paving block seiring dengan meningkatnya penggunaan CNS sebagai pengganti kerikil. Lebih lanjut, densitas paving block CNS mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya persentase penggantian sebagian kerikil. Penggunaan paving block dengan 15%, 30% dan 60% CNS memenuhi kriteria persyaratan untuk diaplikasikan pada pejalan kaki/trotoar yang sama dengan paving block kontrol (CNS0). Akan tetapi, paving block dengan rasio penggantian 45% CNS memenuhi persyaratan untuk aplikasi pada parkiran, sehingga penggantian CNS hingga 45 % dapat diterima sebagai pengganti abu batu.

Kata kunci: *candlenut shells, paving block, SNI 03-069-1996, parkiran, pejalan kaki*

1. Pendahuluan

Semakin meningkatnya penggunaan *paving block* sebagai material infrastruktur seperti pada jalan, parkiran, taman dan pedestrian mendorong meningkatnya penggunaan semen, abu batu dan air (Mulyati & Maliar, 2015). Hal ini menyebabkan pengikisan dan pengerusakan sungai sebagai akibat

dari pengambilan batu-batu sungai untuk dijadikan abu batu pada pembuatan paving block. Aktifitas ini dapat merusak ekosistem sungai dan memicu terjadinya bencana seperti banjir. Oleh karena itu, urgensi menyediakan alternatif material pengganti yang ramah lingkungan semakin meningkat. Beberapa tahun terakhir penelitian yang dilakukan dalam upaya pengurangan limbah dengan memanfaatkannya pada material konstruksi sebagai alternatif material semakin menarik perhatian (Rathee & Singh, 2022; Singh, 2019; Patah dkk, 2023a; Al-Jabri & Shoukry, 2014; Patah & Dasar, 2023; Shaikh, 2016; Patah & Dasar, 2022a; Khongpermgoson dkk, 2020; Patah & Dasar, 2022b). Patah dkk (2023b) menyelidiki potensi korosi baja tulangan pada beton dengan memanfaatkan abu terbang sebagai pengganti semen. Ridhayani dkk (2023) memanfaatkan limbah hasil industri pertanian abu cangkang sawit, abu sekam padi dan abu serat sago pada beton sebagai pengganti sebagai semen. Patah & Dasar (2022a) melakukan penelitian dengan menggunakan abu sekam padi pada beton dengan rasio 7.5% menggantikan semen dapat meningkatkan kuat tekannya. Beberapa hasil penelitian terdahulu mendorong untuk dilakukannya penelitian terkait potensi pemanfaatan limbah hasil industri pertanian sebagai alternatif material. Salah satu limbah industri pertanian yang berpotensi digunakan sebagai pengganti abu batu pada material konstruksi seperti paving block adalah *Candlenut Shells* (CNS).

Candlenut Shells (CNS) atau dikenal cangkang kemiri merupakan limbah industri pertanian yang berpotensi untuk digunakan sebagai pengganti abu batu pada pembuatan paving block. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menyelidiki CNS sebagai material pada pembuatan beton. Mushar (2022) menerapkan penggunaan 30% CNS pada pelat beton dimana menunjukkan kuat tekan beton 75 MPa pada perawatan basah. Bachtiar (2018) menemukan dengan penggunaan CNS pada rasio 25% menurunkan kuat tekan beton sebesar 37.71 % dimana kuat tekan beton normal sebesar 31.08 MPa. Sampebulu & Mushar (2020) menemukan bahwa penggunaan 30% CNS pada beton dapat menghasilkan kuat tekan beton sebesar 18 MPa. Tujuan dari penelitian ini yakni untuk mengevaluasi *paving block* dengan campuran *Candlenut Shells* (CNS) sebagai pengganti sebagian abu batu untuk dapat menghasilkan kinerja optimum sesuai SNI 03-0691-1996. CNS digunakan untuk menggantikan abu batu dengan rasio 0%, 15%, 30%, 45%, dan 60% terhadap berat kerikil. Lebih lanjut, untuk mengevaluasi kinerja paving block yang menggunakan CNS sebagai pengganti abu batu maka dilakukan pengujian densitas, kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan acid. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa penggunaan CNS rasio khususnya penggantian 45% untuk menggantikan abu batu pada paving block memperoleh kuat tekan untuk dapat diaplikasikan pada parkiran.

2. Metode Penelitian

2.1 Material

Semen komposit Portland (PCC) Tipe 1 yang memenuhi SNI 15-7064 dengan berat jenis 3,145 kg/cm³ digunakan sebagai bahan pengikat utama dalam produksi *paving block*. Sifat-sifat semen ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia PCC

| Material | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | SO ₃ | MgO | LOI |
|----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-----------------|------|------|
| PCC | 18.39 | 5.15 | 3.14 | 61.79 | 1.81 | 0.99 | 4.61 |

Sumber: Hasil pengujian laboratorium (2023)

Pasir sungai digunakan sebagai agregat halus dengan berat jenis 2,11 kg/cm³ yang berasal dari Sungai Mappili. Ukuran partikel maksimum pasir ini adalah 4,75 mm. Agregat abu batu pecah berasal dari Sungai Anato. Cangkang kemiri/*candlenut shells* (CNS) yang diambil dari Wonomulyo digunakan sebagai pengganti parsial dari abu batu. Penampakan agregat yang digunakan dapat dilihat pada

Gambar 1. Air bor dari Laboratorium Terpadu Unsulbar digunakan dalam pencampuran dan pengawetan paving block.



Gambar 1. Penampakan agregat yang digunakan

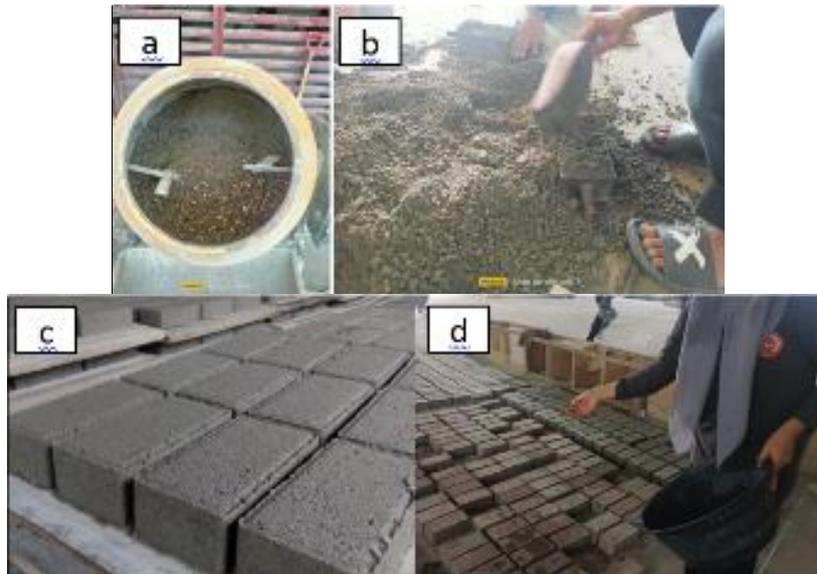
2.2 Desain dan persiapan batch

Sebanyak lima batch paving block disiapkan dengan menggunakan lima persentase berbeda (0%, 15%, 30%, 45%, dan 60%) CNS yang digunakan sebagai pengganti sebagian abu batu. Berdasarkan perbandingan berat antara semen, pasir dan abu batu adalah 1:3:2 dan perbandingan air terhadap bahan pengikat adalah maksimum 0,3. Tabel 2 menunjukkan proporsi campuran paving block.

Tabel 2. Proporsi campuran paving block

| BATCH ID | Presentasi candlenut shells | Semen (kg/m ³) | Pasir (kg/m ³) | Abu batu (kg/m ³) | candlenut shells (kg/m ³) | Air (kg/m ³) |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--|-----------------------------|
| CNS 0 | 0% | 481 | 1444 | 963 | 0 | 132 |
| CNS 15 | 15% | 481 | 1444 | 818 | 144 | 116 |
| CNS 30 | 30% | 481 | 1444 | 674 | 289 | 110 |
| CNS 45 | 45% | 481 | 1444 | 529 | 433 | 107 |
| CNS 60 | 60% | 481 | 1444 | 385 | 578 | 104 |

Prosedur pencampuran paving block adalah sebagai berikut: 1) Semen, pasir, abu batu dan CNS dicampur kering menggunakan mixer selama 1 menit (Gambar 2a); 2) Air ditambahkan ke dalam campuran dan pencampuran dilanjutkan selama 2 menit hingga campuran homogen; 3) Campuran segar zero-slump ditempatkan ke dalam cetakan baja berukuran 200 mm 100 mm 70 mm dan dipadatkan menggunakan cara tradisional dengan cara dipukul-pukul hingga paving block tercetak padat (Gambar 2b); 4) Paving block segar dikeluarkan dari cetakan (Gambar 2c) dan dibiarkan di udara terbuka selama 24 jam sebelum diawetkan dengan cara disiram air dua kali sehari sampai umur pengujian (Gambar 2d).



Gambar 2. Proses pembuatan paving block

2.3 Metode Pengujian

2.3.2 Densitas

Prosedur pengujian densitas merujuk pada SNI 1973:2008. Densitas paving block ditentukan dengan memasukkan sampel ke dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam kemudian didinginkan pada suhu $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 5 jam. Setelah itu sampel ditimbang. Densitas dihitung dengan membagi berat dengan volume sampel.

2.3.2 Kuat Tekan

Kuat tekan balok diuji pada umur 28 dan 91 hari berdasarkan metode yang dijelaskan dalam SNI 03-0691 dengan menggunakan mesin uji universal. Beban diterapkan pada permukaan balok sampai sampel mengalami kegagalan. Kuat tekan dihitung sebagai (Persamaan 1). Standar Indonesia SNI 03-069 mensyaratkan kuat tekan minimal paving block pada umur 28 hari masing-masing sebesar 17 MPa, 12,5 MPa dan 8,5 MPa untuk Mutu B (peruntukan parkir), Mutu C (peruntukan pejalan kaki/trottoar) dan Mutu D (peruntukan aplikasi taman).

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dimana,

σ = kuat tekan (N/mm^2),

P = beban keruntuhan benda uji (N),

A = luas permukaan beban yang diberikan (mm^2).

2.3.3 Penyerapan air

Daya serap air sampel ditentukan sesuai SNI 03-0691 pada umur 28 hari. Pertama, sampel blok ditempatkan dalam air tawar selama 24 jam. Setelah dikeluarkan dari air, air permukaan dibersihkan dari sampel blok, dan beratnya diukur (W_1). Kemudian sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga tercapai berat konstan (W_2). Penyerapan air pada paving block dihitung sebagai (Persamaan 2). Menurut SNI 03-0691, paving block dengan daya serap air kurang dari 6%, 8 % dan

10 % masing-masing diklasifikasikan sebagai Mutu B (peruntukan parkir), Mutu C (peruntukan pejalan kaki/trotoar) dan Mutu D (peruntukan aplikasi taman).

$$WA = \frac{W1-W2}{W2} \times 100\% \quad (2)$$

dimana,

WA = daya serap air (%),

W1 = berat basah paving block (kg),

W2 = berat kering paving block (kg).

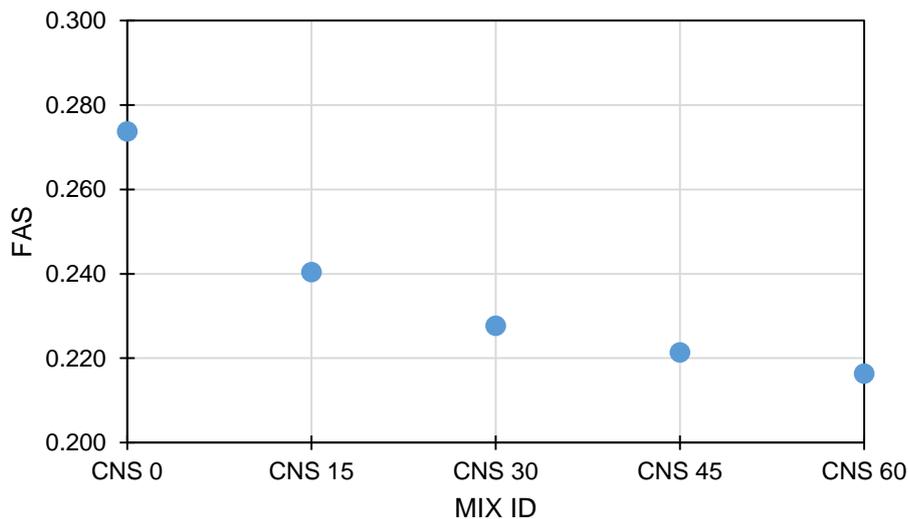
2.3.4 Ketahanan acid

Ketahanan asam dilakukan pada umur 28 hari dengan cara direndam dalam larutan 3% H₂SO₄ selama 56 hari sesuai SNI 03-0691. Setelah 56 hari, paving block dikeluarkan dan dicuci dengan air tawar dan disimpan di udara terbuka hingga beratnya konstan. Kemudian ditentukan kuat tekan paving block dengan menggunakan mesin uji universal.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Workabilitas

Workabilitas paving blok segar tergantung pada jumlah air yang ditambahkan ke dalam campuran untuk mencegah paving melorot setelah cetakan dikeluarkan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3, rasio air terhadap semen (FAS) menurun seiring dengan peningkatan kandungan CNS. Nilai FAS paving block CNS0, CNS15, CNS30, CNS45, dan CNS60 masing-masing sebesar 0.274, 0.240, 0.228, 0.221, dan 0.216. Dapat dilihat penggunaan 60% CNS sebagai pengganti abu batu menurunkan FAS dari 0.274 menjadi 0.216.

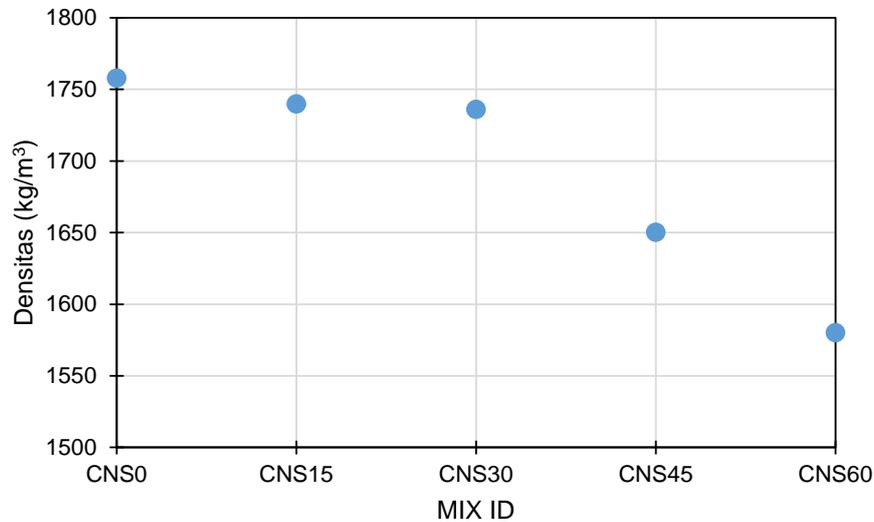


Gambar 3 Kebutuhan FAS untuk setiap batch

3.1 Densitas

Rata-rata densitas paving block disajikan dalam Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, nilai densitas tersebut mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kandungan CNS dan lebih rendah dibandingkan paving kontrol (CNS0). 1757.88 kg/m³, 1739.84 kg/m³, 1735.94 kg/m³, 1650.25 kg/m³, dan 1580.13kg/m³. Densitas paving block mengalami penurunan berturut-turut sebesar

1.03%, 1.25%, 6.12%, 10.11% untuk CNS15, CNS30, CNS45, dan CNS60 terhadap CNS0. Sifat fisik CNS yang serupa dengan Coconut Shells mengindikasikan berat jenis yang lebih rendah dari agregat kasar. Hal ini tergambar pada hasil pengujian densitas dimana paving block yang menggunakan CNS memiliki berat jenis yang lebih rendah dari paving block normal. Bhoj dkk (2023) melaporkan bahwa berat jenis Coconut Shells yang lebih rendah, sehingga beton yang dihasilkan dengan penggantian agregat kasar sebesar 15%, mengurangi densitas beton sebesar 7% jika dibandingkan dengan beton konvensional.

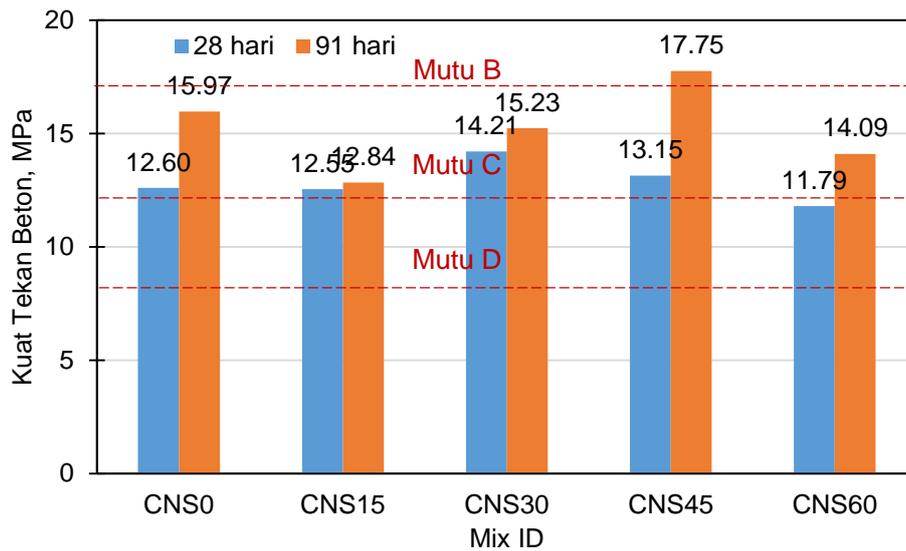


Gambar 4 Densitas paving block dengan berbagai macam pengganti CNS

3.2 Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan parameter penting yang mempengaruhi keawetan beton. Gambar 5 menunjukkan hasil nilai kuat tekan paving block umur 28 dan 91 hari. Berdasarkan Gambar 57, nilai kuat tekan paving block kontrol (CNS0) sebesar 12.60 MPa pada umur 28 hari dan 14.46 MPa pada umur 91 hari. Kuat tekan paving block yang mengandung CNS untuk benda uji CNS15, CNS30, CNS45 dan CNS60 masing-masing adalah 12.60, 12.55, 14.21, 13.15, 11.79 MPa pada umur 28 hari, dan masing-masing adalah 15.97, 12.84, 15.23, 17.75, dan 14.09 MPa pada umur 91 hari.

Berdasarkan SNI 03-069, paving block dengan 15%, 30% dan 60% CNS memenuhi persyaratan untuk aplikasi pejalan kaki/trotoar yang sama dengan paving kontrol (CNS0). Akan tetapi, penggunaan 45% CNS meningkatkan kualitas paving dari Mutu C menjadi Mutu B. Paving block 45% CNS memenuhi persyaratan untuk aplikasi untuk parkir, sehingga penggantian CNS hingga 45% dapat diterima sebagai pengganti abu batu. Hal yang sama ditemukan Mushar (2020), dengan menggunakan CNS 30% beton yang dirawat dengan direndam pada air menunjukkan peningkatan kuat tekan hingga mencapai 75 MPa.

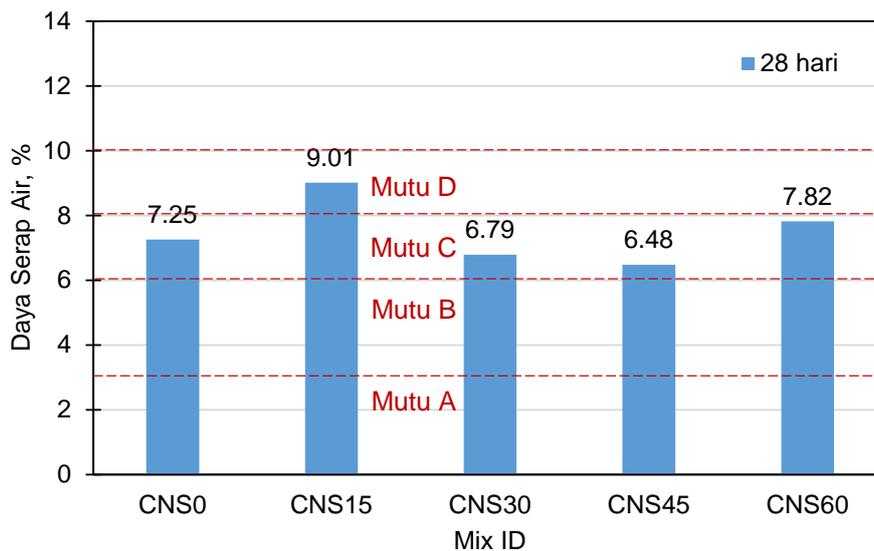


Gambar 5 Densitas paving block dengan berbagai macam pengganti CNS

3.3 Penyerapan Air

Daya serap air pada paving block disajikan pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6, daya serap air ditemukan 7.25%, 9.01%, 6.79%, 6.48%, dan 7.82% masing-masing untuk paving blok CNS0, CNS15, CNS30, CNS45, dan CNS60.

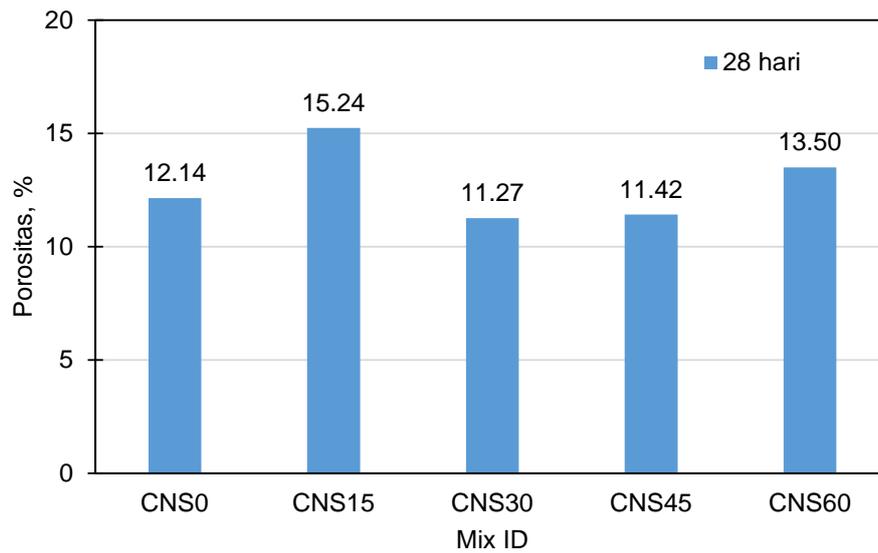
Menurut SNI 03-0691, paving block kontrol dan paving block CNS 30-60% memiliki mutu yang sama (Mutu C) yaitu dapat digunakan untuk aplikasi pejalan kaki/trotoar. Sedangkan paving blok dengan 15% CNS tidak memenuhi kriteria jika penyerapan air menjadi perhatian.



Gambar 6 Daya serap air pada paving block

3.3 Porositas

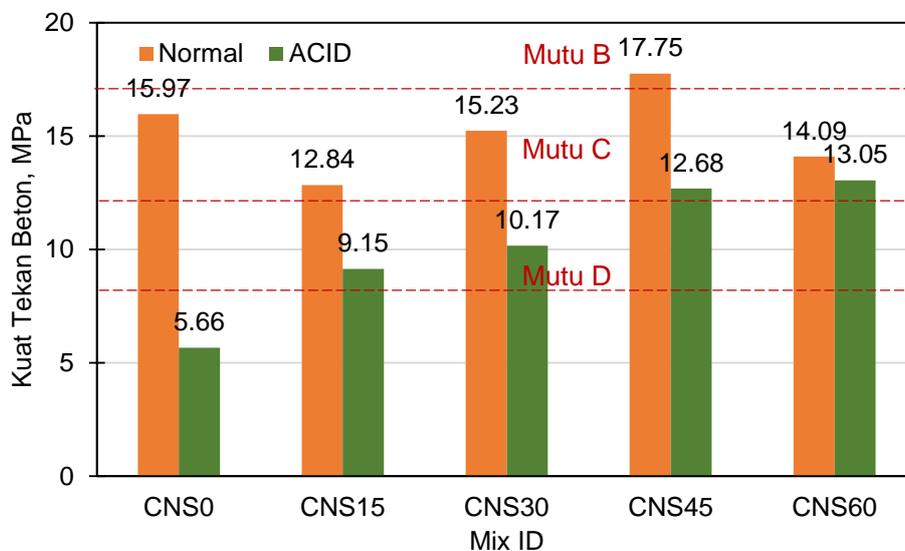
Porositas paving block dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7, nilai porositas benda uji CNS0, CNS15, CNS30, CNS45, dan CNS60 masing-masing sebesar 12.14%, 15.24%, 11.27%, 11.42% dan 13.50%. Dapat dilihat bahwa porositas yang terkandung dalam benda uji menggunakan CNS 30-60% memiliki porositas sama dengan paving blok kontrol (CNS0).



Gambar 7 Porositas paving block

3.3 Ketahanan Acid

Gambar 8 menunjukkan kuat tekan paving block setelah dirawat dalam air tawar dan dalam larutan H₂SO₄ 3% selama 56 hari. Berdasarkan Gambar 8, nilai kuat tekan paving block yang dirawat dalam larutan H₂SO₄ 3% pada paving block CNS0, CNS15, CNS30, CNS45, dan CNS60 masing-masing sebesar 5.66%, 9.15%, 10.17%, 12.68% dan 13.05%. Jika dibandingkan benda uji paving block setelah dirawat dalam air tawar, nilai kuat tekan benda uji yang dirawat dalam larutan H₂SO₄ 3% mengalami penurunan. Kuat tekannya mengalami penurunan masing-masing sebesar 64.55%, 28.74%, 33.26%, 28.55%, dan 7.43% setelah paparan H₂SO₄ 3 % selama 56 hari. Ketahanan acid pada beton yang menggunakan CNS, karena sifat dan kinerja penyerapan CNS yang berpori untuk menghilangkan larutan dalam air (Mariana dkk, 2022). Oleh karena itu larutan H₂SO₄ dapat dilarutkan karena keberadaan CNS sebagai pengganti agregat kasar.



Gambar 8 Ketahanan acid

4. Kesimpulan

Penelitian ini memanfaatkan CNS sebagai pengganti parsial abu batu untuk memproduksi paving block. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CNS menurunkan rasio air terhadap pengikat paving block seiring dengan meningkatnya kandungan CNS sebagai pengganti kerikil. Densitas paving block CNS mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya persentase penggantian parsial kerikil. Penggunaan paving block dengan 15%, 30% dan 60% CNS memenuhi kriteria persyaratan untuk aplikasi pejalan kaki/trotoar yang sama dengan paving kontrol (CNS0). Akan tetapi, paving block dengan kandungan 45% CNS memenuhi persyaratan untuk aplikasi untuk parkir, sehingga penggantian CNS hingga 45 % dapat diterima sebagai pengganti abu batu.

Daftar Pustaka

- Al-Jabri, K. and Shoukry, H., 2014. Use of nano-structured waste materials for improving mechanical, physical and structural properties of cement mortar. *Construction and Building Materials*, 73, pp.636-644.
- Bachtiar, E., 2018. EFFECT OF CANDLENUT SHELL AS SUBTITUTE COARSE AGGREGATE TO THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE.
- Bhoj, S., Manoj, A. and Bhaskar, S., 2023. Usage potential and benefits of processed coconut shells in concrete as coarse aggregates. *Materials Today: Proceedings*.
- Khongpermgonson, P., Boonlao, K., Ananthanet, N., Thitithananon, T., Jaturapitakkul, C., Tangchirapat, W. and Ban, C.C., 2020. The mechanical properties and heat development behavior of high strength concrete containing high fineness coal bottom ash as a pozzolanic binder. *Construction and Building Materials*, 253, p.119239.
- Mariana, M., Mistar, E.M., Syabriyana, M., Zulkipli, A.S., Aswita, D. and Alfatah, T., 2022. Properties and adsorptive performance of candlenut shell and its porous charcoals for aqueous mercury (II) removal. *Bioresource Technology Reports*, 19, p.101182.
- Mulyati, M.S. and Maliar, S., 2015. Pengaruh penggunaan fly ash sebagai pengganti agregat terhadap kuat tekan paving block. *Jurnal Momentum*, 17(1), pp.42-49.
- Mushar, P., 2022, December. The Strength of Reinforced Concrete Slabs of 30% Candlenut Shell Variation Using Destructive Testing Methods. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1117, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
- Patah, D. and Dasar, A., 2022, September. Strength Performance of Concrete Using Rice Husk Ash (RHA) as Supplementary Cementitious Material (SCM). In *Journal of The Civil Engineering Forum* (pp. 261-276).
- Patah, D. and Dasar, A., 2022. Pengaruh Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 10(2), pp.158-163.
- Patah, D. and Dasar, A., 2023. The Impact of using Rice Husks Ash, Seawater and Sea Sand on Corrosion of Reinforcing Bars in Concrete. In *Journal of the Civil Engineering Forum* (pp. 251-262).
- Patah, D., Dasar, A. and Nurdin, A., 2023. NILAI AMBANG KLORIDA UNTUK INISIASI KOROSI PADA BETON BERTULANG MENGGUNAKAN ABU TERBANG. *BANDAR: JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING*, 5(2), pp.29-38.
- Patah, D., Dasar, A., Apriansyah, A. and Caronge, M.A., 2023, July. Strength Development of Seawater Mixed and Cured Concrete with Various Replacement Ratios of Fly Ash. In *Materials Science Forum* (Vol. 1091, pp. 111-118). Trans Tech Publications Ltd.
- Rathee, M. and Singh, N., 2022. Durability properties of copper slag and coal bottom ash based I-shaped geopolymer paver blocks. *Construction and Building Materials*, 347, p.128461.
- Ridhayani, I., Dasar, A., Mahmuda, A.F., Manaf, A. and Patah, D., 2023. PERBANDINGAN KINERJA BATA BETON MENGGUNAKAN ABU CANGKANG SAWIT, ABU SEKAM PADI DAN ABU SERAT SAGU. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(2), pp.241-248.

- Sampebulu, V. and Mushar, P., 2020, October. Value of concrete compressive strength with variation of candlenut shell applicated to plate on a non-destructive test using UPV. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 575, No. 1, p. 012167). IOP Publishing.
- Shaikh, F.U.A., 2016. Mechanical and durability properties of fly ash geopolymer concrete containing recycled coarse aggregates. International Journal of Sustainable Built Environment, 5(2), pp.277-287.
- Singh, N., Mithulraj, M. and Arya, S., 2019. Utilization of coal bottom ash in recycled concrete aggregates based self compacting concrete blended with metakaolin. Resources, Conservation and Recycling, 144, pp.240-251.