

Paving Block Berbasis Sirkular Dengan Produk Sampingan Industri Limbah Sandblasting dan Abu Tempurung Kelapa

Tri Yuhanah^{1*}; Neneng Agustien Solekhah¹; Muhamad Rais Abqari¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi dan Infrastruktur Kewilayahan, Institut Teknologi PLN Cengkareng, Jakarta Barat 11750

^{*)}Email: tri.yuhanah@itpln.ac.id

Received: 8 Juny 2026

Accepted: 13 July 2026

Published: 25 Agustus 2026

ABSTRACT

With the growth of the construction industry in Indonesia, demand for available natural resources is increasing. Whilst industrial waste continues to rise, natural resources will eventually be depleted. This study investigates the use of sandblasting waste a by-product of the industrial abrasive blasting process that contains silica and has physical properties similar to natural sand. Furthermore, the production of coconut plants, specifically the ash resulting from the burning of coconut shells which contains silica, has not yet been fully utilised. This study examines how this sandblasting waste and coconut shell ash can be used to produce paving blocks, in support of the conservation of natural resources and environmental sustainability. In this research, compressive strength and water absorption were assessed using a 1:3 mix ratio with compositions of 0%, 2.5%, 5% and 7.5% coconut shell ash as a cement substitute, whilst 20% of the sand was replaced with sandblasting waste. Standard paving blocks, which did not contain sandblasting waste or coconut shell ash, were used as controls in the testing. The compressive strengths obtained after 28 days were 40.070 MPa; 41.500 MPa; 38.583 MPa; 36.667 MPa and 33.333 MPa, respectively. All variants incorporating coconut shell ash showed a decrease. The water absorption values were 7.797 per cent, 7.877 per cent, 7.496 per cent, 9.205 per cent and 9.475 per cent, respectively. This study demonstrates that the use of industrial waste as a substitute for fine aggregate can reduce dependence on natural materials, whilst coconut shell ash increases water absorption.

Keywords: sandblasting, coconut shell ash, compressive strength, absorption.

ABSTRAK

Dengan pertumbuhan industri konstruksi di Indonesia, permintaan sumber daya alam semakin meningkat. Sementara limbah industri terus meningkat, sumber daya alam akan habis. Studi ini menyelidiki penggunaan sandblasting, limbah dalam proses blasting abrasif industri yang mengandung silika dan sifat fisik mirip pasir alami. Selain itu, limbah dari pembakaran tempurung kelapa menghasilkan abu yang mengandung silika, belum sepenuhnya dimanfaatkan. Studi ini melihat bagaimana sandblasting dan abu tempurung kelapa digunakan untuk membuat paving block, sebagai kelestarian sumber material alam dan ramah lingkungan. Penelitian ini, menguji kuat tekan, penyerapan air menggunakan perbandingan 1:3 dengan komposisi 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% abu tempurung kelapa untuk pengganti semen, dan mengganti pasir 20 % dengan limbah sandblasting. Kuat tekan hasil penelitian 28 hari yaitu masing-masing 40,070 MPa; 41,500 MPa; 38,583 MPa; 36,667 MPa dan 33,333 MPa. Semua variasi yang menggunakan abu tempurung kelapa menunjukkan penurunan. Nilai penyerapan air masing-masing 7,797%, 7,877%, 7,496%, 9,205% dan 9,475%. Studi ini menunjukkan pemakaian sandblasting sebagai pengganti agregat halus, dapat mengurangi ketergantungan pada bahan alam sedangkan abu tempurung kelapa meningkatkan penyerapan air.

Kata kunci: Paving Block, Limbah Sandblasting, Abu Tempurung Kelapa, Kuat Tekan, Penyerapan air

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan alam meningkat sebagai akibat dari pertumbuhan industri konstruksi infrastruktur yang pesat[1]. Dengan peningkatan produksi limbah industri bersamaan yang bersamaan sumber daya alam akan habis. Material paving block yang tidak merusak lingkungan harus digunakan untuk ketergantungan pemakaian material dari sumber daya alam. Diharapkan bahwa pemakaian limbah dapat menghasilkan keuntungan ekonomi tanpa mengorbankan lingkungan. Persentase penggunaan pasir yang diperlukan dalam pembuatan paving block sangat dominan penggantianannya. Karena itu, agregat halus menyumbang bagian terbesar dari volume total saat membuat campuran paving block. Pengganti agregat halus dapat dilakukan dengan bahan seperti abu boiler [2][3], zeolit [4][5], abu dasar [6] atau copper slag [7]. Hasilnya beragam, tetapi semua berusaha mengurangi gangguan lingkungan.

Sebagian besar mempercayai bahwa limbah sandblasting adalah salah satu limbah yang dihasilkan oleh industri blasting abrasif. Studi yang sudah dilakukan oleh [8] menemukan bahwa limbah sandblasting dapat diubah menjadi agregat halus yang ramah lingkungan dan meningkatkan kinerja beton. Sandblasting dapat memenuhi persyaratan paving block konvensional dengan menggantikan agregat halus pada pembuatan paving block karena mengandung oksida besi dan silikat. [9] Studi tentang sandblasting juga menyatakan bahwa penggantian pasir pada paving block sebagai agregat halus dapat meningkatkan kuat tekan paving block tetapi juga mengurangi penyerapan air [10].

Memanfaatkan limbah lingkungan dari industri sebagai pengganti semen pada produk bahan bangunan, seperti abu kelapa sawit [11], fly ash [12], dan abu tongkol jagung [13], adalah pendekatan yang menjanjikan. Limbah organik, seperti abu tempurung kelapa, dapat dimanfaatkan untuk pengganti semen dalam pembuatan produk bahan bangunan. Karena mengandung sejumlah besar senyawa silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3), karakteristik kimia yang dimiliki abu tempurung kelapa memungkinkannya digunakan sebagian pengganti semen [14]. Karena sifat pozzolaniknya, senyawa silika adalah senyawa utama yang memainkan peran penting dalam pembentukan kekuatan paving block atau beton [15]. Dengan karakteristik kimia ini, abu tempurung kelapa selain dapat meninggikan mutu paving block, tetapi juga dapat menurunkan limbah organik.

Tujuan penelitian ini yaitu memanfaatkan limbah untuk mengurangi dan mendaur ulang limbah sandblasting dan abu tempurung kelapa. Untuk mencapai tujuan ini, pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penggunaan 20% limbah sandblasting sebagai pengganti pasir dan abu tempurung kelapa untuk mensubstitusi semen dengan variasi komposisi 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5%.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Proporsi Paving Block

Komposisi material dalam Studi ini menggunakan limbah sandblasting sebagai pengganti pasir dan pengganti semen dari abu tempurung kelapa, menggunakan perbandingan 1 semen : 3 pasir. Komposisi dalam pencampuran yaitu variasi 0%, 2,5%, 5,0% dan 7,5% abu tempurung kelapa pengganti semen dan sand blasting 20% pengganti pasir. Pengujian dilakukan pada paving block standar VN dan paving block variasi V1, V2, V3 dan V4. Paving block sampel uji berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm. Jumlah sampel uji 60, masing-masing sebanyak 3 sampel digunakan untuk pengukuran kuat tekan saat 7, 14, dan 28 hari dan untuk uji penyerapan air saat 28 hari, [16]. Perhitungan keperluan material pembuatan paving block berdasarkan berat satuan material, yang digunakan untuk pengujian. Komposisi kebutuhan berat material yang diperlukan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kebutuhan Material

No	Variation	Komposisi Material				
		Semen (kg)	Abu Arang Tempurung Kelapa (kg)	Pasir (kg)	Sandblasting (kg)	Air (kg)
1	VN Paving Block Standar	9.000	0.000	14.100	0.000	2.700
2	Variasi 1 (20% LS + 0% AATK)	9.000	0.000	11.405	2.696	2.700
3	Variasi 2 (20% LS + 2.5% AATK)	8.845	0.155	11.405	2.696	2.700
4	Variasi 3 (20% LS + 5.0% AATK)	8.690	0.310	11.405	2.696	2.700
5	Variasi 4 (20% LS + 7.5% AATK)	8.534	0.466	11.405	2.696	2.700

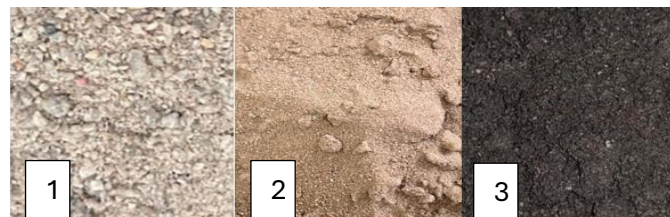
2.2 Proses Penelitian

Tahapan proses penelitian mulai dari persiapan, pengujian material, pembuatan variasi sampel uji, pengujian sampel uji, dilanjutkan analisis data dan kesimpulan. Pada tahap awal, informasi dikumpulkan dan penyiapan peralatan. Pengujian material agregat halus yaitu berat satuan, massa jenis, dan penyerap, kandungan air, kandungan lumpur, kadar organik sedangkan semen dan abu tempurung kelapa di uji berta jenisnya. Proses pembuatan sampel sesuai desain campuran paving blok, membuat sampel uji, dan mengujinya. Tahap uji kuat tekan dilakukan pada 7, 14, 28 hari dan tahap penyerapan air dilakukan pada 28 hari. Pada tahap analisis, berdasarkan data yang dikumpulkan, dapat ditarik konklusinya yang berhubungan dengan tujuan penelitian yang dilanjutkan tentang analisis kuat tekan dan penyerapan air yang optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

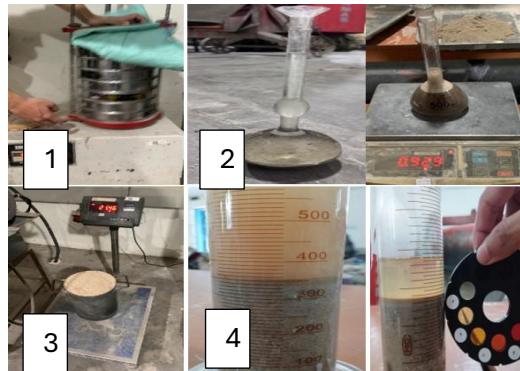
3.1 Analisis Hasil Pengujian

Material yang dipakai untuk pembuatan paving block diuji untuk mendapatkan parameter-parameter melalui pengujian fisik. Gambar-gambar berikut ini memperlihatkan persiapan material, pengujian fisik material, kuat tekan dan penyerapan air sampel dilakukan di laboratorium.



Gambar 1. Agregat Halus Yang Digunakan: 1. Pasir. 2. Sandblasting. 3. Abu tempurung kelapa

Dalam campuran paving blok, berbagai bahan digunakan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Bahan-bahan ini terdiri dari agregat halus pasir, limbah sandbasting dan abu tempurung kelapa.



Gambar 2. Uji Fisik Material: 1. Uji ayakan, 2. Spesifik grafiti pasir dan semen, 3. Berat volume, 4. Kandungan Lumpur dan Organik

Agregat halus pasir digunakan pada paving blok standar dan menggunakan limbah sandblasting pada variasi lainnya. Kedua material tersebut dilakukan uji fisik untuk memperoleh sifat dari agregat halus pasir maupun limbah sandblasting. Uji ini mencakup penyelidikan gradasi agregat halus, kandungan lumpur, kadar air, berat satuan agregat, massa jenis dan penyerapan, sedangkan semen maupun abu cangkang kelapa di ukur berat jenisnya. Di laboratorium dilakukan pengujian material hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2. Berat jenis semen mencapai 3.125 gram per mililiter, dan abu tempurung kelapa mencapai 2.155 gram per mililiter.

Tabel 2. Hasil Pengujian agregat halus dan Bahan Pengganti di Laboratorium

No.	Pengujian	Metode Uji	Syarat	Hasil	
				Pasir	Sandblasting
1	Berat Jenis, (SSD)	ASTM C 128	1.6 – 3.2	2.639	2.347
2	Modulus Kehalusan	ASTM C 136	2.3 – 3.1	2.018	1.720
3	Berat Satuan (kg/m^3)	ASTM C 29	1,400 – 1,900	1,632	1,560
4	Kadar Lumpur, (%)	ASTM C 117	1 – 5	4.734	2.305
5	Kadar organik, (%)	ASTM C40	1 – 5	1	3
6	Penyerapan Air, (%)	ASTM C 127	1 - 4	2.794	6.641
7	Kadar Air, (%)	ASTM C 566	1.6 – 3.2	0.603	1.010

Hasil pengujian karakteristik material menggunakan metode American Standard for Testing and Materials (ASTM) dibandingkan dengan persyaratan. Mengacu pada Tabel 2 di atas, diketahui bahwa sebagian besar karakteristik limbah sandblasting sudah memenuhi standar ASTM terdiri dari modulus kehalusan, berat volume padat, dan berat jenis permukaan, kadar lumpur dan kadar organik. Angka kadar air dan penyerapan air untuk limbah sandblasting angka lebih besar dibandingkan pada pasir alami. Hal ini menunjukkan kemampuan penyerapan air pada limbah sandblasting cukup tinggi, sehingga dalam campuran material membutuhkan jumlah air yang banyak.



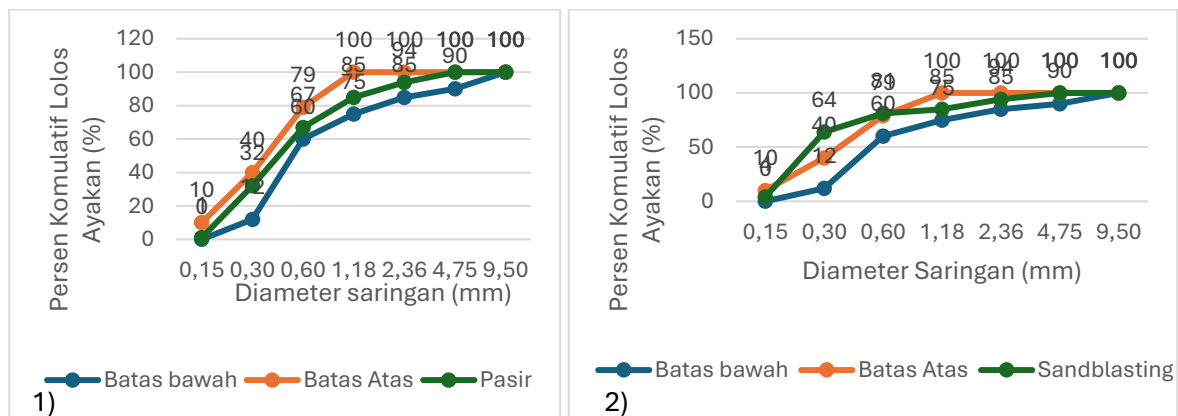
Gambar 3. Desain Campuran Variasi Paving Block: 1. Pencampuran material, 2. Pencetakan sampel, 3. Paving block sampel

Pada gambar 3 terlihat desain campuran dan pencetakan semua benda uji paving block berdasarkan komposisi perbandingan yang sudah ditetapkan dan Gambar 4 menunjukkan pengukuran kuat tekan dan penyerapan air semua sampel paving block.



Gambar 4. Uji Kuat Tekan dan Penyerapan air Sampel Paving Block: 1. Penimbangan paving block, 2. Pengukuran kuat tekan 3. Pengeringan di oven

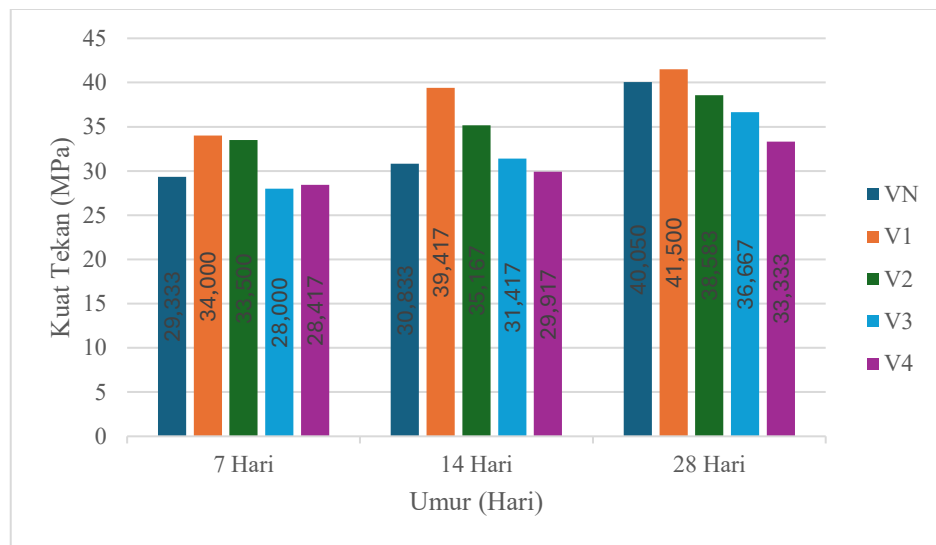
Untuk menunjukkan perbedaan dalam bentuk dan ukuran kehalusan agregat halus, diuji gradasi pasir dan limbah sandblasting dilakukan. Hasil uji gradasi agregat halus diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil Analisis Gradasi Halus Pasir dan Limbah Sandblasting: 1) Gradasi pasir; 2) Gradasi limbah sandblasting

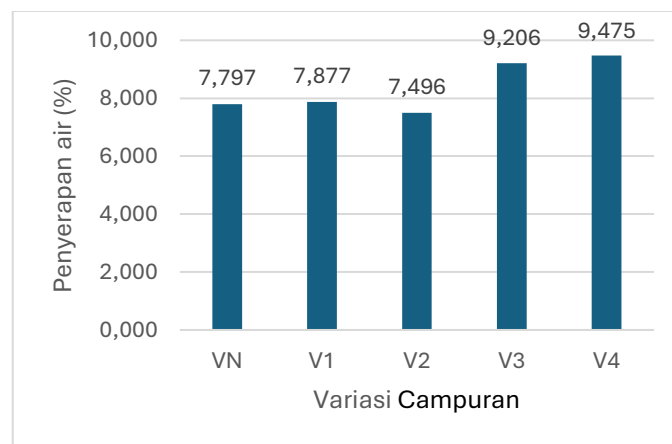
Pengukuran gradasi pasir dan limbah sandblasting menunjukkan lokasi di zona 3 yaitu agak halus, mempunyai modulus kehalusan pasir sebesar 2,018 dan modulus kehalusan limbah sandblasting sebesar 1,720. Nilai ini kurang dari ketentuan batasan untuk agregat halus, yang berada di antara 2,3 dan 3,1. Khususnya, ukuran ayakan 1.18 pada sandblasting melebihi batas atas.

Pengujian kuat tekan sampel paving block dari semua variasi dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Pengukuran kuat tekan paving block hasilnya terlihat di Gambar 6. Secara berurutan hasil masing-masing sampel yaitu 40,070 MPa; 41,500 MPa; 38,583 MPa; 36,667 MPa dan 33,333 MPa. Penggunaan pengganti limbah sandblasting 20% meningkatkan kuat tekan terlihat pada V_1 , hal ini mendukung penelitian sebelumnya dimana partikel sandblasting yang halus memfasilitasi pengisian pori sehingga lebih padat [10]. Seiring meningkatnya pengganti komposisi abu tempurung kelapa sebesar 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% dengan 20% limbah sandblasting mengalami penurunan kuat tekan paving block dari yang standar. Ini disebabkan oleh fakta bahwa abu tempurung kelapa dan limbah sandblasting sama-sama mempunyai SiO_2 cukup tinggi yang membentuk kristalin (kuarsa) dan tidak resposip. Akibatnya, SiO_2 yang terkandung di abu tempurung kelapa dan limbah sandblasting fungsinya hanya sebagai pengisi, menggantikan semen. Akibatnya tidak reaktif, kuat tekan paving block menjadi lebih rendah.



Gambar 6. Hasil Kuat Tekan Pada Semua Umur Uji Variasi Paving Block

Pada Gambar 7 dapat dilihat hasil pengukuran penyerapan air paving block, pada masing-masing variasi sebesar 7,797%; 7,877%; 7,496%; 9,205% dan 9,475%. Penggunaan pengganti limbah sandblasting 20% nilai penyerapan air lebih tinggi dibandingkan pada paving block standar. Sedangkan pengganti abu tempurung kelapa 2,5% dan 20% limbah sandblasting menurunkan penyerapan air. Namun ketika peningkatan pengganti abu tempurung kelapa menyebabkan kenaikan penyerapan air secara signifikan, terlihat pada paving block variasi V3 sampai variasi V4, karena abu tempurung kelapa bahan pozzolanik berpori yang menghasilkan lebih banyak pori-pori dari pada semen, hal ini mendukung penelitian sebelumnya makin tinggi penggunaan abu tempurung kelapa, semakin tinggi penyerapan air [17]



Gambar 7. Hasil Penyerapan air Semua Variasi Paving Block

4. KESIMPULAN

Studi ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana abu tempurung kelapa sebagai pengganti semen dan limbah sandblasting sebagai pengganti agregat halus dalam hal sifat mekanisnya terhadap kualitas paving block. Untuk mengevaluasi kinerja sampel paving block di uji kekuatan tekan dan penyerapan air. Menurut hasil dan diskusi, dapat disimpulkan bahwa paving block V1 menggunakan 20% limbah sandblasting dan 0% abu tempurung kelapa dapat meningkatkan daya tekan. Selain itu, karena sifatnya sebagai filer, paving blok tersebut juga memiliki sifat daya ikat seperti pozzolanik. Dengan peningkatan pengganti abu tempurung kelapa mulai 5% hingga 7,5% dapat mengurangi

kekuatan tekan paving block, seiring dengan peningkatan penyerapan air. Hal ini disebabkan karena jumlah silika dalam paving block meningkat yang bersifat amorf, sehingga menjadi lebih getas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Kankam Charles, et al., (2017). Stress-strain characteristics of concrete containing quarry rock dust as partial replacement of sand. *Case Studies in Construction Materials*, 7, 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.06.004>
- [2] Fuji Akbar Emda, Meylis Safriani, Teuku Farizal (2023). Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Campuran Abu Boiler Pada Proyek Jembatan Di PT. Socfindo Kebun Seunagan. *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation. JCEBT*, Vol 7 No. 1 Maret 2023. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/3346069>
- [3] Tri Yuhanah, Devita Mayasari (2024) : Penambahan Limbah Kerak Boiler Kasar dan Halus pada Beton sebagai Substitusi Pasir dan Bahan Tambah Semen. *Jurnal Forum Mekanika*, Vol.13, No 1, Mei 2024, P-ISSN : 2356-1491, E-ISSN.2655-8211. DOI : <https://doi.org/10.33322/forummekanika.v13i1.2392>
- [4] P. Ramu, S Manikandan (2017) : Experimental Study on Concrete using Zeolite Sand and Zeolite Powder as Partly Replacement for Fine Aggregate and Cement. *Internasional Journal of Engineering Research & Technologi (IJERT)* ISSN : 2278-0181. *ICONNECT-2017 Conference Proceedings*. <https://www.ijert.org/experimental-study-on-concrete-using-zeolite-sand-and-zeolite-powder-as-partly-replacement-for-fine-aggregate-and-cement#:~:text=DOI%20%3A%2010.17577/IJERTCONV5IS13178>
- [5] Bárbara Belén Raggiottia*, María Josefina Positieria, Ángel Oshiroa (2018). Natural zeolite, a pozzolan for structural concrete. *ScienceDirect* (2018) <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2015000200002>
- [6] Hussein Hamada, et al (2022) Sustainable Application of Coal Bottom Ash As Fine Aggregates In Concrete: A Comprehensive Review. *Elsevier, Case Studies In Construction Materials* 16 (2022) e01109 <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01109>
- [7] Rofikatul Karimah, Yusuf Wahyudi (2016). Kajian Penggunaan Copper Slag Sebagai Agregat Halus Beton. *Jurnal Media Teknik Sipil*, ISSN 1693-3095. <https://doi.org/10.22219/jmts.v14i2.3710>
- [8] Qomariah, Taufiq Rochman [2023] On the Review of Utilization of Sandblasting Waste in Concrete: Cracks Propagation and Sem Results *Civil Engineering and Architecture* 11(1): 101-113, 2023, DOI: 10.13189/cea.2023.110109
- [9] Nor Hasanah Abdul Shukor Lim, etc [2020]. Properties of Mortar Incorporating Spent Garnet as Fine Aggregates Replacement. *Internasional Journal Of Integrated Engineering* Vol. 12 No. 9 (2020) 96-102 Journal homepage: <http://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie> ISSN : 2229-838X e-ISSN : 2600-7916.
- [10] Wahyuniarsih Sutrisno, etc [2024]. Properties of concrete mortar incorporating recycle pulverized sandblasting waste as additives. *Heliyon* 10 (2024) e25623. journal homepage: www.cell.com/heliyon
- [11] Rulian Setyo Anggoro, Mohammad Prasanto Bimantio, Erista Adisetya (2023). Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Bahan Campuran pada Pembuatan Paving Block. *Jurnal Agroferetech*, Volume 1, No. 03, 2023. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/924>
- [12] Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi. Jurnal Teknik*. Universitas Muhammadiyah Palembang. Vol.14. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3556>.
- [13] Khairul Nur Ihfansyah (2024). Effect of coconut shell ash substitution on compressive strength, wear resistance and water absorption in paving blocks. *Jurnal Teknisia* Vol 29, No. 1, 2024. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/4811012>

- [14] Satheesh, M., Pugazhvadivu, M., Prabu, B., Gunasegaran, V., & Manikan dan, A. (2019). Synthesis And Characterization Of Coconut Shell Ash. *Journal Of Nanoscience And Nanotechnology*, 19(7), 4123–4128. <https://doi.org/10.1166/Jnn.2019.16299>
- [15] Ihfansyah, K. N., & Teguh, M. (2024). *Effect Of Coconut Shell Ash Substitution On Compressive Strength, Wear Resistance And Water Absorption In Paving Blocks*. 29(1). <https://journal.uir.ac.id/teknisia/article/view/36067>
- [16] Badan Standarisasi Nasional. (1996). SNI 03-0691-1996. Bata Beton (Paving Block).BSN. <https://bsn.go.id>