

Pengaruh Penambahan Arang Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Bata Ringan

Fresky Adinda¹, Muh. Nashir T^{2*}, Abd Muis³

^{1,2*,3}Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare, Kota Parepare, Sulawesi Selatan

*Email: nashirt75@gmail.com

Abstract

Innovations in environmentally friendly building materials are increasingly important to support sustainable construction. This study aims to explore the use of rice husk charcoal as a partial substitute in lightweight brick mixtures to improve mechanical properties, particularly compressive strength and water absorption. Experimental methods were conducted at the Structural and Materials Laboratory of Muhammadiyah University of Parepare, with variations in rice husk charcoal addition of 0%, 5%, 10%, and 15%, and testing was performed after 28 days of curing. The results showed that the average water absorption of normal lightweight bricks was 22.74%, while the variations with rice husk charcoal had lower water absorption, ranging from 19.52% to 19.53%, and met the maximum limit of 25%. The average compressive strength for the 0%, 5%, 10%, and 15% variations was 3.611 MPa, 3.378 MPa, 3.889 MPa, and 4.00 MPa, respectively. These findings indicate that rice husk charcoal can enhance strength and reduce water absorption in lightweight bricks, supporting the development of more sustainable building materials.

Keywords: Rice husk charcoal, lightweight bricks, compressive strength, water absorption capacity

Abstrak

Inovasi bahan bangunan ramah lingkungan semakin penting untuk mendukung konstruksi berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi penggunaan arang sekam padi sebagai substitusi parsial dalam campuran bata ringan untuk meningkatkan sifat mekanik, khususnya kuat tekan dan daya serap air. Metode eksperimental dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare, dengan variasi penambahan arang sekam padi sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%, serta pengujian dilakukan setelah 28 hari perawatan. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata daya serapan air bata ringan normal adalah 22,74%, sedangkan variasi dengan arang sekam padi memiliki daya serap yang lebih rendah, antara 19,52% hingga 19,53%, dan memenuhi batas maksimum 25%. Kuat tekan rata-rata untuk variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% masing-masing adalah 3,611 MPa, 3,378 MPa, 3,889 MPa, dan 4,00 MPa. Temuan ini menunjukkan bahwa arang sekam padi dapat meningkatkan kekuatan dan mengurangi daya serap air bata ringan, mendukung pengembangan bahan bangunan yang lebih berkelanjutan.

Kata kunci: Arang sekam padi, bata ringan, kuat tekan, daya serap air

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan material konstruksi yang efisien dan ramah lingkungan semakin meningkat seiring dengan pesatnya pembangunan infrastruktur di berbagai sektor [1] [2]. Bata ringan menjadi salah satu solusi inovatif yang banyak digunakan dalam proyek konstruksi modern karena keunggulannya, seperti bobot yang rendah, kemudahan dalam pemasangan, serta kemampuan isolasi termal yang baik [3]. Meskipun demikian, tantangan dalam peningkatan kuat tekan dan efisiensi penyerapan air tanpa menambah massa jenis masih menjadi isu penting dalam pengembangan bata ringan [4].

Saat ini penggunaan material alternatif ramah lingkungan telah banyak diterapkan pada material konstruksi. Pemanfaatan limbah industri telah banyak dilakukan seperti pemanfaatan fly ash, abu sekam padi, metakaolin, silica fume, Blast Furnace Slag.[5] Berbagai studi telah dilakukan untuk mengembangkan bata ringan dengan menambahkan material alternatif berbasis limbah, salah satunya adalah sekam padi. [6] menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambahan mampu mempertahankan bahkan meningkatkan kuat tekan bata ringan hingga tetap memenuhi standar SNI. Penelitian oleh [7] juga mengemukakan bahwa sekam padi memberikan dampak positif terhadap karakteristik fisik bata, termasuk berat jenis dan daya serap air [8] [9].

Lebih lanjut, [10] mengembangkan penggunaan abu sekam padi bersama material lainnya untuk menurunkan berat beton dan meningkatkan kekuatannya [11], mengindikasikan potensi besar limbah ini sebagai bahan inovatif dalam konstruksi. Meskipun banyak penelitian telah membahas penggunaan abu sekam padi, kajian terhadap penggunaan arang sekam padi secara spesifik sebagai bahan tambah pada bata ringan bukan hanya sebagai substitusi semen atau agregat masih terbatas. Arang sekam padi memiliki karakteristik fisis dan kimia yang berbeda dari abu sekam [12], seperti struktur

mikro berpori tinggi dan kandungan karbon aktif, yang berpotensi memengaruhi kuat tekan dan daya serap air secara berbeda [13]. Arang sekam mengandung unsur SiO_2 (76,4-97%), C (31%), K (0.3%), N (0,18%), F (0,08%), dan kalsium (0,14%). Di samping itu juga mengandung unsur lain lain dalam jumlah sedikit antara lain Fe_2O_3 , K_2O , MgO , CaO , MnO , dan Cu. Kandungan silika yang tinggi dalam arang sekam padi ini dapat menjadi alternatif pengganti silika jika hanya menggunakan pasir biasa yang dapat meningkatkan kuat tekan beton. Silika bereaksi dengan kalsium hidroksida dalam semen, menghasilkan senyawa yang lebih kuat dan meningkatkan kepadatan beton. Penelitian ini mencoba mengisi celah tersebut, dengan meninjau secara eksperimental pengaruh variasi penambahan arang sekam padi terhadap sifat mekanik dan fisik bata ringan.

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah: (1) bagaimana pengaruh penambahan arang sekam padi terhadap daya serap air bata ringan, dan (2) bagaimana pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi arang sekam padi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bata ringan yang memenuhi standar konstruksi [14] sekaligus mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan.

2. Metoda Penelitian

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium untuk menguji pengaruh penambahan arang sekam padi terhadap kuat tekan dan daya serap air pada bata ringan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare. Benda uji disiapkan dengan penambahan 4 variasi (ASP) arang sekam padi yaitu 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat agregat halus:

2.2. Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian berupa cetakan bata ringan berbentuk balok

dengan dimensi standar 60 mm × 200 mm × 75 mm, mesin uji tekan (*Compression Testing Machine*) berkapasitas 1000 kN, digunakan untuk mengukur kuat tekan benda uji sesuai prosedur SNI 1974:2011, oven laboratorium dengan suhu maksimal 110°C, digunakan untuk proses pengeringan benda uji pada pengujian daya serap air, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram, digunakan untuk menimbang sampel secara presisi. foam agent (generator), digunakan untuk mencampur dan menghasilkan busa dari foam agent [15].

Sebelum dicampurkan ke dalam adukan bata ringan. Adapun bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *Portland Composite Cement* (PCC) merek semen merdeka sebagai bahan pengikat utama, pasir sungai Saddang sebagai agregat halus, yang telah disaring untuk memenuhi syarat gradasi SNI, arang sekam padi, diperoleh dari pabrik penggilingan padi di Akkajang, Pinrang, digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran bata ringan yang telah melawati uji karakteristik analisis saringan yang tertahan di saringan no.16 sebagai bahan yang digunakan dalam campuran, air bersih dari PDAM, yang memenuhi standar untuk campuran beton menurut SNI 2847:2019.

2.3. Mix Design

Perancangan campuran (*mix design*) dalam penelitian ini disusun berdasarkan asumsi target kuat tekan $f'_c = 5$ MPa sesuai dengan spesifikasi teknis pada SNI 8640:2018 tentang bata ringan untuk pasangan dinding. Komposisi campuran disusun dengan mempertimbangkan proporsi bahan utama, yaitu *Portland Composite Cement* (PCC), pasir Sungai Saddang sebagai agregat halus, arang sekam padi sebagai bahan tambahan, air, dan foam agent. Perancangan dilakukan dengan mempertahankan rasio semen dan agregat yang sama pada setiap variasi, sementara arang sekam padi ditambahkan dengan persentase 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap berat semen. Air dicampurkan sesuai kebutuhan untuk mencapai workability yang diinginkan, sedangkan foam agent dicampur

dengan air menggunakan foam generator untuk menghasilkan busa yang stabil dan merata di seluruh adukan. Jumlah sampel 12 dan ditunjukkan dalam tabel 1 sedangkan komposisi mix design ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 1. Jumlah benda uji

Variasi				Jumlah sampel 28 hari
0%	5%	10%	15%	
3 bh	3 bh	3 bh	3 bh	12 bh
Jumlah sampel benda uji				12 bh

Tabel 2. Mix design

Keterangan	Variasi			
	0%	5%	10%	5%
Semen (kg)	6,25	5,94	5,63	5,31
Pasir (kg)	18,75	18,75	18,75	8,75
Arang sekam padi (kg)	0	0,31	0,63	0,94
Air (Liter)	6,25	6,25	6,25	6,25
Foam agent (Liter)	3,00	3,00	3,00	3,00

2.4. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan untuk mengetahui kemampuan bata ringan dalam menyerap air, yang berpengaruh terhadap ketahanan material terhadap kelembaban dan degradasi lingkungan. Uji ini mengacu pada prosedur dalam SNI 8640:2018 dan digunakan untuk menilai apakah produk memenuhi batas maksimum penyerapan air yang diizinkan, yaitu 25% dari volume bata.

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \left(\frac{w_2 - w_1}{w_1} \right) \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

W1 = Berat kering benda uji (gram)

W2 = Berat setelah perendaman 24 jam (gram)

2.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan bata ringan dalam menahan beban tekan, yang merupakan

indikator utama mutu material bangunan. Pengujian kuat tekan menggunakan Universal Testing Machine (UTM) dengan laju tekan sebesar 4,0 kN/detik (tanpa kejut) hingga beban maksimum tercapai dan terjadi kegagalan pada bata beton. Sebanyak lima spesimen dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan bata beton untuk setiap tipe mix [16]. Uji dilakukan pada sampel bata ringan umur 28 hari dengan mengikuti prosedur yang mengacu pada SNI 1974:2011 dan spesifikasi SNI 8640:2018 tentang uji kuat tekan untuk beton ringan.

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

f_c = kuat tekan (MPa)

P = beban maksimum yang diterima benda uji (N)

A = luas penampang permukaan tekan benda uji (mm^2)

Kuat tekan menjadi parameter untuk menentukan mutu dan kualitas beton yang ditentukan oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah air. Pembuatan beton akan berhasil jika dalam pencapaian kuat tekan beton telah sesuai dengan yang telah direncanakan dalam mix design Sampel bata ringan berbentuk balok diuji menggunakan mesin uji tekan digital berkapasitas maksimum 1000 kN (Gambar 2). Sebelum dilakukan pengujian, setiap benda uji ditimbang dan diperiksa kondisi fisiknya untuk memastikan tidak ada cacat struktural yang signifikan.

3. Hasil Penelitian

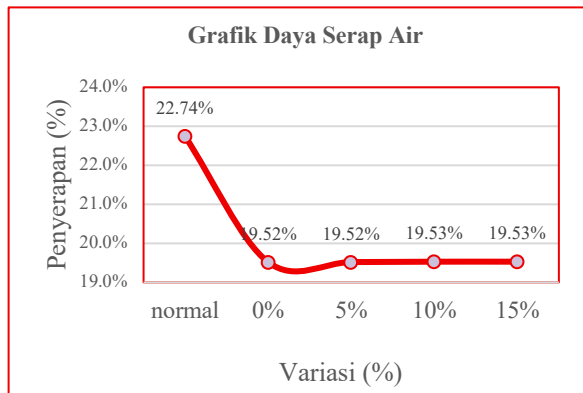
3.1. Hasil Pemeriksaan Daya Serap Air

Setelah proses pembuatan dan perawatan selesai, dilakukan pengujian daya serap air pada umur 28 hari menggunakan 12 sampel berukuran $60 \times 10 \times 20$ cm, terdiri dari variasi 0%, 5%, 10%, 15% arang sekam padi (ASP) dan 3 sampel normal Facon Interlite. Setelah direndam 28 hari, sampel ditimbang dalam kondisi basah, dikeringkan 24 jam dalam oven, lalu ditimbang kembali (Tabel 3).

Tabel 3. Rekapitulasi pengujian daya serap air

Kode benda uji	Berat awal	Berat kering oven	Daya serap	Rata-rata
	g	g	% vol	% vol
Br Normal	10050	8160	23,16%	22,74%
	10000	8150	22,70%	
	10010	8180	22,37%	
Br Asp 0%	10215	8520	19,89%	19,52%
	10291	8640	19,11%	
	10305	8620	19,55%	
Br Asp 5%	10126	8470	19,55%	19,52%
	10191	8540	19,33%	
	10172	8500	19,67%	
Br Asp 10%	10133	8470	19,63%	19,53%
	10154	8460	20,02%	
	10169	8550	18,94%	
Br Asp 15%	10178	8530	19,32%	19,52%
	10133	8470	19,63%	
	10119	8460	19,61%	

Berdasarkan hasil pengujian, semua sampel, baik normal maupun yang mengandung variasi arang sekam padi (ASP 5%, 10%, dan 15%), menunjukkan nilai daya serap air di bawah batas maksimum yang ditetapkan SNI, yaitu <25%. Penambahan arang sekam padi cenderung menurunkan daya serap udara, diduga karena karakteristik mikrostruktur arang yang berpori dan mampu mengisi rongga dalam campuran, sehingga mengurangi jumlah udara yang terserap. Berikut ini grafik pengujian daya serap air pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pengujian daya serap air

Gambar 1 menunjukkan nilai daya serap air rata-rata pada umur 28 hari yaitu variasi 0% ASP (normal) dengan nilai penyerapan 22,74%, variasi 5% ASP dengan nilai penyerapan 19,53%, variasi 10% ASP dengan nilai penyerapan 19,52%, dan variasi 15% ASP dengan nilai penyerapan 19,53%. penurunan signifikan terlihat pada semua variasi dengan ASP, di mana nilai daya serap air menurun sekitar 3,2% dari kondisi normal.

Efek ini berkaitan dengan struktur arang sekam padi yang berpori halus dan mampu mengurangi kapilaritas pori-pori besar dalam bata, sehingga menghambat penetrasi udara. Hasil ini juga mengindikasikan nilai kestabilan serapan air pada rentang penambahan ASP 5–15%, yang menunjukkan bahwa arang sekam padi secara konsisten meningkatkan ketahanan terhadap kelembaban.

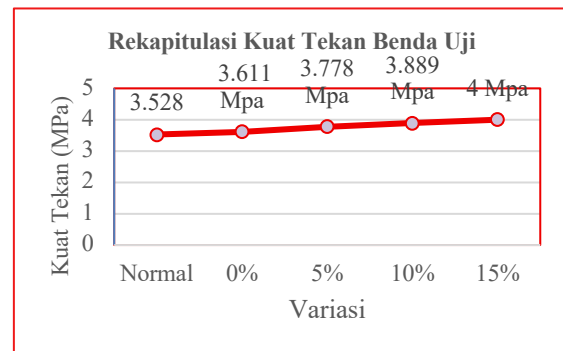
3.2. Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan

Setelah proses pembuatan dan perawatan selesai, dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 28 hari. Pengujian melibatkan 12 sampel berukuran $60 \times 10 \times 20$ cm, terdiri dari variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% arang sekam padi (ASP), serta 3 sampel normal dari Facon Interlite.

Tabel 4. Rekapitulasi pengujian kuat tekan

Kode benda uji	Luas bidang tekan	Berat	Beban (P)	Kuat tekan	Kuat tekan rata-rata
	mm ²	g	N	N/ mm ²	N/ mm ²
Br Normal	60000	7960	215000	3,583	3,528
	60000	8080	200000	3,333	
	60000	8060	220000	3,667	
Br Asp 0%	60000	8520	210000	3,500	3,611
	60000	8640	220000	3,667	
	60000	8620	220000	3,667	
Br Asp 5%	60000	8470	230000	3,833	3,778
	60000	8540	220000	3,667	
	60000	8500	230000	3,833	
Br Asp 10%	60000	8470	230000	3,833	3,889
	60000	8460	230000	3,833	
	60000	8550	240000	4,000	
Br Asp 15%	60000	8530	240000	4,000	4,000
	60000	8470	240000	4,000	
	60000	8460	240000	4,000	4,000

Hasil pengujian kuat tekan ditunjukkan pada Gambar 2, menunjukkan bahwa penambahan arang sekam padi (ASP) pada campuran bata ringan memberikan variasi terhadap kekuatan tekan dengan nilai rata-rata kuat tekan masing-masing variasinya yaitu variasi 0% ASP (normal) dengan nilai kuat tekan 3.611 Mpa, variasi 5% ASP dengan nilai kuat tekan 3.378 Mpa, variasi 10% ASP dengan nilai kuat tekan 3.889 Mpa, dan variasi 15% ASP dengan nilai kuat tekan 4.000 Mpa.



Gambar 2. Pengujian kuat tekan

Masing-masing variasi memiliki tiga sampel. Sebelum pengujian, setiap sampel ditimbang terlebih dahulu. Berikut ini tabel hasil pengujian kuat tekan pada pada (Tabel 3). Peningkatan kuat tekan paling signifikan terjadi pada variasi 15% arang sekam padi, yang menghasilkan nilai tertinggi yaitu 4,000 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa arang sekam padi pada persentase tertentu berfungsi sebagai filler yang memperbaiki ikatan antar partikel dan mengurangi rongga dalam campuran.

Selain itu, kandungan karbon aktif dan silika dalam arang sekam padi berperan dalam memperkuat struktur mikro bata karena mengandung unsur SiO_2 (76,4-97%), C (31%), K (0,3%), N (0,18%), F (0,08%), dan kalsium (0,14%). Di samping itu juga mengandung unsur lain lain yaitu Fe_2O_3 , K_2O , MgO , CaO , MnO , dan Cu. Kandungan silika yang tinggi dalam arang sekam padi ini dapat menjadi alternatif pengganti silika jika hanya menggunakan pasir biasa yang dapat meningkatkan kuat tekan beton. Silika bereaksi dengan kalsium hidroksida dalam semen, menghasilkan senyawa yang lebih kuat dan meningkatkan kepadatan beton.

Namun, pada variasi 5% terjadi sedikit penurunan dibandingkan bata normal. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas arang sekam padi bergantung pada komposisi yang seimbang. Berdasarkan SNI 8640:2018 mengenai fungsi dan kondisi penggunaan bata ringan, terdapat syarat-syarat fisis yang harus dipenuhi agar bata ringan sesuai dengan klasifikasinya, baik sebagai bata struktural maupun non-struktural, serta berdasarkan kondisi lingkungan penggunaannya (terekspos atau tidak terekspos lingkungan). Untuk bata struktural kelas IA (digunakan di luar ruangan), kuat tekan rata-rata minimal adalah 6 MPa dengan kuat tekan individu minimal 5,4 MPa, sedangkan untuk kelas IB (dalam ruangan) kuat tekan rata-rata 4 MPa dan kuat tekan individu minimal 3,6 MPa. Sementara itu, untuk bata non-struktural kelas IIA (luar ruangan), kuat tekan rata-rata minimal adalah 2 MPa dan kuat tekan individu minimal 1,8 MPa. Penyerapan air maksimum yang

diperbolehkan untuk bata yang terekspos lingkungan (kelas IA dan IIA) adalah 25% terhadap volume. Selain itu, syarat dimensi fisik juga ditentukan, di mana tebal minimum untuk bata struktural adalah 98 mm, dan untuk bata non-struktural adalah 73 mm. Susut pengeringan maksimum yang diperbolehkan untuk seluruh jenis bata ringan adalah 0,2%. Syarat-syarat ini menjadi acuan dalam menilai kelayakan hasil pengujian bata ringan dalam penelitian. Secara keseluruhan, semua variasi telah memenuhi kriteria kuat tekan minimum untuk bata ringan struktural kelas IB menurut SNI 8640:2018, yaitu ≥ 4 MPa untuk rata-rata kuat tekan dan $\geq 3,6$ MPa untuk individu minimum.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian pengaruh penambahan arang sekam padi (ASP) terhadap daya serap air dalam campuran bata ringan umur 28 hari cenderung menurunkan daya serapan air dibandingkan dengan bata ringan normal. Nilai daya serapan air rata-rata bata ringan normal sebesar 22,74%, sedangkan variasi dengan ASP (0%, 5%, 10%, dan 15%) memiliki nilai yang lebih rendah dan relatif stabil, yaitu berkisar antara 19,52% hingga 19,53%. Seluruh sampel, termasuk bata ringan normal dan variasi dengan ASP, telah memenuhi syarat fisis yaitu batas maksimum daya serap air sebesar 25%. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan arang sekam padi sebagai bahan tambahan tidak hanya aman dari segi fisis, tetapi juga berpotensi meningkatkan kualitas bata ringan dengan menurunkan daya serapan air secara umum.

Pada pengujian kuat tekan terhadap 12 sampel bata ringan berukuran 60 cm x 10 cm x 20 cm pada umur 28 hari, diperoleh hasil temuan bahwa seluruh variasi bata ringan dengan penambahan arang sekam padi (ASP) sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% termasuk dalam kategori bata struktural kelas IB serta bata non struktural kelas IIA dan IIB sesuai dengan Tabel 2.1 tentang syarat fisis bata ringan. Nilai kuat tekan rata-rata yang diperoleh berturut-turut adalah 3,611 MPa untuk variasi 0%, 3,378 MPa untuk 5%, 3,889 MPa untuk 10%, dan yang tertinggi sebesar

4,00 MPa untuk variasi 15%. Grafik hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan arang sekam padi secara umum meningkatkan kuat tekan bata ringan dibandingkan dengan bata ringan normal dari Facon Interlite. Peningkatan ini disebabkan oleh kandungan silika yang tinggi dalam arang sekam padi, yang berperan dalam meningkatkan kekuatan tekan bata.

5. Saran

Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambahkan uji karakteristik pada bahan tambah arang sekam padi yaitu uji analisis saringan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

6. Daftar Pustaka

- [1] V. Vebrian, M. N. Asnan, S. Yatnikasari, H. Santoso, A. Joewono, and T. D. Dumendehe, "Inovasi Pemanfaatan Limbah Arang Kulit Kayu Galam Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton," *Widya Tek.*, vol. 24, no. 1, pp. 22–27, 2025, doi: 10.33508/wt.v24i1.6086.
- [2] A. Prayogi, "Pengaruh Campuran Abu Sekam Padi Dan Abu Arang Tempurung Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton," *Stmj (Structure Technol. Manag. Journal)*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.32520/stmj.v1i1.1487.
- [3] S. H. S, N. Anny, and S. Taufieq, "Pengaruh Variasi Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Daya Serap Air Pada Bata Ringan," *Sustain. Civ. Eng. J. Vol.*, vol. 1, no. 1, pp. 27–32, 1800.
- [4] E. Said and M. S. L, "Uji Kualitas Campuran Abu Sekam Padi Dan Serbuk Abu Eceng Gondok Sebagai Bahan Agregat Halus Pembuatan Batako," *Jft*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [5] A. Dasar *et al.*, "Produksi Batu Bata Tanah Liat Yang Ramah Lingkungan Menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA)," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 12, no. 1, pp. 72–79, 2024, doi: 10.32487/jtt.v12i1.2101.
- [6] I. Satria and S. Fauziyah, "Jurnal Sipil dan Arsitektur inovasi dinding partisi kalsiboard," vol. 2, no. 4, pp. 57–62, 2024.
- [7] Y. Amran, A. W. Permana, and S. Kurniawan, "Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis Polypropylene Sebagai Bahan Utama Paving Block Plastik Dengan Campuran Arang Sekam Padi Mengacu Pada Sni 03-0691-1996," *TAPAK (Teknologi Apl. Konstr. J. Progr. Stud. Tek. Sipil)*, vol. 13, no. 2, p. 97, 2024, doi: 10.24127/tp.v13i2.3398.
- [8] P. Pengujian, K. Tekan Beton, O. Suryaningsih, and Z. Husainy, "HEXAGON (Jurnal Teknik dan Sains) PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL PENGANTI PASIR," vol. 6, no. 1, pp. 66–74, 2025.
- [9] M. N. Asnan, I. Zulkarnain, R. Noor, Vebrian, and J. Wicaksono, "Pengaruh Penggunaan Arang Sekam Padi terhadap Kuat Tekan Beton," *Pros. KoNTeks-13*, vol. 1, no. Volume I, pp. 239–245, 2023.
- [10] I. Budhi Rahardja, V. C. Nia Surbakti, and A. L. Siregar, "Empowering Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kualitas Bata Beton Ringan (Light-Weight Concrete)," *J. Teknol.*, vol. 14, no. 1, pp. 119–126, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/11050>
- [11] F. Zulkarnain and A. A. Batubara, "The Effect of Using Zeolite and Agave Sisalana Fiber on Compressive Strength Using the Self Compacting Concrete (SCC) Method," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 30, no. 1, pp. 135–143, 2024, doi: 10.14710/mkts.v30i1.57981.
- [12] A. I. Safira, "Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Jati Terhadap Daya Serap Air, Keausan, Dan Kuat Tekan Pada Paving Block," *Univ. Islam Indones. Yogyakarta*, 2016.
- [13] M. RIYADI, "Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Sebagian Semen Pada Mortar Semen Pasir," *J. Poli-Teknologi*, vol. 12, no. 1, 2014, doi:

- 10.32722/pt.v12i1.494.
- [14] R. Raafidiani, I. R. Handriawan, and A. Febriansya, "Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi dan Karet Ban sebagai Bahan Tambah Agregat pada Beton," *J. TEDC*, vol. 16, no. 2, pp. 173–176, 2022.
- [15] S. Lestari, "Pengaruh Penggantian Sebagian Tanah Liat Dengan Arang Limbah Kayu dan Lama Pembakaran Terhadap Karakteristik Mekanik Dan Fisis Batu Bata," *Univ. Sebel. Maret Surakarta*, 2012.
- [16] A. Dasar, D. Patah, I. Ridhayani, and A. Manaf, "Perbandingan Kinerja Bata Beton Menggunakan Abu Cangkang Sawit, Abu Sekam Padi Dan Abu Serat Sagu," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 11, no. 2, pp. 241–248, 2023, doi: 10.32487/jtt.v11i2.1797.