

Inovasi Genteng Beton Ramah Lingkungan Berbasis Limbah Cangkang Kerang untuk Mendukung Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan Berbasis SDGs 2030

*Innovation of Environmentally Friendly Concrete Roof Tiles Based on Seashell Waste to
Support Sustainable Infrastructure Development Aligned with the SDGs 2030*

Angga Setiawan Rusdiyanto¹, Aura Puspaningrum², Alvin Pramudyanto³, Elsa Mahardika⁴,
Wahyu Hidayat⁵

¹Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pelita Bangsa

²Bisnis Digital, Manajemen, Universitas Pelita Bangsa

³Teknik Industri, Teknik, Universitas Pelita Bangsa

⁴Bisnis Digital, Manajemen, Universitas Pelita Bangsa

⁵Teknik Industri, Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹angga.s.r22@gmail.com, ²aurapuspaningrum@gmail.com*, ³alvinpramudya@gmail.com*,
⁴elsamahadika6@gmail.com*, ⁵wahyudi0607@gmail.com*

Abstract

The accumulation of seashell waste in coastal areas and the seafood industry has become a significant environmental problem, while the construction sector still relies on conventional non-renewable materials. This study aims to develop and evaluate an environmentally friendly concrete roof tile called Ocean Brick by utilizing seashell waste as a partial substitute in the concrete mixture. The research method employed was an experimental method, which included material processing, mix composition design, molding process, and laboratory testing. Material performance evaluation was conducted through water absorption tests, compressive strength tests, density tests, resistance to water seepage, and temperature resistance tests based on Indonesian National Standards (SNI). The results showed that Ocean Brick had a water absorption value of 2.13%, a compressive strength of 14.5 MPa at 28 days, and stability under temperature change cycles, thereby meeting the technical requirements for concrete roof tiles. The utilization of seashell waste not only improves material performance but also supports waste reduction, the implementation of a circular economy, and sustainable infrastructure development. This innovation contributes to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 9, SDG 11, and SDG 12.

Keywords: *seashell waste, environmentally friendly concrete roof tile, sustainable construction, concrete material, SDGs 2030*

Abstrak

Penumpukan limbah cangkang kerang di wilayah pesisir dan industri makanan laut menjadi permasalahan lingkungan yang signifikan, sementara sektor konstruksi masih bergantung pada material konvensional yang tidak terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi genteng beton ramah lingkungan bernama Ocean Brick dengan memanfaatkan limbah cangkang kerang sebagai substitusi parsial dalam campuran beton. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang meliputi pengolahan material, perancangan komposisi campuran, proses pencetakan, serta pengujian laboratorium. Evaluasi kinerja material dilakukan melalui uji daya serap air, kuat tekan, berat jenis, ketahanan terhadap rembesan air, dan uji ketahanan suhu berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ocean Brick memiliki daya serap air sebesar 2,13%, kuat tekan 14,5

MPa pada umur 28 hari, serta stabil terhadap siklus perubahan suhu, sehingga memenuhi persyaratan teknis genteng beton. Pemanfaatan limbah cangkang kerang tidak hanya meningkatkan kinerja material, tetapi juga mendukung pengurangan limbah, penerapan ekonomi sirkular, dan pembangunan infrastruktur berkelanjutan. Inovasi ini berkontribusi terhadap pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 9, SDG 11, dan SDG 12."

Kata kunci: limbah cangkang kerang, genteng beton ramah lingkungan, konstruksi berkelanjutan, material beton, SDGs 2030

Pendahuluan

Limbah cangkang kerang merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang semakin meningkat seiring bertambahnya aktivitas industri makanan laut dan konsumsi hasil perikanan di wilayah pesisir. Limbah ini umumnya belum dimanfaatkan secara optimal dan berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik [1]. Di sisi lain, sektor konstruksi masih bergantung pada material konvensional yang bersifat tidak terbarukan, khususnya semen dan agregat alam, yang proses produksinya membutuhkan energi tinggi dan berdampak terhadap lingkungan. Kondisi tersebut mendorong perlunya inovasi material konstruksi yang tidak hanya memenuhi persyaratan teknis, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan dan efisiensi sumber daya [2].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa cangkang kerang memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi dan berpotensi digunakan sebagai substitusi parsial material dalam campuran beton dan produk berbasis semen. Dampang *et al.* melaporkan bahwa limbah cangkang kerang dapat diolah menjadi sumber CaO dengan karakteristik yang mendekati bahan konvensional melalui proses kalsinasi yang terkontrol [3]. Penelitian lain menunjukkan bahwa pemanfaatan cangkang kerang sebagai pengganti sebagian semen atau agregat dalam beton dapat meningkatkan atau mempertahankan kuat tekan pada kadar substitusi tertentu [4], [5], [6]. Selain itu, penggunaan serbuk cangkang kerang dalam mortar ramah lingkungan dan paving block dilaporkan mampu menurunkan daya serap air serta meningkatkan performa mekanik material [7], [8]. Temuan serupa juga ditunjukkan dalam penelitian-penelitian terbaru yang menekankan potensi limbah cangkang laut sebagai material alternatif berkelanjutan dalam sistem berbasis semen [9], [10].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada beton struktural, mortar, paving block, atau beton khusus seperti self-compacting concrete, dengan parameter evaluasi yang terbatas pada kuat tekan dan sifat fisik dasar [5], [6], [11]. Penelitian yang secara spesifik mengkaji pemanfaatan limbah cangkang kerang pada produk genteng beton masih sangat terbatas, khususnya yang mengevaluasi kinerja fungsional genteng secara komprehensif, meliputi daya serap air, ketahanan terhadap rembesan, berat jenis, serta ketahanan terhadap siklus perubahan suhu yang mengacu langsung pada Standar Nasional Indonesia [12]. Hal ini menunjukkan adanya *research gap* terkait penerapan limbah cangkang kerang pada elemen bangunan non-struktural yang berperan langsung dalam perlindungan bangunan terhadap kondisi lingkungan.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan dan mengevaluasi genteng beton ramah lingkungan berbasis limbah cangkang kerang yang diberi nama *Ocean Brick*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai kinerja teknis *Ocean Brick* melalui pengujian laboratorium yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia, serta menganalisis potensinya dalam mendukung pengurangan limbah dan penerapan konsep ekonomi sirkular [7], [9]. *Novelty* penelitian ini terletak pada penerapan limbah cangkang kerang sebagai substitusi parsial material pada genteng beton dengan evaluasi kinerja yang komprehensif dan relevan terhadap standar nasional, serta pengaitannya secara langsung dengan upaya mendukung pembangunan infrastruktur berkelanjutan dan pencapaian SDG 9, SDG 11, dan SDG 12 [10], [13].

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan **metode eksperimental laboratorium** yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja teknis genteng beton ramah lingkungan berbasis limbah cangkang kerang (*Ocean Brick*). Penelitian difokuskan pada pengujian sifat fisik dan mekanik genteng beton yang dihasilkan, serta kesesuaiannya terhadap persyaratan teknis genteng beton berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) [12].

Desain Penelitian dan Rancangan Kegiatan

Desain penelitian dilakukan melalui tahapan persiapan material, pembuatan benda uji genteng beton, perawatan (curing), dan pengujian laboratorium. Limbah cangkang kerang digunakan sebagai **substitusi parsial material dalam campuran beton**, dengan proporsi campuran ditetapkan berdasarkan hasil studi pendahuluan dan penelitian terdahulu yang menunjukkan potensi cangkang kerang sebagai material berbasis CaCO_3 [3], [5]. Rancangan kegiatan meliputi proses pengolahan bahan baku, pencetakan genteng, pelapisan permukaan, dan pengujian kinerja material.

Ruang Lingkup dan Objek Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada evaluasi kinerja genteng beton non-struktural berbahan dasar limbah cangkang kerang. Objek penelitian berupa genteng beton *Ocean Brick* dengan dimensi 42 cm × 33 cm × 1,5 cm. Parameter yang ditinjau meliputi daya serap air, kuat tekan, berat jenis, ketahanan terhadap rembesan air, dan ketahanan terhadap siklus perubahan suhu, tanpa membahas aspek ekonomi atau pemasaran produk.

Bahan dan Komposisi Campuran

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas semen Portland, pasir halus, air, dan limbah cangkang kerang yang telah dibersihkan dan dihaluskan. Komposisi campuran beton ditetapkan sebesar 25% cangkang kerang, 25% semen, 45% pasir halus, dan 5% air berdasarkan berat total campuran. Setelah proses pencetakan dan pengeringan awal, genteng diberi perlakuan pelapisan permukaan menggunakan bahan pelapis tahan air (*waterproof coating*) sebagai perlakuan akhir untuk meningkatkan ketahanan terhadap rembesan.

Tempat Penelitian

Proses pembuatan genteng dilakukan di lokasi produksi skala laboratorium di wilayah Kabupaten Bekasi, sedangkan pengujian sifat fisik dan mekanik dilakukan di laboratorium pengujian material yang memiliki fasilitas pengujian sesuai standar yang dipersyaratkan.

Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui pengujian laboratorium terhadap benda uji genteng beton. Pengujian daya serap air dan kuat tekan dilakukan mengacu pada ketentuan SNI genteng beton [12]. Uji berat jenis dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik material, sedangkan uji ketahanan terhadap rembesan air dilakukan secara visual setelah perlakuan pelapisan permukaan. Uji ketahanan suhu dilakukan dengan metode siklus pemanasan dan pendinginan pada rentang suhu 80–10 °C untuk mengevaluasi stabilitas genteng terhadap perubahan suhu ekstrem.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan komparatif. Hasil pengujian laboratorium dibandingkan dengan persyaratan teknis genteng beton berdasarkan SNI [12] serta dibandingkan secara kualitatif dengan hasil penelitian terdahulu terkait pemanfaatan limbah cangkang kerang dalam material berbasis semen [4],

[5], [6]. Analisis difokuskan pada kesesuaian nilai hasil uji terhadap standar, serta implikasinya terhadap potensi penerapan *Ocean Brick* sebagai genteng beton ramah lingkungan.

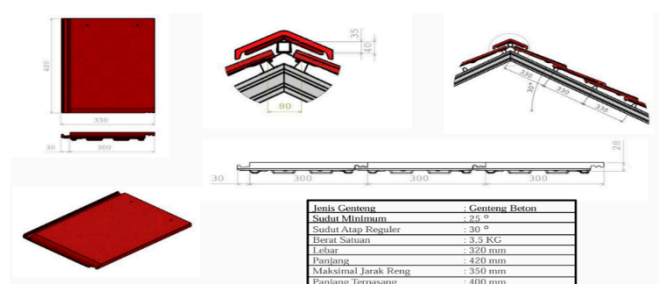
Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian laboratorium terhadap genteng beton ramah lingkungan berbasis limbah cangkang kerang (*Ocean Brick*) menunjukkan bahwa material yang dikembangkan memiliki kinerja teknis yang memenuhi persyaratan genteng beton berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Nilai daya serap air yang diperoleh sebesar 2,13%, berada jauh di bawah batas maksimum 10%, yang mengindikasikan tingkat porositas rendah dan ketahanan yang baik terhadap penetrasi air. Pengujian kuat tekan pada umur 28 hari menghasilkan nilai 14,5 MPa, melebihi persyaratan minimum kuat tekan genteng beton sebesar 10 MPa, sehingga menunjukkan bahwa substitusi limbah cangkang kerang sebesar 25% masih aman secara mekanik untuk aplikasi genteng non-struktural. Berat jenis genteng sebesar 1,75 g/cm³ berada dalam rentang standar, yang menandakan bobot material relatif ringan dan berpotensi mengurangi beban mati struktur atap. Selain itu, uji ketahanan terhadap rembesan air menunjukkan tidak terjadinya kebocoran setelah perlakuan pelapisan permukaan, serta uji ketahanan suhu pada siklus 80–10 °C tidak menunjukkan adanya retak atau kerusakan visual, yang menandakan stabilitas termal yang baik. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah cangkang kerang pada *Ocean Brick* tidak hanya memenuhi standar teknis genteng beton, tetapi juga berpotensi mendukung pengurangan limbah, penerapan ekonomi sirkular, dan pembangunan infrastruktur berkelanjutan.

Tabel 2 Hasil Uji *Ocean Brick*

Parameter uji	Hasil Uji	SNI 0096:2007	Keterangan
Daya Serap Air	2,13%	<10%	Memenuhi tandar
Kuat Tekan (umur 28 hari)	14,5 Mpa	>10 Mpa (genteng beton)	Memenuhi standar kekuatan
Berat Jenis	1.75 g/cm ³	1.5- 2.5 g/cm ³	Dalam rentang standar
Ketahanan terhadap Rembesan Air	Tidak rembes (dengan Waterproof)	-	Tahan bocor, setelah pelapisan
Uji Ketahanan Terhadap Suhu	Tidak retak setelah 5 siklus 80-10°C	-	Stabil dalam perubahan suhu ekstrim

Produk *Ocean Brick* yaitu produk genteng ramah lingkungan yang menggunakan cangkang kerang hijau untuk menjadi salah satu bahan baku genteng tersebut. *Ocean Brick* telah kita uji seperti hasil pada (Tabel 2) dalam ketahanan air sebagai pembanding, Standar Nasional Indonesia (SNI 2007) menetapkan bahwa batas maksimum daya serap air genteng adalah 10%. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa genteng *Ocean Brick* ini memiliki daya serap air sebesar 2,13%, yang menunjukkan tingkat porositas rendah dan ketahanan tinggi terhadap kelembaban. Hasil tersebut kita dapatkan sebelum genteng di lapisi cat pelindung pada genteng (*Coating*). Dengan demikian, produk *Ocean Brick* kami telah memenuhi standar minimum yang ditetapkan SNI, bahkan dengan margin yang signifikan.



Gambar 1 Desain Ocean Brick

Desain 2D dari produk *Oven Brick* ketika sudah di gunakan menjadi atap rumah, dengan desain flat dan warna merah menambah nilai estetika dan fungsinya selain untuk melindungi tapi terlihat indah ketika di pakai. Untuk meningkatkan ketahanan terhadap air dan memperpanjang usia pakai produk, genteng ini dilapisi dengan pelapis *waterproof*. Lapisan ini berfungsi untuk mencegah rembesan air lebih lanjut dan melindungi struktur genteng dari degradasi akibat paparan air secara terus-menerus. Penambahan serbuk cangkang kerang yang homogen akan meningkatkan reaktivitas adonan (Rahmadani, et al., 2025). Dan juga menurut (Sudarmawan et al., 2020) memiliki nilai daya serap sesudah pemberian abu cangkang pada logam berat Mangan (Mn), Seng (Zn), Besi (Fe) adalah 100%, 94,5%, 38,7% dalam proses menghilangkan logam berat dengan struktur CaO disebut pertukaran ion dipengaruhi. Oleh beberapa faktor jenis adsorben yang digunakan, luas permukaan adsorben, dan konsentrasi zat yang di penjerapan.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa genteng beton ramah lingkungan berbasis limbah cangkang kerang (*Ocean Brick*) memiliki kinerja teknis yang memenuhi persyaratan genteng beton, dengan daya serap air sebesar 2,13%, kuat tekan 14,5 MPa pada umur 28 hari, berat jenis 1,75 g/cm³, tidak mengalami rembesan air setelah perlakuan pelapisan permukaan, serta stabil terhadap siklus perubahan suhu. Pemanfaatan limbah cangkang kerang sebagai substitusi parsial dalam campuran beton terbukti tidak menurunkan kualitas mekanik dan fisik genteng, sekaligus berkontribusi pada pengurangan limbah dan pemanfaatan sumber daya alternatif yang lebih berkelanjutan. Dengan demikian, *Ocean Brick* berpotensi menjadi alternatif material penutup atap yang ramah lingkungan dan layak diaplikasikan pada bangunan non-struktural. Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi variasi kadar substitusi, ketahanan jangka panjang terhadap cuaca ekstrem, serta analisis kelayakan ekonomi dan dampak lingkungan secara menyeluruh.

Daftar Rujukan

- [1] S. Dampang, E. Purwanti, F. Destyorini, S. B. Kurniawan, S. R. S. Abdullah, and M. Fauzul Imron, "Analysis of Optimum Temperature and Calcination Time in the Production of CaO Using Seashells Waste as CaCO₃ Source," *Journal of Ecological Engineering**, vol. 22, no. 5, pp. 221–228, May 2021, doi:10.12911/22998993/135316.
- [2] J. W. Nika, A. & S. Musalamah, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Hijau dengan Variasi Suhu Pembakaran sebagai Bahan Pengganti Semen pada Pembuatan Beton," *Jurnal Teknik Sipil**, Universitas Negeri Jakarta, vol. 14, pp. 10–17, 2019, doi:10.21009/jmenara.v14i1.18118.
- [3] I. Rahmadani, R. Nurmeiyandari, and G. Amalia, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil**, vol. 8, no. 2, pp. 501–506, 2025, doi:10.24912/jmts.v8i2.32276.
- [4] A. Rahmadani, R. Nurmeiyandari, and G. Amalia, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil**, vol. 8, no. 2, pp. 501–506, 2025, doi:10.24912/jmts.v8i2.32276.
- [5] E. Desimaliana, A. R. Ma'ruf, and R. D. Shima, "Pemanfaatan Serbuk Cangkang Kerang sebagai Substitusi Binder pada Campuran Mortar Geopolimer," *Journal of Sustainable Construction**, vol. 4, no. 2, pp. 48–53, Apr. 2025, doi:10.26593/josc.v4i2.9258.
- [6] M. I. Tahir, J. M. Jasman, and A. Adnan, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang sebagai Substitusi Agregat Kasar dengan Bahan Tambahan Superplasticizer terhadap Kuat Tekan," *Journal VENUS**, vol. 2, no. 5, pp. 42–54, 2024.

- [7] Y. L. Saputra, F. Phengkarsa, and D. Sandy, "Pengaruh Limbah Cangkang Kerang Sebagai Bahan Tambah Semen Terhadap Beton Normal," **Paulus Civil Engineering Journal**, 2025, doi:10.52722/v7kx2150.
- [8] A. P. T. N. Marpaung, L. E. Hutabarat, and Setiyadi, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang dan Abu Jerami Sebagai Substitusi Parsial terhadap Kuat Tekan Beton," **Journal of Sustainable Civil Engineering**, vol. 5, no. 2, pp. 102–108, 2023.
- [9] BPS, **Direktori Perusahaan Konstruksi 2024: Buku II Pulau Jawa Bali, Kepulauan Nusa Tenggara, dan Kepulauan Maluku**, Badan Pusat Statistik, 2024.
- [10] Nuraini, U., Nisa, F. A., and Debora, F., "Sosialisasi Pelatihan Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dalam Meningkatkan Perekonomian Biru Desa Sungai Buntu Karawang," **Jurnal SOLMA**, vol. 14, 2025.
- [11] A. S. Setyoningrum and A. Saefudin, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang sebagai Bahan Campuran dalam Pembuatan Paving Block (Literature Review)," **Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan**, vol. 6, pp. 54–61, 2024.
- [12] SNI 0., **Genteng**, Badan Standardisasi Nasional, 2007.
- [13] M. Shakouri, "Seashell Powder as a Sustainable Alternative in Cement-Based Materials: A Systematic Literature Review," **Sustainability**, vol. 17, no. 2, art. 592, 2025, doi:10.3390/su17020592.
- [14] "Utilization of Common Shell Wastes as a Limestone Alternative in Cementitious Materials," **Materials and Structures**, vol. 58, art. 305, 2025, doi:10.1617/s11527-025-02832-5.
- [15] P. C. Tansera, F. N. Abdi, and T. S. P. Arifin, "Pengaruh Substitusi Agregat Halus dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah terhadap Kuat Tekan Beton," **Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi**, 2023.
- [16] M. Meillyta, I. Maulana, and W. Wahyuni, "Analisa Pengaruh Limbah Cangkang Kerang Darah sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Self Compacting Concrete (SCC)," **Tameh: Journal of Civil Engineering**, vol. 14, no. 2, pp. 116–126, 2025.
- [17] D. Elvira, M. Purwandito, and I. Irwansyah, "Analisis Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Hijau (*Perna Viridis*) sebagai Agregat terhadap Kuat Tekan Campuran Beton," **Journal of Planning and Research in Civil Engineering**, 2025, doi:10.55616/prince.v2i2.493.