

Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Beton

Edo Dwi Saputra^{1*}, Felly Misdalena², Alfath Zain³

Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia

Jl.Z.A. Pagar Alam No.9-11, Labuhan Ratu, Kec. Kedaton, Bandar Lampung¹

Jl.Z.A. Pagar Alam No.9-11, Labuhan Ratu, Kec. Kedaton, Bandar Lampung^{2,3}

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Beton; Cangkang Kerang Hijau;
Kuat Tekan; Agregat Halus;
Pembangunan Berkelanjutan.

**Correspondence email:*
putraedo42@gmail.com

Submitted: .05-03-2025

Revised: 13-04-2025

Accepted: 22-07-2025

Published: 01-08-2025

ABSTRAK

Beton adalah material konstruksi utama yang sering digunakan dalam pembangunan modern karena fleksibilitas dan daya tahannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi cangkang kerang hijau sebagai substitusi sebagian agregat halus dalam campuran beton. Cangkang kerang hijau, yang sebagian besar terdiri dari kalsium karbonat, menawarkan solusi ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah untuk mendukung keberlanjutan industri konstruksi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan variasi substitusi cangkang kerang hijau sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Proses pembuatan beton melibatkan pencampuran semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan cangkang kerang yang telah dihancurkan. Uji kekuatan tekan beton dilakukan setelah perawatan selama 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase substitusi cangkang kerang, semakin rendah kuat tekan beton yang dihasilkan. Pada substitusi rendah (5%-10%), beton masih memenuhi kriteria untuk aplikasi non-struktural, dengan kuat tekan rata-rata berkisar antara 8,37 MPa hingga 9,05 MPa. Pada substitusi tinggi (15%-20%), kuat tekan beton menurun signifikan hingga rata-rata 6,48 MPa. Substitusi cangkang kerang hijau memiliki potensi sebagai bahan alternatif dalam beton, dengan mempertimbangkan batas maksimal penggunaannya untuk menjaga performa mekanik beton.

ABSTRACT

Keywords:

Concrete; Green Mussel Shell;
Compressive Strength; Fine
Aggregate; Sustainable
Development.

Concrete is a major construction material that is often used in modern construction due to its flexibility and durability. This study aims to examine the potential of green mussel shells as a partial substitute for fine aggregate in concrete mixtures. Green mussel shells, which are mostly composed of calcium carbonate, offer an environmentally friendly solution by utilizing waste to support the sustainability of the construction industry. This study used an experimental method with variations in green mussel shell substitution of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. The concrete making process involves mixing cement, coarse aggregate, fine aggregate, water, and crushed mussel shells. The concrete compressive strength test was carried out after curing for 28 days. The results showed that the higher the percentage of mussel shell substitution, the lower the compressive strength of the resulting concrete. At low substitution (5%-10%), concrete still meets the criteria for non-structural applications, with an average compressive strength ranging from 8.37 MPa to 9.05 MPa. At high substitution (15%-20%), the compressive strength of concrete decreased significantly to an average of 6.48 MPa. Substitution of green mussel shells has the potential as an alternative material in concrete, taking into account the maximum limits of its use to maintain the mechanical performance of concrete.

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu material konstruksi utama dalam pembangunan modern (Rahmawati, Lakawa dan Sulaiman, 2021). Dengan sifatnya yang fleksibel serta mampu disesuaikan dengan berbagai kebutuhan struktural, beton berperan dalam menciptakan bangunan serta infrastruktur yang kokoh dan tahan lama. Sebagai bahan konstruksi yang paling umum digunakan secara global, beton memiliki kontribusi besar terhadap perkembangan infrastruktur manusia. Berdasarkan SNI-03-2847-2002, beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa tambahan bahan lain yang membentuk massa padat. Kekuatan beton tidak hanya bergantung pada bahan penyusunnya, tetapi juga pada proses pembuatannya yang kompleks serta penelitian dalam bidang material konstruksi. Teknik pencampuran, proporsi yang tepat, dan metode pengerasan merupakan faktor utama yang menentukan kualitas akhir beton. Karakteristik material penyusun beton sangat berpengaruh terhadap kinerja beton yang dihasilkan, sehingga perlu disesuaikan dengan kelas dan mutu beton yang dibutuhkan (Mulyono, 2004).

Kemajuan era globalisasi yang semakin pesat mendorong perkembangan teknologi konstruksi dengan cepat. Perkembangan ini diperlukan untuk memastikan ketersediaan bahan konstruksi yang lebih mudah dan cepat. Namun, di sisi lain, kemajuan teknologi konstruksi juga membawa dampak positif maupun negatif dalam penerapannya. (Ahmad, Taufieq, and Aras 2009).

Bahan alternatif yang saya gunakan untuk pengganti agregat halus adalah cangkang kerang hijau, produk limbah seafod. Cangkang kerang sebagian besar terdiri dari kalsium karbonat, sehingga berpotensi menggantikan agregat halus dalam beton. Pemanfaatan cangkang kerang tidak hanya membantu mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga meningkatkan nilai guna limbah yang sebelumnya tidak dimanfaatkan (Oktavia dan Anisa, 2023). Selain itu, penggunaan material alami seperti kerang laut diharapkan dapat meningkatkan kualitas serta ketahanan beton dalam kondisi tertentu. Kandungan kalsium karbonat dalam cangkang juga berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan beton dan ketahanannya terhadap serangan asam (Latjemma, Tahir, and Haris 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi cangkang kerang hijau sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton. Kajian ini mencakup pengujian karakteristik mekanik beton, khususnya kekuatan tekan, serta membandingkannya dengan beton konvensional yang menggunakan agregat halus alami. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi dalam mendukung keberlanjutan industri konstruksi melalui pemanfaatan limbah yang lebih ramah lingkungan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan cangkang kerang atau tiram sebagai bahan substitusi dalam beton, seperti substitusi agregat halus (Fajar et al., 2024; Tansera, Abdi, & Airfin, 2023)) maupun pengganti semen (Bunyamin, Hendrifa & Ridha, 2021). Selain substitusi agregat halus, upaya keberlanjutan dalam industri konstruksi juga mencakup penggantian semen dengan material seperti fly ash pada beton geopolimer (Deanaova, 2020). Namun, penelitian ini berfokus pada pemanfaatan limbah cangkang kerang hijau sebagai substitusi agregat halus untuk mengurangi ketergantungan pada pasir alami. Agregat halus yang berasal dari cangkang kerang memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tekan beton. Selain itu, pemanfaatan cangkang kerang sebagai agregat halus berperan dalam mengurangi limbah serta mendukung konsep pembangunan berkelanjutan. Berdasarkan beberapa studi, cangkang kerang yang telah dihancurkan memiliki karakteristik yang sebanding dengan agregat alami dan dapat digunakan tanpa menyebabkan penurunan kualitas beton yang signifikan (Ramadhan dan Arif, 2024).

METODE

Penelitian ini mengganti sebagian agregat halus dengan cangkang menggunakan desain eksperimental dan metodologi eksperimental. Untuk memastikan kepadatan dan distribusi agregat yang optimal, pendekatan seperti Modified Andreasen Packing Model dapat digunakan (Alkhaly, 2018). Namun, dalam penelitian ini, proporsi campuran percobaan ditetapkan berdasarkan variasi substitusi cangkang kerang hijau sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Kekuatan tekan setiap campuran beton dinilai setelah berumur 28 hari. Laboratorium Teknik Sipil Universitas Teknokrat Indonesia akan menjadi lokasi penelitian ini.

Seiring bertambahnya usia beton, kekuatan tekannya akan meningkat. Pertumbuhan kekuatan ini akan cepat dan linier hingga beton berumur 28 hari, pada saat itu kekuatan tekannya akan menurun. Penggunaan bahan komponen beton semen menjadi yang paling penting karena cenderung secara langsung meningkatkan kinerja tekannya memiliki dampak yang signifikan terhadap seberapa cepat beton menua. (Hamdi dkk., 2019)

Beton yang digunakan untuk konstruksi direplikasi dalam bentuk silinder. Campuran beton yang akan digunakan, khususnya sampel yang akan diperiksa di laboratorium, digunakan untuk membuat silinder beton ini.. (Sumber : SNI 7394-2008)

Rancangan Campuran Beton

Tabel 1. Rancangan Campuran Beton

5%	10%	15%	20%	Material	Satuan
0.36	0.72	1.08	1.61	cangkang kerang	Kg
7.223	7.223	7.223	7.223	Semen	Kg
11.550	10.827	10.466	9.217	Pasir	Kg
17.857	17.857	17.857	17.857	Kerikil	Kg
3.760	3.760	3.760	3.760	Air	Lt

Penelitian ini menggunakan berbagai bahan dan peralatan yang telah dipilih secara cermat untuk menjamin kualitas hasil yang diperoleh. Bahan-bahan utama yang digunakan meliputi semen sebagai pengikat, agregat kasar dan agregat halus sebagai komponen utama campuran beton, air sebagai bahan pencampur, serta cangkang kerang hijau sebagai material substitusi sebagian agregat halus. Pemanfaatan cangkang kerang hijau yang kaya akan kalsium karbonat bertujuan untuk memberikan alternatif bahan yang ramah lingkungan dan mendukung keberlanjutan dalam industri konstruksi.

Selain bahan, penelitian ini juga didukung oleh sejumlah peralatan untuk mendukung proses pengujian yang akurat. Timbangan dan gelas ukur digunakan untuk memastikan proporsi bahan sesuai dengan desain campuran. Cetakan beton dipakai untuk membentuk sampel, sementara mesin molen membantu mencampur bahan secara merata. Alat uji slump digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan beton, dan palu karet membantu memadatkan campuran dalam cetakan. Kuas digunakan untuk membersihkan cetakan dan permukaan, sedangkan penggaris memastikan dimensi sampel yang presisi. Untuk pengujian kekuatan beton, digunakan Concrete Compression Machine guna mengukur kuat tekan beton secara akurat. Semua bahan dan peralatan ini berperan penting dalam menunjang jalannya penelitian dengan hasil yang dapat dipertanggungjawabkan.

Langkah kerja dimulai dengan menimbang agregat, yaitu agregat kasar, agregat halus, dan cangkang kerang hijau yang telah dihancurkan, sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai mutu beton yang diinginkan. Setelah itu, cetakan beton dibersihkan menggunakan kuas untuk menghilangkan kotoran, kemudian bagian dalam cetakan diolesi minyak agar memudahkan pelepasan benda uji setelah pengerasan. Cetakan dipasang dengan cermat, memastikan tidak ada celah pada sambungan. Selanjutnya, agregat yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam mesin molen secara bergantian dan diaduk hingga merata. Setelah bahan tercampur dengan baik, air ditambahkan sesuai takaran dan campuran diaduk kembali hingga homogen, memastikan campuran beton sesuai dengan standar kualitas yang ditentukan.

Proses perawatan beton (curing) dilakukan untuk memastikan kekuatan dan kualitas beton tercapai secara optimal. Setelah proses pencetakan selesai, beton dibiarkan selama 24 jam atau satu hari di tempat yang lembab. Selanjutnya, cetakan dibuka, dan benda uji diambil dengan hati-hati untuk direndam dalam bak air. Beton direndam selama 28 hari guna menjaga kelembapan dan mendukung proses hidrasi yang maksimal. Setelah perendaman selesai, sampel beton dikeluarkan dari bak air untuk dilakukan pengujian lebih lanjut.

HASIL

Kebutuhan bahan benda uji

Volume silinder dihitung menggunakan rumus $V = \pi r^2 t$ dengan nilai $\pi = 3,14$, jari-jari $r = 7,5$ cm, dan tinggi $t = 30$ cm. Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung luas alas silinder:

$$\pi r^2 = 3,14 \times (7,5)^2 = 3,14 \times 56,25 = 176,625 \text{ cm}^2$$

2. Mengalikan luas alas dengan tinggi:

$$V = 176,625 \times 30 = 5.298,75 \text{ cm}^3$$

3. Konversi ke satuan meter kubik:

$$V = 5.298,75 \text{ cm}^3 = 0,0053 \text{ m}^3$$

Dengan demikian, volume benda uji silinder adalah **5.298,75 cm³** atau **0,0053 m³**.

$$\begin{aligned} \text{Vol. total silinder} &= 0,0053 \times 3 \text{ (silinder beton)} \\ &= 0,0159 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder

$$\text{Sebesar} = 10 \%$$

$$\text{Volume tambahan} = 0,0159 \times 10 \%$$

$$\text{Vol. total} = \text{Vol. total silinder} + \text{Vol. Tambahan} = 0,01749 \text{ m}^3$$

Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m³ beton

$$W \text{ semen} = 413 \text{ kg/m}^3$$

$$W \text{ pasir} = 681 \text{ kg/m}^3$$

$$W \text{ kerikil} = 1021 \text{ kg/m}^3$$

$$W \text{ air} = 215 \text{ lt/m}^3$$

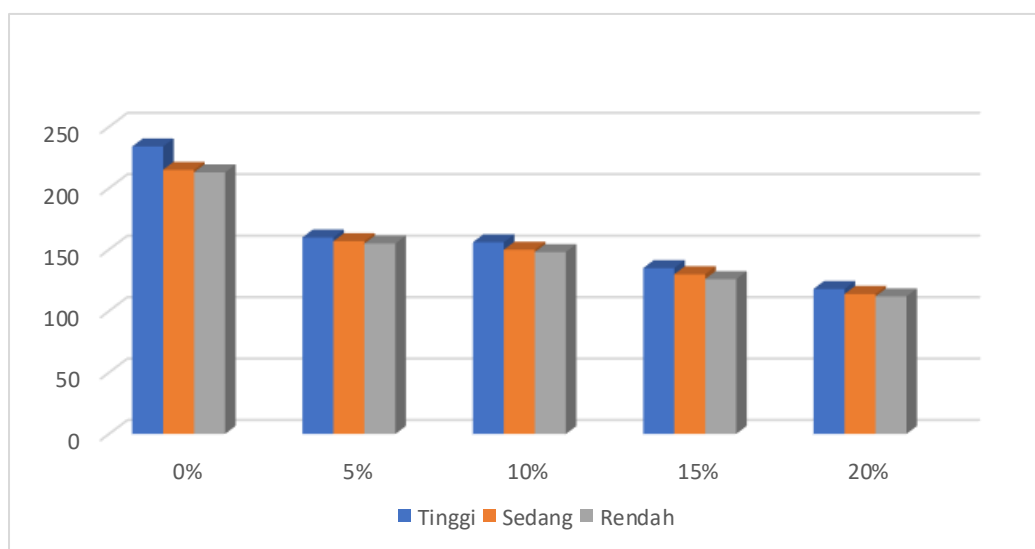
Pengaruh Substitusi Cangkang Kerang terhadap kuat tekan beton

Tabel berikut ini menunjukkan hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari

Tabel 2. Hasil Kuat Tekan

Sampel	Berat Sampel (Kg)					Kuat Tekan (Kn)				
	0%	5%	10%	15%	20%	0%	5%	10%	15%	20%
I	11,90	11,90	11,50	11,85	11,55	234	160	135	135	118
II	12,10	11,70	11,50	12	11,50	215	157	130	130	114
III	11,80	11,90	11,70	12	11,75	213	155	126	126	112

Sumber: Hasil Pengujian, 2025



Gambar 1: Hasil pengujian kuat tekan

Sumber: Hasil Pengujian, 2025

Dari Gambar 1 terlihat bahwa nilai kuat tekan beton menurun seiring dengan meningkatnya fraksi penggantian cangkang. Beton menunjukkan tekanan yang lebih besar daripada beton dengan cangkang ketika fraksi penggantianannya 0%.

Penggunaan cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus dapat mengurangi kuat tekan beton, terutama pada persentase yang lebih tinggi. Namun, pada substitusi yang lebih rendah (5% dan 10%), beton masih menunjukkan hasil yang dapat diterima untuk aplikasi non-struktural.

Proporsi penempatan cangkang memiliki dampak yang cukup besar pada hasil uji kuat tekan beton saat menggunakan cangkang sebagai agregat pengganti halus. Tabel temuan dari uji kuat tekan 28 hari menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penggantian cangkang, semakin rendah nilai kuat tekan akhir beton. Berikut ini beberapa percakapan tentang temuan ini :

Pengaruh Penggantian Agregat Halus dengan Cangkang Kerang terhadap Kuat Tekan Beton *Perhitungan Kuat Tekan Beton*

1) Pada beton dengan 0% cangkang kerang (kontrol)

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas}} \times 1000$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Beton dengan 0% Cangkang kerang (Kontrol)

Sampel	Gaya (kN)	Luas (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan (MPa)
I	234,48	17671,5	13,27	13,27
II	215	17671,5	12,16	12,16
III	213	17671,5	12,05	12,05

Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa kuat tekan beton menunjukkan hasil yang optimal, yaitu antara 12,05 MPa hingga 13,27 MPa, dengan rata-rata sekitar 12,49 MPa. Ini menunjukkan bahwa beton dengan agregat halus alami memberikan kekuatan tekan yang terbaik, yang sesuai dengan spesifikasi beton normal.

2) Pada beton dengan 5% cangkang kerang,

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas}} \times 1000$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Beton dengan 5% Cangkang Kerang

Sampel	Gaya (kN)	Luas (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan (MPa)
I	160	17671,5	9,05	9,05
II	157	17671,5	8,88	8,88
III	155	17671,5	8,77	8,77

Berdasarkan tabel tersebut, Kuat tekan beton mengalami penurunan, dengan nilai kuat tekan rata-rata sekitar 8,90 MPa. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh karakteristik fisik cangkang kerang yang lebih rapuh dan porous dibandingkan dengan pasir alami.

3) Pada beton dengan 10% cangkang kerang

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas}} \times 1000$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Beton dengan 10% Cangkang Kerang

Sampel	Gaya (kN)	Luas (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan (MPa)
I	156	17671,5	8,82	8,82
II	150	17671,5	8,48	8,48
III	148	17671,5	8,37	8,37

Berdasarkan tabel tersebut, penurunan kekuatan tekan beton semakin terasa, dengan rata-rata kuat tekan sekitar 8,55 MPa. persentase cangkang kerang menyebabkan beton menjadi lebih lemah, kemungkinan karena penurunan kepadatan dan kekuatan agregat halus pengganti.

4) Pada beton dengan 15% cangkang kerang,

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas}} \times 1000$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Beton dengan 15% Cangkang Kerang

Sampel	Gaya (kN)	Luas (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan (MPa)
I	135	17671,5	7,63	7,63
II	130	17671,5	7,35	7,35
III	126	17671,5	7,13	7,13

Berdasarkan tabel 6 kuat tekan pada beton ini sudah lebih jauh menurun jika dibandingkan dengan nilai rata-rata 7,37 MPa beton yang menggunakan 5% dan 10% cangkang kerang. Cangkang kerang semakin banyak ditambahkan, yang menyebabkan beton kehilangan kekuatan dan daya tahannya. Kemungkinan cangkang kerang mulai berperan lebih besar dalam menurunkan sifat mekanik beton.

5) Pada beton dengan 20% cangkang kerang,

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas}} \times 1000$$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Beton dengan 20% Cangkang Kerang

Sampel	Gaya (kN)	Luas (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan (MPa)
I	118	17671,5	6,67	6,67
II	114	17671,5	6,45	6,45
III	112	17671,5	6,33	6,33

Berdasarkan tabel tersebut, kuat tekan beton menunjukkan penurunan signifikan hingga mencapai rata-rata sekitar 6,48 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penggantian cangkang kerang dalam jumlah besar tidak memberikan hasil yang optimal dalam hal kekuatan tekan beton, karena struktur beton yang semakin rapuh.

Perbandingan dengan beton konvensional

Secara keseluruhan, semakin banyak cangkang kerang yang ditambahkan pada beton, semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan (Arbi, 2015), Pada kontrol (0%) beton memiliki kuat tekan tertinggi (13,27 MPa), sementara pada beton dengan 20% cangkang kerang, kuat tekan tercatat paling rendah (6,33 MPa). yang menunjukkan bahwa cangkang kerang tidak sepenuhnya dapat menggantikan pasir alami sebagai agregat halus dalam beton.

Pengaruh Karakteristik Cangkang Kerang terhadap Beton

Cangkang kerang yang memiliki sifat fisik yang berbeda dibandingkan dengan pasir alami (lebih rapuh dan porous) mempengaruhi kekuatan beton (Abdillah, Zulfikar dan Arga, 2023). Meskipun cangkang kerang mengandung kalsium karbonat, yang dapat memberikan beberapa manfaat dalam ketahanan beton terhadap serangan asam, sifat mekaniknya yang kurang kuat dibandingkan pasir mengurangi kemampuan beton untuk menahan tekanan.

SIMPULAN

Simpulan penelitian menunjukkan bahwa pada substitusi rendah (5%-10%), beton masih memenuhi kriteria untuk aplikasi non-struktural dengan kuat tekan rata-rata berkisar antara 8,37 MPa hingga 9,05 MPa, mengindikasikan bahwa penggunaan cangkang kerang hijau dalam jumlah terbatas dapat diterima tanpa menyebabkan penurunan kualitas beton yang signifikan. Namun, pada substitusi tinggi (15%-20%), kuat tekan beton mengalami penurunan signifikan dengan rata-rata 6,48 MPa hingga 7,37 MPa, membuktikan bahwa penggunaan cangkang kerang hijau

dalam jumlah besar dapat mengurangi kekuatan tekan beton secara nyata. Sebagai pembanding, beton kontrol (0% cangkang kerang) menunjukkan performa terbaik dengan kuat tekan rata-rata 12,49 MPa, menegaskan bahwa agregat halus alami tetap unggul dalam hal kekuatan tekan. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa cangkang kerang hijau dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus dalam campuran beton untuk aplikasi non-struktural dengan batasan maksimal substitusi 10%. Untuk aplikasi struktural yang memerlukan kekuatan tekan tinggi, diperlukan pertimbangan lebih mendalam terkait peningkatan sifat mekanik beton. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi metode atau bahan tambahan yang dapat meningkatkan performa beton dengan substitusi cangkang kerang hijau dalam persentase yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, S. R., Zulfikar, S., & Prima, Y. (2023). Pengaruh Limbah Cangkang Kerang Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Krisna*, 9(1), 39-48.
- Ahmad, I. A., Taufieq, N. A. S., & Aras, A. H. (2009). Analisis pengaruh temperatur terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 16(2), 63-70. <https://doi.org/10.5614/jts.2009.16.2.2>.
- Alkhaly, Y. R. (2018). Penerapan metode Modified Andreasen Packing Model pada rancangan campuran beton normal. *Teras Jurnal*, 7(2), 245.
- Arbi, M. H. (2015). Pengaruh substitusi cangkang kerang dengan agregat halus terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Lentera*, 15(15), 124-130.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 7394:2008: Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton pracetak untuk konstruksi bangunan gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bunyamin, Hendrifa, N., & Ridha, M. (2021). Pengaruh substitusi cangkang tiram sebagai pengganti sebagian semen dan pasir halus terhadap kuat tarik belah beton. *Teras Jurnal*, 11(2), 1-10. <https://doi.org/10.29103/tj.v11i2.486>.
- Deanova, F.A.A. (2020). Tinjauan kuat tekan beton geopolimer menggunakan fly ash sebagai pengganti semen. *Civil Engineering*, 6-7.
- Fajar, M. N., Purwantoro, D. S., Arifin, H., Sutiono, W., & Fajri, F. (2024). Pemanfaatan limbah cangkang kerang Anadara Granosa sebagai substitusi agregat halus terhadap nilai kuat tekan beton. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 6(1), 67-72. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v6n1.p67-72>
- Hamdi, H., Dafrimon, D., Harijadi, S., & Revias, R. (2019). Pengaruh penambahan kawat bendrat galvanis pada campuran beton terhadap kuat lentur beton. *Jurnal Deformasi*, 4(1), 30. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v4i1.2972>
- Latjemma, S., Tahir, S., & Haris. (2020). Studi pemanfaatan limbah kulit kerang sebagai agregat kasar pada beton normal. *Siimo Engineering: Journal Teknik Sipil*, 4(1), 29-39. <https://doi.org/10.31934/siimo.v4i1.1109>.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Oktavia, T. R. & Anisa, N. (2023). Analisa kuat tekan beton dengan substitusi cangkang kerang darah dan pasir pantai marina pada campuran beton. *Laporan Tugas Akhir*, Universitas Semarang.
- Rahmawati, N., Lakawa, I., & Sulaiman, S. (2021). Pengaruh cangkang kerang laut terhadap kuat tekan beton. *Sultra Civil Engineering Journal*, 2(1), 46-54. <https://doi.org/10.54297/sciej.v2i1.167>
- Ramadhan, S. T., & Arif, S. (2024). Pengaruh pemanfaatan kulit kerang sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan menggunakan pasir pantai terhadap kuat tekan beton dan mutu K-200. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Batanghari*, 7(1), 36-41. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v7i1.300>
- Tansera, P. C., Abdi, F. N., & Airfin, T. S. P. (2023). Pengaruh substitusi agregat halus dengan serbuk cangkang kerang darah terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Teknologi Sipil*, 7(2), 72-78.