

Analisis Pengaruh Fraksi Volume Serbuk Cangkang Kerang sebagai *Substitusi* Pasir Silika terhadap Kekuatan *Bending Calcium Silicate Board*

Khafifulloh Al Faqih Zam Zammi¹, Widya Emilia Primaningtyas^{2*}, dan Pranowo Sidi³

^{1,2,3} Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 60111, Indonesia
Email: widyaemilia@ppns.ac.id*

Abstrak

Penggunaan limbah cangkang kerang sebagai material alternatif sangat penting untuk mengatasi masalah lingkungan di daerah pesisir Indonesia. Produksi kerang dalam skala besar menghasilkan limbah organik yang cukup besar. Cangkang kerang memiliki kandungan Kalsium Karbonat (CaCO_3) yang tinggi, yang merupakan komponen utama dalam produksi semen Portland. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh fraksi volume serbuk cangkang kerang terhadap kekuatan lentur papan kalsium silikat. Analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa serbuk cangkang kerang secara signifikan mempengaruhi kekuatan lentur papan kalsium silikat. Komposisi dengan kekuatan lentur tertinggi ditemukan pada 0% serbuk cangkang kerang atau penggunaan penuh pasir silika, mencapai kekuatan sebesar $13,87 \pm 0,64$ MPa. Kekuatan lentur tinggi lainnya sebesar $10,29 \pm 1,31$ MPa diperoleh dari komposisi dengan 100% serbuk cangkang kerang.

Kata kunci: *calcium silicate board*, kekuatan *bending*, pasir silika, serbuk cangkang kerang

Abstract

Clamshell waste as an alternative material is crucial for addressing environmental issues in Indonesia's coastal areas. The large-scale production of shellfish generates substantial organic waste. Clamshells have a high content of Calcium Carbonate (CaCO_3), a key component in producing Portland cement. This study evaluates the effect of the volume fraction of clamshell powder on the bending strength of calcium silicate boards. Statistical analysis using ANOVA shows that clamshell powder significantly affects the bending strength of calcium silicate boards. The composition with the highest bending strength was found with 0% clamshell powder or full use of silica sand, achieving a strength of 13.87 ± 0.64 MPa. Another high bending strength of 10.29 ± 1.31 MPa was obtained from a 100% clamshell powder composition.

Keywords: *bending strength, calcium silicate board, clamshell powder, silica sand*

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi menjadi Poros Maritim Dunia. Upaya untuk menciptakan kembali identitas Indonesia sebagai bangsa maritim dilakukan dengan mengoptimalkan potensi maritim untuk mencapai pemerataan ekonomi di seluruh negeri. Garis pantai yang panjang dan sumber daya laut yang melimpah, termasuk kerang, ikan, dan udang, memberikan peluang besar. Salah satu komoditas laut yang diminati adalah kerang, namun pemanfaatannya biasanya terbatas pada daging untuk konsumsi, sementara cangkangnya menjadi limbah (Putri dkk., 2023). Pembuangan cangkang kerang berkontribusi pada masalah limbah lingkungan.

Cangkang kerang kaya akan Kalsium Karbonat (CaCO_3) yang termasuk dalam komponen penting semen Portland. Cangkang kerang darah, misalnya, mengandung sekitar 66,70% CaCO_3 . Limbah cangkang kerang merupakan masalah limbah organik yang signifikan di Indonesia, dengan angka ekspor kerang beku mencapai 77.732 kilogram pada tahun 2019, yang menghasilkan limbah cangkang yang substansial (Wardani, 2022). Di Surabaya, khususnya di Nambangan-Cumpat, limbah cangkang mencapai 12.823 ton per hari (Sawiji & Perdanawati, 2017). Pemanfaatan limbah cangkang kerang sangat penting untuk mencegah akumulasi limbah lebih lanjut. Jumlah limbah yang signifikan dari kerang dan

^{2*} widyaemilia@ppns.ac.id

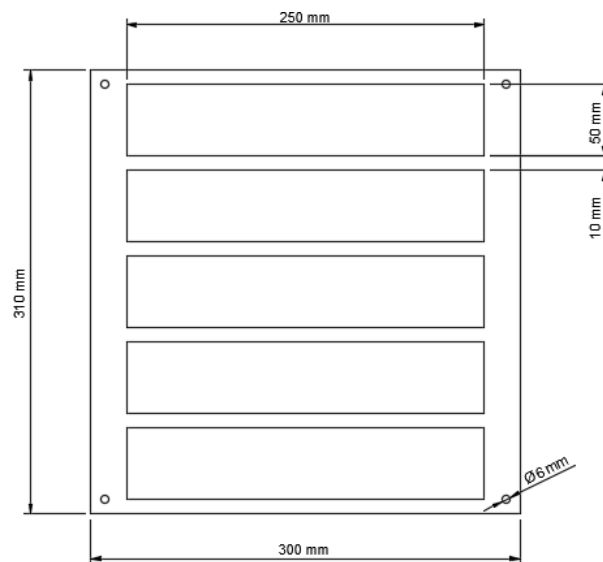
kandungan CaCO_3 yang tinggi dalam cangkang menawarkan peluang untuk memanfaatkan limbah ini sebagai material alternatif dalam *calcium silicate board*.

Calcium Silicate Board (CSB) adalah papan yang banyak sifat unggul, termasuk bobot yang ringan, kekuatan dan ketahanan yang tinggi, serta masa pakai yang lama (Miao dkk., 2022). *Calcium silicate board* berpenguat serat dianggap sebagai salah satu material baru yang paling potensial dengan performa lebih baik (S. Wang dkk., 2013). Selain material ini ringan juga ramah lingkungan (Chen dkk., 2013) Material ini dapat dijadikan alternatif pengganti untuk material papan dinding biasa (Kristanto dkk., 2017). *Calcium silicate board* memiliki berat yang ringan dikarenakan terbuat dari material komposit yang ringan (Si, 2018). Material penyusun *calcium silicate board* terdiri dari *silica sand*, semen, serat alam, dan *clay* (Lestari dkk., 2022). Pendekatan ini dapat mengatasi masalah limbah lingkungan dan memberikan manfaat ekonomi dengan menciptakan produk berharga dari limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah cangkang kerang yang sebaliknya dapat menyebabkan masalah lingkungan, terutama di daerah pesisir, jika tidak dikelola dengan baik.

2. Metode Penelitian

2.1. Pembuatan Cetakan

Pada tahap ini dilakukan pembuatan cetakan yang menggunakan bahan akrilik. Desain cetakan dibuat dengan menggunakan *software* Autodesk Fusion 360 *student licence* dengan dimensi cetakan mengacu pada ISO-8336 seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Desain Cetakan Spesimen

Selanjutnya material akrilik dengan tebal 5 mm disiapkan untuk dipotong sesuai pola cetakan seperti Gambar 1 di atas. Material akrilik dengan tebal 1 mm juga disiapkan untuk dipotong tanpa pola sebagai alas dan tutup cetakan. Pemotongan material akrilik menggunakan mesin laser *cutting*. Setelah pemotongan selesai, cetakan disatukan lalu dipasang baut pada lubang cetakan, dan cetakan siap digunakan.

2.2. Persiapan Serat

Pengolahan dilakukan untuk mendapatkan serat alam yang digunakan untuk penguat *calcium silicate board*. Serat alam yang digunakan adalah serat dari sabut kelapa.

1. Dilakukan perendaman sabut kelapa dengan air selama 7 hari guna mempermudah pengambilan serat
2. Dilakukan penyikatan sabut kelapa secara membujur searah menggunakan sikat besi untuk mendapatkan serat sabut.
3. Dilakukan pembilasan dengan air agar serat bersih.
4. Serat sabut kelapa dijemur sampai kering.
5. Dilakukan perlakuan alkali selama 72 jam menggunakan Larutan NaOH dengan konsentrasi 5% dari volume larutan total.
6. Dilakukan pemotongan serat sepanjang 10 mm.



Gambar 2. Serat Sabut Kelapa

2.3. Persiapan Serbuk Cangkang Kerang

Pengolahan dilakukan untuk mendapatkan ukuran serbuk yang dikehendaki. serbuk cangkang kerang akan digunakan sebagai *subtitusi* pasir silika pada *calcium silicate board*.

1. Disiapkan serbuk cangkang kerang yang didapat dari tempat penggilingan cangkang kerang.
2. Disiapkan *wire mesh* ukuran butir 100.
3. Dilakukan pengayakan serbuk sesuai dengan ukuran serbuk yang dikehendaki (100 mesh).

2.4. Perhitungan Densitas

Pengujian densitas dilakukan untuk menentukan densitas serbuk dan pasir. Hasil densitas ini akan digunakan untuk menghitung jumlah serbuk cangkang kerang, pasir silika, dan semen yang diperlukan dalam pembuatan *calcium silicate board*. Dalam penelitian ini, pengujian densitas serbuk cangkang kerang dan pasir silika dilakukan dengan metode piknometer mengacu pada ASTM D854. Melalui metode ini, massa piknometer kosong, massa piknometer dengan serbuk, serta massa piknometer dengan serbuk dan air ditimbang menggunakan neraca digital. Kemudian, massa jenis dihitung berdasarkan data yang diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Densitas} = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Dimana:

m = massa

v = volume

2.5. Pembuatan Calcium Silicate Board

Pembuatan Calcium Silicate Board pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode hand lay-up. Proses pembuatan *calcium silicate board* sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan kebutuhan serat, semen, pasir silika, dan serbuk cangkang kerang sebagai substitusi pasir silika pada *calcium silicate board*, digunakan presentase 0% cangkang kerang mengganti pasir silika, 50% cangkang kerang mengganti pasir silika, dan 100% cangkang kerang mengganti pasir silika. Pada penelitian ini serat yang digunakan adalah 7%. Adapun kebutuhan serat digunakan persamaan berikut:

$$m_{\text{serat}} = \frac{7}{100} \times \rho_{\text{serat}} \times V_c \quad (2)$$

Dimana:

m_{serat} = massa serat (g)

ρ_{serat} = densitas serat (g/mL)

V_c = volume cetakan (mm^3)

Adapun kebutuhan semen digunakan persamaan berikut:

$$m_{\text{semen}} = \frac{25}{100} \times \rho_s \times V_c \quad (3)$$

Dimana:

m_{semen} = massa semen (g)

ρ_s = densitas semen (g/mL)

Adapun kebutuhan 100% cangkang kerang mengganti pasir silika didapatkan nilai fraksi volume 68%. Perhitungan Massa 100% cangkang kerang mengganti pasir silika sebagai berikut:

$$m_{ck} = \frac{68}{100} \times \rho_{ck} \times V_c \quad (4)$$

Dimana:

m_{ck} = massa cangkang kerang (g)

ρ_{ck} = densitas cangkang kerang (g/mL)

Adapun kebutuhan 50% cangkang kerang mengganti pasir silika didapatkan nilai fraksi volume 34%. Perhitungan Massa 50% cangkang kerang mengganti pasir silika sebagai berikut:

$$m_{ck} = \frac{34}{100} \times \rho_{ck} \times V_c \quad (5)$$

Maka kebutuhan pasir silika saat 50% cangkang kerang mengganti pasir silika sebagai berikut:

$$m_{ps} = \frac{34}{100} \times \rho_{ps} \times V_c \quad (6)$$

Dimana:

m_{ps} = massa pasir silika (g)

ρ_{ps} = densitas pasir silika (g/mL)

Adapun kebutuhan 0% cangkang kerang mengganti pasir silika atau 100% pasir silika penuh tidak menggunakan cangkang kerang sama sekali. didapatkan nilai fraksi volume pasir silika sebesar 68%. Perhitungan Massa 0% cangkang kerang mengganti pasir silika atau 100% pasir silika sebagai berikut:

$$m_{ps} = \frac{68}{100} \times \rho_{ps} \times V_c \quad (7)$$

2. Siapkan cetakan dengan dimensi sesuai dengan kebutuhan.
3. Siapkan wadah baskom untuk mencampurkan semua material menjadi adonan semen *calcium silicate board*.
4. Masukkan semen *portland*, serat, pasir silika dan atau serbuk cangkang kerang kedalam baskom tambahkan air sesuai dengan perhitungan aduk rata sampai tercampur rata dan menjadi adonan semen *calcium silicate board*
5. Tuang adonan semen *calcium silicate board* ke cetakan, lalu ratakan dengan *Scrapper*.
6. Jepit cetakan dan kencangkan dengan baut.
7. Keringkan *calcium silicate board* pada temperatur ruang.
8. Keluarkan *calcium silicate board* dari cetakan ketika sudah kering.
9. Selanjutnya spesimen dilakukan pengujian *bending*.

2.6. Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* dengan standar pengujian ISO-8336. Setiap variasi dilakukan dengan repetisi sebanyak 3 kali. Pengujian *bending* ini dilaksanakan di Laboratorium Uji Bahan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Nilai terbaik dari pengujian *bending calcium silicate board* dalam penelitian ini akan menentukan keberterimaan komposit sebagai material alternatif untuk dinding interior berdasarkan ISO-8336. Persamaan untuk menghitung kekuatan *bending* pada spesimen adalah sebagai berikut:

$$MOR = \frac{3Fl_s}{2be^2} \quad (8)$$

Dimana:

MOR = modulus of reapture (MPa)
F = beban maksimum (N)
ls = panjang span (mm)
b = lebar spesimen (mm)
e = tebal spesimen (mm)



Gambar 3. Spesimen Pengujian

2.7. Analisis Data

Proses analisis data dilakukan menggunakan metode uji statistika ANOVA untuk mengetahui pengaruh variabel serbuk cangkang kerang sebagai pengganti pasir silika terhadap kekuatan *bending calcium silicate board*.

Adapun hipotesis yang digunakan sebagai berikut:

- H_0 : *Substitusi* pasir silika dengan serbuk cangkang kerang tidak ada pengaruh signifikan terhadap kekuatan *bending calcium silicate board*
- H_1 : *Substitusi* pasir silika dengan serbuk cangkang kerang ada pengaruh signifikan terhadap kekuatan *bending calcium silicate board*.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Hasil Perhitungan Densitas

Pengujian densitas serbuk cangkang kerang, pasir silika, dan semen dilakukan dengan repetisi sebanyak 3 kali masing-masing. Perhitungan densitas menggunakan Persamaan 1 dilakukan setelah memperoleh data hasil pengujian densitas dengan metode piknometer. Selanjutnya, nilai rata-rata densitas dari ketiga hasil repetisi diambil sebagai nilai densitas serbuk penguat yang diuji. Tabel 1 berikut menunjukkan hasil perhitungan densitas serbuk cangkang kerang sebagai bahan penyusun *calcium silicate board*

Tabel 1. Hasil Densitas Cangkang Kerang (ρ_{ck})

No.	ρ	$\bar{\rho}$
1	2,50 g/mL	2.70 g/mL
2	2,62 g/mL	
3	3,00 g/mL	

Adapun hasil perhitungan nilai densitas pasir silika dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Densitas Pasir Silika (ρ_{ps})

No.	ρ	$\bar{\rho}$
1	2,22 g/mL	2.40 g/mL
2	2,37 g/mL	
3	2,62 g/mL	

Adapun hasil perhitungan nilai densitas semen dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Densitas semen (ρ_s)

No.	ρ	$\bar{\rho}$
1	3,00 g/mL	2.57 g/mL
2	2,50 g/mL	
3	2,22 g/mL	

Berdasarkan Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 di atas, nilai densitas serbuk cangkang kerang adalah 2,70 g/mL, densitas pasir silika adalah 2,40 g/mL, dan densitas semen adalah 2,57 g/mL. Perbedaan nilai densitas pada setiap repetisi kemungkinan besar disebabkan oleh *human error*, khususnya pada pengisian piknometer yang tidak konsisten menyebabkan terjebaknya gelembung udara di dalam piknometer, yang mengakibatkan variasi massa piknometer. Untuk meminimalkan terjebaknya gelembung udara, agitasi secara vertikal dapat dilakukan. Selain itu, metode pengadukan dengan pola angka 8 juga dapat membantu mengurangi gelembung udara yang terjebak. Faktor lain yang mungkin memengaruhi hasil adalah perubahan suhu atau tekanan lingkungan sekitar. Meskipun air merupakan fluida tidak mampat, fluktuasi kecil dalam suhu dapat memengaruhi kepadatan air secara minimal, terutama dalam konteks eksperimen yang sangat sensitif. Oleh karena itu, variabilitas ini dapat memengaruhi hasil perhitungan densitas, dan penting untuk memastikan kondisi lingkungan yang konsisten selama replikasi pengujian untuk mendapatkan hasil yang akurat.

3.2. Perhitungan Kebutuhan

Penentuan kebutuhan komposisi *calcium silicate board* dalam pembuatan material dapat dilakukan menggunakan perhitungan fraksi volume. Penelitian ini dihitung kebutuhan pasir silika, serat sabut kelapa, serbuk cangkang kerang, dan semen. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan 2, persamaan 3, persamaan 4, persamaan 5, persamaan 6, dan persamaan 7. Berikut merupakan tabel 4 yang memuat kebutuhan cangkang kerang, pasir silika, serat, dan semen pada setiap spesimen.

- A = 0% cangkang kerang mengganti pasir silika.
- B = 50% cangkang kerang mengganti pasir silika.
- C = 100% cangkang kerang mengganti pasir silika

Tabel 4. Hasil Kebutuhan Cangkang Kerang, Pasir Silika, Serat, dan Semen

Spesimen	Massa Serat	Massa Semen	Massa Cangkang Kerang	Massa Pasir Silika
A	5,03 g	40,16 g	0 g	102 g
B	5,03 g	40,16 g	57,38 g	51,00 g
C	5,03 g	40,16 g	114,75 g	0 g

3.3. Hasil Pengujian Bending

Pengujian *bending* pada penelitian ini dilakukan di Lab. Uji Bahan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Adapun variasi dan variabel yaitu cangkang kerang sebesar 100% mengganti fraksi volume pasir silika, 50% mengganti fraksi volume pasir silika, 0% mengganti pasir silika atau tidak mengganti sama sekali fraksi volume pasir silika. Pengujian *bending* dilakukan dengan mempertimbangkan beban eksternal yang diterima oleh material akibat beberapa kondisi, seperti digunakan sebagai sandaran oleh manusia atau terkena benturan suatu benda. Kondisi-kondisi ini dapat menyebabkan lendutan pada material.

Kekuatan *bending* dinyatakan dalam satuan MPa. Pengujian *bending* dilakukan dengan 3 kali repetisi. Hasil pengujian *bending* berupa data beban maksimum yang dapat diterima oleh *calcium silicate board*. Data tersebut kemudian dihitung menggunakan Persamaan 8 untuk memperoleh nilai kekuatan *bending* setiap spesimen. Tabel 5 berikut ini menunjukkan nilai kekuatan *bending* untuk semua spesimen

Tabel 5. Hasil Kekuatan Bending Spesimen

Spesimen	Repetisi	MOR (MPa)	\bar{M} (MPa)
A	1	13,68	12,66 ± 1,20
	2	11,34	
	3	12,96	
B	1	7,26	6,45 ± 0,83
	2	6,48	
	3	5,61	
C	1	5,40	7,35 ± 2,03
	2	7,20	
	3	9,45	

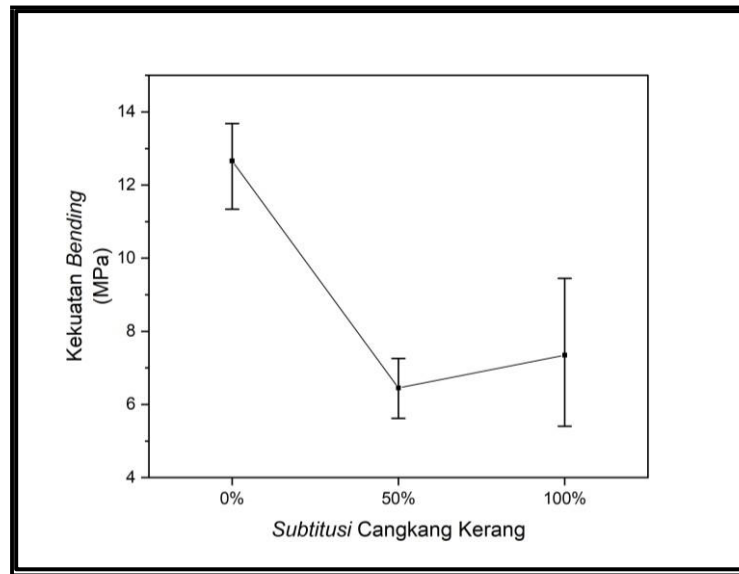


Gambar 4. Pengujian Bending

Berdasarkan hasil pengujian terdapat variasi pada nilai kekuatan *bending* di setiap repetisi. Variasi ini disebabkan oleh metode *hand lay-up* yang digunakan dalam proses manufaktur *calcium silicate board*. Metode ini dapat menyebabkan proses manufaktur yang kurang sempurna, seperti waktu pengadukan semen dengan agregat yang tidak konsisten, yang dapat mengakibatkan semen tidak cukup mengikat agregat material pada *calcium silicate board*, atau penuangan adonan semen yang tidak merata, sehingga menimbulkan gelembung udara (porositas). Untuk meminimalkan masalah ini, penting untuk menerapkan prosedur standar yang ketat dalam pengadukan semen dan agregat, memastikan waktu pengadukan yang konsisten, dan menggunakan teknik penuangan yang merata. Selain itu, suhu ruangan yang tinggi dan kelembapan yang tinggi dapat mempengaruhi kekuatan *calcium silicate board* dan menyebabkan peningkatan

porositas. Untuk mengurangi dampak kondisi lingkungan ini, perlu dilakukan kontrol suhu dan kelembapan yang ketat selama proses manufaktur. Dengan demikian, penerapan prosedur yang baik dan kontrol lingkungan yang tepat dapat meminimalkan pengaruh *human error* dan variabilitas, serta memastikan kualitas hasil yang lebih konsisten dan akurat.

3.4. Hubungan Antara Fraksi Volume Serbuk Cangkang Kerang terhadap Kekuatan Bending Material Calcium Silicate Board



Gambar 5. Grafik Kekuatan Bending Calcium Silicate Board

grafik yang ditampilkan pada Gambar 5 menunjukkan nilai kekuatan *bending calcium silicate board*. Pada *calcium silicate board* tanpa substitusi cangkang kerang (0%) menggantikan pasir silika, nilai rata-rata kekuatan *bending* sekitar $12,66 \pm 1,20$ MPa. Untuk *calcium silicate board* dengan substitusi cangkang kerang sebesar 50%, nilai rata-rata kekuatan *bending* adalah sekitar $6,45 \pm 0,83$ MPa. Perbandingan antara variasi 0% dan 50% substitusi cangkang kerang menunjukkan penurunan kekuatan *bending* sekitar 49,05%. Hal ini disebabkan oleh kurangnya ikatan yang baik antara pasir silika dan cangkang kerang untuk meningkatkan sifat mekanik *calcium silicate board*. Menurut studi oleh Chen et al. (2013), meskipun bahan organik seperti cangkang kerang dapat meningkatkan ketahanan terhadap retak dan keausan dalam beberapa aplikasi beton, penggunaannya dalam jumlah besar bisa mengurangi ikatan antar partikel dalam matriks semen, yang mengakibatkan penurunan kekuatan mekanis. Penelitian oleh (Z. Wang dkk., 2019) juga menunjukkan bahwa meskipun penggantian pasir silika dengan serbuk cangkang kerang dapat mengurangi densitas material, hal ini bisa menyebabkan penurunan kekuatan struktural jika tidak diimbangi dengan pengaturan komposisi yang tepat.

Pasir silika memiliki sifat fisik dan mekanik yang unggul dengan *modulus* elastisitas lebih tinggi dibandingkan cangkang kerang, sehingga material dengan matriks pengisi cangkang kerang lebih mudah mengalami deformasi dan patah ketika menerima beban. Selain itu, pasir silika yang sebagian besar terdiri dari silikon dioksida (SiO_2) sangat penting dalam pembuatan *calcium silicate board* karena kemampuannya untuk membentuk ikatan yang kuat dan stabil dalam matriks. Ini membantu pembentukan kalsium silikat hidrat (CSH), yang penting untuk kekuatan dan daya tahan papan tersebut. Reaktivitas tinggi silika memungkinkan interaksi yang efektif dengan senyawa kalsium, menghasilkan *mikrostruktur* yang lebih padat dan kohesif serta meningkatkan kekuatan lentur (Hossain & Roy, 2019)

Sementara itu, pada perbandingan variasi 50% cangkang kerang mengganti pasir silika dan 100% cangkang kerang mengganti pasir silika pada *calcium silicate board*, nilai rata-rata kekuatan *bending* mengalami kenaikan sekitar 13,95% menjadi $7,35 \pm 2,03$ MPa. Nilai tersebut memenuhi persyaratan material sebagai *calcium silicate board* berdasarkan ISO-8336. Penggunaan cangkang kerang sebagai bahan alternatif dapat memberikan manfaat ekologis, perlu adanya penyesuaian dan optimalisasi dalam formulasi komposisi untuk memastikan bahwa material yang dihasilkan memiliki kekuatan mekanis yang sangat baik.

3.5. Analisis Data

Proses analisis data dilakukan menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menentukan pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan *bending calcium silicate board* (CSB) yang terbuat dari pasir silika, cangkang kerang, dan serat sabut kelapa. Hasil perhitungan ANOVA dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Analysis of Variance (ANOVA)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Substitusi Cangkang Kerang	2	48.42	24.208	10.44	0.011
Error	6	13.91	2.318		
Total	8	62.32			

Pada analisis ini digunakan tingkat signifikansi atau α sebesar 0,05. Berdasarkan hasil ANOVA yang ditampilkan pada tabel 6 diatas nilai *P-value* dapat diketahui. Untuk variabel cangkang kerang nilai *P-value* adalah 0,011, yang berarti lebih kecil dari tingkat signifikansi atau α , sehingga H_0 ditolak. Maka dapat disimpulkan *Substitusi* pasir silika dengan serbuk cangkang kerang ada pengaruh signifikan terhadap kekuatan *bending calcium silicate board*.

4. Kesimpulan

Nilai kekuatan *bending* cenderung mengalami penurunan ketika cangkang kerang dengan pasir silika dicampur atau penggunaan cangkang kerang penuh. nilai kekuatan *bending* tertinggi pada komposisi 0% cangkang kerang memiliki nilai $12,66 \pm 1,20$ MPa, pada campuran cangkang kerang (50%) dengan pasir silika (50%) memiliki nilai *bending* tertinggi sebesar $6,45 \pm 0,83$ MPa. Pada komposisi 100% cangkang kerang nilai kekuatan *bending* tertinggi sebesar $7,35 \pm 2,03$ MPa. Nilai ini dapat diaplikasikan sebagai instalasi dinding interior ruangan berdasarkan ISO-8336.

5. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini tentunya tidak dapat terlaksana tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing serta pihak Laboratorium Uji Bahan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam pelaksanaan serta penyusunan penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

- Chen, M., Tao, Z., Zhang, H., & Yu, W. (2013). The performance analysis of calcium silicate composited wall's impact resistance. *Advanced Materials Research*, 671–674, 596–601. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.671-674.596>
- Hossain, S. K. S., & Roy, P. K. (2019). Development of sustainable calcium silicate board: Utilization of different solid wastes. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 58(6), 274–284. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2019.06.003>
- Kristanto, L., Sugiharto, H., Agus, S. W. D., & Pratama, S. A. (2017). Calcium Silicate Board as Wall-facade. *Procedia Engineering*, 171, 679–688. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.409>
- Lestari, R. Y., G P Prabawa, I. D., Nurmilatina, N., Hasfianti, F. E., & Hamdi, S. (2022). Physical Properties Evaluation of Calcium Silicate Cement Board Based on Indonesia Local Kaolin. *Conference on Broad Exposure to Science and Technology 2021 (BEST 2021)*, 387–390.
- Miao, F., Zhang, M., Yang, R., & Sheng, J. (2022). Effect of beating on softwood pulp fiber reinforced calcium silicate board. *Cellulose*, 29(7), 4125–4134. <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04526-5>
- Putri, L., Ariska, A., Sahlan, M. A., & Hikmah, U. (2023). Analisis Sifat Mekanis Komposit Matriks Polyester dengan Penguat Cangkang Kerang Hijau. *Jurnal Fisika 13*, 1, 20–28. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jf/index>
- Sawiji, A., & Perdanawati, R. A. (2017). Pemetaan Pemanfaatan Limbah Kerang Dengan Pendekatan Masyarakat Berbasis Aset (Studi Kasus: Desa Nambangan Cumpat, Surabaya). *Marine Journal*, 03, 10–19.

- Si, D. (2018). Application of Lightweight Calcium Silicate Wall Panel Board. *International Conference on Management Science and Industrial Economy Development (MSIED 2018)*, 182–185. <https://doi.org/10.25236/msied.2018.036>
- Wang, S., Qin, G., & Wei, W. (2013). Preparation of calcium silicate board by fly-ash based calcium silicate powder by press molding. *Materials Science Forum*, 743–744, 603–606. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.743-744.603>
- Wang, Z., Ma, S., Zheng, ; Shili, Ding, J., & Wang, X. (2019). Flexural Strength and Thermal Conductivity of Fiber-Reinforced Calcium Silicate Boards Prepared from Fly Ash. *J. Mater. Civ. Eng.*, 2019. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943)
- Wardani, D. A. K. (2022). *Pengaruh Pemanfaatan Serbuk Cangkang Kerang Hijau (Perna Viridis L.) Sebagai Bahan Substitusi Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton (The Effect Of Green Shells (Perna Viridis L.) Powder Utilization As A Cement Substitution Material On The Compression And Tensile Strength Of Concrete)* [UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA]. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/40219>