



Analisis kualitas genteng beton *eco-friendly* dengan *cocofiber* dan cangkang telur ayam sebagai substitusi pasir dan semen

Ayu Rindiani^{a*}, Restu Pradipta Eskananda^a, Hartono^a, Riza Susanti^a

^{a*},^a *Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia*

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

ayrin0302@gmail.com

Article history:

Received : 18 July 2024

Accepted : 21 March 2025

Publish : 29 March 2025

Keywords:

coco fiber, concrete tile, eggshell, environmental impact, sustainable materials

ABSTRACT

One of the building construction materials needed is concrete tile for the roof of the building. However, concrete tiles have disadvantages, namely a higher price and heavyweight compared to other types of tiles. Therefore, innovations are needed to overcome these problems. This research utilizes coconut coir fiber waste with the same content as sand, which contains 30% silica fiber and is pozzolanic. Then, eggshell waste will be used as a substitute for cement because it contains the same compounds as cement, namely magnesium, iron, and calcium carbonate. The variations in the composition of coconut fibers and eggshells in the manufacture of concrete roof tiles as a partial substitute for the use of sand and cement are GA (0%: 0%), GB (34%: 6%), GC (40%: 6%), GD (32%: 8%), and GE (38%: 8%). In this study, the flexural strength test, water absorption test, water seepage resistance, as well as analyzing the weight and cost of concrete roof tiles were tested. The results of the most optimum concrete tile test are in the GD sample variation: a flexural load value of 1858.2 N, a porosity value of 8.53%, and a seepage test with no water droplets. Then, for the weight analysis of the GD variation, the concrete tile weighs 4.39 kg, and the production cost is IDR 3,017.00. The price differs from conventional roof tiles, Rp 611.00 or 16.84%. The test results show that it fulfilled SNI 0096: 2007.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Perkembangan pembangunan infrastruktur di Indonesia sangat pesat, sehingga menyebabkan permintaan akan material bangunan juga meningkat. Terutama material pada penggunaan konstruksi atap dari pembangunan infrastruktur seperti gedung maupun perumahan penduduk. Atap merupakan komponen bangunan yang memiliki fungsi untuk melindungi rangka atap atau bangunan secara keseluruhan dari berbagai cuaca seperti panas, hujan, dan angin (Astuti et al., 2017). Salah satu material komponen bangunan yang masih sering dibutuhkan yaitu genteng beton. Genteng beton merupakan bagian konstruksi yang digunakan untuk menutup atap. Genteng ini terbuat dari campuran semen Portland atau bahan serupa, agregat, dan air, yang terkadang dengan pigmen atau tanpa pigmen (SNI, 2007).

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa terbesar di dunia. Produksi kelapa di Indonesia pada tahun 2014 menghasilkan 3.609.812 ha dan produksi kelapa sebanyak 3.005.916 ton (Dirjen Perkebunan, 2015). Banyaknya kelapa yang dihasilkan biasanya yang dimanfaatkan dari buah kelapa adalah daging buah dan airnya. Sedangkan sabut kelapanya kurang dimanfaatkan atau bahkan dibuang begitu saja (Trikarlina et al., 2018).

Limbah sabut kelapa (*cocofiber*) dipilih sebagai salah satu bahan campuran genteng beton karena ketersediaannya yang mudah, ketahanannya yang tinggi, bobotnya yang ringan, serta memiliki nilai ekonomis yang baik (Zalukhu et al., 2017). Untuk serabut kelapa sendiri memiliki beberapa

kandungan yang terdiri dari 75% serat (*Fiber*) dan 25% gabus (*pitch*) yang memiliki fungsi sebagai penghubung antar serat lainnya (Siswanto & Gunarto, 2019). Dengan karakteristik ini, penggunaan serat sabut kelapa diharapkan dapat meningkatkan mutu genteng beton dan memberikan manfaat tambahan baik dari segi ekonomi maupun dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh serat alam sabut kelapa (Ariyani, 2015).

Produksi telur di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 6,3 juta ton yang terdiri dari telur ayam buras 389,3 ribu ton, ayam ras petelur 5,6 juta ton, itik 316,2 ribu ton, itik manila 33,2 ribu ton, dan puyuh 22,0 ribu ton. Telur ayam menyumbang produksi telur terbesar yaitu sebesar 88% (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian, 2022). Jika limbah cangkang telur tersebut tidak optimal dalam pemanfaatannya, akan mengakibatkan polusi lingkungan seperti mengeluarkan bau yang tidak sedap dan menjadi sumber penyakit.

Selain limbah sabut kelapa (*cocofiber*), salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan dalam penggunaan material pembuatan genteng beton adalah limbah cangkang telur ayam. Menurut berbagai sumber referensi, cangkang telur dapat dijadikan sebagai pengganti sebagian semen. Kandungan kulit telur yang telah mengering yaitu sekitar 95% kalsium karbonat dan memiliki berat sekitar 5,5 gram, sehingga jumlah kalsium yang signifikan dalam kulit telur ini dapat dipertimbangkan sebagai bahan tambahan untuk produksi semen (Venny Riza et al., 2020). Kandungan yang serupa antara cangkang telur dan semen menjadi opsi pengganti dalam menciptakan campuran beton ramah lingkungan yang inovatif dan dapat diperbaharui (Frieda et al., 2018). Cangkang telur ayam yang merupakan limbah memiliki kandungan kalsium karbonat, komponen utama dalam Semen Portland (SP), sehingga dapat digunakan sebagai substitusi sebagian semen untuk menciptakan beton yang ramah lingkungan, serta diharapkan dapat meningkatkan kualitas mekanik dan sifat fisik beton secara signifikan, dibandingkan dengan beton tanpa tambahan bahan (Pohan & Rambe, 2022).

Adanya inovasi tersebut tentunya membantu produsen dalam memenuhi permintaan pasar dimana produsen dapat membuat genteng beton dengan mudah karena bahan yang digunakan dapat dengan mudah didapat dan biaya yang dikeluarkan relatif lebih murah karena memanfaatkan limbah sabut kelapa dan limbah cangkang telur. Yang membedakan genteng beton ini dengan genteng beton pada umumnya selain dari bahan pembuatannya yaitu dapat menciptakan genteng beton yang ringan dan ekonomis sehingga tidak terlalu diperlukan rangka atap bangunan yang terlalu kokoh dan mahal. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas dari genteng beton berbasis Cocofiber dan limbah cangkang telur melalui nilai uji tampak, uji ukuran, uji beban lentur, uji porositas, dan uji rembesan air, menganalisis perbandingan antara berat genteng beton konvensional dan genteng beton dengan substitusi serat sabut kelapa dan cangkang telur, dan mengetahui perbandingan biaya antara genteng beton konvensional dan genteng beton dengan substitusi serat sabut kelapa dan cangkang telur.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif eksperimental dengan cara mengumpulkan data dan informasi dengan melakukan proses produksi lalu dilakukan uji di laboratorium. Metode tersebut nantinya akan digunakan untuk mengetahui dan menganalisis variabel pengganti yaitu sabut kelapa dan cangkang telur terhadap kualitas produk genteng beton yang sesuai dengan SNI. Pelaksanaan penelitian ini berada di Laboratorium Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi, dan di Laboratorium Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.

2.2. Pengujian material

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian material terhadap semen, pasir, serbuk cangkang telur dan air. Untuk bahan tambah sabut kelapa tidak dilakukan pengujian, akan tetapi menggunakan data referensi dari penelitian terdahulu. Untuk pengujian bisa dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Uji berat jenis agregat halus



Gambar 2. Uji ikat awal dan konsistensi normal semen

Pada penelitian ini material serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur sebelum digunakan sebagai bahan substitusi pembuatan genteng beton kedua material tersebut diberi beberapa perlakuan terlebih dahulu. Untuk sabut kelapa dipotong kecil-kecil dan sebelum dipotong sabut kelapa dijemur terlebih dahulu. Sedangkan cangkang telur ditumbuk sampai halus sampai berbentuk serbuk halus. Untuk bahan tambahan bisa dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Sabut kelapa



Gambar 4. Serbuk cangkang telur

2.3. Job mix design

Job mix design dengan bertujuan untuk mengetahui persentase material yang akan digunakan dalam pembuatan produk genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur. Perbandingan campuran yang digunakan pada pembuatan genteng beton yaitu 1 PC : 3 PS yang dikonversi ke dalam perbandingan volume. Dalam penelitian ini, sabut kelapa berfungsi sebagai bahan substitusi pasir. Sedangkan serbuk cangkang telur berfungsi sebagai bahan substitusi semen. Variasi yang dibuat dalam penelitian ini yaitu berjumlah 5 variasi dan benda uji yang dibuat sebanyak 45 buah genteng beton. Untuk job mix design bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Job mix design

Benda uji	Variasi Sampel (%)	Material				Air (gr)	FAS
		Agregat		Pengikat			
		Pasir (gr)	SK (gr)	Semen (gr)	CT (gr)		
GA	0K ; 0CT	4209,975	0	1637,213	0	573,024	0,35
GB	30SK ; 6CT	2778,584	259,771	1538,980	77,963	538,643	0,35
GC	40SK ; 6CT	2525,985	305,613	1538,980	77,963	538,643	0,35
GD	32SK ; 8CT	2862,783	244,490	1506,236	103,950	527,182	0,35
GE	38SK ; 8 CT	2610,185	290,332	1506,236	103,950	527,182	0,35

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

3.1.1. Pengujian agregat halus

Hasil dari pengujian kadar lumpur menunjukkan bahwa kandungan lumpur dalam pasir sebesar 2,24%, yaitu memenuhi standar SNI-S-04-1989-F yang menetapkan batas maksimum 5%. Kemudian untuk pengujian gradasi butiran halus pasir didapatkan sebesar 3,362% dimana hasil tersebut sudah sesuai dengan SNI 03-1972-1990. Terakhir pada pengujian berat jenis menghasilkan berat jenis sebesar 2,7 dimana hasil tersebut memenuhi standar dari PUBI, 1982 yaitu antara 2,4-2,9.

3.1.2. Pengujian semen

Dalam hasil pengujian konsistensi semen menunjukkan bahwa kandungan air yang cukup pada persentase 28% yaitu 11 mm dimana angka tersebut memenuhi standar SNI 2049:2015 yang menetapkan batas peluncuran 10 ± 1 mm. Kemudian untuk pengujian waktu ikat awal semen dalam penurunan kurang dari 25 mm yaitu selama 95 menit dengan mengacu pada standar SNI 2049:2015 bahwa waktu pengikatan awal minimal 45 menit dan maksimal 375 menit.

3.1.3. Pengujian air

Pengujian air dilakukan dengan metode pengamatan secara visual dengan sesuai standar PBI-1971, yaitu air harus jernih, tidak berbau, tidak mengandung lumpur, dan tidak mengandung bahan-bahan lainnya.

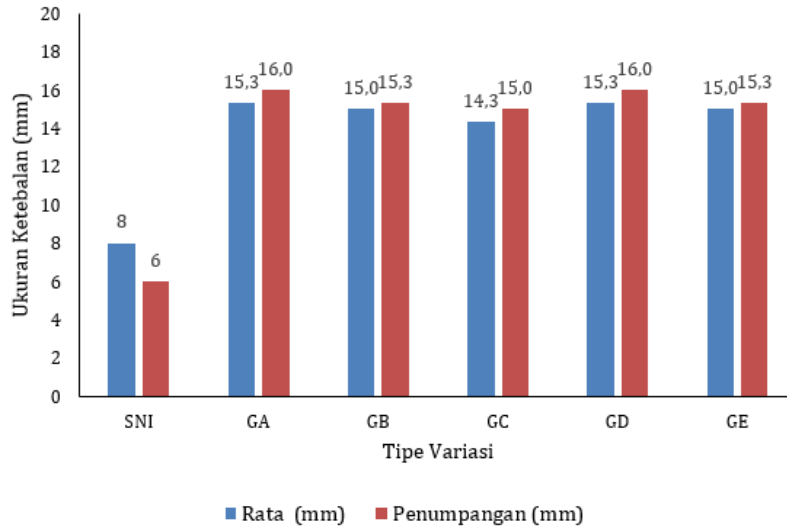
3.2. Pengujian genteng beton

3.2.1. Pengujian sifat tampak

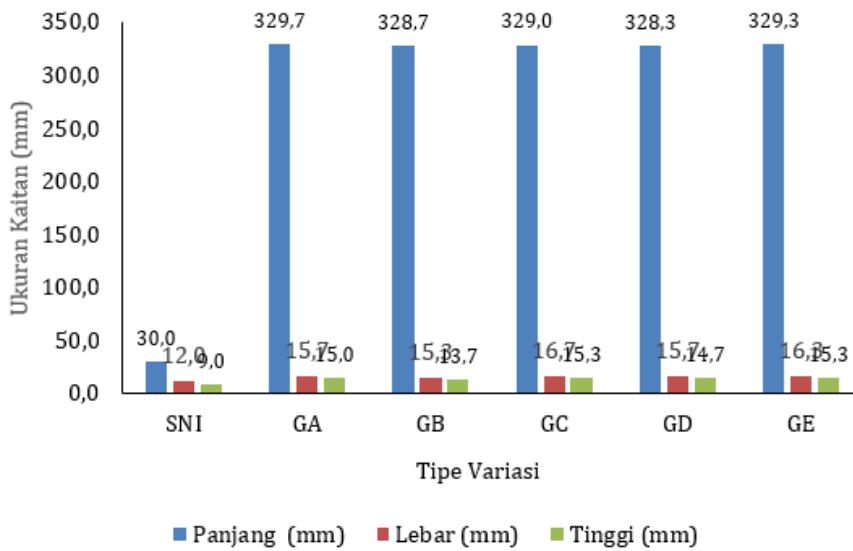
Dalam melakukan pengujian sifat tampak digunakan sejumlah tiga benda uji dari masing-masing variasi genteng beton, dari genteng beton konvensional hingga genteng beton inovasi dengan campuran serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur. Pengujian ini dilakukan dengan pengamatan secara visual seperti keretakan, kehalusan, dan warna dari genteng beton tersebut. Pada hasil pengujian sifat tampak genteng beton konvensional memiliki warna abu-abu, sedangkan genteng beton dengan penambahan serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur memiliki warna kecoklatan, serta perbedaan lainnya adalah pada permukaan genteng dengan penambahan serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur lebih berserat. Dalam penelitian ini sifat tampak di semua variasi tidak terdapat retakan atau cacat lain yang mengakibatkan kegunaan genteng beton kurang maksimal sehingga pengujian sifat tampak pada genteng beton ini sudah memenuhi SNI 0096-2007.

3.2.2. Pengujian ukuran

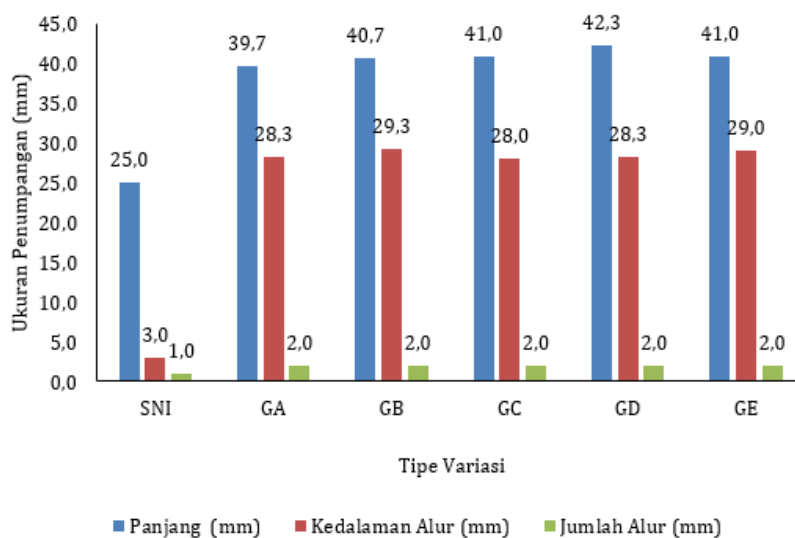
Pada pengujian ukuran menggunakan tiga sampel dari tiap variasi baik genteng beton konvensional maupun dengan substitusi serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur. Pengujian ini mengacu pada SNI 0096:2007 yang memiliki ketentuan batasan minimal dari ukuran sebuah genteng beton. Adapun grafik untuk mengetahui perbandingan ukuran dari setiap variasi sampel ditunjukkan Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 5. Grafik ketebalan genteng beton



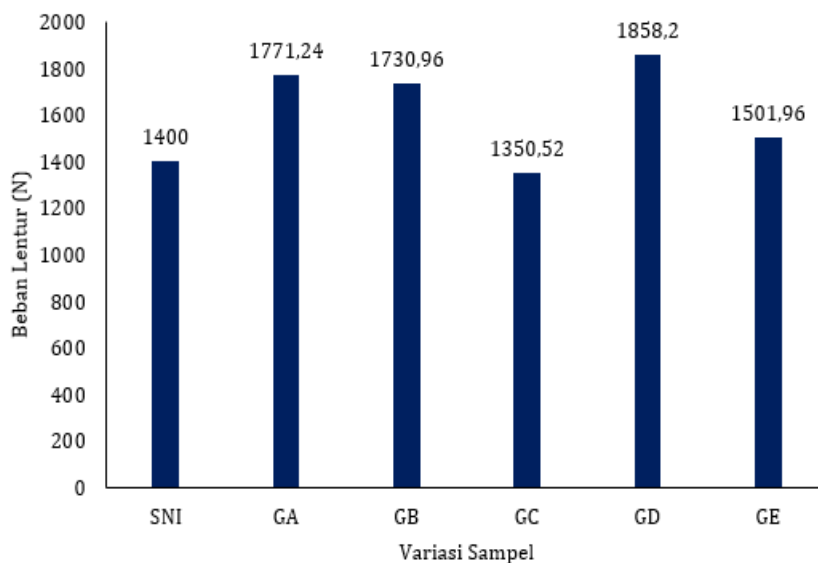
Gambar 6. Grafik dimensi kaitan



Gambar 7. Grafik dimensi penumpangan

3.2.3. Pengujian beban lentur

Pengujian beban lentur dilakukan dengan mengacu SNI 0096-2007 dan dilakukan dengan tiga sampel berbeda dari setiap variasi baik genteng beton konvensional maupun genteng beton dengan substitusi serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur. Umur genteng beton dalam pengujian ini berumur 14 hari. Untuk hasil pengujian beban lentur genteng dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hasil pengujian beban lentur

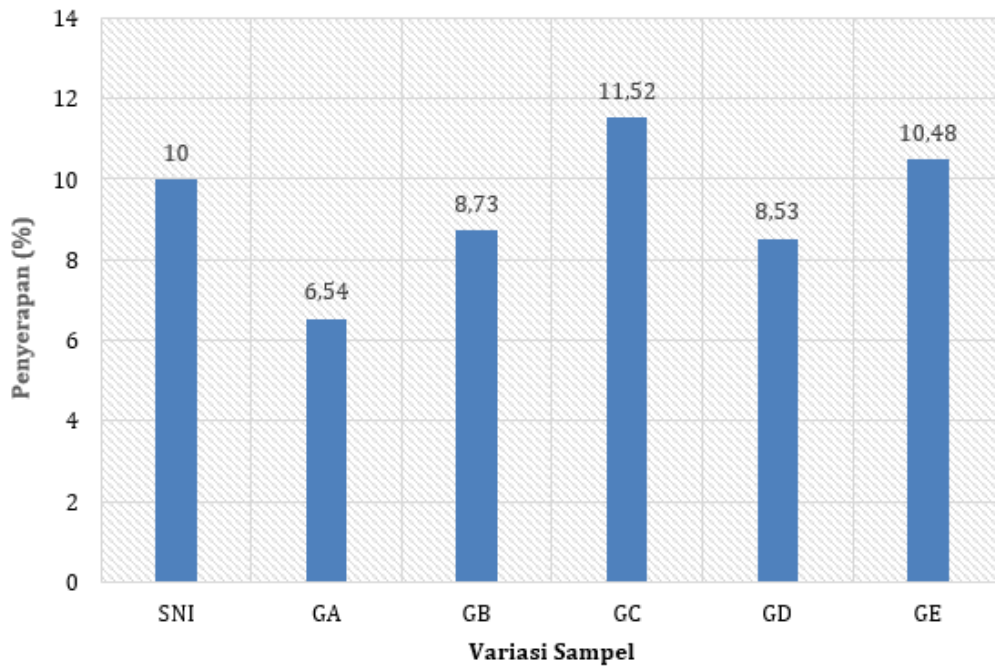
Pengujian beban lentur pada variasi sampel GA atau genteng beton tanpa substitusi serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur menghasilkan nilai beban sebesar 1771,24 N. Untuk variasi sampel GB dengan substitusi 34% serat sabut kelapa dan 6% serbuk cangkang telur mendapatkan hasil nilai sebesar 1739,96 N. Variasi sampel GC dengan substitusi 40% serat sabut kelapa dan 6% serbuk cangkang telur mendapatkan hasil nilai sebesar 1350,52 N. Kemudian variasi sampel GD dengan substitusi 32% serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur menghasilkan nilai sebesar 1858,2 N. Dan untuk variasi sampel GE dengan substitusi 38% serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur menghasilkan nilai sebesar 1501,96 N.

Variasi sampel GC yang tidak memenuhi ketentuan SNI 0096:2007 yaitu genteng beton interlok dengan profil $20 \geq t \geq 5$ dan lebar penutup ≥ 300 memiliki minimal beban lentur sebesar 1400 N, sedangkan pada variasi GC mendapatkan hasil nilai beban lentur sebesar 1350,52 N. Untuk variasi lainnya sudah memenuhi standar yang ditentukan. Untuk variasi sampel GD memiliki hasil nilai beban lentur lebih besar dari genteng konvensional karena pengaruh dari penambahan substitusi serat sabut kelapa yang merupakan serat yang cukup kuat dan memiliki sifat yang tahan terhadap gaya tarik (Eser & Barus, 2020).

Penambahan substitusi serat sabut kelapa dan serbuk cangkang mempengaruhi pada perkuatan beban lentur dengan kadar tertentu. Semakin banyak kadar serat sabut yang digunakan maka kuat lentur yang dihasilkan akan berkurang, tetapi untuk penambahan serbuk cangkang telur pengaruhnya tidak terlalu masif.

3.2.4. Pengujian daya serap air/porositas

Pada pengujian porositas, genteng beton direndam selama 24 jam kemudian ditimbang berat basah. Setelah menimbang berat basah, genteng beton dikeringkan dengan cara mengoven selama 24 jam dan ditimbang kembali berat kering. Genteng beton yang digunakan pengujian ini telah berumur 14 hari. Untuk hasil pengujian porositas dapat dilihat pada gambar grafik untuk mengetahui perbandingan persentase dari berbagai variasi dan perbandingan terhadap SNI 0096:2007 yang menentukan bahwa penyerapan maksimal sebesar 10%.



Gambar 9. Grafik hasil pengujian porositas

Hasil analisis pengujian diatas pada variasi sampel GA atau genteng beton konvensional tanpa ada substitusi serat sabut kelapa dan serbuk cangkang telur mendapatkan hasil nilai porositas sebesar 6,54%. Untuk variasi sampel GB atau genteng beton dengan substitusi 34% serat sabut kelapa dan 6% serbuk cangkang telur mendapatkan nilai porositas sebesar 8,73%. Kemudian variasi sampel GC atau genteng beton dengan substitusi 40% serat sabut kelapa dan 6% serbuk cangkang telur mendapatkan nilai porositas sebesar 11,52%. Variasi sampel GD atau genteng beton dengan substitusi 32% serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur mendapatkan nilai porositas sebesar 8,53%. Terakhir pada variasi sampel GE atau genteng beton dengan substitusi 38 % serat sabut kelapa dan 8 % serbuk cangkang telur mendapatkan nilai porositas sebesar 10,48 %.

Terdapat dua variasi sampel yang tidak memenuhi standar yang ditentukan SNI 0096:2007, yaitu pada variasi sampel GC dengan nilai porositas 11,52 % dan GE dengan nilai 10,48%. Kedua sampel tersebut tentu sudah melebihi batas nilai porositas dari SNI yaitu 10%. Faktor besarnya nilai yang dihasilkan dikarenakan substitusi pada sabut kelapa membuat campuran kurang homogen sehingga genteng beton memiliki rongga, serta sifat sabut kelapa yang memiliki penyerapan yang besar (Winda & Mahyudin, 2018). Untuk variasi sampel lainnya masih di bawah batas standar yang ditentukan.

3.2.5. Pengujian rembesan/impermeabilitas

Pengujian rembesan air yang dilakukan pada genteng beton berumur 14 hari dengan variasi substitusi sabut kelapa dan cangkang telur memiliki hasil pengujian seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian rembesan

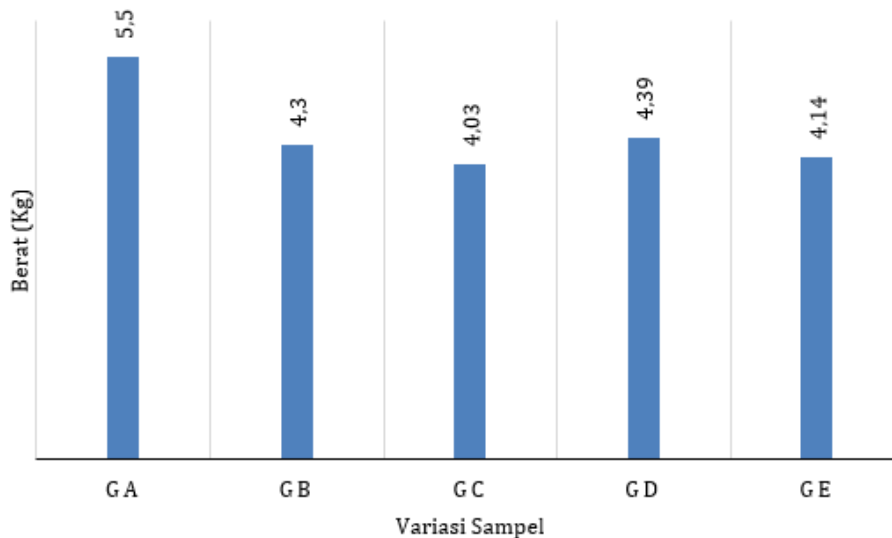
Variasi Sampel	Benda Uji	Rembesan	Keterangan
GA	GA1	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GA2	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GA3	Tidak ada rembesan	Memenuhi
GB	GB1	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GB2	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GB3	Tidak ada rembesan	Memenuhi
GC	GC1	Ada rembesan	Tidak memenuhi
	GC2	Ada rembesan	Tidak memenuhi
	GC3	Ada rembesan	Tidak memenuhi

Variasi Sampel	Benda Uji	Rembesan	Keterangan
GD	GD1	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GD2	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GD3	Tidak ada rembesan	Memenuhi
GE	GE1	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GE2	Tidak ada rembesan	Memenuhi
	GE3	Tidak ada rembesan	Memenuhi

Pengujian rembesan (*impermeabilities*) dilakukan dengan benda uji berjumlah 3 buah per variasinya. Benda uji yang diuji berumur 14 hari dan dilakukan pengujian sesuai SNI 0096:2007 selama 20 jam + 5 menit. Hasil dari uji impermeabilitas genteng beton dengan penambahan sabut kelapa dan cangkang telur yaitu ada variasi benda uji yang tidak terdapat tetesan air pada bawah permukaan genteng beton. Namun demikian ada juga variasi genteng beton GC1, GC2, dan GC3 yang terdapat rembesan/tetesan air pada bawah permukaan genteng beton dalam skala yang sedikit, sehingga tidak sesuai dengan syarat SNI 0096:2007 maka untuk pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) pada genteng beton variasi GC yaitu tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Akan tetapi variasi genteng beton GA, GB, GD, dan GE sudah memenuhi spesifikasi genteng beton sesuai SNI 0096:2007. Semakin banyak sabut kelapa yang dicampurkan pada proses pembuatan genteng beton maka semakin besar juga daya serapnya. Daya serap yang besar mengakibatkan tingkat rembesan airnya juga tinggi (Eli Eser, 2021).

3.3. Analisis perbandingan berat

Perbandingan berat beton dilakukan dengan menimbang genteng beton yang sudah sesuai umur yang ditetapkan pada penelitian ini dengan alat timbangan. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui perbandingan berat genteng beton normal dengan genteng beton campuran sabut kelapa dan cangkang telur. Adapun hasil pengujian berat genteng beton dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik perbandingan berat

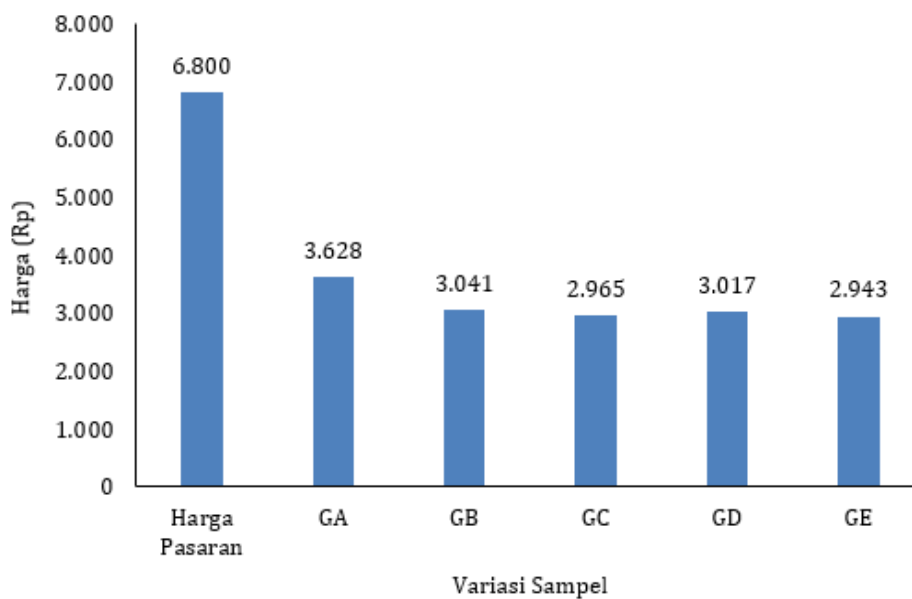
Genteng beton yang memiliki berat paling ringan yaitu genteng beton GC dengan variasi 40% sabut kelapa dan 6% cangkang telur dengan berat rata-rata yaitu 4,03 kg. Pada hasil pengujian diperoleh bahwa genteng beton GA atau genteng beton normal tanpa campuran sabut kelapa dan cangkang telur memiliki berat rata-rata yaitu 5,50 kg. Genteng beton GB dengan variasi 32% sabut kelapa dan 6% cangkang telur memiliki rata-rata berat sebesar 4,3 kg. Sedangkan genteng beton GD dengan variasi campuran 32% sabut kelapa dan 8% cangkang telur memiliki berat rata-rata 4,39 kg. Dan genteng beton GE dengan variasi 38% sabut kelapa dan 8% cangkang telur memiliki berat rata-rata 4,14 kg.

Genteng beton normal memiliki berat jenis sebesar 2,11. Sedangkan berat jenis genteng beton berserat yaitu 1,91. Dari hasil berat jenis tersebut dapat diketahui bahwa genteng beton berserat lebih ringan dibanding genteng beton normal. Pada genteng beton berserat menggunakan alternatif campuran sabut kelapa sebagai bahan pengganti pasir sehingga genteng berserat memiliki berat lebih ringan dibanding genteng beton normal (Mukhlis, 2008).

Berdasarkan SNI 0096:2007 tentang spesifikasi genteng beton tidak dijelaskan ketentuan berat genteng beton yang disyaratkan. Adapun berat genteng beton normal dipasaran berkisar 4,2 kg per buah. Jika dibandingkan dengan genteng beton konvensional maka genteng beton substitusi sabut kelapa dan cangkang telur memiliki berat lebih ringan.

3.4. Analisis perbandingan biaya

Pada rancangan biaya material pembuatan genteng beton ini mengacu pada ketentuan peraturan Walikota Semarang tentang standarisasi harga satuan bahan bangunan, upah, dan analisis pekerjaan untuk kegiatan pembangunan pemerintah Kota Semarang tahun anggaran 2024. Adapun perbandingan biaya dari setiap variasi sampel genteng beton ditunjukkan Gambar 11.



Gambar 11. Grafik perbandingan harga

Rancangan biaya pembuatan genteng beton per variasi nya dapat disimpulkan bahwa harga genteng beton konvensional lebih mahal dibanding harga genteng beton dengan tambahan substitusi cangkang telur dan sabut kelapa. Pembuatan genteng konvensional lebih mahal karena pada pembuatan genteng konvensional masih menggunakan material semen dan pasir dengan jumlah lebih banyak dibanding variasi genteng yang lain. Sedangkan untuk genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur lebih murah karena kedua bahan substitusi tersebut bisa didapat dengan tanpa biaya karena memanfaatkan limbah yang ada. Genteng beton dengan harga paling murah terdapat pada variasi sampel GE, dengan kadar 38% serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur.

Untuk harga sesuai dengan ketentuan peraturan walikota Semarang tentang standarisasi harga satuan bahan bangunan, upah, dan analisa pekerjaan untuk kegiatan pembangunan pemerintah kota semarang tahun anggaran 2024, harga genteng beton per buahnya sebesar Rp 6.800,00. Maka harga genteng beton pada penelitian ini lebih ekonomis dari produk di pasaran. Tabel 3 merupakan rangkuman untuk memudahkan pemahaman terhadap hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

Tabel 3. Rekapitulasi pengujian benda uji

Pengujian	Variasi GA	Variasi GB	Variasi GC	Variasi GD	Variasi GE
Sifat Tampak	Halus, tidak retak, warna abu-abu	Halus, tidak retak, warna kecoklatan	Halus, tidak retak, warna kecoklatan	Halus, tidak retak, warna abu-abu gelap	Halus, tidak retak, warna kecoklatan

Pengujian	Variasi GA	Variasi GB	Variasi GC	Variasi GD	Variasi GE
Ukuran	Memenuhi SNI 0096:2007	Memenuhi SNI 0096:2007	Memenuhi SNI 0096:2007	Memenuhi SNI 0096:2007	Memenuhi SNI 0096:2007
Beban Lentur	1771,24 N (Memenuhi SNI 0096:2007)	1730,96 N (Memenuhi SNI 0096:2007)	1350,52 N (Tidak memenuhi SNI 0096:2007)	1858,2 N (Memenuhi SNI 0096:2007)	1501,96 N (Memenuhi SNI 0096:2007)
Porositas	6,543 % (Memenuhi SNI 0096:2007)	8,731 % (Memenuhi SNI 0096:2007)	11,527 % (Tidak memenuhi SNI 0096:2007)	8,538 % (Memenuhi SNI 0096:2007)	10,484 % (Tidak memenuhi SNI 0096:2007)
Rembesan	Tidak ada tetesan air (Memenuhi SNI 0096:2007)	Tidak ada tetesan air (Memenuhi SNI 0096:2007)	Ada tetesan air (Tidak memenuhi SNI 0096:2007)	Tidak ada tetesan air (Memenuhi SNI 0096:2007)	Tidak ada tetesan air (Memenuhi SNI 0096:2007)
Berat	5,50 kg (Per buah)	4,3 kg (Per buah)	4,03 kg (Per buah)	4,39 kg (Per buah)	4,14 kg (Per buah)
Perbandingan Biaya	Rp 3.628,00 (Per buah)	Rp 3.041,00 (Per buah)	Rp 2.965,00 (Per buah)	Rp 3.017,00 (Per buah)	Rp 2.943,00 (Per buah)

Pada pengujian sifat tampak dan ukuran, semua variasi sudah sesuai dengan standar SNI. Untuk pengujian beban lentur terdapat satu variasi yang tidak sesuai dengan SNI yaitu pada variasi GC dengan nilai sebesar 1350,52 N < 1400 N. Pada pengujian porositas juga terdapat variasi yang belum sesuai dengan standar, yaitu pada variasi GC dan GE. Terakhir pada pengujian rembesan semua sudah sesuai dengan SNI, kecuali variasi GC yang masih terdapat tetesan air pada pengujian ini.

Maka dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa substitusi pada serat sabut kelapa dan cangkang telur dapat menambah kuat lentur dibanding genteng konvensional dengan kadar tertentu yaitu 32 % serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur. Untuk pengujian porositas dan rembesan air pada genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dengan kadar semakin tinggi maka dapat menghasilkan nilai porositas dan rembesan yang lebih besar karena sifat sabut kelapa yang memiliki penyerapan air yang besar. Sedangkan untuk penambahan serbuk cangkang telur pada uji porositas dan rembesan air pada genteng beton tidak memberikan hasil yang signifikan. Pada pengujian berat, pada genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dengan kadar semakin tinggi maka dapat menghasilkan bobot yang semakin ringan. Sedangkan untuk penambahan serbuk cangkang telur pada pengujian berat genteng beton tidak memberikan hasil yang signifikan. Pada perbandingan harga genteng beton, variasi campuran dengan kadar 38 % serat sabut kelapa dan 8% serbuk cangkang telur memiliki biaya produksi yang lebih murah atau ekonomis dibanding variasi genteng beton lainnya. Pada variasi tersebut memiliki harga yang lebih murah dikarenakan penambahan cangkang telur yang lebih banyak sehingga dapat menggantikan sebagian semen yang memiliki harga yang lebih mahal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Inovasi pembuatan produk genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur tidak hanya menghasilkan genteng beton yang lebih unggul dibandingkan genteng beton konvensional saja. Selain meningkatkan kualitas genteng beton, pemanfaatan kedua material tersebut dapat mengurangi limbah di lingkungan sekitar dan menghasilkan genteng beton ramah lingkungan.
- 2) Dari pengujian sifat tampak didapatkan hasil bahwa genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur tidak memiliki keretakan atau cacat yang lain dan sudah memenuhi spesifikasi SNI 0096:2007. Namun dari segi warna antara benda uji memiliki warna yang berbeda dikarenakan pengaruh dari campuran sabut kelapa sehingga warna genteng beton menjadi kecoklatan dibanding genteng beton konvensional.
- 3) Berdasarkan hasil uji ukuran genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur didapatkan hasil bahwa ukuran genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur memiliki ukuran yang hampir sama dengan genteng beton konvensional. Pengujian ukuran setiap variasi benda uji memiliki nilai diatas batas minimal yang di atur dalam SNI 0096:2007.

- 4) Dari hasil pengujian beban lentur didapatkan hasil bahwa genteng beton GD dengan persentase substitusi serat sabut kelapa 32% dan serbuk cangkang telur 8% memiliki nilai beban lentur sebesar 1858,2 N. Sedangkan genteng beton dengan nilai beban lentur rendah yaitu didapat pada variasi genteng beton GC dengan persentase substitusi sabut kelapa 40% dan 6% memiliki nilai beban lentur 1350,52. Untuk variasi GA,GB,dan GE sudah memiliki nilai beban lentur yang sesuai dengan ketentuan. Genteng beton GC tidak memenuhi ketentuan karena memiliki nilai beban lentur dibawah 1400 N.
- 5) Pengujian penyerapan air (porositas) pada genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur didapatkan hasil bahwa genteng beton dengan nilai porositas paling baik yaitu variasi GA dengan persentase kedua substitusi 0%. Sedangkan untuk variasi GC dan GE tidak memenuhi standar SNI karena memiliki nilai porositas yang lebih dari 10%. Untuk genteng beton dengan variasi GB dan GD memiliki nilai porositas yang kurang dari 10% dan sudah memenuhi ketentuan SNI 0096:2007. Penambahan sabut kelapa dengan kadar tinggi maka dapat menghasilkan nilai porositas dan rembesan yang lebih besar karena sifat sabut kelapa yang memiliki penyerapan air yang besar. Sedangkan untuk penambahan serbuk cangkang telur pada uji porositas dan rembesan air pada genteng beton tidak memberikan hasil yang signifikan.
- 6) Pada pengujian rembesan yang sudah dilakukan didapatkan hasil bahwa genteng beton konvensional maupun genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur sesuai dengan ketentuan SNI. Akan tetapi ada satu variasi genteng beton yang tidak memenuhi persyaratan SNI yaitu genteng beton variasi GC dengan persentase 40% sabut kelapa dan 6% serbuk cangkang telur.
- 7) Hasil uji berat genteng beton dapat ditarik kesimpulan bahwa genteng beton yang paling ringan terdapat pada variasi sampel GC dengan persentase 32 % serat sabut kelapa dan 8 % serbuk cangkang telur dengan berat rata-rata 4,03 kg. Sedangkan genteng beton GA atau genteng beton normal tanpa campuran sabut kelapa dan cangkang telur memiliki berat rata-rata yaitu 5,50 kg yang memiliki berat lebih tinggi dari variasi beton lainnya. Pada pengujian berat, pada genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dengan kadar semakin tinggi maka dapat menghasilkan bobot yang semakin ringan. Sedangkan untuk penambahan serbuk cangkang telur pada pengujian berat genteng beton tidak memberikan hasil yang signifikan.
- 8) Perencanaan biaya produksi genteng beton konvensional memerlukan biaya sebesar Rp. 3.628 per satu buah gentengnya. Sedangkan biaya produksi genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan serbuk cangkang telur membutuhkan biaya yang lebih murah. Variasi genteng beton yang memerlukan biaya produksi paling murah yaitu pada variasi genteng beton GE dengan biaya sebesar Rp 2.943 per satu gentengnya. Genteng beton dengan substitusi sabut kelapa dan cangkang telur lebih murah karena kedua bahan substitusi tersebut bisa didapat dengan tanpa biaya karena memanfaatkan limbah yang ada.

Ucapan terima kasih

Terimakasih ditujukan kepada Allah SWT, kepada dosen pembimbing penelitian ini, dan kepada pihak yang sudah membantu dalam penyusunan penelitian ini dari awal sampai akhir. Semoga penelitian ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan bisa dijadikan referensi penelitian-penelitian selanjutnya.

Referensi

- Ardan, M., Siregar, N., & Mahda, N. (2020). Pembuatan Dinding Beton Ringan Akustik dengan Pemanfaatan Limbah Serat Serabut Kelapa (Cocofiber). *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 7(2), 73–77. <https://doi.org/10.21063/jts.2020.v702.04>
- Ariyani, A. W. (2015). Tinjauan Kualitas Genteng Beton Sebagai Penutup Atap Dengan Bahan Tambah Serat Sabut Kelapa.
- Astuti, F. D., Hermanto, E., & Lubis, K. (2017). Pemanfaatan Limbah Styrofoam dan Serat Sabut Kelapa sebagai Bahan Tambah Genteng Beton. 1(1), 11–18.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 2049:2015 Semen Portland. Standar Nasional Indonesia, 1–147.
- Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian. (2022). Buku Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan Tahun 2022 -. Direktorat Jenderal Peternakan Dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian RI, 2. <https://ditjenpkh.pertanian.go.id/berita/1609-buku-statistik-peternakan-dan-kesehatan-hewan-tahun-2022>

- Dirjen Perkebunan. (2015). Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa 2014 - 2016. 1(December 2015), 1-95.
- Eser, E. L. I., & Barus, A. (2020). Diajukan Untuk Syarat Dalam Siding Sarjana Universitas Medan Area Universitas Medan Area.
- Fitriyah, H., & Ciptandi, F. (2018). Pengolahan Limbah Sabut Kelapa Tua Sebagai Pewarna Alam Pada Produk Fesyen. 5(3), 2534-2552.
- Frieda, Meilawaty, O., & H.A.B., F. A. (2018). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Pereduksi Semen Dalam Campuran Beton Berpori Ramah Lingkungan (Green Pervious Concrete). Jurnal Teknik, 1(2), 129-135.
- Hanum, M. S. (2015). Eksplorasi Limbah Sabut Kelapa (Studi Kasus : Desa Handapherang Kecamatan Cijeunjing Kabupaten Ciamis) The Exploration Of Coconut Fiber Waste (Case Study : Desa Handapherang Kecamatan Cijeunjing Kabupaten Ciamis). Art and Design, 2(2), 930-938.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2007). Genteng beton.
- Indraini, A. (2022). Bangun Rumah Makin Mahal! Harga Semen hingga Besi Beton Naik. DetikFinance.Com. <https://finance.detik.com/properti/d-6106765/bangun-rumah-makin-mahal-harga-semen-hingga-besi-beton-naik>
- Kurniawati, putri. (2017). Sintesis Superabsorben Aerogel Selulosa Berbasis Sabut Kelapa. Universitas Nusantara PGRI Kediri, 01, 1-7.
- Nasional, S. P. U. (n.d.). Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Paskawati, Y. A., Susyana, Antaresti, & Retnoningtyas, E. S. (2011). Pemanfaatan sabut kelapa sebagai bahan baku pembuatan kertas komposit alternatif. Jurnal Widya Teknik, 9, 12-21.
- PBI 1971. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 7, 130.
- Perwal. (2024). Peraturan Walikota No 38 Tahun 2024.
- Pohan, R. F., & Rambe, M. R. (2022). Beton Ramah Lingkungan Dengan Cangkang Telur Sebagai Pengganti Sebagian Semen. Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan Dan Sains, 2(1), 15-19. <https://doi.org/10.30598/metiks.2022.2.1.15-19>
- Portland, S., Bangunan, S. B., Beton, S., Sulfat, T., Beton, S., Kedap, B., & Concrete, A. (1993). Ruang Ling kup Acuan Normatif Pengertian Persyaratan-persyaratan. 1-34.
- Pratiwi, W. A. (2021). Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Arang Cangkang Telur Sebagai Penambah Semen. 1-23.
- Siswanto, E., & Gunarto, A. (2019). Penambahan Fly Ash Dan Serat Serabut Kelapa. Ukarst : Jurnal Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil, 3(1), 56-65.
- Suheryanto, D., & Haryanto, T. (2009). Pengaruh konsentrasi zat warna basa terhadap ketuanan dan ketahanan warna pada pencelupan serat sabut kelapa. 9-18.
- Trikarlina, E., Sigalingging, R., & Munir, A. P. (2018). Penambahan Sikacim Concrete Additive Pada Pembuatan Batako. J. Rekayasa Pangan Dan Pert., 6(1), 38-43.
- Unique, A. (2016). SNI 03-1973-1990. 0, 1-23.
- Venny Riza, F., Sapriandi Lubis, D., Vidia Br Manurung, F., Rizky Rizaldi Nst, M., Kunci, K., Busa, B., Tekan, K., Lentur, K., Tarik, K., & Elastisitas, M. (2020). Progress in Civil Engineering Journal Analisis Mekanis Beton Busa Dengan Kombinasi Serat Sabut Kelapa Serta Bahan Tambahan Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur. Progress in Civil Engineering Journal, 2(1), 53-67.
- Winda, I. F., & Mahyudin, A. (2018). Pengaruh Persentase Serat Sabut Pinang terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Resin Epoksi. Jurnal Fisika Unand, 7(1), 50-55. <https://doi.org/10.25077/jfu.7.1.50-55.2018>
- Yanwardhana, E. (2022). Bahan Bangunan Makin Mahal: Harga Semen, Besi, Pasir Meledak. Cnbcindonesia.Com. https://www.cnbcindonesia.com/news/20220809150538-4-362347/bahan_bangunan-makin-mahal-harga-semen-besi-pasir-meledak
- Zacoeb, A., Dewi, S. M., Jamaran, I., Sipil, J. T., Teknik, F., & Brawijaya, U. (2013). Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur Dan Pembesar Air. Jurnal Rekayasa Sipil, 7(1), 81-87.
- Zalukhu, P. S., Irwan, I., & Hutauruk, D. M. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Cocofiber) terhadap Campuran Beton sebagai Peredam Suara. Journal of Civil Engineering, Building and Transportation, 1(1), 27. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v1i1.367>.