



Pemanfaatan limbah serbuk kayu dan *fly-ash* sebagai bahan tambah pembuatan genteng beton *eco-friendly*

Ahcmad Faruk Faqrudin^{a*}, Syaiful Kharis Setiawan^b, Riza Susanti^c, Puji Widodo^d

^{a*, b, c, d} Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

ahcmadfaruk@gmail.com

Article history:

Received : 17 June 2023

Revised : 19 June 2023

Accepted : 20 June 2023

Publish : 21 June 2023

Keywords:

concrete tile, wood powder, fly-ash

ABSTRACT

Some roofs in Indonesia still use concrete tiles because they are expensive and heavy. Indonesia is also the largest producer of wood and coal in the world, which will cause sawdust and fly ash waste. Therefore, research was conducted aimed at utilizing wood dust waste and fly-ash waste as a mixture and trying to make lighter concrete tiles. So that in its use it can ease roof construction and also utilize waste so that concrete tile becomes more economical but has quality that meets SNI. The method used is an experimental method, with a mixture composition of cement and sand that is 1: 3 and uses 4 variations of test objects, namely for sawdust variation A, 0%; B, 25%; C, 0%; D, 25% of the weight of sand while for fly ash variation A, 0%; B, 0%; C, 25%; D, 25% by weight of cement. These tests include visible properties, size, flatness, bending load, absorption and seepage of water. The result of the average bending load in variations A = 170.632 kg, B = 168.933 kg, C = 195.446 kg, D = 179.812 kg. For the test results of average water absorption in variations A = 9.44%, B = 10.07%, C = 6.12%, D = 8.13%. The use of sawdust can reduce bending strength and increase water absorption and the addition of fly ash will increase bending strength and decrease water absorption compared to normal concrete tiles. Therefore, it can be concluded that concrete tile with the addition of sawdust and fly ash is better, economical and lighter than concrete tile without added materials and still meets SNI.

Copyright © 2023 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Atap merupakan pelindung suatu bangunan, di Indonesia sebagian masyarakat sudah menggunakan genteng beton sebagai penutup atap. Menurut kompas.com (2021), “genteng beton dapat bertahan hingga 20 tahun. Dalam pembuatannya genteng ini juga tidak perlu dibakar seperti halnya genteng tanah liat, sebab dengan adanya semen portland yaitu dengan sifatnya yang mengeras dan kaku bila bereaksi dengan air”. Namun dengan kelebihan tersebut atap di Indonesia selalu menggunakan genteng tanah liat sebagai bahan utamanya sehingga faktor penggerusan tanah semakin dalam dan mengakibatkan penggunaan genteng tanah liat kurang efisien dalam bahan bangunan oleh sebab itu genteng beton sebagai salah satu alternatif pengganti genteng tanah liat. Namun dalam penggunaannya genteng beton mempunyai harga yang relatif mahal daripada genteng yang lainnya, genteng beton juga mempunyai berat lebih besar sehingga konstruksi atap memerlukan desain yang cukup kuat dalam menahan berat genteng beton tersebut. Hal ini akan menjadi masalah dalam pemakainya sebab penggunaan genteng beton bakal berpengaruh terhadap ukuran reng.

Dalam dunia konstruksi, beton mempunyai kelemahan yaitu memiliki sifat getas dan kurang mampu menahan gaya tarik sehingga usaha dalam meningkatkan kualitas beton terus dilakukan sampai saat ini baik peningkatan kuat tekan, tarik maupun lentur dan bahkan ada yang sampai membuat beton menjadi ringan namun tetap memiliki kekuatan tinggi dan genteng beton merupakan salah satu bentuk pengaplikasian beton sebagai bahan bangunan non struktural yang memiliki kekurangan yang sama. Dalam penelitian ini peneliti mencoba membuat genteng yang lebih ringan dari biasanya sehingga dalam penggunaannya bisa meringankan konstruksi atap dan juga memanfaatkan limbah sehingga genteng beton menjadi lebih ekonomis namun mempunyai kualitas yang memenuhi SNI 0096-2007.

Indonesia adalah negara penghasil kayu terbanyak di dunia. Menurut Data Kehutanan Triwulan Tahun 2020, jumlah produksi kayu di Indonesia adalah sebesar 61,02 juta m³ (BPS, 2020), dengan banyaknya produksi kayu tersebut banyak menghasilkan perindustrian meubel dan kerajinan kriya, bukan hanya keindahan kerajinan kriya dan manfaat dari meubel itu sendiri namun hal itu juga dapat menimbulkan masalah baru dengan semakin meningkatnya produksi kerajinan dan meubel semakin banyak pula limbah serbuk kayu yang dihasilkan.

Bukan hanya penghasil kayu terbanyak, Indonesia juga merupakan negara penghasil batu bara terbanyak didunia. Pada tahun 2021 pemerintah Indonesia menetapkan domestic market obligation (DMO) batu bara sebesar 113 juta ton (Widagdo, 2021). Batu bara di Indonesia sebagai pembangkit listrik tenaga uap hasil pembakaran tersebut akan menjadi limbah *fly-ash*. Hal tersebut menimbulkan masalah jika *fly-ash* tidak dimanfaatkan dengan baik diantaranya yaitu masalah kesehatan dan lingkungan, karena *fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran batu bara biasanya dibuang sebagai timbunan. Oleh karena itu dibutuhkan pengelolaan supaya tidak menimbulkan masalah, seperti penurunan kualitas ekosistem dan pencemaran udara.

Genteng beton merupakan salah satu material penting yang digunakan untuk penutup atap, bahan campuran yang digunakan merata antara semen portland atau sejenisnya dengan agregat dan air atau tanpa menggunakan pigmen (SNI 0096-2007). Selain itu genteng beton juga sering di modifikasi dalam segi bentuk maupun bahan penyusunnya. Hal ini dilakukan agar dapat mengurangi limbah serta mengoptimalkan pemanfaatan limbah. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Nugroho,2016) yang menguji tentang kualitas genteng beton menggunakan substitusi serbuk kayu dengan hasil penelitian, semakin besar persentase penambahan serbuk kayu semakin besar juga kuat lentur namun masih belum memenuhi kriteria SNI sehingga penelitian seperti ini perlu dikembangkan lebih lanjut agar genteng beton sesuai SNI. Selain itu menurut penelitian yang dilakukan oleh, (Anhadi,2018) tentang pemanfaatan limbah serbuk kayu dan *fly-ash* terhadap kuat tekan dan penyerapan air pada batako dengan hasil yang baik sehingga dapat disimpulkan bahwa beton dapat di campur dengan bahan limbah serbuk kayu dan *fly-ash* agar terjadi adanya pemanfaatan limbah yang berkelanjutan dan selain itu perlu dikembangkan bahwa limbah serbuk kayu dan *fly-ash* bukan hanya digunakan untuk batako melainkan bisa digunakan untuk genteng beton dan plesteran.

Berdasarkan permasalahan tersebut munculah sebuah gagasan untuk memanfaatkan limbah serbuk kayu dan *fly-ash*. Gagasan yang diberikan adalah membuat genteng beton dengan campuran bahan serbuk kayu dan *fly-ash*. Gagasan ini diharapkan dapat menciptakan genteng beton yang lebih ringan daripada biasanya, lebih ekonomis, ramah lingkungan dan dapat menghasilkan genteng beton dengan nilai pengujian sifat tampak, ukuran, kerataan, beban lentur, penyerapan air (porositas), rembesan air (impermeabilitas) pada setiap variasi yang sesuai dengan SNI 0096-2007. Limbah serbuk kayu dan *fly-ash* dipilih karena limbah serbuk kayu dan *fly-ash* memiliki kandungan yaitu selulosa 60%, lignin 28% dan zat lain (termasuk zat gula) 12% (Baharudin,2005). Kandungan tersebut memiliki manfaat untuk mengikat material, serta meningkatkan mutu kuat tekan beton sedangkan kandungan silika dalam limbah *fly-ash* dapat bereaksi dengan kehadiran air melalui proses kimia dengan kalsium hidroksida yang tercipta dari proses hidrasi semen, maka akan dihasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat (Djiwantoro, 2001).

Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh limbah serbuk kayu dan *fly-ash* sebagai campuran genteng beton berdasarkan hasil pengujian sifat tampak, ukuran, kerataan, beban lentur, penyerapan air

(porositas), rembesan air (*impermeabilitas*) pada setiap variasi.

2. Membandingkan dari segi biaya antara genteng beton normal dengan genteng beton yang ditambahkan limbah serbuk kayu dan *fly-ash*.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental yang nantinya metode ini untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh variabel pengganti terhadap produk yang sesuai dengan SNI. Metode ini dilakukan secara langsung dan objektif di laboratorium.

2.2. Pengujian material

Penulis dalam pengujian material ini hanya melakukan pengujian terhadap agregrat halus, semen dan air. Untuk bahan tambah seperti serbuk kayu dan *fly-ash* penulis tidak melakukan pengujian. Pengujian dilakukan terhadap agregrat halus, semen dan air dikarenakan bahan tersebut sebagai dasar dalam pembuatan genteng beton.

2.3. Persiapan material tambahan

Pada tahap ini material serbuk kayu dan *fly-ash* yang didapatkan akan dilakukan beberapa perlakuan sebelum di proses sebagai bahan tambah dalam pembuatan genteng beton. Untuk serbuk kayu memakai lolos saringan ukuran 4,75 mm dan dilakukan penjemuran sedangkan *Fly-Ash* memakai lolos saringan ukuran 0,075 mm. Untuk bahan tambahan bisa dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Serbuk kayu



Gambar 2. Fly-ash lolos saringan 0,075 mm

2.4. Job mix design

Penulis melakukan perencanaan *mix design* yang bertujuan agar mengetahui perbandingan proporsi material yang digunakan dalam pembuatan genteng beton dengan bahan tambah serbuk kayu dan *fly-Ash*. Untuk pedoman campuran yang digunakan yaitu 1 PC :3 PS, yang kemudian dikonversikan ke dalam perbandingan volume. Dalam penelitian ini bahan tambah serbuk kayu di substitusi dari berat pasir dan *fly-ash* di substitusi dari berat semen, dengan total 4 variasi yaitu untuk benda uji A 0% SK ; 0% FA (genteng beton normal), benda uji B 25% SK, benda uji C 25% FA dan benda uji D 25% SK ; 25% FA. Untuk job mix design bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Job mix design

Bahan Tambah	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Sampel D	Keterangan
Serbuk Kayu	0%	25%	0%	25%	Terhadap berat pasir
<i>Fly Ash</i>	0%	0%	25%	25%	Terhadap berat semen

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

3.1.1. Pengujian agregat halus

Dari hasil kadar lumpur dengan menggunakan pasir muntulan didapatkan nilai rata-rata sebesar 3,51 %, yang mana menurut SK-SNI-S-04-1989-F kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5 %. Dari hasil tersebut untuk kadar lumpur menggunakan pasir muntulan sudah memenuhi SK-SNI-S-04-1989-F. Untuk gradasi pasir muntulan memiliki hasil modulus halus butir sebesar 3,685 %, dengan hasil tersebut pasir muntulan memenuhi syarat sesuai SNI 03-1972-1990 yaitu 1,5 - 3,8 %.

3.1.2. Pengujian air

Dalam penelitian ini pengujian air dilakukan melalui pengamatan dengan cara visual yang sesuai dengan PBI-1971. Untuk hasil yang dipakai, tidak berbau, air harus jernih, harus bersih tidak boleh memiliki kandungan minyak, lumpur, garam dan tidak boleh memiliki kandungan bahan- bahan yang lain yang bisa menurunkan kualitas genteng beton.

3.1.3. Pengujian semen

Keadaan Kemasan Semen, Pengujian ini dilihat dari kondisi semen yang mana kemasan semen dilakukan dengan cara visual secara langsung. Untuk penelitian ini kondisi semen masih bagus tidak terbuka ataupun robekan, untuk kemasan sendiri juga kering dan kondisi semen terlihat gembur tidak memadat. Keadaan Butiran Semen, Untuk proses pengujian ini dengan melakukan cara yaitu membuka kemasan semen dan selanjutnya di lihat secara visual mengenai keadaan butiran semen. Dari hasil yang didapatkan dalam pengamatan semen, terlihat bahwa semen dipakai dalam penelitian ini masih bagus atau dalam keadaan baik yang mana tidak terjadi gumpalan pada butiran semen.

3.2. Pengujian genteng beton

3.2.1. Sifat tampak

Untuk pengujian sifat tampak genteng beton dilakukan dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Dari pengamatan atau hasil pengujian semua benda uji genteng beton di semua variasi yang sudah di buat mempunyai permukaan atas yang halus, tidak dapat retakan atau cacat lain yang mengakibatkan kegunaan genteng beton kurang maksimal. Untuk pengujian sifat tampak bisa dilihat pada Gambar 3.



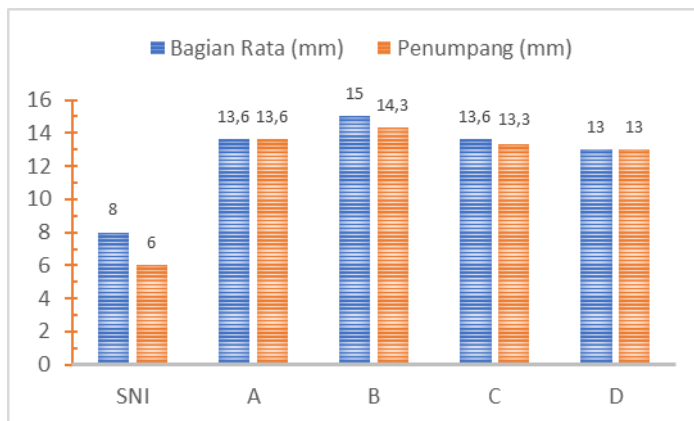
Gambar 3. Sifat tampak

Pengujian sifat tampak dilakukan dengan cara melihat secara visual. Untuk hasilnya tidak memiliki perbedaan antara sifat tampak genteng beton tanpa bahan tambah serbuk kayu dan *fly ash* dengan genteng beton yang ditambahkan serbuk kayu dan *fly ash* namun dalam segi warna terjadi perbedaan untuk genteng beton variasi A memiliki warna putih, variasi B memiliki warna agak kecoklatan, variasi C memiliki warna putih keabu-abuan dan variasi D memiliki warna putih kecoklatan keabu-abuan. Dalam penelitian ini sifat tampak di semua variasi yang sudah di buat mempunyai permukaan atas yang halus, tidak dapat retakan atau cacat lain yang mengakibatkan

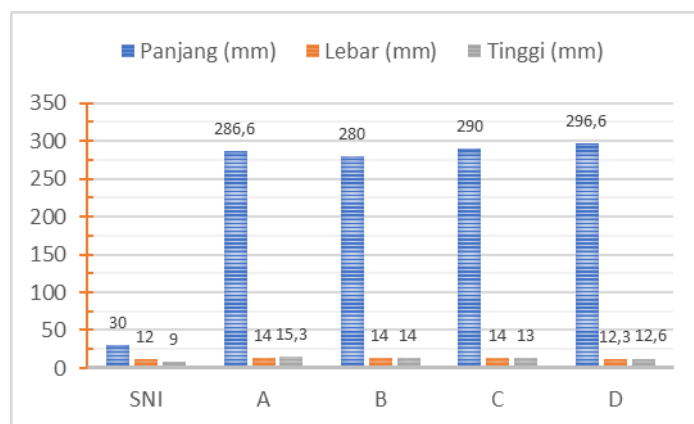
kegunaan genteng beton kurang maksimal sehingga pengujian sifat tampak pada genteng beton ini sudah memenuhi SNI 0096-2007.

3.2.2. Ukuran

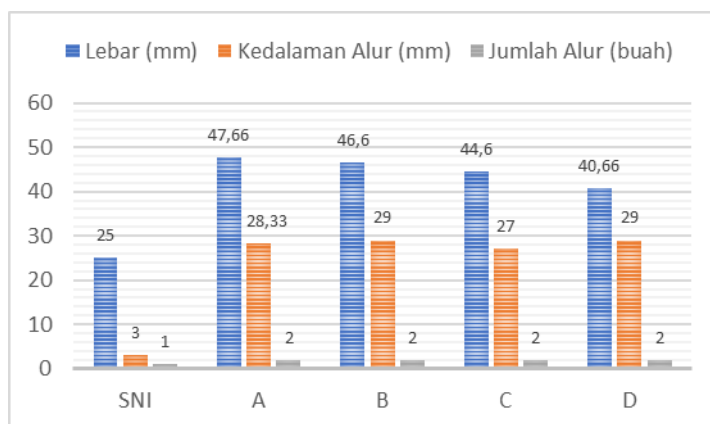
Dari hasil pengujian ukuran genteng beton dilakukan dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Untuk pengujian ukuran genteng beton bisa dilihat dari ketebalan, kaitan dan penumpangan. Dari pengukuran atau hasil pengujian ukuran genteng beton bisa dilihat pada gambar grafik dibawah ini. Untuk pengujian ukuran bisa dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6.



Gambar 4. Grafik perbandingan tebal



Gambar 5. Grafik perbandingan kaitan



Gambar 6. Grafik perbandingan penumpangan

Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6, bisa disimpulkan bahwa hasil yang diperoleh pada genteng beton di semua pengujian ukuran pada variasi A, B, C dan D menunjukkan bahwa ukuran sudah memenuhi batas minimal SNI 0096-2007. Dalam hal ini ukuran genteng beton tanpa bahan tambah

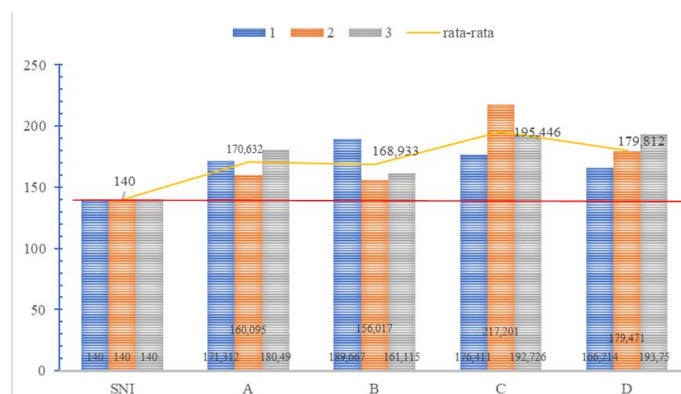
serbuk kayu dan *fly ash* dan genteng beton yang ditambahkan dengan serbuk kayu dan *fly ash* tidak mempunyai pengaruh yang signifikan, karena ukuran bergantung dengan cetakan yang digunakan.

3.2.3. Kerataan

Dari pengujian kerataan genteng beton dilakukan dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Kerataan dari genteng beton maksimal 3 mm dan tidak boleh lebih dari itu. Pengujian kerataan genteng beton ini dilakukan dengan meletakkan genteng beton dipermukaan yang rata dan dicek permukaan yang bawah menggunakan baja pipih dengan ukuran 3 mm. Pada genteng beton dengan penambahan serbuk kayu dan *fly ash* di semua variasi yang sudah di buat untuk kerataan dari genteng beton tidak lebih dari 3 mm sehingga sudah memenuhi SNI 0096-2007. Dalam hal ini ukuran genteng beton tanpa bahan tambah serbuk kayu dan *fly ash* dan genteng beton yang ditambahkan dengan serbuk kayu dan *fly ash* tidak mempunyai pengaruh yang berarti, karena kerataan bergantung dengan cetakan yang dipakai.

3.2.4. Beban lentur

Dari pengujian beban lentur genteng beton dilakukan pengujian dengan genteng pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Untuk hasil dari pengujian beban lentur pada genteng beton bisa dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik perbandingan kuat lentur

Pada gambar Gambar 7 hasil pengujian kuat lentur di semua variasi sesuai SNI 0096-2007 dan diperoleh nilai kuat lentur genteng beton tertinggi ada pada campuran variasi C (1PC ; 3 PS ; 25% FA terhadap berat semen) dengan nilai kuat lentur rata-rata sebesar 195,446 kg dan nilai kuat lentur terendah terjadi pada campuran B (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir) dengan nilai kuat lentur rata-rata sebesar 168,933 kg.

Nilai kuat lentur rata-rata genteng beton pada campuran variasi A (1PC ; 3 PS) adalah sebesar 170,63 kg. Kemudian pada campuran variasi B adalah sebesar 168,933 kg. Penambahan serbuk kayu pada genteng beton menjadi alasan terjadinya penurunan kuat lentur, karena serbuk kayu mempunyai berat jenis yang lebih rendah dari pasir (Anhadi, 2018). Sehingga dapat mempengaruhi berat genteng beton yang mengakibatkan terjadinya penurunan kuat lentur.

Berdasarkan grafik di atas di peroleh kuat lentur genteng beton dengan bahan tambah *fly ash* pada variasi campuran C dengan nilai kuat lentur rata-rata sebesar 195,446 kg. Hal tersebut karena *fly ash* mempunyai butiran yang sangat halus, dengan butiran yang halus *fly ash* dapat mengisi rongga terkecil atau pori yang ada pada genteng beton akibat adanya penambahan serbuk kayu (Anhadi, 2018). Sehingga dengan adanya penambahan *fly ash* mengakibatkan genteng beton lebih padat yang dapat mempengaruhi terjadinya peningkatan kuat lentur pada genteng beton.

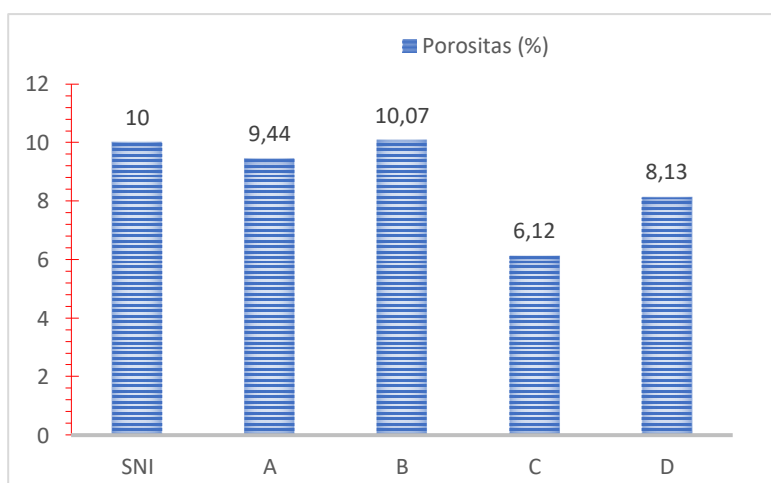
Meskipun pada variasi B nilai kuat lentur mengalami penurunan. Namun serbuk kayu memiliki daya ikat terhadap campuran beton sebab terdapat senyawa hemiselulosa, selulosa dan lignin (Anhadi, 2018). Sehingga memudahkan dalam pengerjaan genteng beton dikarenakan tidak terjadi pemisahan butiran campuran beton. Oleh karena itu, digunakan *fly ash* sebagai bahan tambah pada

genteng beton serbuk kayu. Sehingga nilai kuat lentur genteng beton variasi D (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir ; 25% FA terhadap semen) memiliki nilai rata-rata sebesar 179,812 kg. Hasil campuran variasi D ini mengalami peningkatan dari campuran variasi B namun masih di bawah campuran variasi C dikarenakan adanya penambahan serbuk kayu di campuran variasi D. Meskipun genteng beton campuran variasi D kuat lenturnya di bawah genteng beton campuran variasi C tetapi genteng beton variasi campuran D lebih baik daripada genteng beton tanpa tambahan serbuk kayu dan *fly ash* dan lebih ramah lingkungan di karenakan memanfaatkan lebih dari 1 limbah dan masih tetap memenuhi SNI 0096-2007. Sehingga bisa disimpulkan bahwa dalam pemanfaatan limbah tidak hanya 1 namun bisa lebih dari 1 agar terjadi pemanfaatan limbah yang berkelanjutan.

Dari hasil nilai kuat lentur dilakukan perhitungan karakteristik nilai beban lentur. Dalam perhitungan karakteristik beban lentur digunakan standard deviasi (sd), jumlah benda uji (n) tidak dikurangi 1, ini disebabkan karena pengujian kuat lentur menggunakan 3 benda uji dimana jika n-1 digunakan apabila jumlah benda uji minimal 10 buah. Dari perhitungan di setiap variasi didapatkan nilai karakteristik beban lentur, pada variasi A sebesar 1569,539 N, variasi B sebesar 1446,476 N, variasi C sebesar 1679,544 N dan variasi D sebesar 1613,717 N. Hasil tersebut menunjukkan bahwa di semua variasi sudah memenuhi SNI 0096-2007 yaitu untuk genteng beton dengan tinggi profil $20 \geq t \geq 5$ dan lebar penutup ≥ 300 harus memenuhi dengan nilai minimal 1400 N.

3.2.5. Penyerapan air

Dari pengujian penyerapan air (*porositas*) pada genteng beton dilakukan pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Untuk hasil dari pengujian penyerapan air (*porositas*) pada genteng beton bisa dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik penyerapan air

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa hasil dari pengujian penyerapan air (*porositas*) menunjukkan bahwa hanya campuran variasi B (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir) yang tidak sesuai SNI 0096-2007 dikarenakan terjadi nilai penyerapan air genteng beton tertinggi dengan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 10,07 % dan nilai penyerapan air terendah terjadi pada campuran C (1PC ; 3 PS ; 25% FA terhadap berat semen) dengan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 6,12 %.

Nilai penyerapan air rata-rata pada campuran variasi A (1PC ; 3 PS) adalah sebesar 9,44%. Kemudian pada campuran variasi B (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir) adalah sebesar 10,07 %. Penambahan serbuk kayu pada genteng beton menjadi alasan dikarenakan serbuk kayu mudah menyerap air (Anhadi, 2018). Sehingga terjadi peningkatan nilai penyerapan air ketika genteng beton ditambahkan serbuk kayu.

Berdasarkan grafik di atas di peroleh kuat lentur genteng beton dengan bahan tambah *fly ash* pada variasi campuran C dengan nilai penyerapan air sebesar 6,12%. Hal tersebut karena *fly ash* memiliki sifat fisika yang mempunyai butiran lebih halus dari semen yang menambah internal kohesi yang menyebabkan daerah terkecil dalam beton di isi oleh *fly ash* (Fatimah dan zikir, 2023). Sehingga

air sulit untuk masuk di karenakan adanya penambahan fly ash pada genteng beton. Meskipun pada variasi B nilai penyerapan air mengalami penurunan. Namun serbuk kayu memiliki daya ikat terhadap campuran beton sebab terdapat senyawa hemiselulosa, selulosa dan lignin (Anhadi, 2018). Sehingga memudahkan dalam pengerjaan genteng beton dikarenakan tidak terjadi pemisahan butiran campuran beton. Oleh karena itu, digunakan fly ash sebagai bahan tambah pada genteng beton serbuk kayu. Sehingga nilai penyerapan air genteng beton campuran variasi D (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir ; 25% FA terhadap semen) memiliki nilai rata-rata sebesar 8,13%. Hasil campuran variasi D ini mengalami penurunan dari campuran variasi B namun masih lebih tinggi dibanding campuran variasi C dikarenakan adanya penambahan serbuk kayu yang menyebabkan nilai penyerapan air meningkat, tetapi nilai tingkat penyerapan air masih berada dibawah batas maksimum SNI 0096-2007.

3.2.6. Rembesan air

Dari pengujian rembesan air (*Impermeabilitas*) pada genteng beton dilakukan pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah dari masing-masing variasi penambahan genteng beton dengan serbuk kayu dan *fly ash*. Untuk hasil dari pengujian rembesan air (*Impermeabilitas*) pada genteng beton bisa dilihat pada Tabel 2.

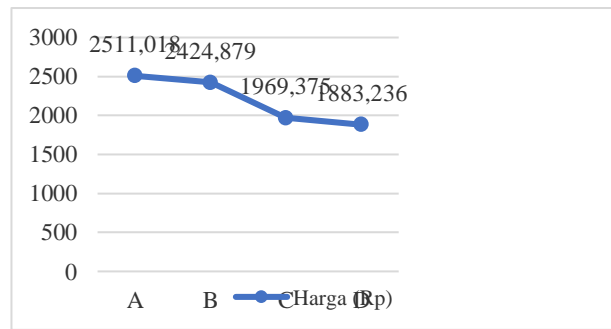
Tabel 2. Rembesan air

Sampel	Benda uji	Hasil
A	A1	Tidak terjadi tetesan air
	A2	Tidak terjadi tetesan air
	A3	Tidak terjadi tetesan air
B	B1	Tidak terjadi tetesan air
	B2	Tidak terjadi tetesan air
	B3	Tidak terjadi tetesan air
C	C1	Tidak terjadi tetesan air
	C2	Tidak terjadi tetesan air
	C3	Tidak terjadi tetesan air
D	D1	Tidak terjadi tetesan air
	D2	Tidak terjadi tetesan air
	D3	Tidak terjadi tetesan air

Dari Tabel 2 bisa disimpulkan bahwa hasil dalam penelitian ini alam pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) ini dilakukan selama 20 jam \pm 5 menit, dengan jumlah benda uji 3 buah di setiap variasi penambahan serbuk kayu dan *fly ash*. Dari pengujian menunjukkan bahwa masing-masing dari 3 buah setiap variasi mempunyai hasil tidak terjadi tetesan air akibat rembesan sehingga dari 4 variasi penambahan serbuk kayu dan *fly ash* memenuhi SNI 0096-2007.

3.3. Analisis perbandingan biaya material

Berikut adalah perbandingan biaya material genteng beton konvensional dengan genteng beton dengan menambahkan bahan serbuk kayu dan juga *fly ash*. Dengan perbandingan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik analisis perbandingan biaya material

Dalam analisis perbandingan biaya pada Gambar 9 mengenai genteng beton dengan substitusi serbuk kayu terhadap pasir dimana harga genteng beton campuran normal memiliki harga Rp 2.511,018.-. Pada variasi B dengan substitusi serbuk kayu terhadap pasir menyebabkan adanya selisih harga sebesar Rp 86,139,- dengan genteng beton variasi A. Hal ini dikarenakan substitusi serbuk kayu menyebabkan adanya pengurangan volume pasir yang mana mempengaruhi harga genteng beton variasi B. Namun selisih tersebut terbilang kecil dibandingkan dengan selisih antara variasi A dan variasi C dengan substitusi *fly-ash* terhadap semen yang memiliki selisih sebesar Rp 541,643.- dimana hal tersebut dikarenakan harga satuan semen per kilo dengan Rp 1.425,00 dibanding harga pasir per kilo dengan Rp 170.-. Sedangkan pada variasi D memiliki selisih harga yang paling tinggi dikarenakan adanya substitusi bahan serbuk kayu terhadap pasir dan substitusi *fly-ash* terhadap bahan penyusun semen yang mengakibatkan biaya menjadi turun dengan selisih sebesar Rp 627.692,-. Namun dengan harga yang lebih murah tersebut bukan berarti kualitas menjadi turun. Bisa dilihat dan disimpulkan bahwa genteng dengan penambahan serbuk kayu dan *fly ash* memiliki kualitas yang baik daripada genteng beton tanpa bahan tambah serbuk kayu dan *fly ash* ini bisa dilihat dari kuat lentur yang bertambah ketika ditambahkan serbuk kayu dan *fly ash* dan penyerapan air (*porositas*) juga lebih baik dengan terjadi penurunan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan, maka bisa di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian sifat tampak pada genteng beton di setiap variasi tidak mempengaruhi sifat tampak genteng beton pada umumnya. Semua variasi telah memnuhi persyaratan sesuai SNI 0096-2007. Akan tetapi terjadi perbedaan warna disetiap variasi
2. Hasil pengujian pengukuran pada genteng beton di setiap variasi menunjukkan bahwa telah memenuhi SNI 0096-2007 yang mana ukuran lebih dari batas minimum.
3. Pengujian kerataan pada genteng beton di setiap variasi menunjukkan bahwa semua variasi sudah memenuhi SNI 0096-2007 yaitu tidak lebih dari 3 mm
4. Hasil beban lentur menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu dapat menurunkan nilai beban lentur dan penambahan *fly ash* dapat meningkatkan nilai beban lentur. Hal ini bisa dilihat dengan campuran variasi B dengan ditambahkan serbuk kayu mengalami penurunan dan campuran variasi C dengan ditambahkan *fly ash* mengalami peningkatan. Namun ketika serbuk kayu dicampur dengan *fly ash* terjadi peningkatan ini bisa dilihat dari campuran variasi D dan campuran variasi D ini lebih baik daripada campuran variasi A yang tidak ditambahkan serbuk kayu dan *fly ash*. Namun campuran variasi D kuat lentur masih dibawah campuran variasi C tetapi campuran variasi D lebih ekonomis daripada campuran variasi C dan masih memenuhi SNI 0096-2007.
5. Dari hasil pengujian penyerapan air (*porositas*) menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu dapat meningkatkan nilai penyerapan air dan penambahan *fly ash* dapat menurunkan nilai penyerapan air. Hal ini bisa dilihat dengan campuran variasi B dengan ditambahkan serbuk kayu mengalami peningkatan dan campuran variasi C dengan ditambahkan *fly ash* mengalami penurunan. Namun ketika serbuk kayu dicampur dengan *fly ash* terjadi penurunan ini bisa dilihat dari campuran variasi D dan campuran variasi D ini lebih baik daripada campuran variasi A yang tidak ditambahkan serbuk kayu dan *fly ash*. Namun campuran variasi D penyerapan air masih

diatas campuran variasi C tetapi campuran variasi D lebih ekonomis daripada campuran variasi C dan masih memenuhi SNI 0096-2007. Sehingga hanya campuran variasi B (1PC ; 3 PS ; 25% SK terhadap berat pasir) yang tidak sesuai SNI 0096-2007 dikarenakan lebih dari 10% akibat penambahan serbuk kayu.

6. Hasil pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) pada genteng beton di setiap variasi tidak terjadi tetesan bahkan tidak terjadi rembesan sehingga dalam pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) di setiap variasi sudah memnuhi SNI 0096-2007
7. Perbandingan biaya pada pembuatan 1 genteng beton didapatkan biaya yang paling murah terdapat pada genteng beton campuran variasi D dengan total biaya Rp.1.883,236,- Ini dikarenakan adanya faktor penambahan limbah dan pengurangan bahan penyusun seperti semen dan pasir yang mengakibatkan biaya menjadi turun.

Ucapan terima kasih

Rasa terima kasih ditujukan kepada tuhan YME, kepada dosen pembimbing dalam penelitian ini serta seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan hasil penelitian ini. Semoga kedepannya penelitian ini bisa bermanfaat bagi pembaca dalam menambah wawasan dan pengetahuan

Referensi

- Cici Kusuma D. (2020). *Pemanfaatan Abu Sekam Padi dan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Genteng Beton Ramah Lingkungan*. Surabaya: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
- Edy Hermanto, Dkk. (2017). *Pemanfaatan Limbah Styrofoam Dan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Genteng Beton*. Medan: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Medan Area, Indonesia.
- Febriesa Tri Nugroho, Dkk. (2017). *Pembuatan Genteng Beton Berkonsep Eco-Friendly Materials*. Surakarta: Mahasiswa, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Dedi Irawan, Dkk. (2012). *Tinjauan Kualitas Genteng Beton Sebagai Penutup Atap Dengan Bahan Tambah Serbuk Gergaji Kayu Akasia*. Mahasiswa Surakarta, Universitas Muhammadiyah.
- Nurul Aini, P. D. (2021). *Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Dalam Campuran Beton dengan Bahan Tambah Superplasticizer*. 169-178. Garut: Mahasiswa, Institut Teknologi Garut.
- Setiawati. (2018). *Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton*. 1-8. Jakarta, Mahasiswa, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Umar, U. H. (2019). *Analisis Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kayu Jati*. 20-25. Batam, Mahasiswa, Universitas Internasional Batam
- Zacoeb, A, Dkk. (2013). *Pemanfaatan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur dan Perembesan*. 81-87. Malang, Mahasiswa, Universitas Brawijaya
- Supatmi. (2011). *Analisis Kualitas Genteng Beton dengan Bahan Tambah Serat Ijuk dan Pengurangan Pasir*. Yogyakarta, Mahasiswa, Universitas Negeri Yogyakarta
- Sulistiyono. (2014). *Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Sebagai Bahan Dalam Pembuatan Genteng Beton*. Semarang, Mahasiswa, Universitas Negeri Semarang
- Bandung aksara. (2021). *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu (Bagasse) Sebagai Substitusi Campuran Agregat Halus Pada Genteng Beton Analisi*. Semarang, Mahasiswa, Universitas Semarang