



Pemanfaatan limbah abu sekam dan bonggol jagung sebagai bahan tambah dalam proses pembuatan genteng beton

Yusnika Devi Hartajji^{a*}, Ahmad Rayhan^a, Riza Susanti^a, Hartono^a

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

yusnikadevihartajji@gmail.com

Article history:

Received : 12 June 2024

Accepted : 14 March 2025

Publish : 29 March 2025

Keywords:

additive materials, ash husk, concrete tile, corn cob ash, flexural strength,

ABSTRACT

Concrete tile has brittle properties, so it is less able to withstand loads because it has low bending strength. In addition, concrete tiles also often experience leaks caused by cracks. Therefore, innovation is needed to overcome these weaknesses. This study used materials from waste husk ash and corn weevil ash as a mixture composition. Husk ash is possible because it contains much silica, which, when combined with cement, can increase the bending strength of concrete tiles. Another material that can be used is corn weevil ash because it contains plastic properties that can fill the pores to reduce the potential for concrete tile leakage. This study used an experimental research method with a ratio of cement and sand composition of 1: 3. Substitution percentage for husk ash and corn weevil ash variation A (0% : 0%); B (7.5%: 7.5%); C (10%: 5%); D (12.5%: 2.5%). Tests were conducted based on SNI 0096-2007 for visible properties, size, flatness, flexural strength, water absorption (porosity), and water seepage (impermeability). The test results show that the optimum concrete tile was obtained in variation C with an increase in bending strength of 24.94%, 1869.06 N, and an average water absorption of 7.91%. The production cost of concrete tiles with additional husk ash and corn weevil ash amounted to Rp 3128.82, down 0.041% due to added materials that can reduce the use of cement and sand so that production costs decrease. Based on the test results, adding husk ash and corn weevil ash gives concrete tiles higher flexural strength, more leak resistance, and more economic.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Proyek pembangunan yang meningkat mendorong kegiatan pengembangan dalam memaksimalkan kualitas konstruksi. Kualitas konstruksi ditingkatkan dengan mengoptimalkan kualitas mutu bahan bangunan. Bahan bangunan banyak dilakukan inovasi untuk memenuhi sifat kurang yang masih terdapat di dalamnya (Dalimunthe, et al., 2023). Inovasi konstruksi yang dapat dilihat wujudnya dalam kehidupan sehari-hari yaitu inovasi pada atap bangunan. Hal ini sejalan dengan banyaknya pembangunan yang menuntut untuk menciptakan sesuatu demi memenuhi kebutuhan sesuai keinginan termasuk genteng (Zahari, 2019).

Genteng atau penutup atap memiliki syarat ringan, kedap air, dan kuat melindungi bagian atas bangunan. Seperti genteng beton yang bagus sebagai penutup atap dengan ketahanan tinggi dan tidak mudah berubah bentuk tetapi cukup berat dan kurang tahan kebocoran (Nugroho, et al., 2017). Oleh karena itu, banyak dicoba penelitian untuk mengatasi kelemahan genteng dengan bahan ramah lingkungan agar tetap aman (RACHMAN, 2015). Bahan ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran genteng beton yaitu limbah abu sekam padi dan abu bonggol jagung.

Pada penelitian terdahulu penambahan abu sekam padi 2,5%-7,5% optimum meningkatkan kuat lentur dan porositas genteng beton (Dewi, 2020). Penelitian lain menyebutkan bahwa kuat tekan beton paling tinggi pada penambahan persentase abu sekam padi sebanyak 10% (Raharja, et al., 2013). Kuat tekan beton yang tinggi memiliki korelasi kuat dengan kuat lentur beton dengan korelasi koefisien antara 0,8-1,0 (Suryani et al., 2018).

Abu sekam padi merupakan sisa dari penggilingan padi dengan pemanfaatan masih minim hanya untuk membakar batu bata, genteng, abu gosok, atau hanya dibuang dan dibakar begitu saja untuk membuangnya. Pembakaran abu sekam padi di sawah secara langsung dapat mengurangi kesuburan tanah sehingga akan mempengaruhi tanah (Utomo, 2017). Abu sekam juga bersifat pozzolan cukup tinggi yang mana ketika digabungkan dengan semen dapat meningkatkan kekuatan dengan kandungan senyawa silika 94%-96% (Heldita, 2018). Senyawa silika (SiO_2) juga bahan primer semen portland atau semen biasa (Rachman, 2015).

Selain inovasi bahan tambah dengan menggunakan abu sekam, penambahan abu bonggol jagung juga dapat meningkatkan kekuatan beton sebesar 8,36% dari kekuatan beton biasa dengan tambahan abu bonggol jagung sebanyak 5% dari variasi penambahan 0%, 5%, 10%, 15% dari berat pasir (Wijaya, 2020). Selain itu menurut Badan Pusat Statistik per tahunnya limbah bonggol jagung yang ada di Indonesia 5,7 juta ton digunakan untuk pakan ternak dan banyak tidak dimanfaatkan (Sari et al., 2018). Limbah jagung menjadi limbah pertanian yang tidak mengganggu ketersediaan bahan pangan di dunia. Belum lama ini sebuah penelitian membahas struktur mikro bonggol jagung mirip polistirena yang memiliki sifat plastis dapat mengurangi keretakan genteng beton penyebab kebocoran (Pereira et al., 2012). Oleh karena itu, penambahan abu sekam padi dan abu bonggol jagung pada genteng beton diharapkan dapat meningkatkan kuat lentur, dan mencegah keretakan yang menyebabkan kebocoran.

2. Data dan metode

2.1. Metode penelitian

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode pengumpulan data studi pustaka melalui jurnal sebagai bahan literatur yang memiliki keterkaitan dengan rumusan masalah yang diambil. Selain itu, metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif eksperimental yang dilakukan secara langsung dan objektif di laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui dan menganalisis bahan substitusi atau variabel pengganti sesuai dengan syarat SNI yaitu berkaitan dengan pengujian rembesan, pengujian penyerapan, pengujian sifat tampak, pengujian ukuran, pengujian kerataan, dan pengujian kuat lentur. Sehingga didapatkan campuran terbaik dan efisien antara abu sekam dengan abu bonggol jagung yang menghasilkan genteng beton memiliki kuat lentur tinggi, murah, dan tidak mudah bocor.

2.2. Pengujian material

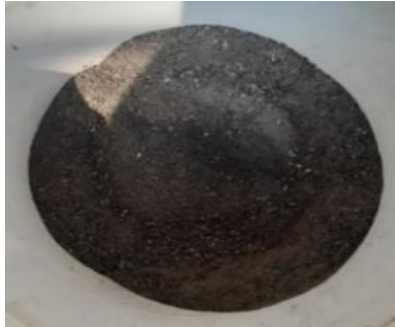
Pengujian material pada penelitian ini meliputi pengujian pada pasir, semen, dan air sebelum dilakukan pembuatan benda uji. Pengujian pasir dilakukan pengujian sesuai dengan SNI S-0401998-F, dan untuk pengujian semen sesuai SNI 15-7064-2004. Selain itu, untuk pengujian abu sekam dilakukan sesuai dengan pengujian semen begitupun sebaliknya untuk pengujian abu bonggol jagung dilakukan pengujian sesuai dengan pengujian agregat halus atau pasir.

2.3. Persiapan material tambah

Pada penelitian ini menggunakan bahan tambah pada pembuatan genteng beton yaitu limbah abu sekam dan limbah abu bonggol jagung. Untuk limbah abu sekam yang digunakan adalah abu sekam yang lolos saringan 0,3 mm, sedangkan limbah bonggol jagung yang digunakan adalah bonggol jagung yang lolos saringan 4,75 mm. Adapun bahan tambah ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Abu sekam



Gambar 2. Abu bonggol jagung

2.4. Job mix design

Sampel dalam penelitian ini dari variasi penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung pada campuran genteng beton. Benda uji dibuat dengan campuran semen : agregat halus sebanyak 1 : 3 dan dibedakan persentase bahan tambahannya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Job mix design

Variasi	Semen (%)	Agregat Halus (%)	Air (%)	Abu Sekam (%)	Abu Bonggol Jagung (%)
A	100,0	100,0	0,35	0,0	0,0
B	92,5	92,5	0,35	7,5	7,5
C	90,0	95,0	0,35	10,0	5,0
D	87,5	97,5	0,35	12,5	2,5

2.5. Pembuatan benda uji

Langkah – langkah dalam penelitian ini berupa pembuatan inovasi genteng beton adalah sebagai berikut :

- i) Mempersiapkan alat dan bahan untuk percobaan sesuai dengan kebutuhan yang telah direncanakan
- ii) Memasukkan bahan-bahan penyusun genteng beton ke dalam bak pengaduk disertai dengan bahan tambah berupa limbah abu sekam dan bonggol jagung ke dalam ember menggunakan cetokan
- iii) Mengaduk adonan tersebut sampai tercampur rata dan menjadi adukan yang homogen
- iv) Menuangkan adukan genteng beton tersebut ke dalam cetakan sampai penuh yang sebelumnya telah diberi alas plastik
- v) Setelah dimasukkan ke dalam cetakan genteng tersebut ditekan dan digosok-gosok sampai halus
- vi) Melakukan langkah tersebut berulang-ulang sampai jumlah genteng beton mencapai jumlah yang diinginkan untuk diuji
- vii) Mengeringkan genteng yang sudah dicetak, kemudian diangin-anginkan pada tempat yang terlindung dari terik matahari dan hujan selama 24 jam

- viii) Menyimpan genteng beton dalam ruangan lembab selama 24 jam, kemudian benda uji direndam dalam air bersih selama minimal tiga hari, setelah itu genteng beton diangkat dari tempat perendaman dan diangin-anginkan sampai hari pengujian. Genteng beton yang siap diuji dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Genteng beton

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

3.1.1. Pengujian agregat halus

Pada pengujian agregat halus dilakukan empat pengujian yaitu uji kadar lumpur, uji kandungan organis, uji gradasi pasir, dan uji berat jenis pasir. Diharapkan dari keempat pengujian didapatkan hasil sesuai dengan SNI. Adapun hasil dari pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil	Standard Acuan	Keterangan
Kadar Lumpur	3,1%	SNI S-04-1989-F (Maksimal 5%)	Memenuhi
Kandungan Organik (NaOH)	3,8%	SNI S-04-1989-F (Maksimal 5%)	Memenuhi
Gradasi Pasir	3,219	SNI 03-1750-1990 (Berkisar 1,5%-3,8%)	Memenuhi
Berat Jenis Pasir	2,513	SNI 03-1970-90 dan ASTM C 29M-91a (Berkisar 2,2 - 2,7)	Memenuhi

3.1.2. Pengujian semen

Pada pengujian semen dilakukan dua pengujian yaitu uji konsistensi normal semen dan uji waktu ikat awal semen. Diharapkan dari pengujian tersebut didapatkan hasil sesuai dengan SNI. Adapun hasil dari pengujian semen dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian semen

Jenis Pengujian	Hasil	Standard Acuan	Keterangan
Konsistensi normal Semen	30,5% 10 mm	SNI 15-2049-2004 (penurunan jarum 10 mm dalam waktu 15 detik)	Memenuhi
Waktu ikat awal semen	Menit 75 25 mm	SNI 15-2049-2004 (penurunan jarum 25 mm dalam waktu 60-120 menit)	Memenuhi

3.1.3. Pengujian air

Pengujian air dilakukan sesuai dengan ketentuan PBI-1971 secara visual tidak berbau, jernih, dan tidak tercampur zat-zat lain yang mempengaruhi kualitas benda uji.

3.1.4. Pengujian abu bonggol jagung

Pada pengujian abu bonggol jagung dilakukan perlakuan yang sama dengan pengujian agregat halus yaitu uji kadar lumpur, uji kandungan organis, uji gradasi bonggol jagung, uji berat jenis bonggol jagung. Diharapkan dari pengujian didapatkan hasil sesuai dengan SNI. Adapun hasil dari pengujian abu bonggol jagung pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil pengujian abu bonggol jagung

Jenis Pengujian	Hasil	Standard Acuan	Keterangan
Kadar Lumpur	0%	SNI S-04-1989-F (Maksimal 5%)	Memenuhi
Kandungan Organik (NaOH)	0%	SNI S-04-1989-F (Maksimal 5%)	Memenuhi
Gradasi Bonggol Jagung	1,967	SNI 03-1750-1990 (Berkisar 1,5%-3,8%)	Memenuhi
Berat Jenis Bonggol Jagung	>2,7	SNI 03-1970-90 dan ASTM C 29M-91a (Berkisar 2,2 – 2,7)	Tidak memenuhi

Tabel 4 menunjukkan bahwa dari pengujian berat jenis SSD 1,493 tidak dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya di luar batas yang diijinkan yaitu 2,2 sampai 2,7 (SNI 03-1970-90) dan ASTM C 29M – 91a. Tetapi abu bonggol jagung dapat digunakan sebagai bahan tambah agregat halus karena memiliki kandungan polistirena yang memiliki sifat plastis dapat mengurangi keretakan genteng beton penyebab kebocoran (Pereira et al., 2012).

3.1.5. Pengujian abu sekam

Pada pengujian abu sekam diperoleh hasil pengujian berat jenis sebesar 1,22 sehingga tidak dapat diklasifikasikan sebagai semen karena nilainya di luar batas yang diijinkan yaitu 3,0-3,2 gram/cm³ (SNI 15-2049-2004). Abu sekam dapat digunakan sebagai bahan tambah agregat halus karena memiliki sifat pozzolan yang ketika digabungkan dengan semen dapat meningkatkan pengikatan semen dan meningkatkan kekuatan lentur genteng beton (Heldita, 2018).




3.2. Pengujian genteng beton


Adapun pada penelitian ini akan dilakukan enam pengujian yaitu pengujian sifat tampak, pengujian rembesan, pengujian penyerapan air, pengujian ukuran, pengujian kerataan, dan pengujian beban lentur dengan masing-masing pengujian menggunakan tiga benda uji pada setiap variasi. Untuk hasil pengujian adalah sebagai berikut:

3.2.1. Pengujian sifat tampak

Pada penelitian pemanfaatan limbah abu sekam dan abu bonggol jagung sebagai bahan tambah dalam proses pembuatan genteng beton dalam pengujian sifat tampak diperoleh hasil bahwa genteng yang dihasilkan tidak terlalu berpengaruh dan sesuai standard SNI 0096-2007 yaitu genteng beton harus memiliki permukaan atas mulus, tidak ada retak, atau cacat yang mempengaruhi pemakaiannya. Hasil pengujian sifat tampak dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil pengujian sifat tampak

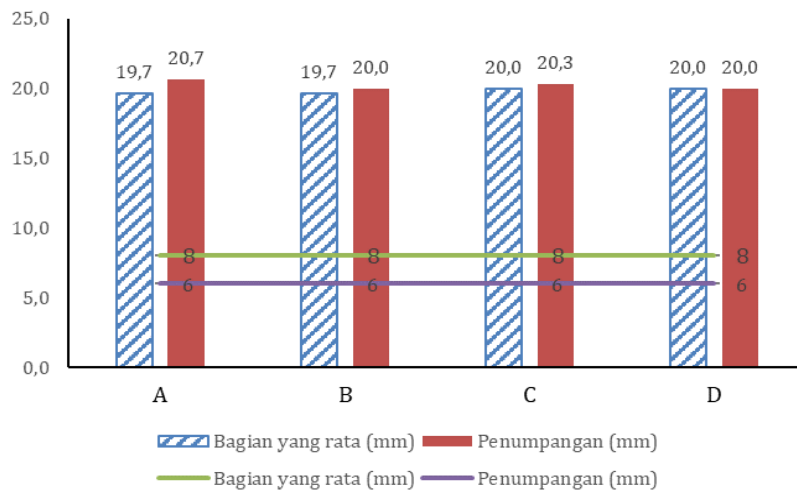
Sampel benda uji	Benda uji	Hasil sifat tampak	Dokumentasi
A	A1	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	A2	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	A3	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
B	B1	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	B2	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	B3	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
C	C1	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	

Sampel benda uji	Benda uji	Hasil sifat tampak	Dokumentasi
	C2	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	C3	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
D	D1	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	D2	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	
	D3	Warna Abu-Abu, Permukaan Halus, Tidak Retak	

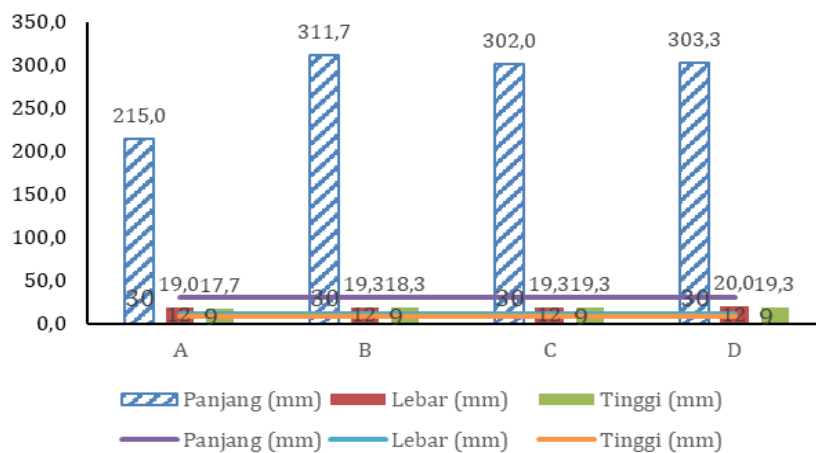
Pengujian sifat tampak dilakukan secara visual dalam mengamati benda uji. Hasil pengujian genteng tanpa bahan tambah dan genteng dengan tambahan abu sekam padi dan abu bonggol jagung tidak memiliki perbedaan. Semua variasi memiliki warna abu-abu, permukaan atas mulus, tidak ada retak, atau cacat yang akan mempengaruhi pemakaian sehingga sifat tampaknya sesuai dengan SNI 0096:2007.

3.2.2. Pengujian ukuran

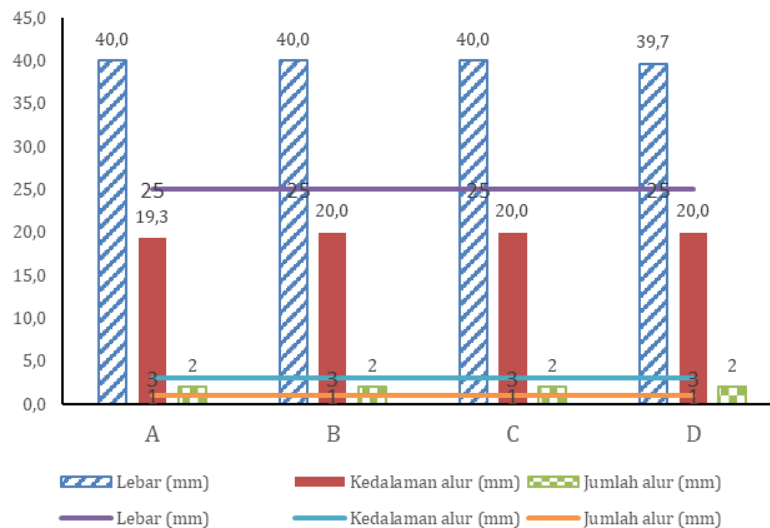
Pengujian ukuran genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 benda uji dari setiap variasi genteng konvensional ataupun penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Adapun pengujian ukuran berupa ukuran tebal, kaitan, dan penumpangan. Untuk hasil dari pengujian ukuran dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



Gambar 4. Perbandingan tebal genteng beton umur 14 hari



Gambar 5. Perbandingan kaitan genteng beton umur 14 hari



Gambar 6. Perbandingan penumpangan genteng beton umur 14 hari

Pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 dapat dilihat lebar, kedalaman alur, dan jumlah alur pada bagian penumpangan untuk genteng beton tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah sesuai dengan SNI 0096-2007 dengan minimal lebar 25 mm, kedalaman alur 3 mm, dan jumlah alur 2 buah. Berdasarkan pengujian ukuran tebal, kaitan dan penumpangan genteng beton tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah tidak memiliki perbedaan dikarenakan penambahan bahan tidak mempengaruhi ukuran genteng beton. Ukuran genteng beton dipengaruhi oleh cetakan genteng beton yang digunakan. Pembuatan genteng beton variasi tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah menggunakan cetakan yang sama, sehingga bentuk genteng beton sama.




3.2.3. Pengujian kerataan


Pengujian kerataan genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 benda uji dari setiap variasi genteng konvensional ataupun penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Adapun pengujian kerataan genteng beton maksimal 3 mm. Untuk hasil dari pengujian kerataan diperoleh hasil bahwa semua variasi memenuhi syarat SNI 0096-2007 dikarenakan menggunakan cetakan yang sama. Kerataan genteng beton dipengaruhi oleh cetakan genteng beton yang digunakan. Pembuatan genteng beton variasi tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah menggunakan cetakan yang sama, sehingga bentuk genteng beton sama dengan kerataannya.

3.2.4. Pengujian rembesan air

Pengujian rembesan air pada genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 benda uji dari setiap variasi genteng konvensional ataupun penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Adapun pengujian rembesan air yaitu genteng beton tidak mengalami rembesan air selama 20 jam \pm 5 menit. Adapun hasil dari pengujian pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian rembesan air

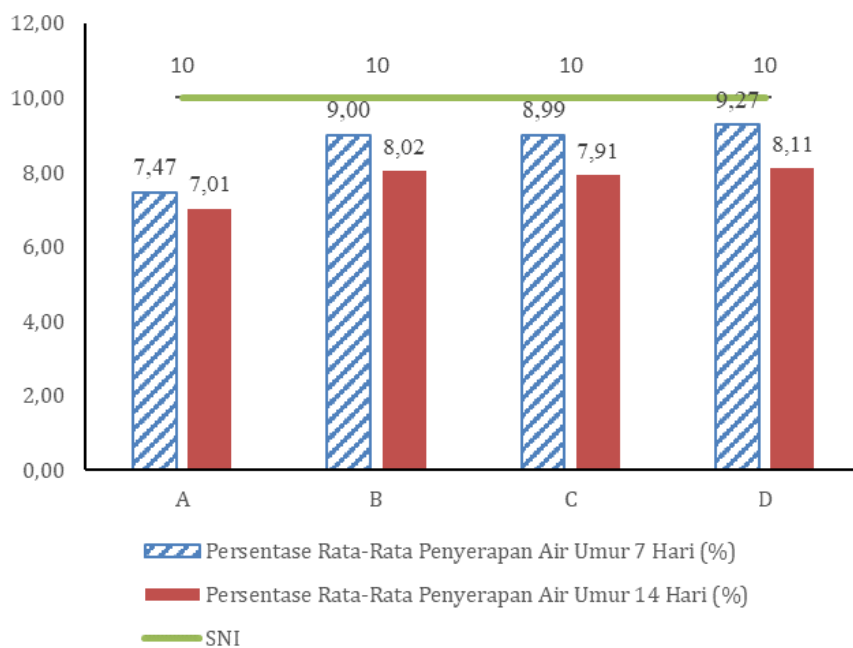
Sampel benda uji	Benda Uji	Rembesan	Referensi SNI 0096:2007
A	A1	Tidak terjadi rembesan air	
	A2	Tidak terjadi rembesan air	
	A3	Tidak terjadi rembesan air	
B	B1	Tidak terjadi rembesan air	
	B2	Tidak terjadi rembesan air	
	B3	Tidak terjadi rembesan air	
C	C1	Tidak terjadi rembesan air	
	C2	Tidak terjadi rembesan air	

Sampel benda uji	Benda Uji	Rembesan	Referensi SNI 0096:2007
	C3	Tidak terjadi rembesan air	
	D1	Tidak terjadi rembesan air	
D	D2	Tidak terjadi rembesan air	
	D3	Tidak terjadi rembesan air	

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa hasil pengujian rembesan air (*impermeabilities*) untuk genteng beton tanpa bahan tambah dan dengan bahan tambah tidak memiliki perbedaan. Pengujian menunjukkan variasi genteng beton A,B,C, dan D telah memenuhi syarat SNI 0096:2007 dengan tidak ada tetesan air selama 20 jam \pm 5 menit. Abu sekam padi mengandung senyawa silikat (SiO₂) sebagai pengganti sebagian semen memiliki peran untuk pengisi celah atau pori-pori (mikrofiller) agregat halus (Raharja, 2013). Abu bonggol jagung sebagai pengganti agregat halus dapat meningkatkan pengikatan pada campuran beton menyebabkan lebih kedap air (Hepiyanto, 2019). Hal ini menyebabkan genteng beton dengan bahan tambah dapat mengikat agregat halus dengan lebih baik sehingga tidak terdapat tetesan air.

3.2.5. Pengujian penyerapan air

Pengujian penyerapan air pada genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 benda uji dari setiap variasi genteng konvensional ataupun penambahan abu sekam dan abu bonggol. Untuk hasil dari pengujian penyerapan air diperoleh hasil bahwa semua variasi memenuhi syarat SNI 0096-2007 dikarenakan batas maksimal penyerapan air pada genteng beton adalah 10%. Adapun hasil pengujian penyerapan air dapat dilihat dari Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan pengujian penyerapan air umur 7 hari dan 14 hari

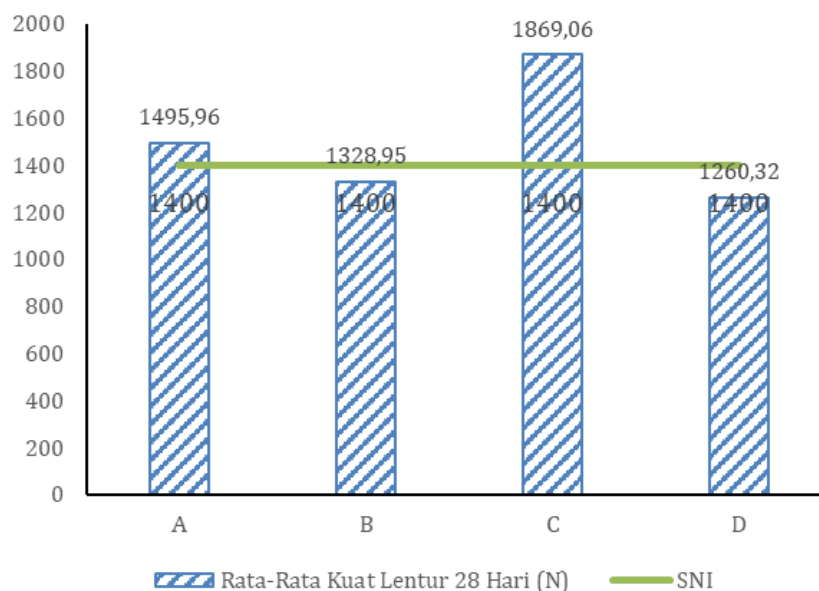
Gambar 7 menunjukkan perbandingan hasil pengujian penyerapan air genteng beton umur 7 hari dan 14 hari. Terjadi penurunan penyerapan air pada setiap variasi. Penyerapan air variasi A pada umur 7 hari 7,47% dan pada umur 14 hari 7,01%. Penyerapan air variasi B pada umur 7 hari 9% dan pada umur 14 hari 8,02%. Penyerapan air variasi C pada umur 7 hari 8,99% dan pada umur 14 hari 7,91%. Penyerapan air variasi D pada umur 7 hari 9,27% dan pada umur 14 hari 8,11%. Pada umur 7 hari, persentase penyerapan air genteng beton yang paling tinggi pada variasi D dan persentase paling rendah pada variasi A. Pada umur 14 hari, persentase penyerapan air genteng beton yang paling tinggi pada variasi D dan persentase paling rendah pada variasi A. Dari grafik dapat dilihat bahwa hasil

pengujian penyerapan air (porositas) semua variasi genteng beton telah memenuhi syarat SNI 0096:2007 dengan penyerapan air kurang dari 10%.

Peningkatan persentase penyerapan air genteng beton pada variasi B, C, dan D dibandingkan genteng beton A atau genteng beton konvensional disebabkan penambahan bahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Penambahan abu sekam padi berbanding lurus dengan penyerapan air, karena sekam padi dapat menahan air dan ketika dikeringkan tidak mudah membuang kadar airnya menyebabkan meningkatnya nilai penyerapan air (Tambunan, 2023). Penambahan abu bonggol jagung pada campuran beton memerlukan air yang cukup banyak untuk melakukan reaksi kimia, hal ini ditunjukkan dengan menurunnya pengujian nilai slump seiring dengan bertambahnya jumlah persentase abu bonggol jagung yang dimasukkan (Wijaya, 2020). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian penyerapan air genteng beton yang semakin meningkat dengan penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung.

3.2.6. Pengujian beban lentur

Pengujian beban lentur pada genteng beton dilakukan dengan menggunakan 3 benda uji dari setiap variasi genteng konvensional ataupun penambahan abu sekam dan abu bonggol. Adapun data yang diperoleh dari hasil pengujian beban lentur dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil pengujian beban lentur

Kuat lentur paling tinggi pada genteng beton variasi C dimana terdapat penambahan abu sekam 10% dan abu bonggol jagung 5%. Sedangkan kuat lentur genteng beton yang paling rendah pada variasi D dengan penambahan abu sekam 12,5% dan abu bonggol jagung 2,5%. Besaran peningkatan dan penurunan kuat lentur genteng beton dipengaruhi oleh variasi penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Abu sekam padi memiliki sifat pozzolan cukup tinggi yang mana ketika digabungkan dengan semen dapat meningkatkan kekuatan dengan kandungan senyawa silika 94%-96% (Heldita, 2018). Senyawa silika (SiO_2) juga bahan primer semen portland atau semen biasa (RACHMAN, 2015). Kuat tekan beton optimum pada penambahan abu sekam sebanyak 10% terhadap berat semen dan mengalami penurunan pada persentase 12% (Farhan, 2023). Tetapi semakin banyak penambahan abu sekam akan menurunkan kuat tekan beton.

Penambahan abu bonggol jagung juga dapat meningkatkan kekuatan beton maksimum dengan tambahan abu bonggol jagung sebanyak 5% dari berat pasir dan akan menurun pada persentase yang lebih tinggi (Wijaya, 2020). Semakin banyak penambahan abu bonggol jagung akan menurunkan kekuatan lentur yang ada pada genteng beton hal ini disebabkan karena semakin banyak kandungan silika dari bonggol jagung yang ada pada genteng beton menyebabkan genteng beton bersifat tidak elastis.

Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pada variasi C kuat lentur paling tinggi dengan peningkatan 24,94% dari genteng beton biasa. Peningkatan kuat lentur terjadi karena variasi abu sekam 10% dan abu bonggol jagung 5% merupakan persentase penambahan optimum. Sedangkan pada variasi D terjadi penurunan kuat lentur karena variasi lebih dari persentase optimum. Persentase abu sekam yang terlalu banyak akan mengikat air dengan cepat sehingga rongga-rongga yang seharusnya diisi semen dan agregat halus tidak terisi dengan baik dan kuat lentur genteng beton menurun (Utami, 2021). Adanya penambahan persentase abu sekam yang berlebih juga menyebabkan air terserap lebih cepat dan semen tidak dapat mengikat material pada campuran menyebabkan berkurangnya kekuatan beton (Kusumaningrum, 2019). Selain bahan tambah abu sekam adanya penambahan abu bonggol jagung dapat menambah daya lekat sehingga mempengaruhi kuat tekan beton meningkat (Abdi dkk., 2018). Meskipun persentase abu bonggol jagung pada variasi D dapat meningkatkan kuat tekan, tetapi kuat lentur pada variasi D tetap menurun karena abu sekam yang lebih dari 10% dapat menurunkan pengikatan campuran. Hal ini sesuai dengan penelitian genteng beton dengan penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung yang melebihi persentase maksimum akan menurunkan kuat lenturnya.

3.3. Analisis perbandingan biaya

Perbandingan harga antara pembuatan genteng beton secara konvensional dengan pembuatan genteng beton adanya bahan tambah abu sekam dan bonggol jagung ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Total biaya produksi tiap variasi genteng beton

Variasi benda uji	Total biaya produksi (Rp)
A	3.261,14
B	3.128,82
C	3.133,36
D	3.137,90

Harga produksi genteng beton paling tinggi Rp. 3.261,14 pada variasi A atau tanpa bahan tambah. Genteng beton dengan variasi tambahan abu sekam dan abu bonggol jagung memiliki harga produksi lebih rendah dari harga produksi genteng beton tanpa bahan tambah. Hal ini dikarenakan dengan tambahan abu sekam padi dan abu bonggol jagung dapat mengurangi penggunaan semen dan pasir yang mana dapat memangkas biaya produksinya. Harga produksi genteng beton paling rendah Rp 3.128,82 pada variasi B dengan penambahan abu sekam padi 7,5% dan abu bonggol jagung 7,5%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan dari enam pengujian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa genteng beton dengan tambahan limbah abu sekam 10% dan abu bonggol jagung 5% memiliki kuat lentur paling besar. Kuat lentur meningkat sebesar 24,94% dari genteng konvensional. Meskipun memiliki nilai penyerapan air (porositas) lebih besar dari genteng beton konvensional, genteng beton dengan tambahan abu sekam padi dan abu bonggol jagung memiliki harga produksi lebih rendah dan berat lebih ringan. Penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung tidak mempengaruhi sifat tampak, ukuran, dan kerataan pada genteng beton karena hal itu dipengaruhi oleh bentuk cetakan. Tidak terjadi rembesan air pada genteng beton konvensional dan genteng beton dengan tambahan abu sekam dan abu bonggol jagung. Hal ini dikarenakan dengan adanya penambahan abu sekam dan abu bonggol jagung yang memiliki kandungan silika dan bersifat plastis dapat mempengaruhi setiap pengujian pada pembuatan genteng beton.

Referensi

- Abdi, F. N., Widayati, R., & Ramadhani, W. (2018). Pengaruh Penambahan Abu Tongkol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Palu Dan Agregat Halus Pasir Tenggara. *Journal Techno Entrepreneur Acta*, 3(1), 13-13.
- Dalimunthe, N., & Lubis, N. K. (2023). Peran Lembaga Perbankan terhadap Pembangunan Ekonomi: Fungsi dan Tujuannya dalam Menyokong Ketenagakerjaan. *Jurnal Masharif Al-Syariah: Jurnal Ekonomi dan Perbankan Syariah*, 8(4).

- Dewi, C. K. (2020). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Dan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur Dan Daya Serap Air.
- Farhan, M., Nuklirullah, M., & Bahar, F. F. (2023). Pengaruh Penggunaan Abu-Sekam Padi sebagai Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik*, 21(1), 58-67.
- Heldita, D. (2019). PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Agregat Kasar Ex Desa Sungai Kacil, Agregat Halus Ex Desa Karang Bintang, Abu Sekam Padi Ex Desa Berangas). *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 8(1), 46-52.
- Hepiyanto, R., & Firdaus, M. A. (2019). Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K-200. *UKaRST*, 3(2), 86-93.
- Kusumaningrum, D. C. (2019). Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan beton dengan agregat kasar koral long iram dan agregat halus pasir mahakam. *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 1(2).
- Nugroho, A. D., Sianto, M. E., & Asrini, L. J. (2017). Optimalisasi faktor-faktor yang berpengaruh pada beban lentur genteng beton dengan metode response surface. *Widya Teknik*, 16(2), 97-104.
- Pereira, H., Hyacinth, C., Vilela, P., Pinto, J., Vieira, B., Pereira, S., Mcf, V., & Varum, H. (2012). Konstruksi dan Bahan Bangunan Beton ringan tongkol jagung untuk aplikasi non-struktural. 34, 346-351.
- RACHMAN, F. (2015). Penggunaan Abu Sekam Padi dan Abu Batu pada Pembuatan Genteng Beton.
- Raharja, S., As' ad, S., & Sunarmasto, S. (2013). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi. *Matriks Teknik Sipil*, 1(4), 503.
- Sari, P. D., Puri, W. A., & Hanum, D. (2018). Delignifikasi bonggol jagung dengan metode microwave alkali. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian 'AGRIKA*, 12(2), 164-172.
- Surbakti, M. A. (2021). Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Dan Silica Fume Terhadap Penguatan Lentur Beton. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 1(1).
- Suryani, A., Dewi, S. H., & Harmiyati, H. (2018). Korelasi Kuat Lentur Beton Dengan Kuat Tekan Beton: The Correlation Of Bending Strenght And Compressive Strength Of Concrete. *Jurnal Saintis*, 18(2), 43-54.
- Tambunan, R. R. (2023). Pengaruh Penambahan Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Tata, A., Sultan, M. A., & Sumartini, S. (2016). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Jurnal Sipil Sains*, 6(11).
- Utami, A. R. I. (2021). Impak Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Dan Jenis Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambahan Slump Flow Dan Kuat Tekan Beton Self Compacting Concrete Dengan Fas Yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 1(3).
- Utomo, T. (2017). Analisa kuat tekan beton geopolimer dengan bahan alternatif abu sekam padi dan kapur padam (Doctoral dissertation, Teknik Sipil-Fakultas Teknik).
- Wardhani, G. A. P. K. (2017). Karakterisasi Silika pada Tongkol Jagung Dengan Spektroskopi Infra Merah dan Difraksi Sinar-X. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 37-42.
- Widhiarto, H., Andriawan, A. H., & Matulesy, A. (2015). Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Menggunakan Campuran Abu-Sekam dan Kapur. *JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(02).
- Wijaya, H., & Zulkarnain, F. (2020). Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton dengan Bahan Tambah Superplasticizer Di Tinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton. Medan.(Skripsi) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- ZAHARI, A., ARIFIN, S., & PUTRA, P. P. (2019). Perbandingan Anggaran Biaya berdasarkan Volume Pekerjaan menggunakan Metode BIM dengan Kontrak Awal pada Pembangunan Gedung Auditorium IsDB Proyek Universitas Jember.