

## Pengaruh Penambahan Serat Pinang Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Ringan dengan *Fly ash* Sebagai *Filler*

Muhammad Blestynsky Renaldi, Alimin Mahyudin\*

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas

Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 14 Mei 2023

Direvisi: 30 Juni 2023

Diterima: 27 Juli 2023

#### Kata kunci:

*fly ash*

papan beton ringan

serat pinang

#### Keywords:

*Fly ash*

*lightweight concrete board*

*areca fiber*

#### Penulis Korespondensi:

Alimin Mahyudin

Email:

[aliminmahyudin@sci.unand.ac.id](mailto:aliminmahyudin@sci.unand.ac.id)

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan serat pinang terhadap sifat fisik dan mekanik papan beton ringan dengan *fly ash* sebagai *filler*. Variasi serat pinang 0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; 1% dengan menggunakan penyusunan serat secara acak. Sifat fisik dan mekanik yang diujikan meliputi densitas, daya serap air, porositas, kuat tekan dan kuat lentur yang diukur menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Berdasarkan hasil pengujian, penambahan massa serat sabut pinang berbanding terbalik dengan densitas dan berbanding lurus dengan porositas dan daya serap air. Nilai densitas terendah pada sampel variasi serat 1% sebesar 2 gr/cm<sup>3</sup>, nilai porositas terendah yaitu sebesar 19,56% dengan komposisi tanpa serat dan *fly ash*, dan nilai daya serap air terendah sebesar 9,47% pada komposisi tanpa serat dan *fly ash*. *Fly ash* dengan serat pinang mampu menambah nilai kuat tekan serta kuat lentur dari sampel papan beton ringan. Nilai kuat tekan tertinggi pada penambahan serat yaitu sebesar 78,5 kg/cm<sup>3</sup> dengan komposisi serat 1%, sedangkan nilai kuat lentur tertinggi sebesar 66 kg/cm<sup>3</sup> dengan komposisi serat 1%. Nilai porositas dan daya serap air sampel sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Selain itu, nilai kuat tekan yang didapatkan dari pengujian sampel memenuhi standar SNI 03-3449-2002.

*Research has been carried out on the effect of adding betel nut to the physical and mechanical properties of lightweight concrete boards with fly ash as filler. Variation of areca fiber 0.2%; 0.4%; 0.6%; 0.8%; 1% by using a random arrangement of fibers. Physical and mechanical properties tested include density, water absorption, porosity, compressive strength, and flexural strength measured by Universal Testing Machine (UTM). Based on the test results, adding areca fiber mass is inversely proportional to density and proportional to porosity and water absorption. The lowest density value in the 1% fiber variation sample is 2 gr/cm<sup>3</sup>, the lowest porosity value is 19.56% with the composition without fiber and fly ash, and the lowest water absorption value is 9.47% in the composition without fiber and fly ash. Fly ash with betel nut able to increase the value of the compressive strength and flexural strength of the lightweight concrete board sample. The highest compressive strength value in the addition of fiber is 78.5 kg/cm<sup>3</sup> with a fiber composition of 1%, while the highest flexural strength value is 66 kg/cm<sup>3</sup> with a fiber composition of 1%. The porosity and water absorption values of the sample had SNI 03-2105-2006 standard. In addition, the compressive strength value obtained from the sample test meets the SNI 03-3449-2002 standard.*

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dibidang material seiring dengan meningkatnya permintaan terhadap material komposit. Material komposit memiliki banyak kelebihan sehingga menjadi pilihan dibandingkan dengan material logam yang digunakan secara konvensional. Pada konstruksi permintaan material komposit beton menjadi pilihan yang menjanjikan dikarenakan sifat dari kuat tekan relatif tinggi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, perawatan murah dan dapat dikombinasikan dengan bahan lain (Sahrudin dan Nadia, 2016). Disisi lain, papan beton juga memiliki kelemahan, diantaranya kekuatan Tarik rendah, cenderung mengalami keretakan karena sifat semen hidraulis dan berat jenis beton yang besar. Berat jenis beton tersebut dapat mempengaruhi beban struktur gedung bertingkat sehingga dibutuhkan papan beton yang memiliki berat jenis ringan (Putranto, 2016). Saat ini papan beton dibuat sederhana dan setipis mungkin, semakin tipis ketebalan papan beton maka semakin halus agregat yang digunakan.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor SNI-03-3449-2002, papan beton ringan adalah papan beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai densitas tidak lebih dari  $1,90 \text{ g/cm}^3$ . Salah satu bahan yang potensial dalam membuat papan beton ringan yang sesuai SNI tersebut adalah serat alam (Monica dan Mahyudin, 2018). Pembuatan papan beton menggunakan serat alam agar menghasilkan suatu bahan komposit ringan, kuat, dapat diperbaharui dan tidak mencemari lingkungan. Penambahan serat juga dimaksudkan untuk memperbaiki kelemahan sifat yang dimiliki oleh beton yaitu memiliki kuat tarik yang rendah. Serat alam yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat pinang. Serat pinang digunakan karena serat pinang memiliki densitas  $0,7 - 0,8 \text{ g/cm}^3$  dan memiliki kandungan selulosa yang tinggi (57,35 -58,21 %) sehingga serat akan mudah berikatan dengan semen, selain itu penggunaan serat pinang dapat mengurangi limbah kulit pinang (Binoj dkk., 2016). *Glassfiber Reinforced Cement (GRC) Industry Group* pada tahun 2006 merekomendasikan standar panjang serat yang digunakan pada papan beton ringan adalah 12 mm hingga 25 mm. Volume serat yang digunakan pada papan beton ringan umumnya kecil dari 1% dan tidak lebih dari 2% dari volume GRC (Paradava dan Pitroda, 2013).

Salah satu serat alam yang potensial dimanfaatkan sebagai bahan komposit pembuatan papan beton ringan adalah serat pinang (Kamagi, 2017). Beberapa keistimewaan pemanfaatan serat pinang pada komposit yaitu menghasilkan bahan baru komposit alam yang ramah lingkungan sehingga mendukung gagasan pemanfaatan serat pinang menjadi produk yang memiliki nilai ekonomis dan teknologi tinggi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa serat pinang mampu meningkatkan kualitas sifat fisis dari papan beton ringan seperti nilai densitas, kuat lentur, porositas, kuat tekan, dan daya serap air (Monica dan Mahyudin, 2018; Winda dan Mahyudin, 2018; Anugrah dan Mahyudin, 2022). Beberapa variasi yang menentukan karakteristik fisis komposit papan beton ringan berbahan serat pinang tersebut antara lain adalah panjang serat, persentase penambahan serat pada komposit, dan *filler*. Salah satu *filler* yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas fisis papan beton ringan adalah *fly ash* (Danasi dan Lisantono, 2015). Dengan demikian, penelitian ini melakukan pengaruh presentase serat pinang terhadap sifat fisik dan sifat mekanik papan beton ringan dengan *fly ash* sebagai agregat halus.

## II. METODE

Penelitian dan uji sifat fisik (densitas, porositas, daya serap air) dilakukan di Laboratorium Fisika Material Universitas Andalas sedangkan untuk uji sifat mekanik (kuat tekan, kuat lentur) di Laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Padang. Panjang serat pinang yang digunakan adalah 2 cm yang terlebih dahulu direndam dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam setelah itu serat di bilas dengan aquades untuk menghilangkan kandungan NaOH yang tersisa. Persentase serat pinang yang digunakan yaitu sebanyak 0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; dan 1%. Volume semen, pasir, *fly ash* dan air yang digunakan secara berturut-turut adalah 28%; 43%; 15% dan 12% dari volume cetak.

Cetakan papan beton ringan dibuat dari plat aluminium dengan ukuran (5 x 5 x 1) cm untuk uji densitas, porositas, daya serap air dan kuat tekan sedangkan untuk kuat lentur menggunakan ukuran (20 x 5 x 1) cm. Campuran pasta beton kemudian dimasukkan kedalam cetakan hingga setengah dari cetakan tersebut, setelah itu serat yang telah bersih tadi disusun secara acak di atas pasta beton dalam cetakan. Setelah itu pasta beton dimasukkan lagi hingga cetakan terisi penuh. Kemudian sampel yang masih dalam

cetakan dibiarkan selama 28 hari pada suhu ruang untuk proses pengeringan. Setelah proses pengeringan sampel siap dilakukan pengujian sifat fisik dan sifat mekanik.

Data hasil pengujian sifat fisik pada papan beton ringan dengan variasi serat pinang dan serat sabut kelapa dengan *fly ash* sebagai agregat halus di peroleh dalam penelitian ini dibandingkan dengan standar mutu SNI 03-2015-2006 dengan ukuran sampel 5 cm x 5 cm x 1 cm. Hasil pengujian sifat mekaniknya dibandingkan dengan standar mutu SNI 03-3449-2002 dengan ukuran sampel 5 cm x 5 cm x 1 cm (untuk pengujian kuat tekan) dan ukuran sampel 20 cm x 5 cm x 1 cm (untuk pengujian kuat lentur).

## 2.1 Pengujian Densitas

Densitas didapat dengan mengukur massa kering papan dalam satuan g dan mengukur panjang, lebar serta tebal papan untuk mendapatkan volumenya dalam satuan cm<sup>3</sup>. Nilai densitas didapat dengan menggunakan Persamaan (1).

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

dengan  $\rho$  adalah kerapatan/ densitas (gr/cm<sup>3</sup>),  $m$  adalah massa (gr),  $v$  adalah volume (cm<sup>3</sup>).

## 2.2 Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui pori-pori atau rongga udara pada papan beton ringan. Mula-mula sampel uji direndam dalam wadah berisi air pada suhu ruang selama 24 jam. Sampel uji dikeluarkan dari wadah dan dikeringkan dengan kain hingga airnya tidak menetes lagi. Sampel uji ditimbang menggunakan neraca digital dan dicatat hasilnya  $m_b$ . Nilai porositas sampel uji didapat dengan menggunakan Persamaan (2).

$$P = \frac{(m_b - m_k)}{v\rho_a} \times 100\% \quad (2)$$

dengan  $P$  adalah porositas (%),  $m_b$  adalah massa basah (gr),  $m_k$  adalah massa kering (gr),  $v$  adalah volume (cm<sup>3</sup>),  $\rho_a$  adalah massa jenis air (gr/cm<sup>3</sup>).

## 2.3 Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton untuk menyerap air ketika direndam dalam air hingga memiliki massa jenuh. Pengujian daya serap air dilakukan bersamaan dengan pengujian porositas. Nilai daya serap air didapat dengan menggunakan Persamaan (3).

$$X = \frac{(m_b - m_k)}{m_k} \times 100\% \quad (3)$$

dengan  $X$  adalah daya serap air,  $m_b$  adalah massa basah (gr),  $m_k$  adalah massa kering (gr).

## 2.4 Pengujian Kuat Tekan

Sampel uji disiapkan dan diukur dimensi panjang, lebar dan tebalnya menggunakan jangka sorong dan dicatat hasil pengukurannya. Setelah itu dilakukan pengujian kuat tekan menggunakan mesin UTM dengan meletakkan sampel uji pada tumpuan. Sampel uji diberi beban secara vertikal hingga sampel retak dan dicatat sebagai nilai  $P_r$ . Setelah itu dilakukan perhitungan nilai kuat tekan menggunakan Persamaan (4).

$$f_c = \frac{P_r}{A} \quad (4)$$

dengan  $f_c$  adalah kuat tekan (kg/cm<sup>2</sup>),  $P_r$  adalah beban retak maksimum (kg),  $A$  adalah luas bidang permukaan (cm<sup>2</sup>).

## 2.5 Pengujian Kuat Lentur

Sampel uji disiapkan dan diukur lebar dan tebalnya menggunakan jangka sorong. Pengujian kuat lentur dilakukan menggunakan mesin UTM dengan meletakkan sampel uji secara horizontal pada tumpuan, lalu diberikan beban dan dicatat perubahan sampel hingga retak sebagai nilai  $B$ . Setelah itu dilakukan perhitungan nilai kuat lentur menggunakan Persamaan (5).

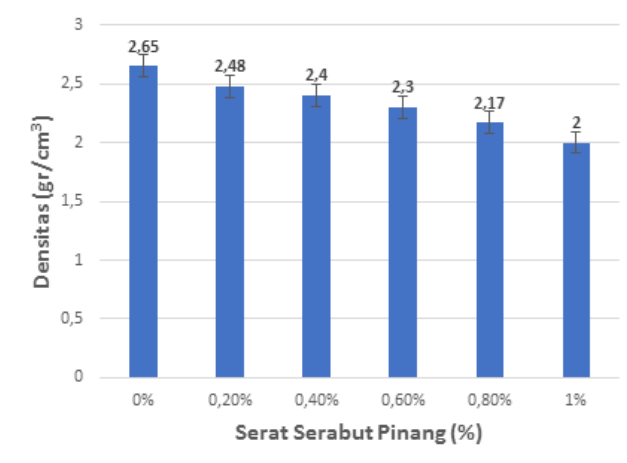
$$f_r = \frac{3BS}{2LT^2} \quad (5)$$

dengan  $f_r$  adalah kuat lentur ( $\text{kg/cm}^2$ ),  $B$  adalah beban patah maksimum (kg),  $S$  adalah jarak tumpuan (cm),  $L$  adalah lebar rata-rata benda uji (cm),  $T$  adalah tebal rata-rata benda uji (cm).

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Densitas

Nilai densitas untuk pengaruh persentase serat pinang setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan dengan Persamaan (1) maka didapatkan data seperti Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 diatas terlihat bahwa papan beton memiliki rentang densitas antara (2 – 2,65)  $\text{gr/cm}^3$ . Densitas tertinggi didapatkan pada papan beton ringan tanpa menggunakan *fly ash* dan serat pinang yaitu sebesar 2,65  $\text{gr/cm}^3$ . Sedangkan densitas terendah pada persentase serat sebesar 1% yaitu 2  $\text{gr/cm}^3$ . Densitas yang didapat mulai dari variasi sampel tanpa serat dan *fly ash* sampai variasi sampel menggunakan serat 1% mengalami penurunan. Densitas yang semakin rendah disebabkan oleh adanya rongga udara pada lapisan matriks. Rongga udara pada sampel tersebut terbentuk akibat penambahan *fly ash* yang merupakan agregat ringan (Miswar, 2020). Jumlah rongga udara pada papan beton sebanding dengan massa serat sabut pinang yang digunakan.



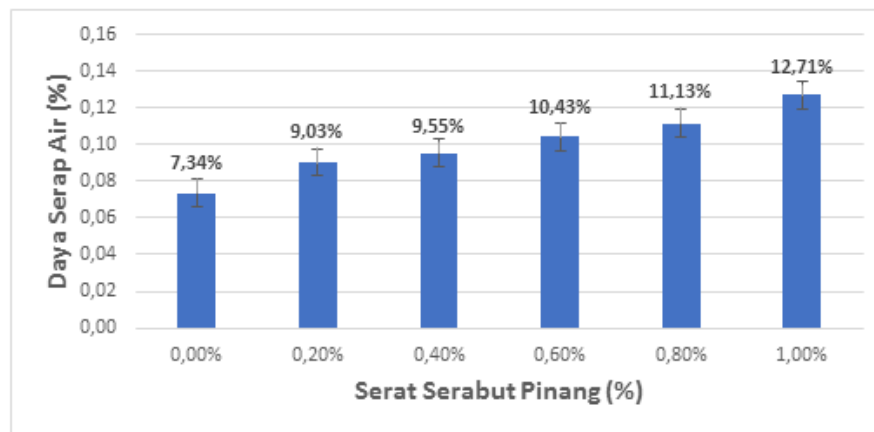
**Gambar 1** Pengaruh persentase serat sabut pinang terhadap densitas papan beton.

Nilai yang didapat belum memenuhi nilai densitas papan beton ringan SNI-03-2105-2006 yaitu kecil dari 1,90  $\text{gr/cm}^3$ . Hal ini terjadi karena kurangnya jumlah rongga udara pada papan beton ringan. Kurangnya rongga udara terjadi karena tidak adanya penggunaan zat ekstraktif dalam pembuatan papan beton ringan. Widodo (2010) menyatakan bahwa zat ekstraktif berpengaruh terhadap konsumsi mortar semen, laju pengerasan dan daya tahan papan beton yang dihasilkan.

#### 3.2 Daya Serap Air

Gambar 2 menunjukkan pengaruh penambahan serat sabut pinang terhadap daya serap air papan beton ringan. Pada sampel papan beton ringan tanpa serat dan *fly ash* daya serap air yang didapat adalah 7,34%, ini adalah daya serap air terkecil yang didapatkan. Hal ini dikarenakan pada sampel papan beton ringan tanpa serat dan *fly ash* tidak terdapat rongga-rongga udara. Putri dan Mahyudin (2021) menyatakan bahwa selulosa yang terdapat dalam *filler* (serat pinang) papan partikel mampu menyerap air karena adanya gaya absorpsi yang merupakan gaya tarik molekul air pada ikatan hidrogen yang terdapat dalam selulosa tersebut. Daya serap air terbesar adalah 12,71% yang ditunjukkan pada persentase 1% serat. Pengaruh penambahan serat sabut pinang dengan *fly ash* sebagai *filler* terhadap daya serap air dapat dilihat pada Gambar 2.

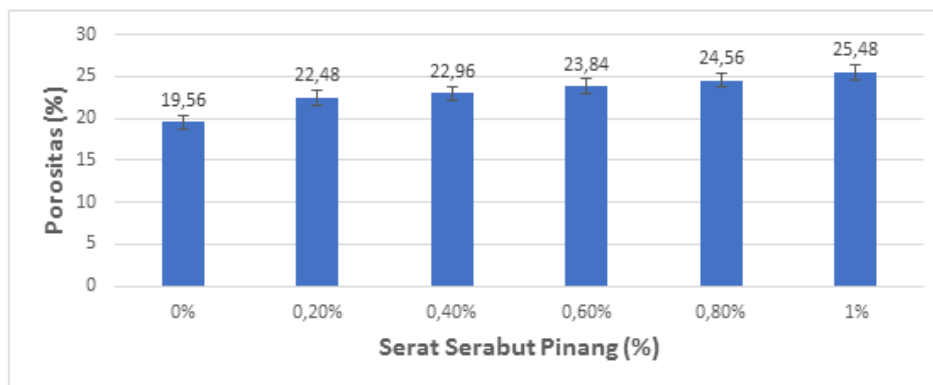
Daya serap air papan beton ringan pada Gambar 2 telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yaitu kurang dari 14%. Ini menunjukkan penambahan serat pada papan beton mempengaruhi daya serap air. Semakin banyak serat yang digunakan maka daya serap air yang didapat juga semakin tinggi.



Gambar 2 Pengaruh persentase serat serabut pinang terhadap daya serap air papan beton.

### 3.3 Porositas

Porositas menunjukkan bahwa banyaknya pori-pori pada sampel uji. Sampel papan beton ringan yang diharapkan yaitu sampel papan beton yang memiliki nilai porositas yang kecil. Secara umum nilai porositas berbanding lurus dengan daya serap air namun berbanding terbalik dengan densitas. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai porositas sampel papan beton ringan terendah didapatkan pada persentase 0% serat yaitu sebesar 19,56%. Porositas tertinggi sebesar 25,48% didapatkan pada persentase serat sebanyak 1%. Nilai porositas yang meningkat seiring dengan peningkatan persentase penambahan serat pinang disebabkan oleh daya serap air dari serat pinang yang tinggi (Binoj dkk., 2016). Pengaruh penambahan serat sabut pinang terhadap porositas papan beton ringan dapat dilihat pada.

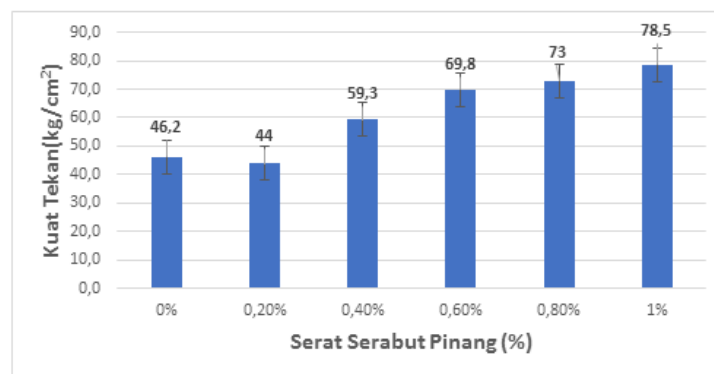


Gambar 3 Pengaruh persentase serat serabut pinang terhadap porositas papan beton.

Porositas papan beton ringan pada Gambar 3 yaitu dari papan beton ringan tanpa serat dan *fly ash* sampai variasi penambahan serat 0,8 % telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yaitu kurang dari 25%. Namun, untuk papan beton ringan dengan variasi serat pinang 1% tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Hal ini menunjukkan penambahan serat berpengaruh pada porositas papan beton. Semakin banyak serat yang digunakan maka porositas semakin tinggi.

### 3.4 Kuat Tekan

Pengukuran kuat tekan menunjukkan kemampuan papan beton yang diberi beban maksimum hingga papan beton tersebut retak atau hancur. Gambar 4 menunjukkan pengaruh persentase serat serabut pinang dengan *fly ash* sebagai *filler* terhadap kuat tekan. Kuat tekan terendah didapatkan pada papan beton ringan tanpa serat dan *fly ash* yaitu 46,2 kg/cm<sup>2</sup>. Kuat tekan tertinggi sebesar 78,5 kg/cm<sup>2</sup> didapatkan pada persentase 1%. Pengaruh persentase serat sabut pinang terhadap kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.



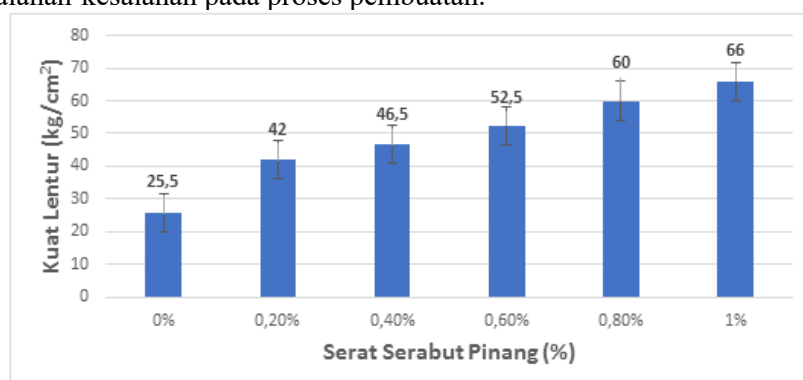
**Gambar 4** Pengaruh persentase serat serabut pinang terhadap kuat tekan papan beton.

Terlihat pada gambar bahwa nilai kuat tekan pada sampel papan beton ringan berada pada kisaran (44-78,5) kg/cm<sup>2</sup>. Sementara nilai kuat tekan SNI 03-3449- 2002 berada pada kisaran (68,9-172,4) kg/cm<sup>2</sup>. Pada papan beton ringan yang tidak menggunakan serat dan *fly ash* dan papan beton ringan dengan variasi serat 0,2% sampai 0,4% belum memenuhi standar SNI 03-3449-2002 dan pada papan beton ringan dengan penambahan serat 0,2% kuat tekannya lebih rendah dibandingkan papan beton ringan tanpa serat dan *fly ash*. Hal ini dikarenakan diameter serat yang tidak sama sehingga terdapat rongga udara pada papan yang mengakibatkan papan bersifat tidak padat dan rapuh. Hal itu menyebabkan papan beton ringan tidak dapat menahan beban ketika diberi tekanan. Selain itu pengadukan yang tidak merata juga menyebabkan adanya rongga udara, dan serat belum berikatan baik dengan matriks.

Pada papan beton ringan dengan variasi serat 0,4% menunjukkan nilai dibawah standar SNI, ini menandakan bahwa untuk nilai kuat tekan kurang efektif untuk dikombinasikan sesuai dengan variasinya. Untuk papan beton ringan dengan variasi serat 0,6% sampai 1% sudah memenuhi nilai minimum dari standar SNI. Nilai papan beton berserat ini memenuhi SNI disebabkan oleh serat yang memiliki kemampuan memperkuat ikatan matrik menjadi sempurna karena adanya kandungan selulosa dalam serat. Selain itu, penambahan *fly ash* sebanyak 15% sebagai *filler* menambah kuat tekan dari papan beton setelah terjadi reaksi kimia yang menghasilkan senyawa yang mengikat.

### 3.5 Kuat Lentur

Besar atau kecilnya nilai kuat lentur yang dimiliki oleh papan beton berserat pinang dengan *fly ash* sebagai *filler* ini merupakan parameter kualitas dari papan beton. Gambar 5 menunjukkan nilai kuat lentur dari sampel papan beton ringan tanpa serat dan memakai serat. Namun, nilai ini masih jauh berada dibawah nilai standar kuat lentur SNI 03-3449-2002 yang bernilai besar dari 82 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran serat pinang yang tidak sama dibandingkan serat kaca memiliki orientasi serat yang sama sehingga saat dilakukan pembebanan kepada matriks mampu menahan deformasi yg diberikan. Proses penyusunan serat yang tidak merata, kepadatan dari sampel dan proses pembuatan sampel mempengaruhi kuat lentur dari sampel yang dihasilkan. Berbeda dengan proses pembuatan GRC yang dihasilkan dari pabrik menggunakan mesin dan alat yang sesuai standar sehingga mengurangi kesalahan-kesalahan pada proses pembuatan.



**Gambar 5** Pengaruh persentase serat serabut pinang terhadap kuat lentur papan beton.

Terlihat pada Gambar 5 nilai sampel papan beton tanpa serat dan tanpa *fly ash* jauh lebih rendah dibandingkan sampel papan menggunakan serat dengan memakai *fly ash* 15%. Peningkatan kuat lentur dengan penambahan *fly ash* dikarenakan *fly ash* yang memiliki sifat pozzolan yang meningkatkan kekuatan ikatan antar partikel pada sampel papan beton ringan (Maryoto, 2008). Selain serat, *fly ash* juga mampu menambah kekuatan mortar semen tergantung dari jumlah campuran *fly ash* dan lama pengeringan sampel. Pada Gambar 5 juga terlihat nilai kuat lentur tertinggi terdapat pada variasi sampel 1% ( $66 \text{ kg/cm}^2$ ) dan nilai kuat lentur terendah dalam skala variasi penambahan serat terdapat pada variasi serat 0,2% ( $42 \text{ kg/cm}^2$ ). Hal ini menunjukkan penambahan variasi serat semakin banyak berbanding lurus dengan nilai kuat lentur papan beton ringan.

#### IV. KESIMPULAN

Komposit papan beton ringan dengan variasi serat 1% memiliki densitas paling sedikit dibandingkan dengan variasi serat yang lainnya dengan nilai  $2 \text{ gr/cm}^3$ . Nilai ini mendekati nilai standar densitas SNI yaitu  $1,9 \text{ g/cm}^3$ . Nilai daya serap air papan beton ringan dari semua variasi penambahan serat sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yaitu kurang dari 14%. Penambahan serat sabut pinang berpengaruh terhadap porositas papan beton ringan. Semakin banyak serat yang digunakan maka persentase porositas yang dihasilkan semakin meningkat. *Fly ash* dengan serat pinang mampu menambah nilai kuat tekan serta kuat lentur dari sampel papan beton ringan. Nilai kuat tekan yang didapatkan memenuhi standar SNI. Namun untuk kuat lentur masih belum memenuhi nilai kuat lentur dari SNI.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, F. dan Mahyudin, A. (2022) 'Pengaruh Komposisi Serat Sabut Kelapa dan Pinang Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Ringan dengan Fly Ash sebagai Filler', *Jurnal Fisika Unand*, 11(1), pp. 8–14.
- Binoj, J.S. dkk. (2016) 'Morphological, physical, mechanical, chemical and thermal characterization of sustainable Indian areca fruit husk fibers (Areca catechu L.) as potential alternate for hazardous synthetic fibers', *Journal of Bionic Engineering*, 13(1), pp. 156–165.
- Danasi, M. dan Lisantono, A. (2015) 'Pengaruh penambahan fly ash pada beton mutu tinggi dengan silica fume dan filler pasir kwarsa', *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 9.
- Kamagi, J. (2017) 'Sifat Komposit Berpenguat Serat Buah Pinang dengan Variasi Fraksi Volume 3%, 5%, 7%, dan 9%', *Skripsi S1, Universitas Sanata Darma, Yogyakarta* [Preprint].
- Maryoto, A. (2008) 'Pengaruh penggunaan high volume fly ash pada kuat tekan mortar', *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 10(2), pp. 103–114.
- Miswar, K. (2020) 'Pemanfaatan batu apung sebagai material beton ringan', *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), pp. 25–32.
- Monica, S. dan Mahyudin, A. (2018) 'Pengaruh Panjang Serat Pinang Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Ringan', *Jurnal Fisika Unand*, 7(3), pp. 222–227.
- Paradava, D.D. dan Pitroda, J. (2013) 'Utilization Of Artificial Fibres In Construction Industry: A Critical Literature Review', *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 4.
- Putranto, S. (2016) 'Pengaruh fly ash sebagai bahan tambah beton ringan foam terhadap berat jenis, kuat tekan dan daya serap air, untuk material dinding struktur sebagai suplemen pada pembelajaran mata kuliah teknologi beton'.
- Putri, I.P.D. dan Mahyudin, A. (2021) 'Pemanfaatan Serat Sabut Pinang sebagai Filler pada Beton Ringan Berkatalis MEKPO', *Jurnal Fisika Unand*, 10(3), pp. 399–404.
- Sahrudin, S. dan Nadia, N. (2016) 'Pengaruh penambahan serat sabut kelapa terhadap kuat tekan beton', *Konstruksia*, 7(2).
- Widojoko, L. (2010) 'Pengaruh Sifat Kimia Terhadap Unjuk Kerja Mortar', *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1).
- Winda, I.F. dan Mahyudin, A. (2018) 'Pengaruh Persentase Serat Sabut Pinang terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Resin Epoksi', *Jurnal Fisika Unand*, 7(1), pp. 50–55.