

Pengaruh Persentase *Fly ash* terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Ringan dengan *Filler* Serat Sabut Pinang

Hana Aulia, Alimin Mahyudin*

Laboratorium Fisika Material, Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 18 September 2023
Direvisi: 17 Februari 2024
Diterima: 13 Juni 2024

Kata kunci:

abu terbang
papan beton ringan
semen
serat sabut pinang

Keywords:

areca fiber filler
cement
fly ash
lightweight concrete boards

Penulis Korespondensi:

Alimin Mahyudin
Email:
aliminmahyudin@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh persentase fly ash terhadap sifat fisik dan mekanik papan beton ringan dengan filler serat sabut pinang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase fly ash dengan serat sabut pinang sebagai filler terhadap sifat fisik dan mekanik papan beton ringan. Persentase fly ash yang digunakan berturut-turut adalah 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20%. Persentase serat sabut pinang sebesar 0,2% dan panjang serat 1 cm. Sampel berukuran 5 cm x 5 cm x 1 cm digunakan untuk mengukur densitas, porositas, dan kuat tekan, sementara sampel berukuran 20 cm x 5 cm x 1 cm digunakan untuk pengujian kuat lentur. Papan beton ringan diuji setelah berumur 28 hari. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine* (UTM). Berdasarkan hasil pengujian nilai densitas terendah pada persentase fly ash 20% sebesar 1,06 g/cm³, nilai porositas terendah pada persentase fly ash 0% sebesar 26,53%. Nilai densitas yang didapatkan dari hasil penelitian berbanding terbalik dengan nilai porositas. Nilai kuat tekan papan pada beton ringan tanpa fly ash diperoleh sebesar 36,93 kg/cm². Nilai kuat tekan tertinggi dengan fly ash sebesar 30,20 kg/cm² pada persentase fly ash 10%. Nilai kuat lentur tertinggi sebesar 25,5 kg/cm² pada penggunaan fly ash 20%. Semakin banyak fly ash yang digunakan maka nilai kuat lentur meningkat. Nilai densitas dan kuat lentur telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 dan SNI 03-2104-1991 namun porositas dan kuat tekan belum memenuhi standar SNI.

Research has been conducted on the effect of fly ash percentage towards physical and mechanical characteristics of lightweight concrete board with coir fiber as a filler. The study was aim to determine the effect of fly ash percentage with areca fiber as a filler on the physical and mechanical properties of lightweight concrete boards. The percentages of fly ash were 0%; 5%; 10%; 15%; and 20% respectively. The size of areca fiber was 0.2%, and the length of the fiber was 1 cm. Samples with 5 cm x 5 cm x 1 cm were used to measure density, porosity, and compressive strength, while samples with 20 cm x 5 cm x 1 cm were used for flexural strength testing. The lightweight concrete board was tested after 28 days. Compressive and flexural strength testing were conducted using a universal testing machine (UTM). Based on the results, the lowest density value was obtained at 20% fly ash content which was 1.06 g/cm³, while the lowest porosity value was obtained at 0% fly ash content which was 26.53%. The density values obtained from the research results were inversely related to the porosity values. The highest compressive strength of lightweight concrete boards without fly ash was achieved, with a value of 36.93 kg/cm². The highest compressive strength value with fly ash was 30.20 kg/cm² at 10% fly ash content. The highest flexural strength was 25.5 kg/cm² at 20% fly ash content. The higher the fly ash content used, the greater the flexural strength value. The density and flexural strength values have met the SNI 03-2105-2006 and SNI 03-2104-1991 standards, but the porosity and compressive strength have not yet fulfilled the SNI standards.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang cepat secara konsisten mengakibatkan meningkatnya infrastruktur, sehingga permintaan akan kebutuhan konstruksi juga meningkat. Beton merupakan bahan konstruksi yang biasanya digunakan dalam pembangunan yang terbuat dari campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar yang berupa batu pecah atau kerikil, udara serta bahan campuran lainnya.. Beton memiliki sifat kuat tekan yang cukup tinggi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, dan hanya memerlukan sedikit perawatan (Purwanto dkk., 2021). Papan beton ringan berisi agregat ringan dengan berat jenis tidak lebih dari $1,90 \text{ g/cm}^3$ (SNI-03-3449-2002). *Glassfiber Reinforced Cement* (GRC) merupakan jenis papan beton ringan yang biasa digunakan di pasaran sebagai partisi bangunan dan langit-langit rumah. Menurut *National Precast Concrete Association Australia* (2006), GRC adalah material komposit yang terbuat dari semen portland, pasir, dan diperkuat dengan serat kaca.

Salah satu material dalam GRC yaitu semen. Produksi semen sedunia pada tahun 2021 diperkirakan mencapai 4,4 miliar ton dan Indonesia menduduki urutan ke-5 dalam produksi semen terbanyak di dunia. Produksi semen menyumbang 7% dari semua emisi gas CO_2 di dunia (Habert & Roussel, 2009). Hal tersebut mendorong para peneliti untuk mencari alternatif pengganti semen sebagai material pembentuk beton dengan sifat kimiawi yang sama, salah satunya adalah *fly ash*. *Fly ash* merupakan material yang sangat halus dari hasil pembakaran batu bara. Secara fisik, *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen, yaitu butirannya yang halus dan telah teruji lulus ayakan 45 mili mikron sebanyak 5–27%, serta berwarna abu-abu kehitaman. Secara kimiawi, *fly ash* memiliki silika dan alumina dengan persentase mencapai 80% (Setiawati, 2018).

Material lain dalam GRC yang memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi sehingga kokoh, tahan benturan, tahan terhadap air, kedap suara, dan tahan api adalah serat kaca. Namun, penggunaan serat kaca sebagai bahan baku dari GRC membutuhkan waktu yang lama dalam pembuatan sesuai ukuran atau bentuk yang diinginkan, mahal, dan tidak ramah lingkungan (Bartos, 2017). Penggunaan serat kaca dapat diganti dengan serat alam. Serat alam bermanfaat sebagai sumber daya yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Serat sabut pinang dinilai sebagai salah satu alternatif dalam pembuatan komposit yang pemanfaatannya masih dikembangkan. Berdasarkan kandungannya, serat sabut pinang memiliki komponen lignin dan selulosa yang dapat mengalami penguraian dalam waktu relatif lama oleh mikroba yang membentuk serangkaian reaksi kimia dan melakukan pengikatan dengan senyawa kation dan anion. (Yulianti & Jati, 2018)

Dalam proses produksi beton ramah lingkungan yang menggunakan 10% *fly ash* sebagai pengganti semen dan agregat kasar tempurung kelapa, menunjukkan bahwa beton tempurung kelapa memiliki nilai kuat tekan dan kuat tarik yang paling optimal, sehingga disarankan beton ringan struktural yang ramah lingkungan dan hemat biaya dapat diproduksi dengan menggunakan tempurung kelapa dan *fly ash* (Prakash dkk., 2019). (Setiawati, 2018) telah melakukan penelitian penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen dan diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan 12,5% *fly ash* sebesar $404,03 \text{ kg/cm}^2$ pada umur 28 hari, dengan persentase peningkatan 27,95% terhadap beton normal. Persentase penggunaan *fly ash* 12,5% pada beton menghasilkan beton dengan nilai kuat tekan maksimum.

Penelitian selanjutnya, mengenai pengaruh serat sabut pinang dan *foam agent* terhadap sifat fisik dan mekanik papan beton ringan, (Jatmika & Mahyudin, 2017) telah menemukan bahwa kuat tekan tertinggi diperoleh pada persentase serat 0,2% sebesar $54,87 \text{ kg/cm}^2$. Penambahan jumlah serat sabut pinang dalam papan beton ringan menyebabkan penurunan kuat tekan. Akibatnya, papan beton ringan akan rapuh karena melemahkan ikatan antar matriks.

II. METODE

2.1 Persiapan dan Pembuatan Spesimen

Untuk membuat papan beton ringan dengan *fly ash* dan serat sabut pinang sebagai *filler*, persentase serat sabut pinang yang digunakan sebesar 0,2%. *Foam agent* yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0,6% dengan tujuan sebagai material peringan, yang mampu menghasilkan pori-pori pada adonan pasta beton. *Sikacim concrete additive* sebesar 1% digunakan sebagai material peringan lainnya yang mampu menurunkan densitas dari papan beton ringan. Variasi penggunaan *fly ash* tipe C dengan semen tipe I yaitu 0%:100%; 5%:95%; 10%:90%; 15%:85%; dan 20%:80%. Papan beton dicetak

menggunakan cetakan sampel dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 1 cm untuk pengujian densitas, porositas, kuat tekan, sedangkan ukuran 20 cm x 5 cm x 1 cm untuk pengujian kuat lentur.

Serat yang telah diolah lalu dibersihkan, dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 24 jam. Serat dipotong-potong dengan ukuran 1 cm, sebelum dilakukan perendaman menggunakan NaOH 5% selama dua jam dengan tujuan menghilangkan zat pengotor yang masih terdapat pada serat. Serat dibilas bersih dengan aquades, dan dikeringkan pada suhu ruangan selama 24 jam untuk mengilangkan kadar air yang tersisa. Pasta beton dibuat dengan air : pasir : semen dan *fly ash* berturut-turut adalah 0,4 : 2 : 1 untuk dua jenis ukuran cetakan. Campuran papan beton juga ditambahkan dengan 0,6% *foam agent* dan 1% *sikacim additive concrete*. Adonan papan beton dimasukkan sebanyak 50% dari volume cetakan, lalu serat disusun diatasnya sebelum dimasukkan sisa adonan beton hingga memenuhi volume cetakan. Sampel dalam cetakan diratakan, lalu didiamkan selama 28 hari pada suhu ruang. Sampel yang telah didiamkan selama 28 hari, siap dilakukan pengujian.

2.2 Pengujian Densitas

Densitas pada sampel diperoleh dengan menimbang massa kering sampel dalam satuan g dan dibagi dengan volume sampel dalam satuan cm³ yang telah dibuat sebelumnya. Nilai densitas diperoleh menggunakan Persamaan (1).

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

dengan ρ adalah densitas (g/cm³), m adalah massa sampel kering, dan V adalah volume sampel (cm³).

2.3 Pengujian Porositas

Porositas pada sampel diuji untuk mengetahui pori-pori yang terdapat pada papan beton ringan.

Sebelumnya massa kering dari sebuah sampel sudah ditimbang dengan neraca digital dan dicatat sebagai (m). Sampel uji direndam dengan air pada wadah selama 24 jam, lalu sampel uji dikeringkan permukaannya sehingga tidak ada air menetes. Sampel tersebut ditimbang menggunakan neraca digital dan dicatat hasilnya sebagai massa basah (m_b). Nilai porositas suatu sampel dapat diketahui menggunakan Persamaan (2).

$$P(\%) = \frac{m_b - m}{V} \times \frac{1}{\rho_a} \times 100\% \quad (2)$$

dengan P adalah nilai porositas (%), m_b adalah massa basah sampel, m adalah massa kering sampel, V adalah volume sampel, dan ρ_a adalah massa jenis air.

2.4 Pengujian Kuat Tekan

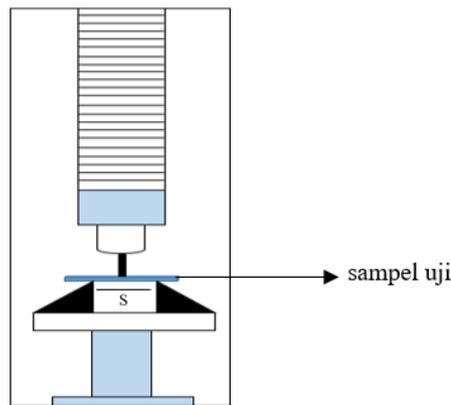
Pengujian kuat tekan dari sampel yang telah dibuat dengan cara, diukur ketebalan sampel menggunakan jangka sorong dan dikalikan dengan panjang sisi sampel yang dijadikan titik tumpu pada saat pengujian menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil tersebut dicatat sebagai luas permukaan sampel (A). Diperhatikan saat pengujian kuat tekan, pada beban berapa sampel mengalami retakan pertama, nilai tersebut dicatat sebagai beban retak maksimum (P). Setelah itu dilakukan perhitungan nilai kuat tekan menggunakan Persamaan (3).

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (3)$$

dengan f_c adalah kuat tekan (kg/cm²), P adalah beban retak maksimum sampel (kg), dan A adalah luas permukaan sampel (cm²).

2.5 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan dengan tahapan, sampel uji dan UTM disiapkan. Skematik pengujian kuat lentur dapat dilihat pada Gambar 1. Jarak antara dua penopang sampel pada UTM dicatat sebagai (S). Lebar dari sampel uji dicatat sebagai (L), dan tebal dari sampel uji dicatat sebagai (T). Sampel yang sedang diuji kuat lentur, beban yang dicapai suatu sampel saat pertama kali retak dicatat sebagai (B) yang akan muncul pada monitor. Perhitungan nilai kuat lentur sampel menggunakan Persamaan (4).



Gambar 1 Skematik pengujian kuat lentur

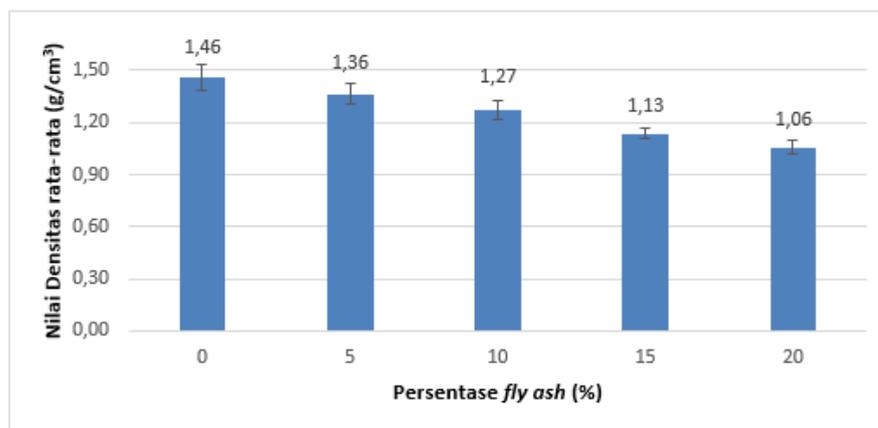
$$f_r = \frac{3BS}{2LT^2} \quad (4)$$

dengan f_r adalah kuat lentur (kg/cm^2), B adalah beban patah maksimum (kg), S adalah jarak tumpuan sampel (cm), L adalah lebar sampel uji (cm), dan T adalah tebal sampel uji (cm).

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Densitas

Sampel papan beton ringan yang memiliki densitas tertinggi didapatkan pada persentase *fly ash* 0% yaitu sebesar $1,46 \text{ g}/\text{cm}^3$ dan densitas terendah pada persentase *fly ash* 20% yaitu sebesar $1,06 \text{ g}/\text{cm}^3$. Pengaruh persentase *fly ash* terhadap densitas papan beton ringan dengan *filler* serat sabut pinang dapat dilihat pada Gambar 2. Densitas papan beton ringan dengan *fly ash* dan *filler* serat sabut pinang untuk semua persentase *fly ash* yang ditambahkan telah memiliki densitas sesuai standar SNI 03-2105-2006 yaitu dibawah $1,90 \text{ g}/\text{cm}^3$. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh penambahan *fly ash* pada densitas papan beton ringan. Semakin banyak *fly ash* yang digunakan maka nilai densitas akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan *fly ash* memiliki densitas yang lebih kecil dari semen yaitu $2,20 \text{ g}/\text{cm}^3$. Nilai optimal pada pengujian densitas yaitu pada persentase penambahan *fly ash* sebesar 20%.

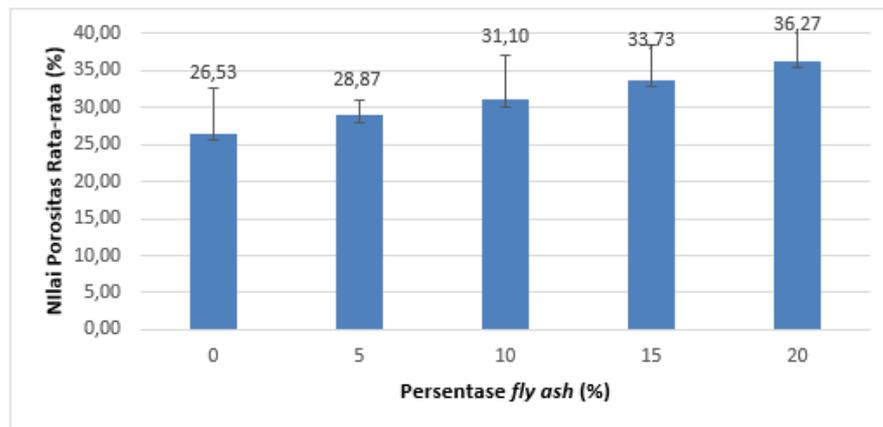


Gambar 2 Pengaruh persentase *fly ash* terhadap densitas papan beton ringan dengan filler serat sabut pinang

3.2 Porositas

Nilai porositas didapatkan dengan menggunakan Persamaan 2. Pengujian porositas pada papan beton ringan dengan *fly ash* dan serat sabut pinang sebagai *filler* didapatkan nilai seperti Gambar 3. Nilai porositas yang didapatkan belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yaitu kurang dari 25%. Hal ini

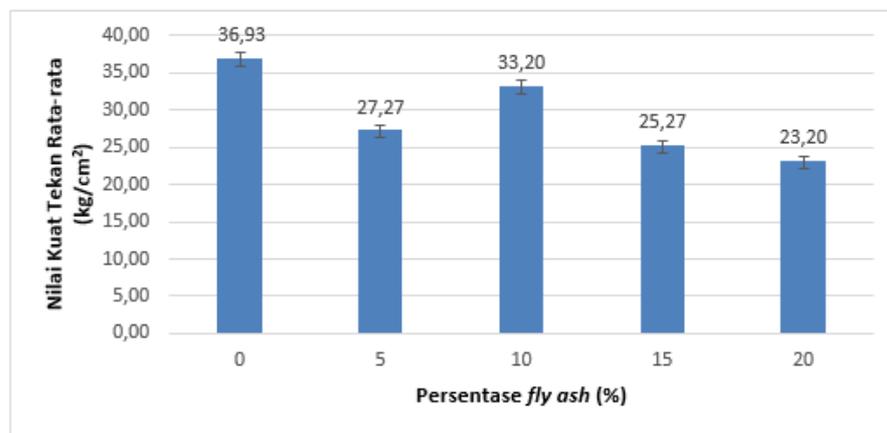
menunjukkan adanya pengaruh penambahan persentase *fly ash* terhadap porositas papan beton ringan. Nilai porositas yang dihasilkan berbanding lurus dengan penambahan jumlah *fly ash* yang digunakan. *Fly ash* memiliki kandungan silika yang tinggi dibandingkan semen sehingga memiliki daya serap yang besar. Hal ini sesuai dengan yang ditemukan oleh (Rahmawati dkk., 2021) bahwa pemakaian *fly ash* dengan persentase yang tinggi dapat memperbesar nilai daya serap air pada beton sehingga berpengaruh pula terhadap porositas beton. Nilai porositas optimum didapatkan pada pemakaian *fly ash* sebanyak 5%.



Gambar 3 Pengaruh persentase *fly ash* terhadap porositas papan beton ringan dengan *filler* serat sabut pinang

3.3 Kuat Tekan

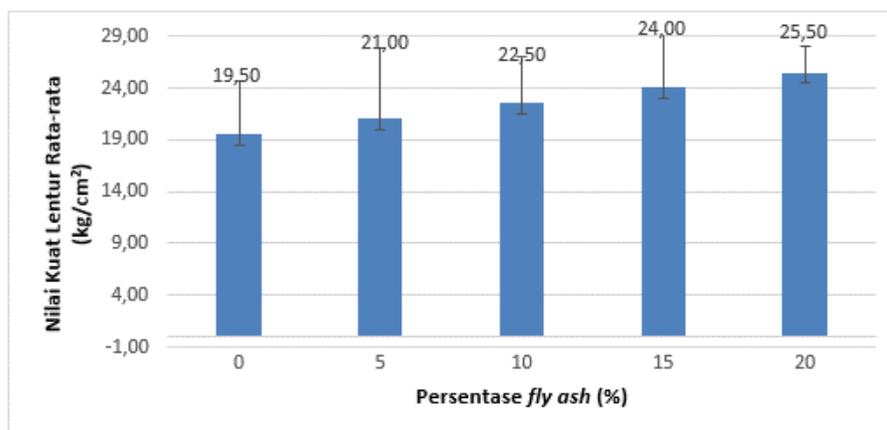
Nilai kuat tekan papan beton ringan dengan *fly ash* dan *filler* serat sabut pinang belum memenuhi standar dimana nilai yang didapatkan lebih rendah dari standar SNI 03-3449-2002 yaitu besar dari 68 kg/cm². Pada sampel dengan *fly ash* 0% (tanpa *fly ash*) kuat tekan lebih tinggi dibandingkan sampel yang memakai *fly ash* dikarenakan semen memiliki sifat pengikat yang lebih baik dibanding *fly ash*. Pada persentase 5% nilai menurun lalu pada persentase *fly ash* 10% sebesar 33,20 kg/cm², nilai kuat tekan beton meningkat karena *fly ash* berfungsi sebagai pengisi yang mengisi rongga pada beton. Namun ketika persentase *fly ash* melebihi 10% nilai kuat tekan cenderung menurun. Semakin banyak proporsi *fly ash* yang ditambahkan, beton menjadi lebih rentan terhadap kesusutan, dimana juga mempengaruhi *workability* pada papan beton ringan yang menyebabkan tidak adanya ikatan antar agregat karena pengurangan jumlah semen. Penggunaan *fly ash* pada beton sudah ditemukan sebelumnya oleh (Andi dkk., 2022) yang menemukan bahwa penggunaan *fly ash* dengan persentase di atas 10% tidak memberikan tambahan efek penguatan apapun, jika proporsi *fly ash* berlebihan, beton akan sulit untuk padat dan mengakibatkan penurunan kekuatan pada beton. Nilai kuat tekan papan beton ringan dengan *filler* serat sabut pinang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Pengaruh persentase *fly ash* terhadap kuat tekan papan beton ringan dengan *filler* serat sabut pinang

3.4 Kuat Lentur

Pengaruh persentase *fly ash* terhadap kuat lentur papan beton ringan dengan *filler* serat sabut pinang dapat dilihat pada Gambar 5. Kuat lentur yang diperoleh telah memenuhi standar SNI 03-2104-1991 yaitu besar dari 17 kg/cm². Hal ini menunjukkan adanya pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat lentur papan beton ringan. Semakin tinggi persentase dari *fly ash* yang digunakan akan meningkatkan nilai kuat lentur dari papan beton ringan dikarenakan berkurangnya karbonasi. Hal ini sesuai dengan yang ditemukan oleh (Nofrisal & Rantesalu, 2020) bahwa *fly ash* dapat membantu mengurangi tingkat karbonasi beton. Karbonasi adalah proses di mana karbon dioksida dari udara meresap ke dalam papan beton ringan dan reaksi dengan kalsium hidroksida, mengurangi pH, dan akhirnya dapat melemahkan papan beton ringan. Dengan mengurangi karbonasi, kekuatan lentur papan beton ringan dapat meningkat.



Gambar 5 Pengaruh persentase *fly ash* terhadap kuat lentur papan beton ringan dengan *filler* serat sabut pinang

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa, papan beton ringan dengan *fly ash* dan filler serat sabut pinang menghasilkan nilai densitas dan kuat lentur yang sudah memenuhi SNI, sedangkan nilai porositas dan kuat tekan belum memenuhi SNI. Penambahan *fly ash* pada papan beton ringan dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik papan beton ringan. Penggunaan *fly ash* yang optimal untuk pengujian sifat fisik dan mekanik papan beton ringan dengan filler serat sabut pinang yaitu pada persentase sebesar 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi, M., Ferdiansyah, R., Sipil, J. T., Pumpungan, M., Surabaya, K., Sipil, J. T., Pumpungan, M., & Surabaya, K. (2022). *Nilai Kuat Tekan*. 6(2), 82–89.
- Bartos, P. J. M. (2017). Glassfibre Reinforced Concrete: A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 246(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/246/1/012002>
- Habert, G., & Roussel, N. (2009). Study Of Two Concrete Mix-Design Strategies To Reach Carbon Mitigation Objectives. *Cement And Concrete Composites*, 31(6), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.04.001>
- Indah Murwani Yulianti, Wibowo Nugroho Jati, D. D. K. (2018). Kemampuan Selulosa Daun Mahkota Nanas (*Ananas comosus*) Sebagai Bioadsorben Logam Tembaga (Cu). *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 3(5), 70–78. <https://doi.org/10.24002/biota.v3i2.1895>
- Jatmika, L. P., & Mahyudin, A. (2017). Pengaruh Persentase Serat Sabut Kelapa dan Resin Polyester Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Ringan. *Jurnal Fisika Unand*, 6(4), 387–393. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.4.387-393.2017>
- Nofrisal, N., & Rantesalu, S. (2020). Pengaruh Abu Terbang (*Fly ash*) Pltu Sekayan Sebagai Substitusi Pengganti Sebagian Semen Pada Juat Tekan Mortar. *Jurnal Borneo Saintek*, 3(1), 19–27. https://doi.org/10.35334/borneo_saintek.v3i1.1406
- Prakash, R., Thenmozhi, R., & Raman, S. N. (2019). Mechanical Characterisation and Flexural Performance of Eco-Friendly Concrete Produced with *Fly ash* as Cement Replacement and Coconut Shell Coarse Aggregate. *International Journal Of Environment And Sustainable Development*, 18(2), 131–148. <https://doi.org/10.1504/IJESD.2019.099491>
- Purwanto, P., Rahmawati, D., & Sutarno, S. (2021). Pengaruh Penggunaan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Teknika*, 16(2), 49. <https://doi.org/10.26623/teknika.v16i2.4224>
- Rahmawati, N., Sunarno, D., Eng, M., Ali, I., Soeparlan, A., & Artikel, I. (2021). Pengaruh Pemakaian *Fly ash* Dan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil*, 5(1), 2–10.
- Setiawati, M. (2018). *Fly ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 17, 1–8. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3556>