

Karakteristik komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *open cell foam* bambu berlubang

Characterization of composite sandwich with hollowed open cell foam bamboo core

P.D. Setyawan*, J. Johandri, S. Sugiman, S. Sinarep, H. Hilwan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia. HP. 081918107077.

*E-mail: paryanto.ds@unram.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received 31 May 2023

Accepted 29 September 2023

Available online 01 October 2023

Keywords:

Hollowed open-cell foam bamboo

Composite sandwich

Density

Specific flatwise compressive strength

Specific bending strength

Water Absorption



ABSTRACT

The sandwich composite employed in this study is made of bamboo open-cell foam with plywood skin. The fibre volume percentage in the bamboo foam core was 15%, and PVAc glue was used. The open-cell foam core has a square-shaped hollow in the centre with spacings of 30mm, 40mm, and 60mm. The goal of this study is to describe sandwich composites made using hollow bamboo open-cell foam cores. Density testing (ASTM C271), flatwise compression testing (ASTM C365-05), flexural testing (ASTM C393), and water absorption testing (ASTM C272) were among the tests performed. Sandwich composites with core-opened cell foam with holes had lower average density, specific flatwise compressive strength, and specific bending strength than sandwich composites without holes, according to the study's findings. The average density of the sandwich composite with core-opened cell foam with holes dropped by 6-13% as compared to the sandwich composite without holes. The average-specific flatwise compressive strength of the sandwich composite with a hollow core decreased by 2-20%. The sandwich composite's average specific bending strength was reduced by 40-50% when the core-opened cell foam with holes was used. The percentage of water absorption in the sandwich composite is the inverse. With this feature, it is believed that hollow bamboo open-cell foam would become more widely used.

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan bambu di Indonesia (terutama di Nusa Tenggara Barat) melimpah dan tersebar hampir di sebagian wilayah. Sesuai SK Menteri Kehutanan RI No.598/Menhut-II/2009 tanggal 2 Oktober 2009 menyatakan, bahwa luas daratan kawasan hutan Propinsi NTB mencapai 1.035.838 ha yang menghasilkan produk kayu maupun nonkayu. Salah satu hasil hutan nonkayu adalah bambu. Menurut data dari Dinas kehutanan Propinsi NTB (2011) Hutan NTB menghasilkan produk bambu sebanyak 231.264 batang/tahun yang tersebar di Kabupaten Lombok Barat, Lombok Timur, Lombok Tengah, Sumbawa Barat, Sumbawa, dan Bima. Dengan jumlah yang demikian melimpah, perlu dilakukan rekayasa teknologi terhadap bambu agar

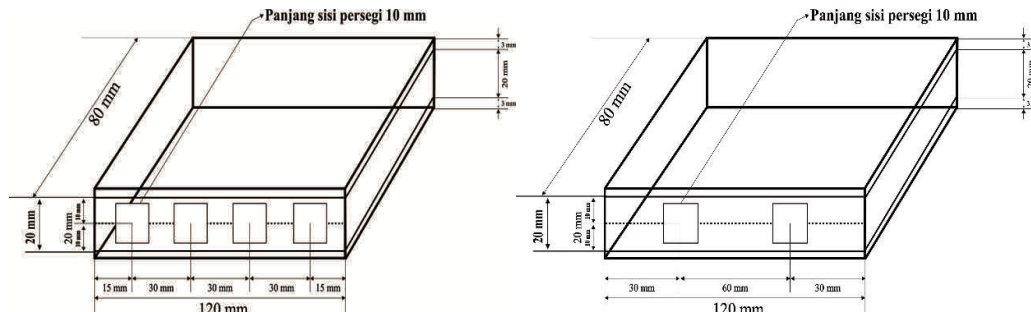
menghasilkan produk material yang mampu menggantikan material dari logam. Salah satu upaya tersebut adalah dengan menjadikan bambu sebagai bahan utama serat pada komposit *sandwich*.

Serat bambu secara mekanik mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (140-800 MPa), dan modulus elastisitas yang tinggi, 140 GPa, setara dengan kekuatan tarik baja ringan (Defoirdt dkk, 2010). Serat bambu juga memiliki kemampuan menyerap energi yang baik dan daya tahan terhadap patah yang lebih tinggi daripada serat kayu (Yuan et dkk, 2014). Serat bambu telah menjadi objek penelitian dalam mengembangkan material baru yang ramah lingkungan dengan membentuknya menjadi material komposit (PD Setyawan dkk, 2013; Zaen dkk, 2014; Wang dkk, 2018; Rahman dkk, 2020). Salah satu upaya pemanfaatan bambu adalah sebagai bahan material komposit adalah dengan menjadikan serat bambu sebagai bahan baku *opened cell foam* alam (Chen dkk, 2019; Zhang dkk, 2021) dan bahan baku pembuatan komposit *sandwich* (Habibi dkk, 2019; Si dkk, 2020).

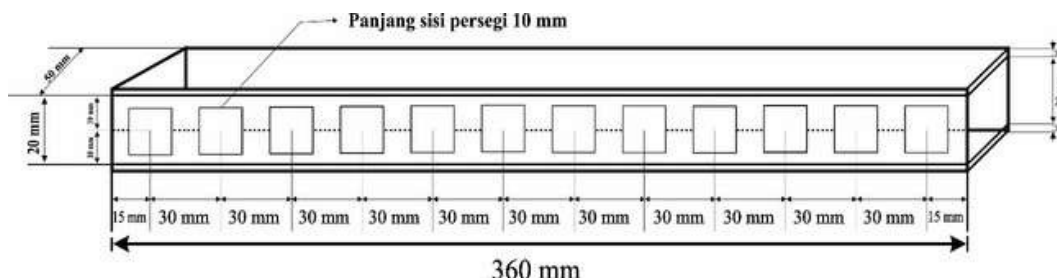
Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi terhadap komposit *sandwich* berintikan *opened cell foam* berlubang dari serat bambu dengan kulit (*skin*) dari *plywood*. Parameter yang menjadi variabel bebas penelitian ini adalah jarak lubang pada inti (*core*) *opened cell foam* bambu sebesar 30 mm, 40 mm, 60 mm dan inti (*core*) *opened cell foam* bambu tanpa lubang. Untuk menghasilkan komposit *sandwich* yang baik, beberapa sifat fisis dan mekanik diuji mengacu pada *Standard Association Society of Testing Material* (ASTM). Sifat fisis dan mekanik yang diamati pada komposit *sandwich* adalah densitas, kekuatan tekan arah ketebalan, kekuatan *bending*, dan penyerapan air. Dengan karakterisasi yang dilakukan diharapkan dapat membantu meningkatkan pemanfaatan komposit *sandwich* berintikan *opened cell foam* bambu berlubang.

2. METODE PENELITIAN

Serat bambu yang digunakan dalam penelitian ini berukuran panjang 30 mm. dan *skin* dari *plywood* dengan ketebalan 3mm. Perlakuan permukaan (alkali) serat bambu dilakukan dengan NaOH 4% (berat) selama 2 jam. Pembuatan inti (*core*) *opened cell foam* dengan ketebalan 20mm, dengan komposisi fraksi volume serat bambu 15% dengan matrik resin *polyester* (Cai dkk, 2020). Pada variasi inti (*core*) *opened cell foam* dibuat lubang persegi berdimensi 10mm x 10 mm dengan variasi jarak lubang 30 mm, 40 mm, 60 mm dan tanpa lubang. Selanjutnya komposit *sandwich* dinbuat dengan inti (*core*) *opened cell foam* serat bambu dan *skin* dari *plywood* dengan ketebalan 3mm (Jiang dkk, 2021). Pengujian yang dilakukan adalah pengujian densitas (ASTM C271), kekuatan tekan arah ketebalan (ASTM C365), kekuatan *bending* (ASTM C393) dan penyerapan air (ASTM C272). Dimensi dari spesimen pengujian dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Dimensi spesimen pengujian densitas (ASTM C271), kekuatan tekan arah ketebalan (ASTM C365) dan penyerapan air (ASTM C272) dengan inti (*core*) *opened cell foam* berlubang persegi dengan jarak lubang 30mm dan 60mm.

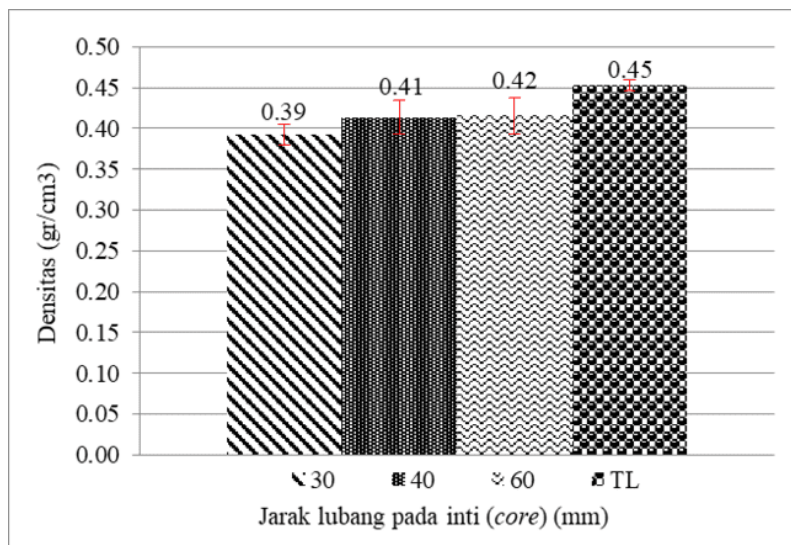


Gambar 2. Dimensi spesimen uji *bending* komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* berlubang persegi dengan jarak lubang 30mm.

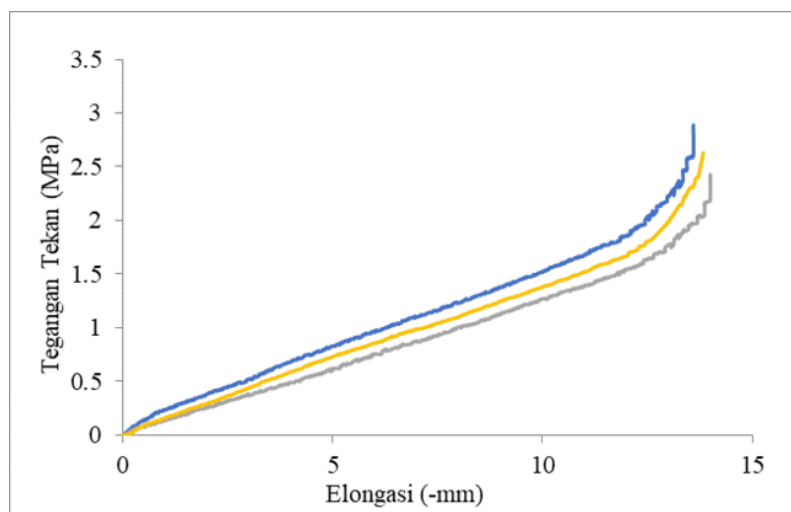
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Densitas komposit

Pengujian densitas (*density*) dilakukan untuk mengetahui ukuran kerapatan suatu zat yang dinyatakan banyaknya zat (*massa*) per satuan volume. Pengujian densitas terhadap komposit *sandwich* dilakukan sesuai standard ASTM C271, dimensi spesimen sesuai standard ASTM C271 dapat dilihat pada gambar 1. Densitas dari komposit merupakan sifat yang paling diperlukan untuk beberapa struktur dari bahan komposit, seperti pada pesawat terbang, kendaraan, partisi dan lain-lain. Grafik hubungan antara jarak lubang pada inti (*core*) *opened cell foam* dengan densitas rata-rata komposit *sandwich* dapat dilihat pada Gambar 3. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa densitas rata-rata komposit *sandwich* dengan jarak lubang 30 mm, 40 mm, 60 mm, berturut-turut sebesar 0,39 gr/cm³, 0,41gr/cm³, 0,42 gr/cm³, sedangkan untuk komposit *sandwich* tanpa lubang sebesar 0,45 gr/cm³. Densitas rata-rata komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* berlubang mengalami penurunan sebesar 6-13% dibandingkan komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* tanpa lubang (0,45 g/cm³).



Gambar 3. Hubungan antara jarak lubang pada inti (*core*) *opened cell foam* dengan densitas rata-rata komposit *sandwich*.

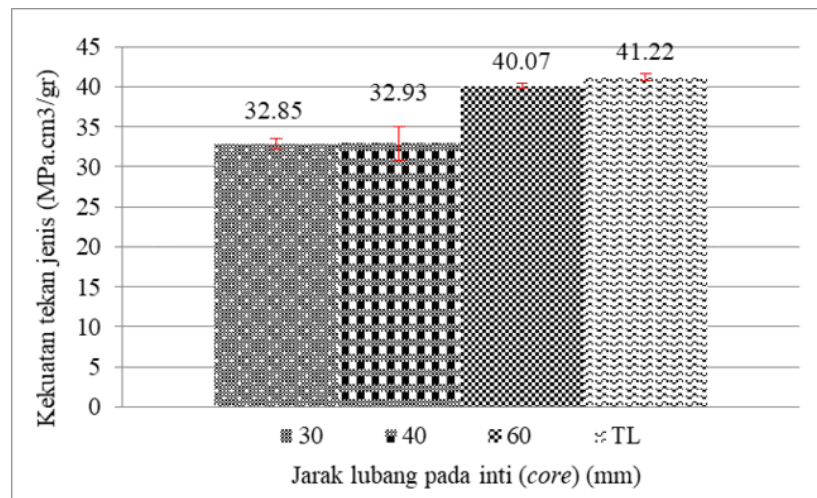


Gambar 4. Hasil pengujian tekan arah ketebalan komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* serat bambu dengan jarak lubang pada *core* 60 mm.

3.2. Kekuatan tekan arah ketebalan

Pengujian tekan arah ketebalan (*flatwise compressive*) terhadap komposit *sandwich* dilakukan sesuai standard ASTM C365, dimensi spesimen sesuai standard ASTM C365 dapat dilihat pada gambar 1. Grafik hubungan antara Tegangan tekan (MPa) dan Elongation (-mm) pada hasil pengujian tekan arah ketebalan (*flatwise compressive*) komposit *sandwich* dengan jarak lubang pada *core* 60 mm dapat dilihat pada gambar 4. Pada gambar 4, kurva tegangan tekan - elongasi hasil pengujian tekan arah ketebalan komposit *sandwich* dapat dibagi dalam tiga daerah; Daerah 1 merupakan daerah linier pertama sebelum terjadi keruntuhan *cell*; Daerah 2 merupakan proses pemadatan setelah *cell* runtuh dan kurva tegangan - elongasi linier; Daerah 3 merupakan proses pemadatan yang terjadi secara cepat (sebagian besar *cell* telah runtuh) sampai *core* tidak bisa memadat secara signifikan (volume *core* mendekati volume ruangan). Beban maksimum ditentukan dari perpotongan garis perpanjangan daerah 2 dan daerah 3.

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara kekuatan tekan jenis arah ketebalan (*the specific flatwise compressive*) rata-rata komposit *sandwich* dengan jarak lubang pada inti (*core*) *opened cell foam*. Berdasarkan grafik pada gambar 5 dapat diketahui bahwa kekuatan tekan arah ketebalan rata-rata yang paling tinggi ditunjukkan oleh komposit *sandwich* dengan variasi tanpa lubang yaitu mencapai 41,22 MPa.cm³/gr. Hal ini disebabkan karena ketika ditekan komposit *sandwich* dengan inti (*core*) tanpa lubang akan memadat lebih lambat, sedangkan yang menggunakan lubang akan lebih cepat tertekan karena adanya lubang pada *core*.



Gambar 5. Hubungan antara kekuatan tekan jenis arah ketebalan rata-rata komposit *sandwich* dengan jarak lubang pada inti (*core*) *opened cell foam*.



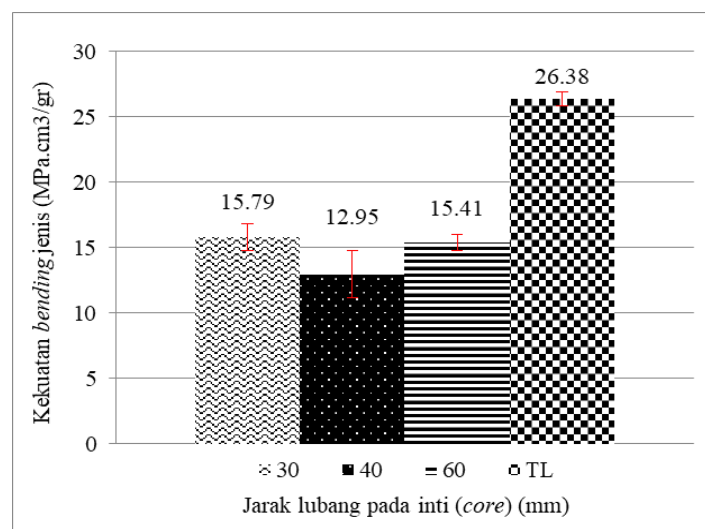
Gambar 6. Foto spesimen sebelum pengujian dan sesudah pengujian tekan arah ketebalan komposit *sandwich*.

Untuk komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* berlubang, jarak lubang yang mempunyai kekuatan tekan jenis arah ketebalan (*the specific flatwise compressive*) rata-rata paling besar ditunjukkan oleh komposit *sandwich* dengan jarak lubang 60 mm yaitu mencapai 40,07 MPa.cm³/gr. Kekuatan tekan jenis arah ketebalan rata-rata komposit *sandwich* ini mengalami penurunan 2,8% dibandingkan komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* tanpa lubang. Komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* dengan jarak

lubang 30 mm dan 40 mm mempunyai kekuatan tekan jenis arah ketebalan rata-rata sebesar 32,85 MPa.cm³/gr dan 32,93 MPa.cm³/gr, mengalami penurunan 20% dibandingkan komposit sandwich dengan inti (core) opened cell foam tanpa lubang. Gambar spesimen pengujian tekan arah ketebalan (flatwise compressive) komposit sandwich sebelum dan sesudah pengujian dapat dilihat pada gambar 6.

3.3. Kekuatan bending

Pengujian bending terhadap komposit sandwich dilakukan sesuai standard ASTM C393, dimensi spesimen sesuai standard ASTM C393 dapat dilihat pada gambar 2. Grafik hubungan antara Kekuatan bending jenis (MPa) rata-rata komposit sandwich dengan jarak lubang pada inti (core) opened cell foam dapat dilihat pada gambar 7. Dari grafik tersebut diperoleh nilai kekuatan bending jenis rata-rata komposit sandwich tanpa lubang sebesar 26,38 MPa.cm³/gr, yang mempunyai kekuatan bending jenis lebih besar dibandingkan komposit sandwich dengan lubang. Pada komposit sandwich dengan jarak lubang 30 mm, 40 mm, 60 mm, memiliki nilai kekuatan bending rata-rata 15,79 MPa.cm³/gr, 12,95 MPa.cm³/gr, 15,41 MPa.cm³/gr. Kekuatan bending jenis rata-rata komposit sandwich dengan lubang ini mengalami penurunan 40-50% dibandingkan komposit sandwich dengan inti (core) opened cell foam tanpa lubang. Gambar spesimen pengujian bending komposit sandwich sebelum dan sesudah pengujian bending dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 7. Hubungan antara kekuatan bending jenis rata-rata komposit sandwich dengan jarak lubang pada inti (core) opened cell foam.



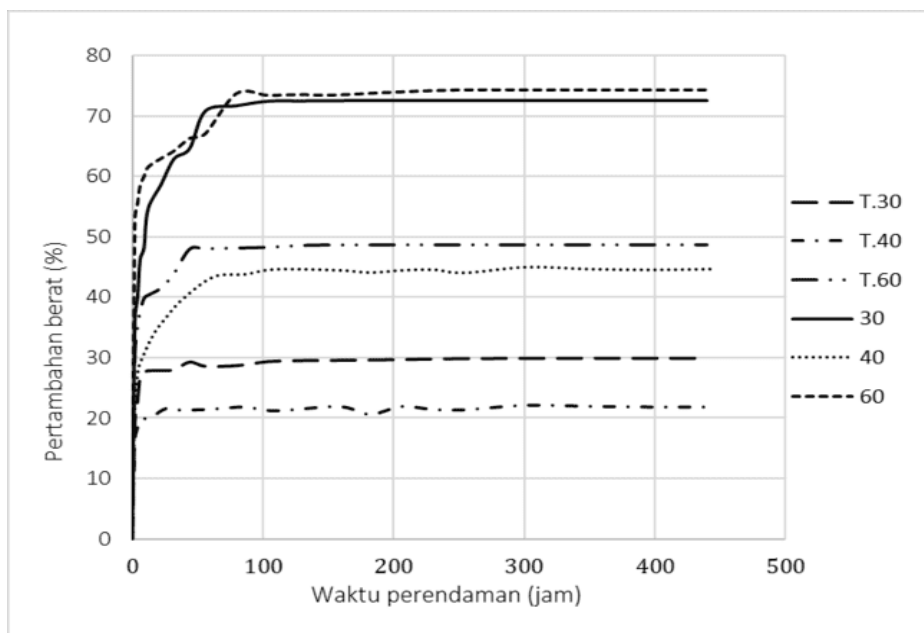
Gambar 8. Foto spesimen (a). sebelum pengujian bending (b). sesudah pengujian bending komposit sandwich jarak lubang core 30 mm dan 60 mm.

3.4. Penyerapan air

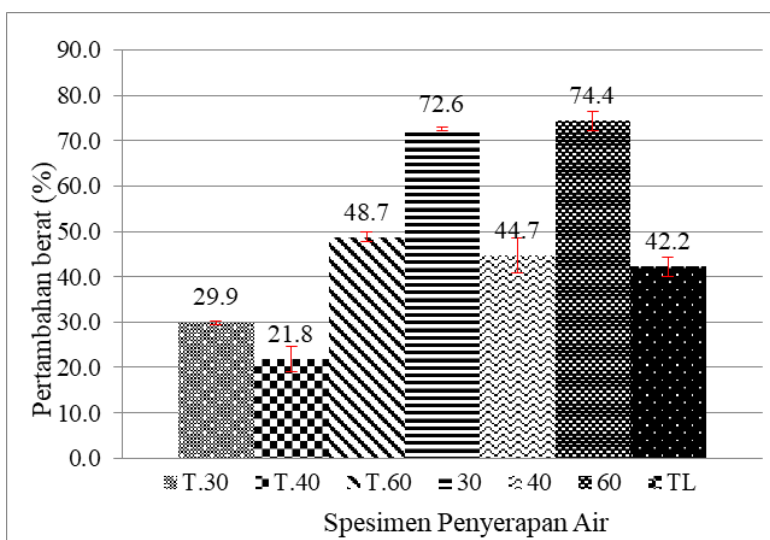
Pengujian penyerapan air terhadap komposit sandwich dilakukan sesuai standard ASTM C272, dimensi spesimen sesuai standard ASTM C272 dapat dilihat pada gambar 1. Hasil pengujian penyerapan air berupa grafik persentase pertambahan berat spesimen penyerapan air komposit sandwich dapat dilihat pada gambar 9. Sedangkan grafik persentase pertambahan berat spesimen komposit setelah perendaman dapat dilihat pada gambar 10. Dari gambar 9 dapat diketahui bahwa pertambahan berat yang signifikan terjadi pada waktu

perendaman 0-6 jam untuk spesimen komposit tanpa kulit (*skin*), dan waktu perendaman 0-32 jam untuk spesimen komposit dengan kulit (*skin*) *plywood*. Setelah waktu perendaman diatas, spesimen komposit tidak mengalami pertambahan berat yang signifikan. Dari gambar 9 dan 10 dapat diketahui bahwa spesimen komposit *sandwich* dengan kulit (*skin*) *plywood* menyerap air lebih tinggi jika dibandingkan dengan spesimen komposit tanpa kulit (*skin*). Penyerapan air tertinggi ditunjukkan oleh spesimen komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* bambu berjarak lubang 60 mm dengan kulit *plywood* sebesar 74,4%, sedangkan penyerapan air terendah ditunjukkan oleh spesimen komposit inti (*core*) *opened cell foam* bambu berjarak lubang 40 mm tanpa kulit sebesar 21,8%. Hal ini disebabkan karena *plywood* mempunyai kemampuan menyerap air lebih mudah dan banyak dibandingkan dengan komposit *opened cell foam* bambu.

Dari gambar 10 juga terlihat bahwa spesimen komposit *sandwich* tanpa lubang mempunyai persentase pertambahan berat lebih rendah dibandingkan dengan komposit *sandwich* berlubang. Presentase penyerapan air spesimen komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* bambu tanpa lubang dengan kulit *plywood* sebesar 42,2%. Hal ini disebabkan karena lubang pada inti (*core*) *opened cell foam* menjadi sumber penyerapan air tambahan pada komposit *sandwich*.



Gambar 9. Persentase pertambahan berat terhadap waktu perendaman dari spesimen penyerapan air komposit *sandwich*.



Gambar 10. Persentase pertambahan berat komposit setelah perendaman.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* bambu berlubang dapat disimpulkan bahwa:

1. Komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* dengan lubang memiliki densitas lebih kecil dibandingkan dengan komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* tanpa lubang. Densitas rata-rata komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* berlubang mengalami penurunan sebesar 6-13% dibandingkan komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* tanpa lubang (0,45 gr/cm³). Densitas tertinggi 0,45 g/cm³ didapat pada komposit *sandwich* dengan bentuk *core* tanpa lubang, sedangkan densitas terendah 0,37 g/cm³ didapat pada jarak lubang 30 mm.
2. Kekuatan tekan jenis arah ketebalan rata-rata komposit *sandwich* dengan lubang lebih rendah dibandingkan komposit *sandwich* tanpa lubang. Penurunan kekuatan tekan jenis arah ketebalan rata-rata komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* dengan jarak lubang 60 mm sebesar 2,8%, sedangkan untuk komposit *sandwich* dengan jarak lubang 30mm dan 40 mm mengalami penurunan 20% dibandingkan komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* tanpa lubang (41,22 MPa.cm³/gr).
3. Kekuatan *bending* jenis rata-rata komposit *sandwich* dengan lubang lebih rendah dibandingkan komposit *sandwich* tanpa lubang. Penurunan kekuatan *bending* jenis rata-rata komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* dengan lubang sebesar 40-50% dibandingkan komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* tanpa lubang (26,38 MPa.cm³/gr).
4. Komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* dengan lubang memiliki persentase penyerapan air lebih besar dibandingkan dengan komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* tanpa lubang (42,2%). Selain itu, komposit *sandwich* dengan kulit (*skin*) *plywood* memiliki persentase penyerapan air lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen komposit tanpa kulit (*skin*).

DAFTAR NOTASI

- TL = komposit *sandwich* dengan inti (*core*) *opened cell foam* bambu tanpa lubang.
30 = komposit *sandwich* dengan jarak lubang 30 mm pada inti (*core*) *opened cell foam* bambu.
40 = komposit *sandwich* dengan jarak lubang 40 mm pada inti (*core*) *opened cell foam* bambu.
60 = komposit *sandwich* dengan jarak lubang 60 mm pada inti (*core*) *opened cell foam* bambu.
T.30 = komposit *opened cell foam* bambu dengan lubang berjarak 30 mm (tanpa kulit (*skin*)).
T.40 = komposit *opened cell foam* bambu dengan lubang berjarak 30 mm (tanpa kulit (*skin*)).
T.60 = komposit *opened cell foam* bambu dengan lubang berjarak 30 mm (tanpa kulit (*skin*)).

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C271-19, Standard test method for density of sandwich core materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.
ASTM C272-17, Standard test method for water absorption of core materials for sandwich constructions, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.
ASTM C365-20, Standard test method for flatwise compressive properties of sandwich cores, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020.
ASTM C393-20, Standard test method for core shear properties of sandwich constructions by beam flexure, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020.
Cai, Z., Zhang, L., Zhang, X., Ren, H., Preparation and properties of bamboo cellulose fiber open-cell foam composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 39(16-17), 639-647, 2020.
Chen, F., Zhang, Y., Lu, X., Thermal insulation properties of bamboo fiber open-cell foam materials, *Construction and Building Materials*, 216, 364-372, 2019.
Defoirdt, N., Biswas, S., De Vriese, L., Tran, L.Q.N., Van Acker, J., Ahsan, Q., Gorbatiikh, L., Van Vuure, A., Verpoest I, Assessment of the tensile properties of coir, bamboo and jute fiber, *Composites: Part A* 41, pp. 588–595, 2010.
Habibi, A., Ebrahimzadeh, A., Mehrali, M., Mechanical properties and thermal conductivity of polypropylene / bamboo composite sandwich structures, *Journal of Sandwich Structures and Materials*, 21(3), 911-929, 2019.
Jiang, Z., Wang, J., Wang, B., & Liu, J., Mechanical and thermal properties of bamboo fiber/polyethylene foam sandwich composites, *Composites Part B: Engineering*, 215, 108878, 2021.
Rahman, M.R., Hassan, A., Islam, M.A., Hossain, M.A., Hasan, M., Investigation of mechanical properties and dimensional stability of gelatin-based bamboo fiber composite, *Polymer Composites*, 41(2), 602-613, 2020.

- Setyawan PD, Sugiman, Pengaruh densitas honeycomb bambu sebagai inti komposit sandwich terhadap kekuatan bending komposit sandwich, *Jurnal REFORMA* Vol.2 No.2, 2013.
- Si, J., Wang, Q., Liu, M., Zhou, J., Ren, L., The mechanical behavior of bamboo fiber-reinforced polystyrene foam sandwich composites, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 39(1), 30-42, 2020.
- Wang, J., Cheng, R., Yang, J., Effect of silane-treated bamboo fibers on mechanical properties of polypropylene/bamboo fiber composites, *Materials Science and Engineering: A*, 718, 120-128, 2018.
- Yuan, Z., Lu, X., Zhang, X., Mechanical properties and energy absorption characteristics of bamboo fiber: A comparison with other natural fibers and polymer foams, *Composites Part B: Engineering*, 67, 112-119, 2014.
- Zaen, U., Sugiman, Setyawan, P.D., Investigasi kekuatan bending komposit laminat aluminium-fiberglass-bambu, *Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 20*, UGM Jogjakarta, 2014.
- Zhang, Y., Chen, F., Lu, X., Fabrication and characterization of bamboo fiber open-cell foam for efficient air filtration, *Materials Science and Engineering: B*, 267, 115064, 2021.