

Analisis Pengaruh Variasi Massa Serat Pelepah Pisang Dengan Matrik *Polypropylene* (PP) Terhadap Konduktivitas Termal Dan Porositas Panel Komposit

Afrizal¹, Yenni Darvina², Harman Amir³, Rahmat Hidayat⁴

¹²³⁴Program Studi Fisika, Universitas Negeri Padang
e-mail: ydarvina@fmipa.unp.ac.id

Abstrak

Pemanasan global menyebabkan suhu di dalam bangunan tempat tinggal meningkat, yang dapat mengurangi kenyamanan penghuni rumah. Peningkatan suhu dalam ruangan disebabkan oleh faktor-faktor seperti kurangnya sirkulasi udara yang memadai dan penyerapan panas dari matahari oleh dinding serta atap bangunan. Jenis material yang digunakan pada permukaan bangunan sangat mempengaruhi perpindahan panas. Solusi dari permasalahan ini adalah dengan menggunakan papan insulasi panas yang dapat menghambat aliran panas dari luar ke dalam ruangan. Komposit yang terbuat dari serat pelepah pisang dan polypropylene sebagai matriks adalah alternatif yang ekonomis dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi massa polypropylene dan massa serat pelepah pisang terhadap konduktivitas termal serta porositas panel komposit, dan untuk memahami hubungan antara porositas dan konduktivitas termal panel komposit. Panel komposit dibuat dengan berbagai perbandingan massa polypropylene dan serat pelepah pisang, yaitu: variasi 1 (100%:0%), variasi 2 (90%:10%), variasi 3 (85%:15%), variasi 4 (80%:20%), variasi 5 (75%:25%), dan variasi 6 (70%:30%). Pengujian yang dilakukan mencakup konduktivitas termal menggunakan alat thermal conductivity apparatus dan porositas. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi dengan persentase polypropylene dan serat pelepah pisang 80%:20%, 75%:25%, dan 70%:30% memiliki nilai konduktivitas termal 0,0978 W/m°C, 0,0894 W/m°C, dan 0,0778 W/m°C, yang semuanya kurang dari 0,1 W/m°C, menjadikannya bahan isolator panas yang baik. Selain itu, semua variasi memiliki nilai porositas antara 1,09% hingga 1,7461%, yang kurang dari 25%, sehingga termasuk dalam kategori bahan non-pori. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan massa serat dan penurunan massa matriks polypropylene, nilai konduktivitas termal menurun dan porositas meningkat. Dengan meningkatnya porositas, konduktivitas termal cenderung menurun.

Kata kunci : *Panel Komposit, Polypropylene, Serat Pelepah Pisang, Konduktivitas Termal, Porositas.*

Abstract

Global warming has an impact on increasing temperatures inside residential buildings. High temperatures in the house can reduce comfort for the occupants. Causes of increasing room temperatures include lack of adequate air circulation and absorption of solar heat by building wall and roof elements. An important factor that influences heat transfer on a building surface is the type of material used. One solution to overcome this problem is the use of heat insulation boards, which function to prevent heat transfer from outside to inside the room. One alternative material that is cheap and environmentally friendly is a composite of banana stem fiber with polypropylene as a matrix. The aim of this research is to determine the effect of variations in polypropylene matrix mass and banana stem fiber mass on the thermal conductivity and porosity of composite panels and how porosity relates to the thermal conductivity value of composite panels. Composite panels are made by varying the mass of polypropylene with banana stem fiber, namely: variation 1 (100%; 0%); variation 2 (90%:10%); variation 3 (85%:15%); variation 4 (80%:20%); variation 5 (75%:25%); and variation 6 (70%: 30%). The tests carried out in this research were thermal conductivity using thermal conductivity and porosity tools. Based on previous research, variations in the percentage of PP matrix and banana stem fiber are 80%:20%, 75%:25%, and 70%:30% with thermal conductivity values of 0.0978 W/m°C, 0.0894 W/m°C, and 0.0778 W/m°C is less than 0.1 W/m°C so it is considered a good material for heat insulators. And based on SNI 03-2105-2006, all variations with porosity values, namely 1.09%, 1.254%, 1.429%, 1.553%, 1.643% and 1.7461%, are less than 25% so they are classified as non-porous materials. Based on the research results obtained, if the number of fibers increases or the PP matrix decreases, the thermal conductivity value will decrease and the porosity value will increase. If the porosity is higher, the thermal conductivity is lower.

Keywords: *Composite Panel, Polypropylene, Banana Stem Fibre, Thermal Conductivity, Porosity*

PENDAHULUAN

Perpindahan panas adalah fenomena alam yang dapat dianalisis melalui prinsip fisika dan terbagi menjadi tiga mekanisme utama: konduksi, konveksi, dan radiasi. Selama siang hari, suhu tinggi di dalam ruangan dapat mengganggu kenyamanan penghuni. Beberapa faktor yang menyebabkan kenaikan suhu dalam ruangan termasuk kurangnya sirkulasi udara dan penyerapan panas oleh dinding serta atap. Jenis material bangunan yang digunakan juga mempengaruhi perpindahan panas pada permukaan bangunan. Papan insulasi panas adalah salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini karena dapat menghambat aliran panas dari luar ke dalam ruangan (Azizi, 2023).

Salah satu alternatif material penghambat panas adalah papan komposit. Istilah papan komposit merujuk pada panel yang terbuat dari partikel kayu atau bahan

berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat dan dikompresi dengan panas pada tekanan tertentu (Pease, 1994). Secara makroskopis, komposit terdiri dari dua komponen utama: matriks seperti resin epoksi sebagai pengikat, dan pengisi berupa serat yang berfungsi sebagai penguat. Karakteristik material komposit mencakup kekakuan, kekuatan, fleksibilitas, dan berbagai sifat mekanik lainnya (Ageng *et al.*, 2023).

Dalam penelitian ini, matriks yang digunakan adalah plastik polypropylene (PP), yang termasuk dalam kategori thermoplastic. Polypropylene dikenal karena kekakuannya, densitas rendah, ketahanannya terhadap bahan kimia dan asam basa, serta ketahanan terhadap panas dan retakan, meskipun memiliki ketahanan benturan yang rendah (Ahmed *et al.*, 2021). Polypropylene sering dipilih karena ketahanan fisik dan kimianya, meskipun tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme di lingkungan. Pembuatan panel komposit dengan polypropylene dapat membantu mengatasi masalah ini. Penelitian ini menggunakan serat batang pisang yang akan d, yang berdasarkan anatominya memiliki potensi untuk dijadikan bahan baku papan serat.

Beberapa studi terdahulu telah memanfaatkan polypropylene, seperti penelitian Dinny (2022) yang menggunakan limbah polypropylene sebagai matriks dan penguat berupa serat tebu untuk menguji sifat mekanik dari panel komposit. Penelitian ini mengeksplorasi dampak perbandingan polypropylene yang berperan sebagai matriks dan pengisi berupa sludge kertas pada sifat mekanik komposit serat tebu. Penelitian lain oleh Syirpia (2022), yang menganalisis bagaimana pengaruh variasi komposisi dari serat tebu dengan Limbah Plastik/Polypropylene yang berwarna hitam dan pengisi sludge kertas untuk menguji sifat akustik dari panel komposit. Penelitian ini meneliti efek variasi massa serat tebu dengan matriks limbah polypropylene lalu diberi pengisi sludge kertas terhadap hasil uji akustik pada panel komposit.

Penelitian terkait serat pelepah pisang juga telah dilakukan, seperti yang tercantum dalam studi Santika (2023) yang berjudul "Mechanical Characterization of Water Hyacinth Reinforced Polypropylene Composites," meskipun penelitian ini hanya menilai sifat akustik komposit tanpa mengevaluasi konduktivitas termalnya. Berdasarkan studi-studi tersebut, pengujian sifat mekanik dan akustik menggunakan limbah polypropylene telah menunjukkan hasil yang memadai, namun pengujian sifat termal belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perbandingan massa matriks polypropylene dan serat pelepah pisang terhadap nilai konduktivitas termal dan porositas panel komposit, serta hubungan antara porositas dan konduktivitas panel komposit.

METODE

Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan selama penelitian ini meliputi alat pembuatan sampel yang meliputi ; sikat kawat, mistar, gunting, timbangan digital, amplas, masker, sarung tangan, wajan, kompor, cetakan, termometer, gelas kimia. Peralatan karakterisasi yang meliputi : alat *thermal conductivity apparatus*, jangka sorong, stopwatch dan termometer. Sementara itu bahan yang digunakan dalam penelitian ini

terdiri dari plastik polistirena murni, serat pelepah pisang, NaOH 5%, aquades dan air bersih,

Prosedur Kerja

Tahapan Persiapan Serat Pelepah Pisang

Pelepah pisang dikumpulkan lalu dicuci sampai bersih menggunakan air agar kotoran yang menempel pada pelepah pisang terlepas. Setelah dicuci bersih pelepah pisang direndam kurang lebih selama 24 jam. Selanjutnya pelepah pisang dijemur di bawah terik matahari hingga kering. Pelepah pisang yang telah kering kemudian disisir untuk mendapatkan seratnya yang akan menjadi bahan pengisi komposit seperti gambar 1.



Gambar 1. Serat Pelepah Pisang

Setelah didapatkan serat pada gambar 1, selanjutnya merendam serat menggunakan larutan NaOH 5% dalam waktu 2 jam. Selanjutnya membilas serat dengan air biasa sampai bersih lalu serat dijemur kembali di bawah terik matahari sampai serat kering. Setelah kering serat pelepah pisang dipotong dengan ukuran 1 cm (Santika *et al.*, 2023)

Tahapan Pembuatan Sampel

Sampel yang akan dibuat yaitu terdiri dari 6 variasi massa matrik PP dan serat dari total massa 110 gram yaitu variasi 1 (100%:0%), variasi 2 (90%: 10%); variasi 3 (85%: 15%); variasi 4 (80%: 20%); variasi 5 (75%: 25%); dan variasi 6 (70%: 30%). Masing-masing variasi akan dibuat 3 sampel untuk dijadikan sebagai pembandingan. Langkah-langkah pembuatan sampel yaitu menimbang PP dan serat sebanyak massa yang ditentukan. Selanjutnya memasukkan PP yang telah ditimbang kedalam wajan panas hingga PP meleleh lalu dicampurkan dengan serat yang telah ditimbang kedalam wajan dengan api kecil dan diaduk hingga campuran adonan merata. Selanjutnya adonan dipindahkan kedalam cetakan secara merata lalu menutup cetakan dan menekan dengan besi silinder. Selanjutnya adonan dibiarkan hingga kering dan mengeras, kemudian lepaskan sampel dari cetakan. Dan diperoleh sampel panel komposit seperti terlihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Sampel Panel Komposit

Berdasarkan Gambar 2 di atas, dibuat 3 sampel uji untuk setiap variasi. Total sampel uji yang dijadikan sampel sebanyak 18 buah. Sampel dibuat dengan dimensi 13 cm x 13 cm x 0,7 cm.

Pengujian Konduktivitas Termal dan Porositas

Untuk memperoleh nilai konduktivitas termal, sampel yang telah dibuat selanjutnya diuji menggunakan alat *Thermal Conductivity Apparatus*. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari nilai konduktivitas termal dari sampel panel komposit melalui persamaan :

$$K = \frac{R_o \times (L + c\Delta t) \times h}{A \times \Delta T} \quad (1)$$

Rata-rata nilai konduktivitas termal dapat dicari

menggunakan persamaan

$$\bar{k} = \frac{\sum k}{n} \quad (2)$$

Dimana, K adalah konduktivitas termal ($W/m^{\circ}C$), R_o adalah laju pada es yang melebur ($gram/s$), L adalah kalor lebur es ($kal/gram$), c adalah kalor jenis es ($kal/gram^{\circ}C$), Δt adalah perbedaan suhu dari es beku ke es melebur ($^{\circ}C$), h adalah ketebalan sampel (cm), A adalah luas permukaan sampel (cm^3) dan ΔT adalah perbedaan suhu dari es beku ke air mendidih ($^{\circ}C$)

Selanjutnya pada pengujian porositas seluruh sampel ditimbang pada kondisi kering dengan menggunakan timbangan digital. Selanjutnya, seluruh sampel direndam pada satu wadah yang sama selama 24 jam. Sampel yang telah direndam selama 24 jam tersebut ditimbang kembali dengan menggunakan timbangan digital. Nilai porositas dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$P = \frac{M_b - M_k}{V_b} \times \frac{1}{\rho_{air}} \times 100\% \quad (3)$$

Rata-rata nilai porositas dapat dicari menggunakan persamaan :

$$\bar{P} = \frac{\sum P}{n} \tag{4}$$

Dimana, P = Porositas (%), M_b = Massa basah sampel setelah direndam (gram), M_k = Massa kering sampel sebelum direndam (gram), V_b = Volume benda uji (cm^3) dan ρ_{air} = Massa jenis air (gr/cm^3).

HASIL DAN PEMBAHASAN

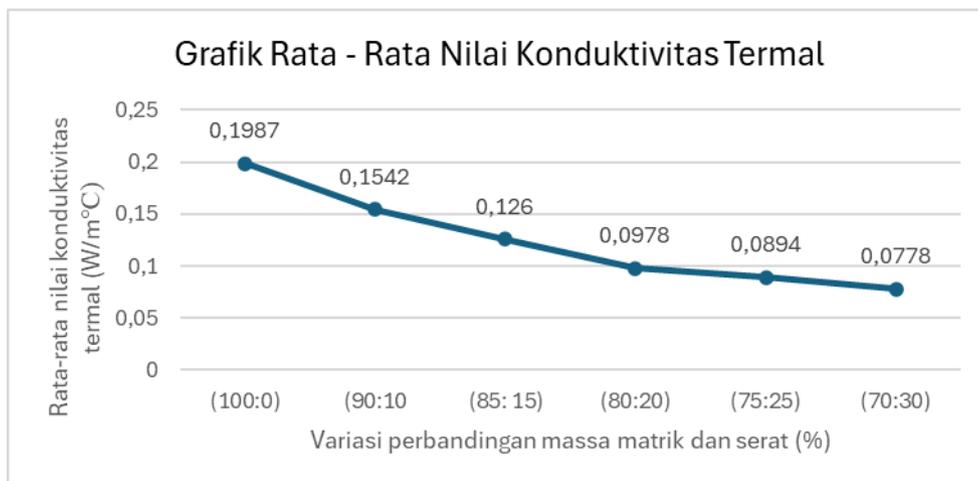
Hasil Pengukuran Nilai Konduktivitas Termal

Untuk memperoleh nilai konduktivitas termal dapat dihitung menggunakan persamaan 1. Kemudian menentukan nilai konduktivitas rata-rata dari setiap variasi menggunakan persamaan 2. Pengaruh dari variasi massa matrik polypropylene dan serat pelepah pisang terhadap nilai konduktivitas termal dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Variasi Perbandingan Massa Matrik PP dan Serat Terhadap Rata – Rata Nilai Konduktivitas Termal

Persentase PP : serat (%)	Rata-rata Nilai Konduktivitas Termal ($\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$)
100 : 0	0,1987
90 : 10	0,1542
85 : 15	0,1260
80 : 20	0,0978
75 : 25	0,0894
70 : 30	0,0778

Jika tabel 1. diplot dalam grafik, maka didapatkan grafik seperti ini :



Gambar 3. Grafik Rata – Rata Nilai Konduktivitas Termal

Berdasarkan grafik pada gambar 3, dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas termal dari perbandingan massa matriks PP dan serat pelepah pisang yaitu 70% : 30% memiliki nilai konduktivitas termal terendah dengan nilai 0,0778W/m°C. Nilai konduktivitas mengalami penurunan dari persentase matriks PP dan serat pelepah pisang 100% : 0% hingga 70% : 30%. Dari grafik tersebut juga terlihat jika jumlah serat pelepah pisang meningkat sementara jumlah matrik PP berkurang, nilai konduktivitas termal akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor. Menurut penelitian Tajalla (2024), pelepah pisang memiliki rongga antar serat yang bisa menjadikan pelepah pisang sebagai isolator alami karena memiliki nilai konduktivitas termal yang kecil yaitu 0,116 W/mK. Kandungan yang terdapat pada pelepah pisang terdiri dari α -selulosa sebesar 83,3 % dan lignin sebesar 2.97 % (Dewi, *et al.*, 2019). Menurut penelitian Abdel-Fattah (2012), Selulosa yang terkandung didalam serat pelepah pisang ini yang dapat mengakibatkan terbentuknya rongga, hal ini yang menyebabkan terjadinya penurunan transfer energi panas pada partikel yang ada di dalam papan komposit. Maka penambahan kandungan pelepah pisang akan mengurangi kemampuan konduktivitas termal papan komposit. Dan juga hasil ini diperkuat penelitian oleh Shalwan (2022) yang menyatakan bahwa semakin tinggi fraksi volume dari serat alam yang digunakan, maka akan menghasilkan komposit dengan kemampuan insulasi panas yang semakin tinggi pula.

Menurut Wibowo *et al.* (2008), bahan isolator panas yang baik memiliki konduktivitas termal kurang dari 0,1 W/m°C. Dalam hal ini, perbandingan persentase matrik PP dan serat pelepah pisang yaitu 80%:20%, 75%:25%, dan 70%:30% menunjukkan nilai konduktivitas termal masing-masing sebesar 0,09378 W/m°C, 0,0894 W/m°C, dan 0,0778 W/m°C, yang semuanya berada di bawah 0,1 W/m°C dan karenanya cocok sebagai bahan isolator panas.

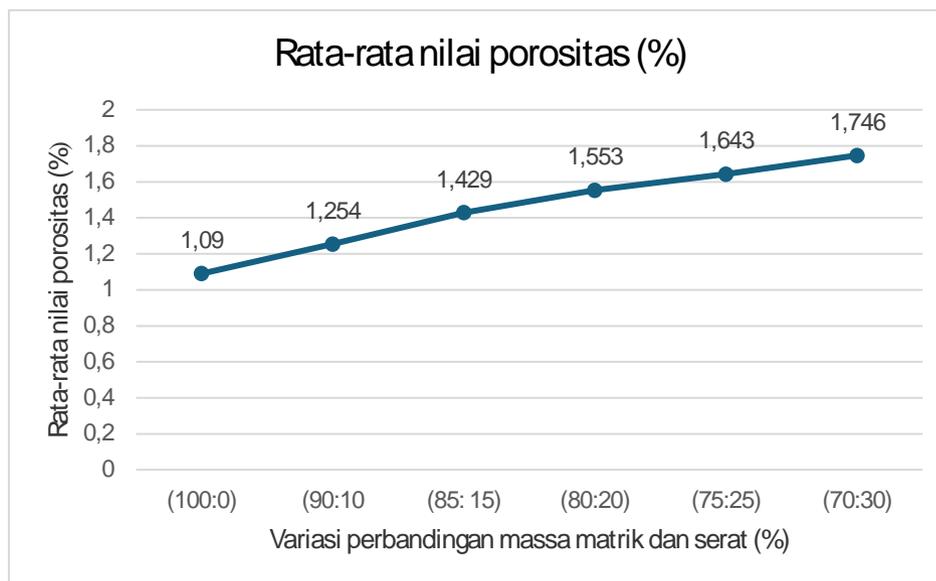
Hasil Pengukuran Nilai Porositas

Nilai porositas dari sampel dihitung dengan menggunakan persamaan 3. Kemudian menentukan nilai porositas rata-rata dari setiap variasi dengan menggunakan persamaan 4. Pengaruh dari variasi fraksi volume dari matrik dan serat pelepah pisang terhadap nilai porositas dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Variasi Perbandingan Massa Matrik PP dan Serat Terhadap Rata-Rata Nilai Porositas

Persentase PP : serat (%)	Rata-rata Nilai Porositas (%)
100 : 0	1,09
90 : 10	1,254
85 : 15	1,429
80 : 20	1,553
75 : 25	1,643
70 : 30	1,746

Jika tabel 2 diplot dalam grafik, maka didapatkan grafik seperti ini :



Gambar 4. Grafik Rata – Rata Nilai Porositas

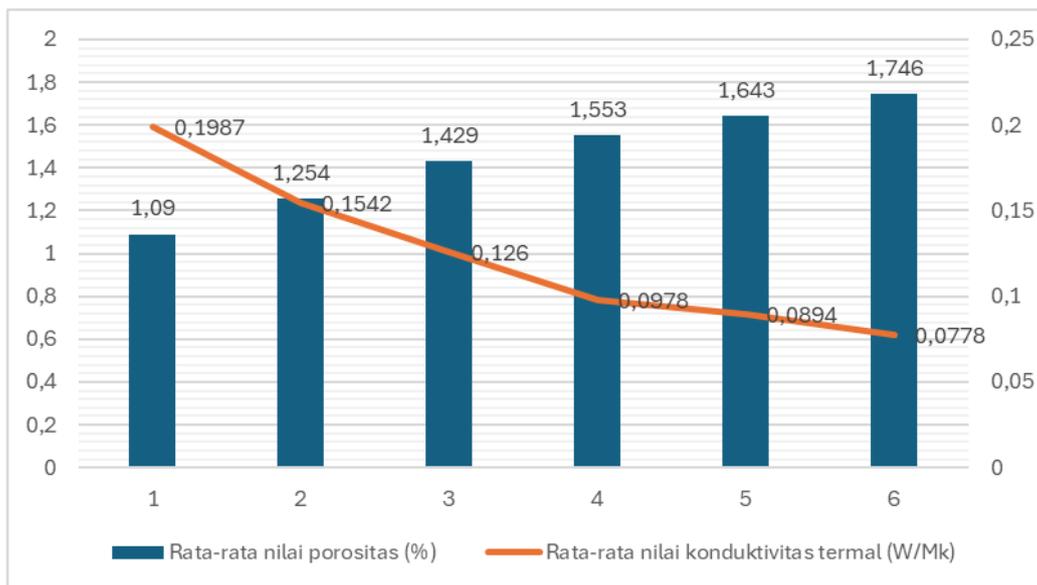
Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai porositas dari persentase matrik dan serat pelepah pisang yaitu 70%:30% memiliki nilai porositas tertinggi dengan nilai 1,746%. Pada persentase matriks dan serat pelepah pisang 100%:0% hingga 70%:30% menghasilkan nilai porositas yang semakin meningkat. Dapat dilihat jika serat pelepah pisang yang digunakan semakin banyak dan matrik PP yang digunakan semakin sedikit, maka nilai porositasnya akan meningkat.

Pengujian sampel komposit menunjukkan bahwa seiring bertambahnya komposisi serat pelepah pisang pada panel komposit, maka semakin tinggi nilai porositas. Sehingga porositas paling tinggi ada pada sampel dengan komposisi serat paling banyak. Hal ini disebabkan komposit yang memiliki komposisi serat lebih banyak maka jumlah resin yang sedikit tidak mampu membasahi semua serat, karena interface antara serat dan matriks kurang rapat sehingga akan banyak rongga atau celah pada komposit yang mengakibatkan nilai porositas komposit menjadi tinggi (Santika, 2023).

Hal ini juga sesuai dengan penelitian Azizi (2023) terkait porositas panel komposit menggunakan serat eceng gondok dan matrik polipropilena. Hasilnya semakin besar fraksi volume serat pada komposit, semakin besar porositas yang terdapat pada specimen.

Hubungan Porositas terhadap nilai konduktivitas termal

Dari data yang telah diperoleh, maka dapat diketahui hubungan porositas terhadap konduktivitas termal. Jika diplot dalam grafik maka didapatkan grafik seperti gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Nilai Konduktivitas Termal dan Porositas

Pada gambar 5 dapat dilihat bagaimana hubungan antara konduktivitas termal dan porositas. Pada hasil penelitian ini, nilai konduktivitas termalnya mengalami penurunan dari persentase matrik PP dan serat pelepah pisang 100%:0% hingga 70%:30%, nilai porositasnya mengalami peningkatan dari persentase matrik PP dan serat pelepah pisang 100 %:0% hingga 70%:30%. Jika nilai porositasnya meningkat, maka nilai konduktivitas termalnya akan menurun. Karena menurut Hidayat (2000), yang dapat memengaruhi nilai konduktivitas termal suatu bahan, yaitu porositas. Apabila pori-pori pada suatu bahan semakin banyak maka konduktivitas termalnya semakin kecil. Pori-pori pada bahan mengandung gas dimana gas memiliki kemampuan yang buruk dalam menghantarkan panas jika dibandingkan dengan cair dan padat. Hal ini dikarenakan pada fase gas jarak antar molekulnya berjauhan dan bergerak secara acak.

SIMPULAN

Berdasarkan grafik persentase matrik PP dan serat pelepah pisang berpengaruh terhadap nilai konduktivitas termal dan porositas pada panel komposit dan juga hubungan porositas dengan nilai konduktivitas termal. Jika jumlah serat pelepah pisang yang digunakan semakin banyak dan jumlah matrik PP yang digunakan semakin sedikit, maka nilai konduktivitas termal sampel akan semakin rendah dan nilai porositas sampel akan semakin tinggi. Bahan yang efektif sebagai isolator panas biasanya memiliki nilai konduktivitas termal di bawah $0,1 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$., maka perbandingan persentase matrik PP dan Serat pelepah pisang 80%:20%, 75%:25%, dan 70%:30% dengan nilai konduktivitas termal $0,09378 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, $0,0894 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, dan $0,0778 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ yang kurang dari $0,1 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ merupakan bahan yang baik untuk isolator panas. Menurut Křemenáková *et al*, 2017 dan berdasarkan standar SNI 03-2105-2006,

suatu bahan dikatakan tidak berpori jika memiliki porositas kurang dari 25% sementara bahan berpori memiliki porositas lebih besar dari 40%. Dikarenakan semua perbandingan persentase matrik PP dan serat pelepah pisang memiliki nilai porositas yaitu 1,09%, 1,254%, 1,429%, 1,553%, 1,643%, dan 1,746% kurang dari 25%, maka tergolong ke dalam bahan tidak berpori. Hubungan antara konduktivitas termal dan porositas adalah Jika nilai porositasnya meningkat, maka nilai konduktivitas termalnya akan menurun. Karena menurut Hidayat (2000), yang dapat memengaruhi nilai konduktivitas termal suatu bahan, yaitu porositas. Apabila pori-pori pada suatu bahan semakin banyak maka konduktivitas termalnya semakin kecil. Pori-pori pada bahan mengandung gas dimana gas memiliki kemampuan yang buruk dalam menghantarkan panas jika dibandingkan dengan cair dan padat. Hal ini dikarenakan pada fase gas jarak antar molekulnya berjauhan dan bergerak secara acak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ageng, K. S., Putraa, I. R., & Sehonu. (2023). Pengembangan Material Komposit Tahan Panas Dengan Menggunakan Metode *3D Printing* Dan *Hand Lay Up*. *Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 9(1), 2622-3244.
- Azizi, F. (2023). *Pengaruh Perbandingan Jumlah Serat dan Serbuk Eceng Gondok Terhadap Konduktivitas Termal dan Porositas Panel Komposit Dengan Matriks Limbah Plastik Polypropylene*. Skripsi, FMIPA. Padang : Universitas Negeri Padang.
- Dinny, I., & Darvina, Y. (2022). The Effect of Comparison of Polypropylene Plastic Waste Composition and Paper Sludge on Fiber Reinforced Composite Panels of Sugarcane Bags on Mechanical Properties. *Pillar of Physics*, 26- 35.
- Pease, D. (1994). *Panels Product Applications and Production Trends*. San Francisco: Miller Freeman.
- Abdel-Fattah, A. F., & Abdel-Naby, M. A. (2012). Pretreatment and Enzymic Saccharification of Water Hyacinth Cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 2109-2113.
- Ahmed, H., & Sugini. (2021). A Study on Interlocking Brick Innovation Using Recycled Plastic Waste to Support the Acoustic and Thermal Performance of a Building. *ARTEKS : Jurnal Teknik Arsitektur* 6 (3), 335-348.
- Febriani, E. (2012). *Pengaruh Penggantian Sebagian Tanah Liat dengan Abu Sekam Padi dan Lama Pembakaran Terhadap Karakteristik Fisis dan Mekanik Batu Bata*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret. Arikunto, S. 1998. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rinneka Cipta
- Křemenáková, D., Militký, J., Venkataraman, M., & Mishra, R. (2017). Thermal Insulation and Porosity - From Macro to Nanoscale. *Hot Topics in Thermal Analysis and Calorimetry*, Cham, Springer International Publishing, 425- 448.
- Putri, L. D., & Mahyudin, A. (2019). Analisis Pengaruh Persentase Volume Serat Eceng Gondok dan Serat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi Komposit Hibrid Matrik Epoksi. *Jurnal Fisika Unand* 8 (3), 288-294.

- Santika, V. A., Darvina, Y., Ratnawulan., & Jhora . F. U. (2023). *Analysis Of The Influence Mass Variations Of Banana Stem Fibres With Polypropylene (Pp) Matrix On Acoustic And Porosity Properties Pillar of Physics*, 1-9..
- Shalwan, A., Alajmi, A., & Yousif, B. F. (2022). Theoretical Study of the Effect of Fibre Porosity on the Heat Conductivity of Reinforced Gypsum Composite Material. *Polymers 14* (3973).
- Syirpia, K., Hidayati, Jonuarti, R., & Darvina, Y. (2022). The Effect of Variations of Bagasse Sugarcane Fiber Composition with Plastic/Polypropylene Waste Matrix and Paper Sludge Filler on Acoustic Testing on Composite Panels. *Pillar of Physics*, 1-9.
- Tajalla, G. U. N., Dkk. (2024). Karakteristik Termal Material Komposit Berbahan Dasar Polipropilena dan Batang Pisang. *Jurnal Teknik*. 23(1), 2580-2615).
- Wibowo, H., Muhajir, K., Rusianto, T., & Arbintarso, E. (2008). Konduktivitas Termal Papan Partikel Sekam Padi. *Jurnal Teknologi Technoscienti* 1 (1), 29-34.