

Sifat Termal Komposit Resin Berpenguat Serat Ijuk Sebagai *Isolation Thermal Board* Untuk Bahan Konstruksi Bangunan

**Widya Priskila Sari^{1*}, Mohamad Jahja¹, Irsan Rahman¹, A Indra Wulan Sari
Ramadani¹, Muh. Fachrul Latief¹**

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri
Gorontalo, Indonesia

Email Corresponding Author: widyapriskilasari@gmail.com

ABSTRAK

Isu efisiensi energi pada bangunan semakin mendesak untuk diatasi mengingat sektor konstruksi merupakan salah satu penyumbang terbesar konsumsi energi dan emisi global Di Indonesia, penggunaan material insulasi termal sintetis seperti polistirena masih dominan, meskipun material tersebut memiliki permasalahan lingkungan yang signifikan karena tidak terurai, menghasilkan polusi berbahaya, serta memiliki jejak karbon tinggi. Kondisi ini mendorong perlunya alternatif material insulasi yang lebih berkelanjutan berbasis sumber daya lokal. Serat ijuk (*Arenga pinnata*), dengan sifat morfologi berongga, ketahanan terhadap kelembapan, dan struktur mikrofibril yang mendukung hambatan panas, menjadi kandidat potensial untuk dikembangkan sebagai penguat pada komposit resin untuk aplikasi panel insulasi termal. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi secara komprehensif pengaruh variasi fraksi serat ijuk terhadap sifat termal komposit resin dan menjelaskan mekanisme hambatan perpindahan panas melalui analisis morfologi mikro. Metode yang digunakan berupa eksperimen dengan tiga variasi komposisi serat (1:1, 1:2, 1:3), menggunakan resin epoxy sebagai matriks. Serat diberi perlakuan alkali NaOH 5% sebelum difabrikasi menjadi komposit. Pengumpulan data dilakukan melalui uji konduktivitas termal serta pengamatan struktur mikro menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio 1:2 memiliki nilai konduktivitas termal tertinggi (0.646 W/m.K), sedangkan komposisi serat terlalu rendah atau terlalu tinggi memperlihatkan penurunan performa termal akibat ketidakmerataan dispersi serat atau terbentuknya rongga udara. Analisis SEM mengonfirmasi bahwa perlakuan alkali mampu meningkatkan kebersihan dan kekasaran permukaan serat sehingga memperbaiki ikatan antarmuka dan jalur hambatan panas komposit. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa serat ijuk berpotensi digunakan sebagai material insulasi ramah lingkungan untuk bangunan. Rekomendasi penelitian selanjutnya adalah mengembangkan variasi orientasi serat, pengujian sifat mekanik tambahan, serta optimasi proses fabrikasi untuk meningkatkan performa komposit secara menyeluruh.

Kata-kata kunci: *Serat Ijuk; komposit resin; sifat termal; konstruksi bangunan*

PENDAHULUAN

Isu efisiensi energi pada bangunan terus menjadi perhatian global seiring meningkatnya konsumsi energi sektor konstruksi yang mencapai lebih dari 30% total penggunaan energi dunia serta menyumbang sekitar 40% emisi CO₂ menurut laporan *International Energy Agency (IEA)* tahun 2023 (“*Perspectives_for_the_Clean_Energy_Transition_2019*,” tanpa tanggal). Di

tingkat nasional, Indonesia menghadapi tantangan serupa, terutama pada bangunan perumahan dan fasilitas publik yang umumnya menggunakan material insulasi termal berbasis sintesis seperti polistirena (Ali, Issa dan Elshaer, 2024). Material tersebut memang memiliki performa insulasi yang baik, namun masih menyisakan persoalan lingkungan karena tidak biodegradable, menghasilkan polusi yang berbahaya saat produksi dan pembakaran, serta memiliki jejak karbon tinggi. Pemerintah Indonesia melalui Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan Peraturan Pemerintah No. 33/2020 telah mendorong pemanfaatan material ramah lingkungan dan pengembangan teknologi bangunan hemat energi sebagai bagian dari strategi nasional pengurangan emisi. Kondisi ini menjadikan kebutuhan terhadap material insulasi termal alternatif yang terbarukan, aman, dan berkelanjutan semakin.

Menanggapi isu tersebut, peneliti memandang bahwa pemanfaatan sumber daya alam lokal berupa serat alam menjadi peluang besar untuk menghadirkan material insulasi yang lebih ramah lingkungan dan terjangkau. Salah satu potensi biomaterial Indonesia yang sangat relevan adalah serat ijuk (*Arenga pinnata*) yang dikenal memiliki morfologi berongga, tahan terhadap kelembapan, dan tidak mudah terdegradasi (Imraan *dkk.*, 2023). Dengan karakter tersebut, serat ijuk berpotensi memberikan kinerja insulasi termal yang baik sekaligus meningkatkan sifat mekanik material komposit. Namun, hingga saat ini penggunaan serat ijuk khususnya sebagai penguat pada komposit berbasis resin untuk aplikasi *thermal insulation board* masih belum dieksplorasi lebih jauh, sehingga membutuhkan kajian yang lebih mendalam.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa serat alam seperti kenaf (Jamadi *dkk.*, 2021), hemp (Sair *dkk.*, 2018), dan sisal (Głowińska, Datta dan Parcheta, 2017) mampu meningkatkan ketahanan termal dan menurunkan konduktivitas panas pada komposit polimer. Pada konteks serat ijuk sendiri, beberapa studi menyebutkan bahwa struktur mikronya yang berongga dan permukaan serat yang kasar memberi kontribusi terhadap peningkatan sifat insulasi ketika dicampurkan dalam matriks tertentu. Akan tetapi, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aplikasi struktural, akustik, atau sebagai reinforcement mekanik, sementara karakteristik sifat termal komposit resin berpenguat serat ijuk sebagai *insulation board* untuk konstruksi bangunan belum banyak dibahas. Gap inilah yang menunjukkan perlunya penelitian yang tidak hanya mengukur konduktivitas termal, tetapi juga memahami mekanisme penurunan perpindahan panas melalui struktur mikro komposit berbasis serat ijuk.

Celah penelitian yang masih minim tersebut mengindikasikan adanya kebutuhan untuk menghasilkan pengetahuan baru mengenai peran serat ijuk dalam meningkatkan sifat termal komposit resin, terutama ketika difabrikasi sebagai *thermal insulation panel*. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan karakterisasi termal yang lebih komprehensif, mencakup pengukuran konduktivitas panas, difusivitas termal, dan kapasitas panas spesifik serta didukung oleh analisis morfologi mikro. Kajian ini juga berlandaskan teori perpindahan panas konduksi pada material berpori serta teori komposit termal yang menyatakan bahwa keberadaan serat berongga dan antarmuka serat dengan matriks dapat mengganggu jalur rambatan panas dan menurunkan nilai konduktivitas efektif (Shakir *dkk.*, 2023).

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini difokuskan untuk mengevaluasi secara komprehensif sifat termal komposit resin berpenguat serat ijuk yang dikembangkan sebagai *thermal insulation board* untuk material konstruksi bangunan. Penelitian ini bertujuan menggambarkan bagaimana variasi komposisi serat ijuk memengaruhi perilaku termal komposit, menjelaskan mekanisme penghambatan perpindahan panas melalui analisis struktur mikro, serta menilai potensi komposit ini sebagai material insulasi ramah lingkungan yang dapat menggantikan produk sintesis konvensional. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmiah dan praktis terhadap inovasi material insulasi berkelanjutan dan mendukung transisi menuju bangunan hemat energi di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis Penelitian ini bersifat eksperimental dengan desain *true experiment* yang berfokus pada pembuatan dan pengujian komposit resin serat ijuk untuk aplikasi *thermal insulation board*. Desain penelitian ini dilakukan mulai dari preparasi sampel perlakuan *alkali treatment*, kemudian proses fabrikasi komposit dengan variasi fraksi serat, diikuti oleh pengujian sifat termal dan analisis struktur mikro.

Subjek Penelitian

Perlu Subjek penelitian ini adalah material komposit yang terdiri dari matriks resin epoxy dan penguat berupa serat ijuk (*Arenga Pinnata*). Populasi penelitian ini mencakup variasi tiga variasi perbandingan sampel. Sampel menggunakan tiga variasi komposit dengan perbedaan komposisi fraksi serat tertentu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dan dikeringkan selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian. Ukuran sampel disesuaikan dengan ukuran tempat pengujian.

Instrumen

Instrumen penelitian ini mencakup pengukuran sifat termal dan Scanning Electron microscope untuk pengamatan mikro struktur antarmuka serat dan resin.

Prosedur Penelitian

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahap sistematis. Pada penelitian ini dimulai dengan tahap preparasi sampel diawali dengan menyiapkan seluruh alat dan bahan yang diperlukan. Serat ijuk dipisahkan antara bagian kasar dan halus. Serat ijuk digunting hingga diperoleh ukuran rata-rata 1 cm, kemudian dicuci menggunakan aquades. Selanjutnya, serat diberi perlakuan kimia dengan direndam dalam larutan NaOH 5% selama 4 jam untuk meningkatkan kualitas permukaan serat. Setelah perendaman, serat kembali dicuci menggunakan aquades hingga tidak terdapat sisa larutan alkali, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari.

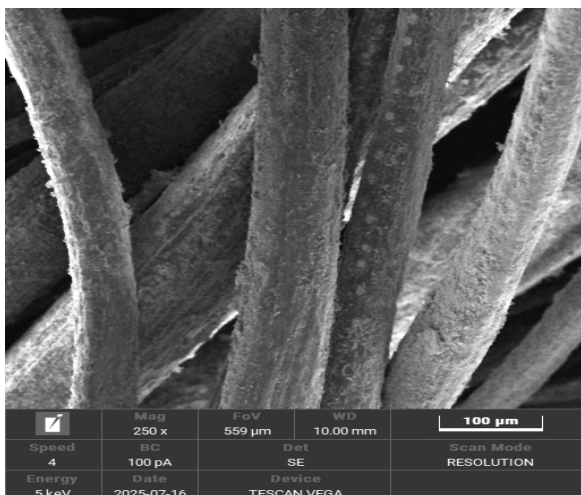
Selanjutnya, proses pembuatan komposit dilakukan dengan menimbang serat ijuk yang telah dipreparasi sesuai komposit, yaitu dengan perbandingan resin dan serat 1:1, 1:2, dan 1:3 dengan massa resin konstan 60 ml dan serat ijuk 60 ml, 120 ml dan 180 ml. Selanjutnya, disiapkan cetakan, resin, dan serat sesuai komposisi yang ditentukan. Resin dicampurkan dengan katalis dengan perbandingan 98% resin dan 2% katalis di dalam gelas ukur, kemudian campuran tersebut diaduk hingga homogen. Serat ijuk ditambahkan ke dalam campuran resin dan diaduk hingga merata sebelum dituangkan ke dalam cetakan. Setelah dituangkan, cetakan diberi tekanan untuk memperoleh kepadatan komposit yang optimal dan dibiarkan selama 12 jam hingga proses pengeringan sempurna. Setelah komposit mengeras, cetakan dibuka dan sampel dikeluarkan dari cetakan. Tahap akhir penelitian adalah melakukan pengujian berupa konduktivitas termal pada semua spesimen komposit yang dihasilkan

Analisis Data

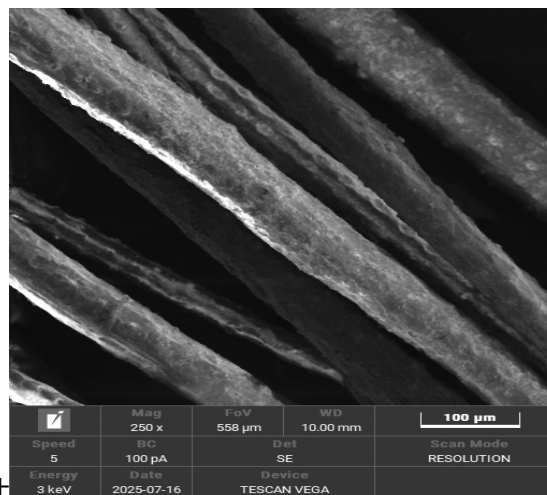
Analisis data uji termal untuk mengukur konduktivitas termal komposit. Uji konduktivitas termal digunakan untuk mengukur kemampuan bahan dalam menghantarkan panas (Kartasmita dan Laksanawati, 2015). Analisis konduktivitas termal komposit termal dihitung menggunakan rumus: $K = \frac{(VLT)L}{A^2\Delta T}$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Perbandingan serat tanpa alkali dengan alkali



Gambar 1. Tanpa alkali



Gambar 2. Dengan alkali 5% Naoh

Berdasarkan gambar 1 diatas menunjukkan bahwa serat ijuk tanpa perlakuan alkali permukaan serat tampak lebih kasar dan tertutup lapisan pengotor, berupa lignin dan hemiselulosa. Lapisan ini menyebabkan permukaan terlihat tidak rata dan berlapis, serta serat cenderung menempel satu sama lain, membentuk gumpalan. Kondisi ini dapat menghambat ikatan antarmuka (interface bonding) dengan matriks resin saat dibuat komposit, karena resin sulit menembus lapisan pengotor tersebut. Sedangkan gambar 2 serat ijuk dengan perlakuan

alkali 5% setelah diberi perlakuan alkali, permukaan serat terlihat lebih bersih, halus, dan serat terpisah lebih jelas satu sama lain. Perlakuan NaOH berfungsi melarutkan sebagian lignin, hemiselulosa, serta kotoran pada permukaan, sehingga struktur mikrofibril selulosa menjadi lebih terbuka (Zulkarnain *dkk*, 2025). Hal ini meningkatkan kekasaran mikroskopis yang justru menguntungkan, karena resin dapat menempel lebih kuat pada permukaan serat.

2. Hasil Pengujian

Tabel 1. Hasil Pengukuran Uji Termal

Perbandingan	Konduktivitas Termal (W/m.K)
1:1	0,093
1:2	0,646
1:3	0,356

Berdasarkan tabel di atas, menunjukkan bahwa komposit resin berpenguat serat ijuk dengan rasio resin 1:2 memiliki nilai konduktivitas termal tertinggi sebesar 0,646 W/m·K, sedangkan rasio 1:1 dan 1:3 masing-masing memiliki nilai 0,093 W/m·K dan 0,356 W/m·K. Nilai ini sejalan dengan penelitian peningkatan fraksi volume serat ijuk dalam komposit epoxy hingga 30% dapat meningkatkan konduktivitas termal dari 0,12 W/m.K menjadi sekitar 0,58 W/m.K (Nurhayati, *dkk.*, 2020). Peningkatan ini terjadi karena serat ijuk memiliki struktur mikrofibril yang memanjang, yang berfungsi sebagai jalur konduksi panas di sepanjang arah serat. Namun, ketika fraksi serat terlalu tinggi, terjadi pembentukan rongga udara yang justru menurunkan nilai konduktivitas termal, sama seperti yang terlihat pada rasio resin 1:3 pada grafik di atas.

Penelitian oleh Rahmawati & Widodo, (2021), pada komposit polyester berpenguat serat sabut kelapa juga menunjukkan tren serupa: perlakuan alkali 5% meningkatkan konduktivitas termal dari 0,24 W/m·K menjadi 0,61 W/m·K akibat peningkatan ikatan antarmuka antara serat dan matriks. Perlakuan alkali membantu menghilangkan lignin dan hemiselulosa yang bersifat non-konduktif, sekaligus meningkatkan pembasahan resin pada permukaan serat. Temuan ini mendukung hasil SEM pada penelitian ini, di mana permukaan serat ijuk yang telah dialkali tampak lebih bersih dan kasar, yang memungkinkan jalur perpindahan panas menjadi lebih kontinu (Bachtiar *dkk*, 2025).

Selain itu, Yuliani et al., (2020) menyatakan bahwa komposit serat bambu dengan perlakuan NaOH 5% memiliki peningkatan konduktivitas termal hingga 40% dibandingkan serat tanpa perlakuan, dengan alasan yang sama yakni penghilangan pengotor permukaan dan peningkatan kekompakan struktur. Dengan membandingkan hasil-hasil tersebut, dapat

disimpulkan bahwa perlakuan alkali 5% pada serat ijuk memberikan efek serupa terhadap peningkatan konduktivitas termal, di mana pembersihan permukaan dan peningkatan ikatan antarmuka menjadi faktor utama yang memperbaiki kemampuan hantar panas komposit.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa serat ijuk dapat dimanfaatkan sebagai penguat komposit resin untuk aplikasi material insulasi bangunan yang lebih ramah lingkungan. Variasi fraksi serat berpengaruh terhadap kinerja termal, dan komposisi yang seimbang menghasilkan konduktivitas paling stabil. Perlakuan alkali terbukti meningkatkan kualitas permukaan serat sehingga memperkuat ikatan antarmuka dan memperbaiki jalur rambatan panas komposit. Hasil ini menegaskan bahwa karakter serat ijuk yang berongga dan tahan lembap mendukung perannya sebagai material insulasi alternatif. Meskipun menunjukkan potensi yang baik, penelitian ini masih terbatas pada pengukuran konduktivitas termal tanpa mengkaji sifat mekanik dan parameter termal lainnya. Penelitian selanjutnya disarankan meninjau orientasi serat, densitas komposit, serta teknik fabrikasi agar diperoleh performa komposit yang lebih optimal dan konsisten untuk penggunaan pada bangunan perumahan maupun fasilitas publik

REFERENSI

- Ali, A., Issa, A. dan Elshaer, A. (2024) “A Comprehensive Review and Recent Trends in Thermal Insulation Materials for Energy Conservation in Buildings.”
- Bachtiar, D. Mohammed, A. A, Palanisamy, S., Imran, A. I, Siregar, J. P., Mat Rejab, M. R. & Ma, Q. (2020) Effect of alkaline treatment on the thermal and mechanical properties of sugar palm fibre reinforced thermoplastic polyurethane composites. *Scientific Reports*, 15, Article 14085. <https://doi.org/10.1038/415025-99227-x>
- Głowińska, E., Datta, J. dan Parcheta, P. (2017) “Effect of sisal fiber filler on thermal properties of bio-based polyurethane composites,” *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 130(1), hlm. 113–122. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1007/s10973-017-6293-5>.
- Imraan, M. dkk. (2023) “Sugar palm (*Arenga pinnata*) fibers: new emerging natural fibre and its relevant properties, treatments and potential applications,” *Journal of Materials Research and Technology*, 24, hlm. 4551–4572. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.04.056>.
- Jamadi, A.H. dkk. (2021) “Effect of Chemically Treated Kenaf Fibre on Mechanical and Thermal Properties of PLA Composites Prepared through Fused Deposition Modeling (FDM),” *Polymers*, 13(19), hlm. 3299. Tersedia pada: <https://doi.org/10.3390/polym13193299>.
- Kartasasmita, M. dan Laksanawati, W.D. (2015) “ Uji konduktivitas termal pada bahan masonite dengan stim generator td 8556,” *Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(2). Tersedia pada: <https://doi.org/10.24127/jpf.v3i2.327>.

- Nuryati, N., Amalia, R.R., Hairiyah, N., 2020. PEMBUATAN KOMPOSIT DARI LIMBAH PLASTIK POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) BERBASIS SERAT ALAM DAUN PANDAN LAUT (*Pandanus tectorius*). *J. Agroindustri* 10, 107–117. <https://doi.org/10.31186/j.agroindustri.10.2.107-117>
- “Perspectives_for_the_Clean_Energy_Transition_2019” (tanpa tanggal).
- Rahmawati, S.D. and Widodo, S. (2021) 'Effect of alkali treatment on thermal conductivity of coconut coir fiber reinforced polyester composites', *Journal of Natural Fibers*, 18(5), pp. 789-798. doi:10.1080/15440478.2019.1678901.
- Sair, S. dkk. (2018) “Mechanical and thermal conductivity properties of hemp fiber reinforced polyurethane composites,” *Case Studies in Construction Materials*, 8, hlm. 203–212. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.02.001>.
- Shakir, M.A. dkk. (2023) “Review on the influencing factors towards improving properties of composite insulation panel made of natural waste fibers for building application,” *Journal of Industrial Textiles*, 53, hlm. 1–33. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1177/15280837231151440>.
- Yuliani, E., Widodo, S. and Rahmawati, S.D. (2020) 'Thermal conductivity of bamboo fiber reinforced composites with NaOH treatment', *Polymers*, 12(4), Article 789. doi:10.3390/polym12040789
- Zulkarnain, A., et al. (2025). Enhancement of the chemical, physical, mechanical and thermal properties of NaOH-treated natural cellulosic fibers from *Calathea lutea*. *Cleaner Waste Systems*, 12, 100427. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100427>