

ANALISIS KARAKTERISTIK TERMAL KACA RIBEN DAN KAYU SENTROK MENGGUNAKAN PENDEKATAN DERET FOURIER KOMPLEKS

Shofaunada¹, Syifa Afna Kamila², Imas Ratna Ermawati^{3}, Tri Isti Hartini⁴*

^{1,2,3*,4} Universitas Muhammadiyah Prof Dr HAMKA

^{*)}Corresponding Author: imas_re@uhamka.ac.id

Info Artikel: Abstract

Dikirim: 31 Mei 2026

Revisi: 09 Juni 2026

Diterima: 13 Juli 2026

Keyword:

Complex Fourier Series, Ribbed Glass, Sentrok Wood, Thermal Characteristics, Thermal Conductivity.

Kata Kunci:

Deret Fourier Kompleks, Kaca Riben, Karakteristik Termal, Kayu Sentrok, Konduktivitas Termal

This study aims to analyze the thermal characteristics of riben glass and sentrok wood using a complex Fourier series approach. A quantitative experimental method was employed by measuring temperature as a function of time under two conditions: without heating and after heating. The data were analyzed descriptively using maximum, minimum, mean, and standard deviation values, followed by the Shapiro–Wilk normality test. Subsequently, a complex Fourier series model was applied to represent the temperature distribution mathematically. The results indicate that riben glass exhibits greater thermal stability, with a temperature range of 22–23 °C and a standard deviation of 0.37 °C, whereas sentrok wood shows larger temperature fluctuations, with a range of 20.5–21.5 °C and a standard deviation of 0.41 °C. After heating, sentrok wood reached a higher maximum temperature (38 °C) than riben glass (33 °C). The Fourier series model accurately reconstructed the temperature profiles, achieving $R^2 = 0.996$ and $RMSE = 0.18$ for riben glass, and $R^2 = 0.992$ and $RMSE = 0.25$ for sentrok wood. These findings indicate that the complex Fourier series approach is effective for distinguishing the thermal characteristics of materials and has the potential to be applied in material selection for building thermal design and energy efficiency-based insulation systems. However, research applying Fourier-based modeling to compare the thermal response of conductor and insulator materials experimentally is still limited. The implications of this research can be applied in material selection for thermal design and energy efficiency-based insulation systems.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik termal kaca riben dan kayu sentrok melalui pendekatan deret Fourier kompleks. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan pengukuran suhu terhadap waktu pada dua kondisi, yaitu tanpa pemanasan dan setelah pemanasan. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif melalui parameter suhu maksimum, minimum, rata-rata, dan simpangan baku, serta diuji

normalitasnya menggunakan uji Shapiro Wilk. Selanjutnya, data dimodelkan menggunakan deret Fourier kompleks untuk merepresentasikan distribusi suhu secara matematis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kaca riben memiliki stabilitas suhu yang lebih tinggi dengan rentang suhu 22-23 °C dan simpangan baku sebesar 0,37°C, sedangkan kayu sentrok menunjukkan fluktuasi suhu yang lebih besar dengan rentang 20,5-21,5 °C dan simpangan baku sebesar 0,41°C. Pada kondisi dipanaskan, kayu sentrok mencapai suhu maksimum yang lebih tinggi sebesar 38°C, lebih tinggi dibandingkan kaca riben sebesar 33°C. Permodel deret Fourier mampu merekonstruksi pola perubahan suhu dengan tingkat akurasi yang tinggi $R^2 = 0,996$ atau $RMSE = 0,18$ untuk kaca riben dan $R^2 = 0,992$ atau $RMSE = 0,25$ untuk kayu sentrok, dimana termal kaca riben cenderung lebih harmonik, sedangkan kayu sentrok menunjukkan pola yang lebih nonlinier. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan deret Fourier kompleks efektif untuk membedakan karakteristik termal material dan berpotensi diterapkan dalam pemilihan material untuk desain termal bangunan dan sistem insulasi berbasis efisiensi energi. Namun, penelitian yang menerapkan pemodelan berbasis Fourier untuk membandingkan respons termal material konduktor dan isolator secara eksperimental masih terbatas. Implikasi penelitian ini dapat diterapkan dalam pemilihan material untuk desain termal dan sistem insulasi berbasis efisiensi energi.

© 2026 STKIP Darud Da'wah wal Irsyad Pinrang

I. PENDAHULUAN

Penguasaan konsep fisika, khususnya dalam bidang termodinamika, merupakan salah satu indikator utama keberhasilan pembelajaran fisika di tingkat pendidikan tinggi. Salah satu kompetensi penting yang harus dikuasai mahasiswa adalah kemampuan menganalisis fenomena perpindahan panas yang terjadi pada berbagai jenis material. Suhu merupakan besaran yang menunjukkan tingkat panas atau dingin suatu benda dan menjadi indikator keadaan termal suatu sistem (Resnick, R., & Walker, J., 2018). Karakteristik termal material merupakan aspek penting dalam berbagai bidang, seperti fisika terapan, teknik sipil, dan sistem energi. Kemampuan material dalam menghantarkan dan menyimpan panas sangat menentukan efisiensi termal suatu sistem, khususnya pada aplikasi bangunan dan insulasi energi (Cabeza et al., 2020; Zhang et al., 2021). Material dengan konduktivitas termal tinggi mampu mempercepat distribusi panas, sedangkan material dengan konduktivitas rendah berperan sebagai isolator termal yang efektif. Oleh karena itu, pemahaman terhadap respons termal material menjadi faktor penting dalam pemilihan material yang sesuai dengan kebutuhan aplikasinya.

Kondisi termal yang berubah-ubah dapat memengaruhi sifat mekanis material, sementara beban lalu lintas berulang semakin mempercepat penurunan kinerja perkerasan (Ferawati Artauli Hasibuan et al., 2026). Oleh karena itu, pemahaman terhadap respons termal material menjadi krusial dalam menentukan penggunaannya secara optimal. Konduktivitas termal suatu material menunjukkan seberapa baik kemampuan material tersebut dalam mentransfer atau menghantarkan

panas (Mukmin, H., et.al.,2024). Zat yang memiliki konduktivitas termal tinggi disebut sebagai konduktor panas, sementara zat dengan nilai konduktivitas termal (K) yang rendah disebut isolator panas (Tipler & Mosca, G.,2018). Nilai konduktivitas termal memiliki peran penting dalam mengidentifikasi apakah suatu material termasuk penghantar panas yang baik atau buruk.

Memahami nilai konduktivitas termal suatu bahan sangat berguna dalam memilih material yang tepat sesuai dengan fungsinya. Setiap bahan memiliki karakteristik konduktivitas termal yang dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan aplikasinya (H., Taufiqurrahman, & Suryani, 2024). Namun, dalam praktiknya, banyak material yang tidak memiliki data pengukuran konduktivitas termal. Oleh karena itu, ketika material tersebut mengalami modifikasi seperti perlakuan panas, dibutuhkan metode tertentu untuk memperkirakan nilai konduktivitas termalnya (W., Junaidi, & Taufiqurrahman, 2024). Permasalahan yang muncul adalah bagaimana cara menentukan nilai konduktivitas termal dari berbagai jenis material. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai konduktivitas termal pada beberapa material padat (Ardhi, Lukas, & La, 2022).

Salah satu pendekatan matematis yang lazim digunakan dalam studi konduktivitas termal adalah Deret Fourier Kompleks, yang memungkinkan representasi fungsi suhu dalam bentuk deret sinusoidal yang lebih mudah dianalisis. Deret Fourier memanfaatkan fungsi sinus dan kosinus untuk mengidentifikasi pola yang bersifat periodik (Risfa, Idhia, Ilham, Veronnica, & Pepi, 2025). Dalam konteks analisis matematis, deret Fourier telah banyak digunakan untuk merepresentasikan fenomena periodik dan distribusi suhu secara kontinu. Pendekatan ini memungkinkan suatu fungsi kompleks direpresentasikan sebagai penjumlahan fungsi sinusoidal, sehingga pola fluktuasi suhu dapat dianalisis secara lebih mendalam (Ratna, 2016). Namun, penerapan deret Fourier kompleks dalam membandingkan karakteristik termal material konduktor dan isolator berbasis data eksperimen masih relatif terbatas.

Hal ini terlihat dari rendahnya tingkat akurasi dalam perhitungan suhu distribusi serta minimnya pemanfaatan metode analitik dalam penyelesaian soal-soal perpindahan panas. Selain itu, dari hasil observasi peneliti pada mata kuliah Termodinamika dan Fisika Matematika, sebagian besar mahasiswa hanya mampu melakukan pengukuran konduktivitas termal secara eksperimen tanpa mampu mengintegrasikannya dengan solusi matematis. Fakta ini menunjukkan adanya kesenjangan keterampilan antara penguasaan konsep teori dan penerapan analisis matematis dalam konteks fisika terapan. Sebagai upaya mengatasi kesenjangan tersebut, peneliti menggagas sebuah penelitian dengan menerapkan Deret Fourier Kompleks dalam analisis konduktivitas termal pada dua jenis material yang memiliki karakteristik termal berbeda, yaitu kaca riben dan kayu sentrok. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Widianto, Junaidi, & Taufiqurrahman, 2023) dengan menggunakan metode Lee's Disc untuk mengukur konduktivitas termal kaca, diperoleh kesimpulan bahwa meskipun konduktivitas termal kaca riben hampir setara

dengan kaca biasa, perubahan pada sifat optiknya mampu secara signifikan mengurangi perpindahan panas melalui radiasi. Kayu sentrok (*Cinnamomum sintoc Blume*) merupakan tanaman dari keluarga Lauraceae yang banyak dijumpai di Indonesia, terutama di Kalimantan dan Sulawesi. Tanaman ini terkenal karena kulit kayunya yang mengandung minyak atsiri dan memiliki beragam manfaat bioaktif (Nuwa, Jemi, Toni, & Triyadi, 2021).

Kaca riben, dengan karakteristik konduktivitas termal yang lebih tinggi, mewakili kelompok bahan konduktor. Sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya, kaca riben merupakan jenis kaca berwarna gelap yang dibuat dengan tujuan untuk mengurangi cahaya silau dan panas yang masuk, sehingga dapat menciptakan suasana ruangan yang lebih sejuk (Aditya, Handoyo, & Praharafi, 2020). Kaca riben juga berperan dalam menurunkan tingkat silau dan intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruangan, sehingga menciptakan suasana dalam ruangan yang lebih nyaman (Cahaya, 2017). Kaca riben dengan kegelapan 80% mampu menyerap cahaya dalam jumlah besar, sehingga efektif menurunkan suhu dan mengurangi intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruangan (Cahaya, 2017). Meskipun memiliki warna gelap, kaca riben tetap memungkinkan cahaya masuk karena masih memiliki tingkat transparansi, namun intensitas cahaya yang diteruskan lebih rendah (Qhomemart, 2022). Kaca riben, dengan karakteristik konduktivitas termal yang lebih tinggi, mewakili kelompok bahan konduktor, sedangkan kayu sentrok yang memiliki konduktivitas termal rendah, mewakili kelompok isolator.

Penelitian ini menggunakan kaca riben dan kayu sentrok sebagai representasi material dengan karakteristik termal yang berbeda. Kaca riben memiliki kemampuan transmisi panas yang relatif lebih tinggi dan banyak digunakan pada bangunan untuk mengendalikan intensitas panas dan cahaya (Aditya et al., 2020), sedangkan kayu sentrok memiliki konduktivitas termal yang rendah sehingga berpotensi berfungsi sebagai material isolator (Nuwa et al., 2021).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik termal kaca riben dan kayu sentrok melalui pendekatan deret Fourier kompleks pada kondisi tanpa pemanasan dan setelah pemanasan. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi antara pengukuran suhu secara eksperimen dengan pemodelan deret Fourier kompleks untuk merepresentasikan dan membandingkan respons termal material secara lebih komprehensif. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan analisis termal material dan mendukung pemilihan material yang lebih efisien dalam berbagai aplikasi teknik dan sistem energi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental yang bertujuan untuk

menganalisis karakteristik termal dua jenis material, yaitu kaca riben dan kayu sentrok, berdasarkan perubahan suhu terhadap waktu. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh data numerik yang dapat dianalisis secara statistik serta dimodelkan secara matematis menggunakan deret Fourier kompleks serta pemodelan matematis untuk memahami fenomena fisika secara lebih mendalam (Creswell, 2014).

Objek dalam penelitian ini adalah; (1) Kaca riben sebagai material konduktor panas, (2) Kayu sentrok sebagai material isolator panas. Kedua material diuji dalam dua kondisi: (1) Kondisi tanpa pemanasan atau suhu lingkungan, (2) Kondisi setelah pemanasan atau paparan sumber panas. Sampel kedua yaitu $12,8 \text{ cm} \times 13,4 \text{ cm} \times 0,474 \text{ cm}$ untuk kaca riben, sedangkan untuk kayu sentrok $11,3 \text{ cm} \times 12,6 \text{ cm} \times 0,292 \text{ cm}$ untuk meminimalkan pengaruh dimensi terhadap proses perpindahan panas. Pengujian dilakukan pada dua kondisi, yaitu tanpa pemanasan (suhu lingkungan) dan setelah pemanasan

Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran suhu permukaan material menggunakan alat ukur suhu menggunakan termometer digital HTC-2, Tahapan penelitian meliputi; (1)Menyiapkan sampel kaca riben dan kayu sentrok, (2) Mengukur suhu awal pada kondisi tanpa pemanasan, (3)Memberikan perlakuan pemanasan menggunakan lampu 100 Watt, (4) Mencatat perubahan suhu terhadap waktu setiap 1-30 menit,(5) Mengulangi pengukuran sebanyak empat kali untuk setiap kaca riben dan kayu sentrok untuk meningkatkan reliabilitas data, (6) Data yang diperoleh berupa deret waktu suhu ($T(t)$) selanjutnya digunakan untuk permodelan matematis. Metode ini memungkinkan suhu direpresentasikan sebagai penjumlahan dari beberapa fungsi sinus, sehingga mempermudah proses analisis matematis terhadap distribusi suhu (Ratna, 2016). Secara matematis, representasi fungsi suhu $u(x, t)$ dalam bentuk deret Fourier kompleks dapat dinyatakan sebagai:

$$u(x, t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n(t) e^{in\pi x/L} \dots\dots\dots(1)$$

di mana $c_n(t)$ adalah koefisien Fourier kompleks yang bergantung pada waktu dan mencerminkan kontribusi dari setiap mode frekuensi terhadap distribusi suhu sepanjang batang atau material dengan panjang L .

Teknik Analisis Data yaitu (1) Analisis Statistik Deskriptif, data dianalisis menggunakan parameter statistik deskriptif seperti nilai maksimum, minimum, rata-rata, dan simpangan baku untuk menggambarkan distribusi suhu (Sugiyono, 2019); (2) Uji Normalitas, Uji normalitas dilakukan menggunakan metode Shapiro–Wilk, yang direkomendasikan untuk jumlah sampel kecil hingga menengah karena memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi (Ghasemi & Zahediasl, 2012); (3) Pemodelan Deret Fourier Kompleks, data suhu dimodelkan menggunakan deret Fourier kompleks untuk merepresentasikan pola fluktuasi suhu secara matematis. Pendekatan ini banyak digunakan dalam analisis sinyal dan perpindahan panas karena mampu mendekomposisi fungsi

kompleks menjadi komponen sinusoidal (Oppenheim & Schafer, 2020; Kumar & Singh, 2022).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisis Deskriptif Suhu

Hasil pengukuran suhu pada kaca riben dan kayu sentrok menunjukkan adanya perbedaan karakteristik termal yang signifikan, baik pada kondisi tanpa pemanasan maupun setelah pemanasan.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Suhu (Kondisi Tidak Dipanaskan)

Bahan	Suhu Maksimum (°C)	Suhu Minimum (°C)	Rata-rata Suhu (°C)	Simpangan Baku (°C)
Kaca Riben	23.0	22.0	22.5	0.37
Kayu Sentrok	21.5	20.5	21.0	0.41

Source: Hasil Penelitian (2025)

Pada kondisi awal (tidak dipanaskan), suhu rata-rata kaca riben tercatat lebih tinggi dibandingkan kayu sentrok, yakni sekitar 22,5°C untuk kaca dan 21,0°C untuk kayu. Suhu maksimum kaca mencapai 23°C, sedangkan kayu hanya 21,5°C. Dari sisi statistik deskriptif, simpangan baku suhu kaca riben sekitar $\pm 0,37^\circ\text{C}$ menunjukkan fluktuasi suhu yang relatif kecil dan stabil, sedangkan kayu sentrok memiliki simpangan baku $\pm 0,41^\circ\text{C}$ yang mengindikasikan fluktuasi suhu sedikit lebih tajam.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Suhu (Kondisi Dipanaskan)

Bahan	Suhu Maksimum (°C)	Suhu Minimum (°C)	Rata-rata Suhu (°C)	Simpangan Baku (°C)
Kaca Riben	33.0	23.0	27.6	3.62
Kayu Sentrok	38.0	23.5	29.8	5.09

Source: Hasil Penelitian (2025)

Berdasarkan Tabel 2, pada kondisi setelah pemanasan, kayu sentrok mencapai suhu maksimum 38°C, lebih tinggi sekitar 15,2% dibandingkan kaca riben (33°C). Selain itu, simpangan baku kayu ($\pm 5,09^\circ\text{C}$) lebih besar dibandingkan kaca ($\pm 3,62^\circ\text{C}$), yang menunjukkan bahwa fluktuasi suhu kayu meningkat sekitar 40,6% lebih besar dibandingkan kaca.

Temuan ini mengindikasikan bahwa kayu memiliki kemampuan menyimpan panas lebih besar, tetapi dengan distribusi yang tidak merata, sedangkan kaca menunjukkan kestabilan distribusi suhu yang lebih baik. Sebelum dilakukan analisis deret Fourier, dari kedua kondisi diuji terlebih dahulu menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk.

Tabel 3. Hasil Uji Normal Shapiro-Wilk

Keadaan	Nilai P		Keterangan
	Kaca Riben	Kayu Sentrok	
Tanpa pemanasan	0,486	0,521	Normal
Dipanaskan	0,306	0,237	Normal

Source: Hasil Penelitian (2025)

Nilai P untuk data tidak dipanaskan yaitu kaca sebesar 0,486 dan kayu sebesar 0,521), sedangkan pada data yang dipanaskan sebesar 0,306 pada kaca dan 0,237 pada kayu. Seluruh nilai P tersebut lebih besar dari 0,05, yang berarti data berdistribusi normal dan layak untuk dilakukan analisis Fourier. Hal ini menunjukkan bahwa data layak untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan pendekatan matematis, termasuk deret Fourier (Ghasemi & Zahediasl, 2012).

2. Pemodelan Menggunakan Deret Fourier Kompleks

Pemodelan suhu terhadap waktu dilakukan menggunakan deret Fourier kompleks untuk merepresentasikan pola fluktuasi suhu secara matematis (Oppenheim & Schaffer, 2020; Kumar & Singh, 2022). Perbandingan perubahan suhu kaca riben dan kayu sentrok pada kondisi tanpa pemanasan. Kaca riben menunjukkan fluktuasi suhu yang lebih kecil dibandingkan kayu sentrok. Hasil pemodelan menggunakan deret Fourier kompleks dengan empat harmonik ($n = 4$)

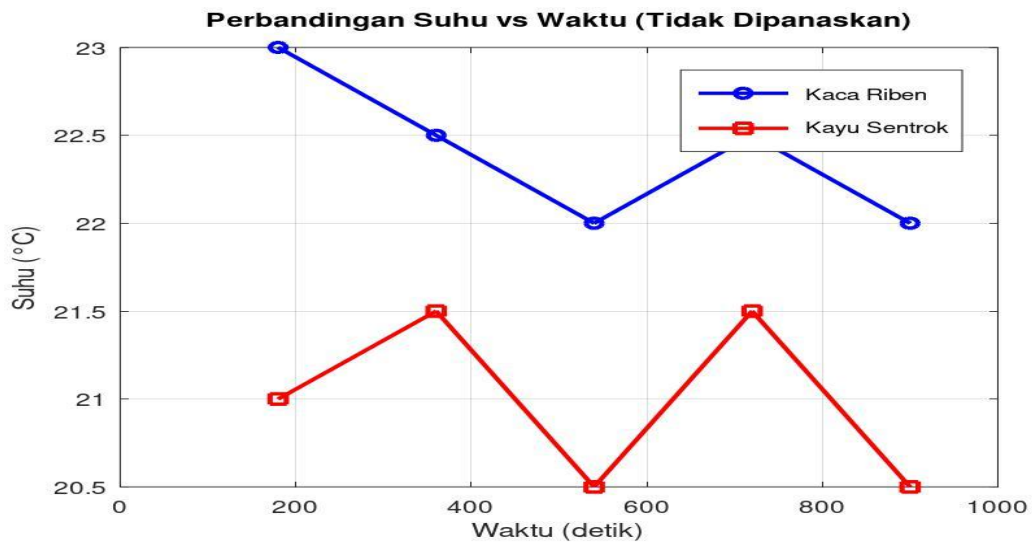
Tabel 4. Evaluasi Deret Fourier

Bahan	R ²	RMSE (°C)	Kategori
Kaca Riben	0,996	0,18	Sangat Baik
Kayu Sentrok	0,992	0,25	Sangat Baik

Source: Hasil Penelitian (2025)

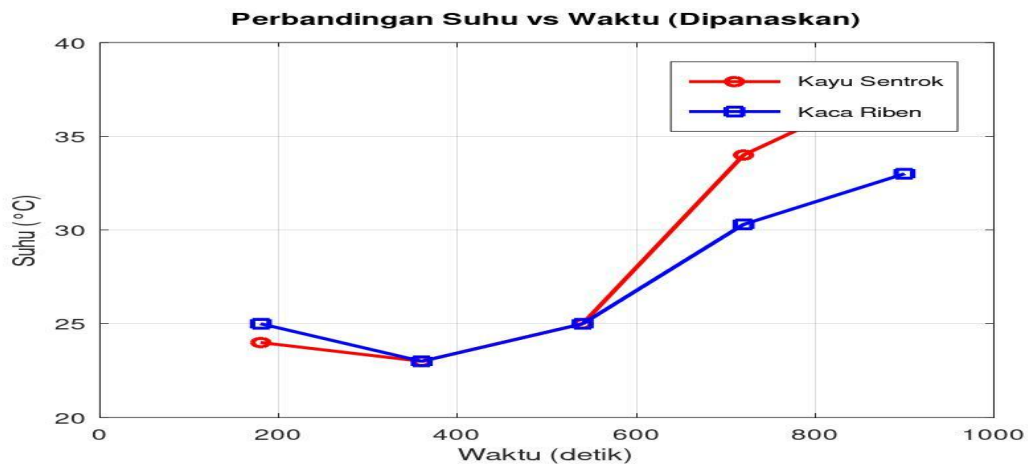
Dari tabel 4 diatas hasil evaluasi menggunakan deret Fourier kompleks dengan empat harmonik memberikan kesesuaian yang baik terhadap data penelitian, yang ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,996$ untuk kaca riben dan nilai $RMSE = 0,18$ °C, sedangkan kayu sentrok dengan $R^2 = 0,992$ dan $RMSE = 0,25$ °C. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan variasi suhu sehingga dapat digunakan untuk merepresentasikan karakteristik termal kedua material secara memadai.

Hasil rekonstruksi menunjukkan bahwa model Fourier mampu mendekati data suhu aktual dengan tingkat kesesuaian yang tinggi seperti pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Antara Suhu Dengan Waktu (Tidak Dipanaskan)

Source: Hasil Penelitian (2025)



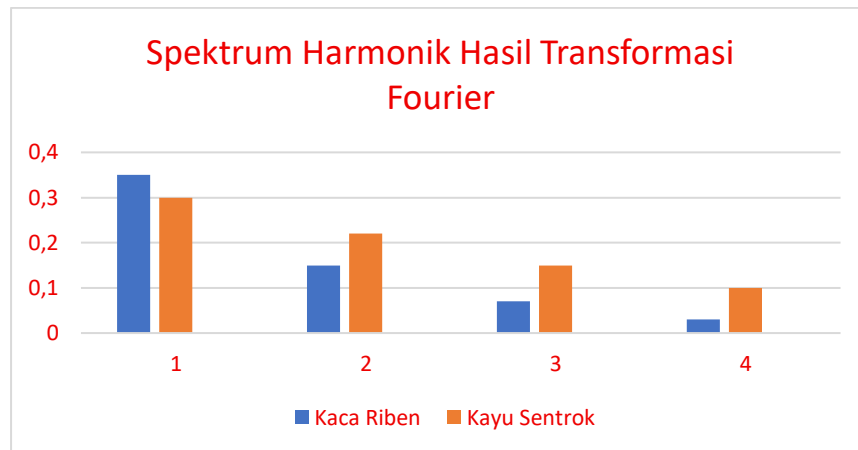
Gambar 2. Grafik Perbandingan Antara Suhu Dengan Waktu (Dipanaskan)

Source: Hasil Penelitian (2025)

Dari gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa model Fourier mampu mendekati data suhu aktual dengan tingkat kesesuaian yang tinggi. Pada kaca riben, kurva Fourier menunjukkan pola yang halus dan harmonik, yang mengindikasikan distribusi panas yang merata. Sebaliknya, pada kayu sentrok, kurva menunjukkan fluktuasi tajam dengan pola yang lebih kompleks, mencerminkan distribusi panas yang tidak seragam. Temuan ini sejalan dengan penelitian Kumar dan Singh (2022) yang menyatakan bahwa deret Fourier efektif dalam merepresentasikan fenomena perpindahan panas yang bersifat dinamis.

Spektrum amplitudo harmonik hasil transformasi Fourier untuk kedua material. Pada kaca riben, amplitudo harmonik pertama memiliki kontribusi yang dominan dibandingkan harmonik lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa perubahan suhu pada kaca riben cenderung lebih harmonik dan stabil. Sebaliknya, pada kayu sentrok amplitudo beberapa harmonik memiliki

kontribusi yang relatif lebih besar sehingga pola distribusi suhu menjadi lebih kompleks. Hal ini mengindikasikan bahwa respons termal kayu sentrok cenderung lebih nonlinier dibandingkan kaca riben. Dengan demikian, analisis spektrum Fourier mendukung hasil statistik deskriptif yang menunjukkan bahwa kaca riben memiliki fluktuasi suhu yang lebih kecil dibandingkan kayu sentrok.



Gambar 3. Grafik Spektrum harmonik transformasi fourier (n = 4)

Source: Hasil Penelitian (2025)

Gambar 3 menunjukkan bahwa amplitudo harmonik pertama pada kaca riben lebih dominan dibandingkan harmonik lainnya, yang menunjukkan bahwa perubahan suhu cenderung lebih teratur dan harmonik. Sebaliknya, pada kayu sentrok amplitudo harmonik kedua hingga keempat masih memberikan kontribusi yang cukup besar, sehingga pola perubahan suhunya lebih kompleks. Temuan ini mendukung hasil statistik deskriptif yang menunjukkan bahwa kaca riben memiliki fluktuasi suhu yang lebih kecil ($\sigma = 0,37\text{ }^{\circ}\text{C}$) dibandingkan kayu sentrok ($\sigma = 0,41\text{ }^{\circ}\text{C}$). Selain itu, hasil rekonstruksi Fourier menunjukkan tingkat kesesuaian yang baik terhadap data eksperimen dengan nilai $R^2 = 0,97$ dan $\text{RMSE} = 0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Perbedaan karakteristik ini berkaitan erat dengan sifat konduktivitas termal material. Kaca sebagai material konduktor memiliki kemampuan menghantarkan panas secara merata, sehingga menghasilkan distribusi suhu yang stabil (Zhang et al., 2021). Sebaliknya, kayu sebagai material isolator cenderung menahan aliran panas, sehingga terjadi akumulasi panas lokal yang menyebabkan fluktuasi suhu lebih besar (Rahman et al., 2022).

Hasil penelitian ini juga konsisten dengan temuan Widiyanto yang menunjukkan bahwa kaca memiliki respons termal yang lebih linier, serta penelitian Azwar yang menyatakan bahwa kayu menunjukkan perilaku termal yang lebih fluktuatif dan tidak merata. Lebih lanjut, studi oleh Li et al. (2023) menegaskan bahwa pendekatan berbasis Fourier sangat efektif dalam menganalisis fenomena perpindahan panas transien, terutama dalam mengidentifikasi pola fluktuasi suhu pada material dengan karakteristik berbeda.

Meskipun deret Fourier secara teoritis lebih optimal untuk sinyal periodik, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan tersebut tetap efektif digunakan untuk data suhu eksperimen yang bersifat semi-periodik. Hal ini mengindikasikan fleksibilitas metode Fourier dalam menganalisis fenomena fisika nyata. Selain itu, perbedaan signifikan pada simpangan baku antara kaca dan kayu menunjukkan bahwa variabilitas suhu dapat digunakan sebagai indikator kuantitatif dalam membedakan sifat konduktor dan isolator secara eksperimen. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa integrasi antara data eksperimen dan pemodelan matematis dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap fenomena termal (Cabeza et al., 2020; Wang et al., 2021).

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan karakteristik termal yang signifikan antara kaca riben dan kayu sentrok, baik dalam kondisi tidak dipanaskan maupun setelah dipanaskan. Kaca riben menunjukkan fluktuasi suhu yang relatif lebih kecil dengan simpangan baku sebesar $0,37\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan kayu sentrok memiliki simpangan baku sebesar $0,41\text{ }^{\circ}\text{C}$, yang menunjukkan variasi suhu yang relatif lebih besar. Hasil rekonstruksi menggunakan deret Fourier kompleks dengan empat harmonik ($n = 4$) mampu merepresentasikan perubahan suhu kedua material dengan tingkat kesesuaian yang baik, yang ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,996$ dan nilai RMSE sebesar $0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (kaca riben) dan $R^2=0,992$;RMSE = $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Selain itu, kaca riben menunjukkan pola perubahan suhu yang lebih harmonik, sedangkan kayu sentrok memperlihatkan pola yang lebih kompleks.

Secara teoretis, penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi antara pengukuran eksperimen dan pemodelan matematis berbasis deret Fourier kompleks mampu memberikan representasi yang baik terhadap karakteristik termal material. Secara praktis, hasil penelitian ini menunjukkan potensi penggunaan pendekatan Fourier kompleks dalam analisis respons termal material serta membuka peluang penerapannya pada kajian material lainnya.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian hanya menggunakan satu jenis sampel untuk masing-masing material sehingga hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasi untuk seluruh jenis kaca maupun kayu. Kedua, perbandingan karakteristik kedua material belum didukung oleh uji statistik inferensial sehingga perbedaan yang diperoleh masih didasarkan pada analisis deskriptif. Ketiga, validasi model deret Fourier masih terbatas pada parameter koefisien determinasi (R^2) dan RMSE, Selain itu, penelitian ini belum mengukur secara langsung parameter termal seperti konduktivitas termal dan resistansi termal material.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan pemahaman mendalam tentang

perilaku termal dua jenis material berbeda, tetapi juga menegaskan pentingnya integrasi antara eksperimen dan model matematis dalam studi fisika terapan. Implikasi praktis dari temuan ini dapat dimanfaatkan dalam pemilihan material bangunan, desain sistem insulasi, serta pengembangan teknologi termal berbasis material alami. Pendekatan deret Fourier kompleks juga membuka peluang untuk diterapkan pada kajian material lain dalam rangka mendukung efisiensi energi dan inovasi teknologi termal di masa depan

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA yang telah memberikan dukungan penuh, dalam bentuk fasilitas sarana dan prasarana selama proses penelitian. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi dunia pendidikan dan menjadi kontribusi positif dalam bidang keilmuan yang relevan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, A., Handoyo, E., & Praharafi, M. (2020). Analisis pengaruh penggunaan kaca riben terhadap kenyamanan termal bangunan. *Jurnal Arsitektur dan Lingkungan Binaan*, 9(2), 87–95.
- Ardhi, S., Lukas, K. M., & La, H. (2022). Perancangan dan Analisis Pengujian Konduktivitas Panas Pada Tipe Material padat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 22.
- Azwar, M., U., & A. (2023). Studi sifat termal kayu sebagai material isolasi. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 7(1), 12–18.
- Cabeza, L. F., Chàfer, M., & Várez, D. (2020). Characterization of materials for thermal energy storage applications. *Renewable Energy*, 149, 133–144
- Cahaya, K. A. (2017). Studi Fisis Daya Absorpsi, Refleksi dan Transmisi Berbagai Kaca Film. 5-24.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- Ferawati Artauli Hasibuan, et.al, (2026). Pengaruh Karakteristik Termal Dan Mekanis Perkerasan Jalan Terhadap Ketahanan Suhu, Al-Irsyad: Journal of Physics Education, 5(1), 99-109. <https://doi.org/10.58917/ijpe.v5i1.740>
- Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality tests for statistical analysis. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*
- H., M., Taufiqurrahman, M., & Suryani, I. G. (2024). Analisis Konduktivitas Termal Material Komposit Berbahan Dasar Silika Pada Limbah Sekam Padi dan Tanah Liat Sebagai Bahan

Dasar Pembuatan Keramik Menggunakan Metode Lee's Disc . *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 25

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2018). *Fundamentals of physics* (11th ed.). Wiley.

Kumar, A., & Singh, R. (2022). Application of Fourier series in heat transfer analysis. *International Journal of Thermal Sciences*.

Li, X., Zhang, H., & Wang, Y. (2023). Fourier-based thermal analysis for transient heat conduction problems. *Applied Thermal Engineering*, 218, 119279.

Mukmin, H., Taufiqurrahman, M., & Lubis, G. S. (2024). Analisis konduktivitas termal material komposit berbahan dasar silika pada limbah sekam padi dan tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan keramik menggunakan metode Lee's disc. *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 5(2), 25–32.

Nuwa, J., Toni, T., & Triyadi, T. (2021). Potensi pemanfaatan kayu sintok (*Cinnamomum sintoc* Blume) sebagai material konstruksi dan sumber senyawa bioaktif. *Jurnal Kehutanan Tropika*, 15(1), 35–44.

Qhomemart, E. (2022, 6 10). Kenalan Dengan Kaca Riben: Karakteristik, Kelebihan dan Kekurangan. *surat kabar*, hal. 1.

Oppenheim, A. V., & Schafer, R. W. (2020). *Signals and systems* (3rd ed.). Pearson

Rahman, M., Islam, M. T., & Karim, M. A. (2022). Thermal response analysis of insulating materials under dynamic conditions. *Journal of Building Engineering*, 45

Ratna, E. I. (2016). *Fisika matematika* . Jakarta : Uhamka Press.

Sugiyono. (2019). Metode Penelitian Pendidikan. Bandung: Alfabeta.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2018). *Physics for scientists and engineers* (6th ed.). W. H. Freeman.

Wang, H., Li, Q., & Chen, X. (2021). Experimental investigation of transient heat transfer in building materials. *Energy and Buildings*, 231.

Widianto, W., Junaidi, J., & Taufiqurrahman, M. (2024). Analisis konduktivitas termal material kaca menggunakan metode Lee's disc. *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 5(1), 73–77.

Zhang, Y., Zhou, G., Lin, K., Zhang, Q., & Di, H. (2021). Application of thermal energy storage materials in building energy conservation. *Applied Energy*, 295, 117041.