

# SIFAT AKUSTIK KOMPOSIT SERAT CALATHEA LUTEA BERMATRIKS EPOXY SEBAGAI KOMPONEN DINDING KERETA API

**Danang Ekandi Nata**

Program Studi D-III Teknologi Mekanika  
Perkeretaapian

Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun  
Jl. Tirta Raya, Pojok, Nambangan Lor, Kec.  
Manguharjo, Kabupaten Madiun, Jawa Timur  
Danang.tmp2230031@taruna.ppi.ac.id

**Akbar Zulkarnain**

Program Studi D-III Teknologi Mekanika  
Perkeretaapian

Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun  
Jl. Tirta Raya, Pojok, Nambangan Lor, Kec.  
Manguharjo, Kabupaten Madiun, Jawa Timur  
akbar@ppi.ac.id

## **Abstract**

*Noise inside train cabins is an important factor and material development. Research in 2023 showed that cabin noise levels reached 86 dB, exceeding the maximum limit of 80 dB according to Ministry of Transportation Regulation No. 49 of 2023. This study aims to examine the acoustic properties of Calathea lutea natural fiber composites and compare them with PT INKA's GFRP materials. Specimens were made using the hand lay-up method with two variations: specimen A (40% fiber) and specimen B (60% fiber). Sound absorption tests were conducted using an impedance tube in accordance with ISO 11654 standards. The results showed that Specimen B had the highest sound absorption coefficient of 0.64 at 1200 Hz and could reduce noise by up to 27.5 dB, which is better than Specimen A, which reduced noise by 12 dB. Specimen B's performance approaches that of GFRP, which can reduce noise by up to 30.5 dB, making it a potential environmentally friendly wall material for trains.*

**Keywords:** *natural fiber composite, Calathea lutea, sound absorption, train wall, epoxy*

## **Abstrak**

Kebisingan pada interior kereta merupakan faktor penting dalam pengembangan material dinding kabin. Hasil penelitian tahun 2023 menunjukkan bahwa tingkat kebisingan kabin mencapai 86 dB, melebihi batas maksimum 80 dB sesuai Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 49 Tahun 2023. Penelitian ini bertujuan mengkaji sifat akustik komposit serat alam *Calathea lutea* dan membandingkannya dengan material GFRP milik PT INKA. Spesimen dibuat menggunakan metode hand lay-up dengan dua variasi: spesimen A (40% serat) dan spesimen B (60% serat). Uji absorpsi suara dilakukan dengan tabung impedansi sesuai standar ISO 11654. Hasil menunjukkan spesimen B memiliki nilai koefisien absorpsi tertinggi sebesar 0,64 pada 1200 Hz dan mampu mereduksi kebisingan hingga 27,5 dB, lebih baik dibanding spesimen A yang mereduksi 12 dB. Kinerja spesimen B mendekati GFRP yang mampu mereduksi kebisingan hingga 30,5 dB, sehingga berpotensi menjadi material dinding ramah lingkungan untuk kereta api.

**Kata-kata kunci:** komposit serat alam, *Calathea lutea*, absorpsi suara, dinding kereta, epoxy.

## **PENDAHULUAN**

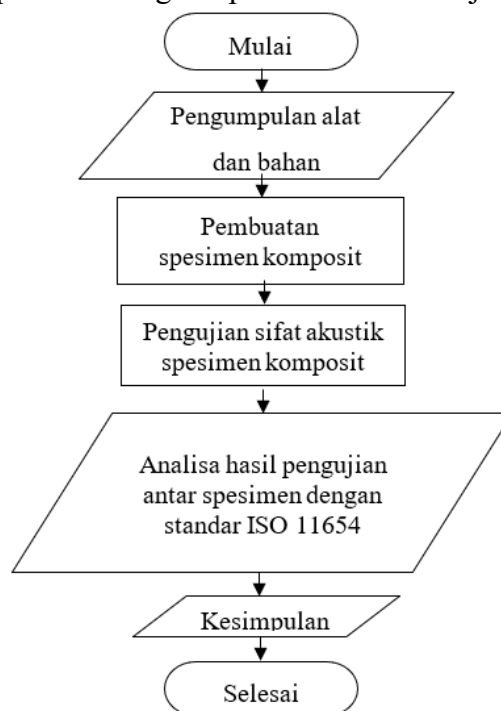
Kebisingan menjadi salah satu faktor penentu dalam pembuatan kereta. Standar kebisingan maksimal pada interior kereta sesuai dengan PM Nomor 49 Tahun 2023 sebesar 80 dB. Hal ini akan menjadi fokus utama dalam penggunaan material untuk panel dinding kereta api. Material komposit dinilai mampu dalam membantu penyerapan kebisingan pada interior kereta. Selain harganya yang murah, bahan komposit serat alam juga mudah didapatkan. Pemanfaatan serat alam untuk panel dinding kereta api terbilang jarang, pada penelitian sebelumnya menggunakan serat sabut kelapa sebagai panel dinding komposit

kereta api dan terbukti mampu membantu penyerapan suara atau kebisingan dan memenuhi standar koefisien penyerapan bunyi berdasarkan standar ISO 11654 (Ridho Mustofa et al., 2024).

Penelitian ini dilakukan pengujian akustik karena hasil penelitian yang dilakukan Artianingrum et al. (2023) mengukur kebisingan pada 17 titik di kereta eksekutif stainless steel didapatkan hasil yang melebihi standar 80 dB berdasarkan PM Nomor 49 Tahun 2023. Peneliti menggunakan serat dari *Calathea Lutea* bermatriks *epoxy* yang akan dibuat menjadi spesimen komposit untuk panel dinding kereta dan dilakukan pengujian akustik. Pada pembuatan spesimen komposit terdapat 2 bahan utama, yaitu bahan matriks dan bahan penguat (Zulkarnain et al., 2019). Dalam penelitian ini penulis menggunakan matriks *epoxy* dan serat tanaman *Calathea Lutea* sebagai bahan penguat. Matriks *epoxy* pada pembuatan spesimen komposit ini ditujukan untuk memberikan kekuatan yang tinggi (*High Strength*) dan kekakuan yang tinggi (*High Stiffness*). Matriks ini tidak dapat diproses ulang setelah terpolimerisasi (*cure*), karena molekulnya sulit terurai kembali walaupun dipanaskan (Gugun Gundara et al., 2022).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan eksperimen dimulai dari pembuatan spesimen komposit dan pengujian akustik (absorpsi) pada spesimen. Pada penelitian ini menggunakan 3 spesimen sebagai pembanding, yaitu 2 spesimen komposit dengan komposisi 40% serat dan 60% serat, kemudian dibandingkan dengan spesimen yang dibuat oleh PT. INKA dengan material GFRP (*Glass Fiber Reinforce Plastic*). Pengujian spesimen dilakukan pada laboratorium dengan metode tabung impedansi. Diagram penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



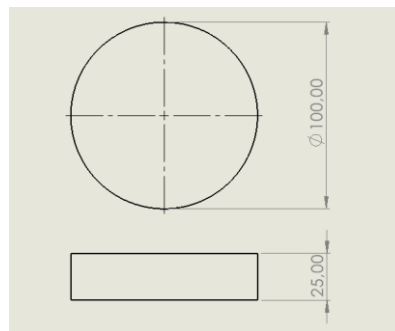
**Gambar 1** Diagram Penelitian

### a. Metode Pengumpulan Data

Terdapat dua jenis data yang dikumpulkan, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berisi hasil pengujian pada spesimen yang diuji di laboratorium. Data sekunder berupa standar spesifikasi teknis yang dimiliki oleh PT. INKA dan standar hasil pengujian yang mengacu pada ISO 11654.

### b. Metode Pembuatan Spesimen

Spesimen komposit dibuat dengan menggunakan metode *Hand lay-Up*. Metode ini dipilih karena mudah dilakukan dan tidak perlu keterampilan khusus serta biaya yang lebih murah. Spesimen dibuat menyesuaikan standar ASTM E1050 untuk spesimen uji absorpsi dengan diameter 100 mm dan tebal 25 mm (Komariyah, 2016). Ukuran spesimen ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2** Ukuran Spesimen

Hal pertama sebelum melakukan pembuatan spesimen adalah merendam batang *calathea lutea* dengan air selama 30 hari untuk diambil seratnya kemudian jemur di bawah sinar matahari sampai kering. Selanjutnya serat direndam dengan campuran NaOH 5% dan aquades selama 2 jam untuk meningkatkan sifat mekanis serat dan menghilangkan kotoran yang tersisa. Setelah 2 jam perendaman bilas serat dengan air bersih dan jemur hingga kering. Setelah kering potong serat dengan panjang  $\pm 1$  cm. Pembuatan spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3** Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan dengan cara meletakkan serat sesuai komposisi yang telah ditentukan (40% dan 60%) pada cetakan yang sudah dioles dengan *mold release*. Ratakan serat kemudian tuang campuran resin *epoxy* dan katalis sampai memenuhi cetakan.

Tutup cetakan dan beri beban untuk menekan cetakan. Diamkan selama 24 jam. Terakhir, potong spesimen dengan bentuk sesuai ASTM E1050.

### c. Metode Pengujian

Pada pengujian ini menggunakan metode dengan tabung impedansi. Tabung impedansi merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur sifat akustik dari suatu spesimen seperti uji absorpsi. Absorpsi merupakan kemampuan material dalam menyerap suara. Konsep dari pengujian absorpsi yaitu merujuk pada kehilangan energi ketika gelombang bunyi menabrak dan dipantulkan dari panel yang akan dilakukan pengujian (Khotimah et al., 2015). Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan spesimen ke dalam tabung impedansi kemudian diberikan suara dengan frekuensi 0 – 1600 Hz. Kualitas spesimen uji ditentukan dari nilai  $\alpha$  (koefisien penyerapan bunyi). Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Semakin tinggi nilai  $\alpha$  maka semakin banyak suara yang diserap oleh spesimen tersebut. Jika nilai  $\alpha$  bernilai 1, maka 100% suara diserap oleh spesimen tersebut. Koefisien absorpsi dengan ISO 11654 standar nilai  $\alpha$  sebesar 0,15. Mikrofon akan menangkap besar tekanan suara yang sebelumnya telah melewati spesimen uji (Irwan, 2013). Setelah didapatkan hasil pengujian absorpsi pada spesimen, dilakukan perhitungan nilai NRC (*Noise Reduction Coefficient*) untuk mencari nilai rata-rata pada frekuensi tertentu. Nilai NRC dapat dihitung dengan Persamaan (1) (Lindawati et al., 2019).

$$NRC = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + \dots}{\text{Jumlah Frekuensi Terpilih}} \quad (1)$$

Keterangan:

NRC = Noise Reduction Coefficient

$\alpha$  = Nilai koefisien absorpsi pada frekuensi terpilih

selain menghitung nilai NRC, nilai koefisien absorpsi juga dapat digunakan untuk menghitung nilai pengurangan kebisingan (dB). Tujuannya untuk mengetahui kemampuan material menurunkan kebisingan yang dihitung dengan Persamaan (2) (Istikhomah et al., 2021).

$$dI = -I \times \alpha \times dx \quad (2)$$

Keterangan:

$dI$  = Pengurangan kebisingan

$I$  = Intensitas awal

$\alpha$  = Nilai koefisien absorpsi

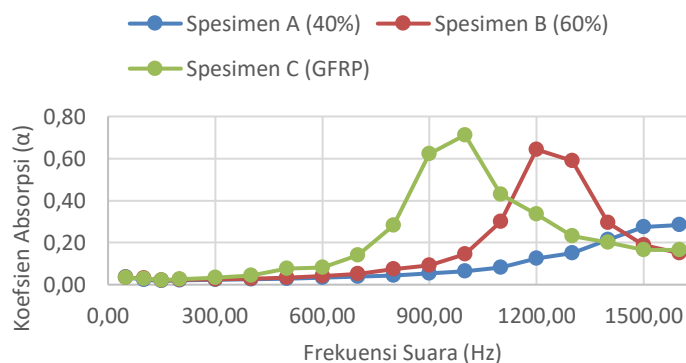
$dx$  = Tebal material yang diaplikasikan

### c. Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan adalah dengan cara perbandingan antar spesimen, yaitu spesimen komposit dengan spesimen material GFRP (*Glass Fiber Reinforce Plastic*) milik PT. INKA dengan standar koefisien absorpsi yang mengacu pada ISO 11654.

## ANALISIS DATA

Setelah dilakukan pengujian absorpsi dengan metode tabung impedansi, hasil pengujian setiap spesimen digambarkan dengan grafik pada Gambar 4.



**Gambar 4** Perbandingan Koefisien Absorpsi

Dilihat secara spesifik, masing-masing spesimen memiliki nilai koefisien absorpsi paling besar pada frekuensi suara yang berbeda-beda. Spesimen A dengan serat 40% memiliki nilai terbesar pada frekuensi 1600 Hz dengan nilai 0,29. Spesimen B dengan serat 60% memiliki nilai terbesar pada frekuensi 1200 Hz dengan nilai 0,64. Spesimen C dengan material GFRP milik PT. INKA memiliki nilai terbesar pada frekuensi 1000 Hz dengan nilai 0,71. Pada puncak frekuensi pengujian sebesar 1600 Hz dari tiga spesimen memiliki perbedaan nilai koefisien absorpsi ( $\alpha$ ). Nilai untuk spesimen A serat 40% sebesar 0,28, spesimen B serat 60% sebesar 0,15, dan spesimen C dengan material GFRP sebesar 0,16. Spesimen A cenderung memiliki grafik yang meningkat namun dengan bertahap. Pada spesimen B dan C memiliki grafik yang melonjak tajam kemudian langsung mengalami penurunan yang tajam. Dari hasil tersebut, ketiga material sudah memenuhi standar sebagai material penyerap suara. Setelah didapatkan hasil koefisien absorpsi pada setiap spesimen, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai NRC (*Noise Reduction Coefficient*) pada tingkat frekuensi tertentu. Nilai NRC ditunjukkan pada Tabel 1.

| Spesimen      | Tingkat Frekuensi (Hz)  |                           |                            |
|---------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
|               | Rendah<br>(50 – 400 Hz) | Sedang<br>(500 – 1000 Hz) | Tinggi<br>(1100 – 1600 Hz) |
| A (40% Serat) | 0,02                    | 0,04                      | 0,19                       |
| B (60% Serat) | 0,03                    | 0,07                      | 0,36                       |
| C (GFRP)      | 0,03                    | 0,32                      | 0,25                       |

Spesimen A dengan 40% serat menunjukkan nilai paling rendah pada seluruh frekuensi jika dibandingkan dengan spesimen lainnya. Dengan nilai 0,02 pada frekuensi rendah, 0,04 pada frekuensi sedang, dan 0,19 pada frekuensi tinggi. Spesimen B dengan serat 60% menunjukkan peningkatan nilai yang signifikan. Dengan nilai 0,03 pada frekuensi rendah, 0,07 pada frekuensi sedang, dan 0,36 pada frekuensi tinggi. Hal ini menunjukkan lonjakan nilai pada spesimen B. Pada spesimen C dengan material GFRP cenderung memiliki nilai yang besar jika dibandingkan dengan dua spesimen lainnya. Namun spesimen C mengalami peningkatan dan juga penurunan nilai NRC. Dengan nilai 0,03 pada frekuensi rendah, kemudian meningkat jauh menjadi 0,32 pada frekuensi sedang, dan terakhir nilai NRC turun menjadi 0,25 pada frekuensi tinggi. Setelah dilakukan perhitungan NRC, Tabel 2 menunjukkan hasil dari perhitungan penurunan kebisingan berdasarkan klasifikasi tingkat frekuensi.

**Tabel 2** Rata-Rata Penurunan Kebisingan

| Spesimen             | Tingkat Frekuensi (Hz)     |                              |                               |
|----------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|                      | Rendah<br>(50 Hz – 400 Hz) | Sedang<br>(500 Hz – 1000 Hz) | Tinggi<br>(1100 Hz – 1600 Hz) |
| <b>A (40% Serat)</b> | 0,9                        | 1,7                          | 7,9                           |
| <b>B (60% Serat)</b> | 0,9                        | 3                            | 15,5                          |
| <b>C (GFRP)</b>      | 1,2                        | 13,6                         | 10,9                          |

Pada tabel 2 dapat diketahui nilai rata-rata pengurangan kebisingan pada seluruh spesimen. Spesimen A dengan 40% memiliki nilai rata-rata tertinggi pada frekuensi tinggi dengan nilai 7,9 dB. Spesimen B dengan 60% serat memiliki nilai rata-rata tertinggi pada frekuensi tinggi dengan nilai 15,5 dB. Spesimen C dengan material GFRP memiliki nilai rata-rata tertinggi pada frekuensi sedang dengan nilai 13,6 dB.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis pengujian terhadap sifat akustik spesimen komposit serat *Calathea lutea* bermatriks epoxy, dapat disimpulkan bahwa:

1. Seluruh spesimen memiliki nilai awal yang memenuhi standar ISO 11654 pada frekuensi yang berbeda.
2. Komposit serat alam *Calathea lutea* dengan komposisi 60% serat memiliki potensi sebagai material alternatif panel dinding kereta api karena mampu mereduksi kebisingan hingga 27,5 dB serta ramah lingkungan, mudah didapatkan, dan memiliki sifat penyerapan suara yang cukup baik terutama pada rentang frekuensi sedang – frekuensi tinggi.
3. Kepadatan serat dan metode pembuatan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil pengujian akustik. Semakin tinggi kepadatan dan jumlah serat dan semakin sedikit

void yang tertinggal pada spesimen, maka memberikan kemampuan penyerapan suara yang semakin baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Artianingrum, I. S., Salim, A. T. A., Rezika, W. Y., Hibbanurrohman, M. I., dan Nurdiansyah, R. T. 2023. *Analisis Kebisingan dan Karakteristik Akustik Pengaruh AC pada Kabin Penumpang Kereta Stainless Steel*. JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur), 7 (2): 186–198.
- Gundara, G., Robani, D. S., dan Sambas, A. 2022. *Pengaruh Fraksi Volume Serat Dengan Matriks Epoxy pada Material Komposit Serat Mendong*. Jurnal Multidisiplin Madani, 2 (7): 3007–3020.
- Irwan, Y. 2013. *Karakteristik Akustik Papan Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatrik Keramik*. Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- Istikhomah, S., Syahrir, dan Natalisanto, A. I. 2021. *Analisis Koefisien Serapan (Absorpsi) Kebisingan pada Bahan Kayu (Triplek, Papan Kayu, dan Kalsiboard)*. Progressive Physics Journal, 2 (1): 19-28.
- Khotimah, K., Susilawati., dan Soeprianto, H. 2015. *Sifat Penyerapan Bunyi pada Komposit Serat Batang Pisang (SBP)-Polyester*. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA), 1 (1): 91-101.
- Komariyah, S. 2016. *Karakterisasi Sifat Akustik, Sifat Mekanik Dan Morfologi Komposit Polyurethane/Serbuk Bambu Sebagai Aplikasi Panel Pintu Mobil*. Jurnal Teknik ITS, 5 (2): F153-F155.
- Lindawati, L., Yusrizal, Y., dan Fitriadi, N. 2019. *Uji Mampu Redam Bunyi pada Material Batu Marmer Aceh Selatan*. Prosiding SEMDI-UNAYA (Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu UNAYA).
- Mustofa, F. R., Damayanti, A. T., dan Budiarto, B. W. 2024. *Pembuatan Spesimen Komposit Panel Dinding Kereta Api Menggunakan Sabut Kelapa Bermatriks Resin Epoxy*. Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal).
- Zulkarnain, A., Wirawan, W. A., dan Permatasari, L. A. P. 2019. *Kekuatan Bending pada Material Komposit Interior Kereta Api dengan Metode Hand Lay-Up*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi V, 2 (1): 88-93.

