

Pengaruh Variasi Ketebalan Komposit Serat Kelapa terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi pada Frekuensi Rendah

Raihan Arsy Wildani Hidayat¹, Rizal Hanifi², Aa Santosa³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

Email: ¹rai.arsy26@gmail.com, ²rizal.hanifi@ft.unsika.ac.id, ³aa.santosa@ft.unsika.ac.id

Abstract

This study aims to investigate the effect of coconut fiber composite thickness on the sound absorption coefficient using a two-microphone impedance tube. The composites were fabricated with thickness variations of 1 cm and 2 cm using the hand lay-up method, with polyester resin as the matrix and coconut fiber as the reinforcement. The tests were conducted at frequencies of 400 Hz, 450 Hz, and 500 Hz. Data processing was carried out using LabVIEW and MATLAB software. The results show that the composite with a thickness of 2 cm exhibited a higher sound absorption coefficient compared to the 1 cm thickness across all tested frequencies. The highest sound absorption coefficient was recorded at 0.175 at 400 Hz for the 2 cm thickness. However, the absorption capability significantly decreased at higher frequencies, particularly for the 1 cm thickness, which showed no absorption at 500 Hz. These findings indicate that coconut fiber has potential as an environmentally friendly sound-absorbing material, especially in the low-frequency range.

Keywords: Sound Absorption Coefficient, Coconut Fiber, Impedance Tube, Composite Material.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh ketebalan komposit serat kelapa terhadap koefisien absorpsi bunyi menggunakan tabung impedansi dua mikrofon. Komposit dibuat dengan variasi ketebalan 1 cm dan 2 cm menggunakan metode hand lay-up dengan resin poliester sebagai matriks dan serat kelapa sebagai penguat. Pengujian ini dilakukan pada rentang frekuensi 400 Hz, 450 Hz, dan 500 Hz. Pengujian dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak LabVIEW dan MATLAB untuk pemrosesan data. Hasil menunjukkan bahwa komposit dengan ketebalan 2 cm memiliki nilai koefisien absorpsi lebih tinggi dibandingkan dengan ketebalan 1 cm di seluruh frekuensi yang diuji. Nilai koefisien absorpsi bunyi tertinggi tercatat sebesar 0,175 pada frekuensi 400 Hz untuk ketebalan 2 cm. Namun, kemampuan penyerapan menurun signifikan pada frekuensi lebih tinggi, terutama pada ketebalan 1 cm yang tidak menunjukkan penyerapan sama sekali pada 500 Hz. Temuan ini mengindikasikan bahwa serat kelapa memiliki potensi sebagai material peredam suara ramah lingkungan, khususnya pada rentang frekuensi rendah.

Kata Kunci: Koefisien Absorpsi Bunyi, Serat Kelapa, Tabung Impedansi, Material Komposit.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi modern membawa dampak signifikan terhadap peningkatan intensitas kebisingan, baik di lingkungan industri, perumahan, maupun transportasi. Kebisingan telah menjadi salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang tidak hanya mengganggu kenyamanan hidup, tetapi juga berpotensi menimbulkan gangguan fisiologis, gangguan psikologis, gangguan komunikasi dan keseimbangan, serta efek pada pendengaran (Doelle, 1986). Gangguan secara fisiologis dapat berupa peningkatan tekanan darah (± 10 mmHg), konstriksi pembuluh darah perifer terutama pada tangan dan kaki, serta dapat menyebabkan pucat dan gangguan sensoris. Kebisingan

juga dapat menyebabkan gangguan psikologis berupa rasa tidak nyaman, tidak konsentrasi, dan cepat marah. Bila kebisingan diterima dalam waktu lama dapat menyebabkan penyakit psikosomatik. Salah satu contoh dampak yang ditimbulkan dari kebisingan yaitu kelelahan kerja pada operator akibat merasa kurang nyaman, sakit kepala, susah berfikir jika berada di tempat bising. Semakin tinggi tingkat kebisingan maka semakin tinggi tingkat kelelahan kerja pada karyawan (Sari *et al.*, 2023). Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi yang efektif untuk mengurangi eksposur masyarakat terhadap kebisingan tersebut. Salah satu metode yang paling umum dan efisien digunakan adalah penerapan material peredam suara atau material akustik.

Material akustik merupakan material teknik yang dirancang untuk menyerap energi gelombang bunyi melalui proses disipasi, terutama melalui gesekan internal struktur berpori material. Efektivitas suatu material dalam menyerap suara dinyatakan dalam bentuk koefisien absorpsi bunyi (α), dengan rentang nilai antara 0 (tidak menyerap) hingga 1 (penyerapan sempurna). Nilai α yang tinggi menunjukkan kemampuan material dalam mereduksi pantulan suara, sehingga sangat penting dalam desain akustik ruang, studio rekaman, bangunan komersial, hingga industri manufaktur (Mutia *et al.*, 2019).

Saat ini, sebagian besar material akustik yang digunakan secara komersial berbasis bahan sintetis seperti busa poliuretan, fiberglass, dan rockwool. Meskipun memiliki kinerja akustik yang baik, material tersebut memiliki kelemahan dari sisi keberlanjutan lingkungan. Karakteristiknya yang tidak mudah terurai secara alami, serta potensi dampak toksik terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, menjadikan bahan sintetis kurang ideal dalam jangka panjang (Smith *et al.*, 2018). Oleh sebab itu, perhatian mulai diarahkan pada pengembangan material akustik berbasis bahan alami dan limbah organik yang lebih ramah lingkungan. Beberapa studi telah mengkaji potensi bahan alami seperti serat kelapa, serat kenaf, dan serat bambu sebagai alternatif material akustik. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada karakterisasi umum material atau perbandingan antar jenis bahan tanpa mengupas secara spesifik parameter teknis yang memengaruhi performa akustik, seperti ketebalan material pada frekuensi rendah. Di sisi lain, data kuantitatif terkait performa material komposit berbasis serat kelapa dengan variasi ketebalan pada rentang frekuensi yang relevan masih sangat terbatas. Kondisi ini menunjukkan bahwa perlu penelitian mengenai bagaimana variasi ketebalan memengaruhi kemampuan serat kelapa dalam meredam suara pada frekuensi rendah.

Salah satu bahan alami yang menjanjikan adalah serat kelapa. Serat kelapa merupakan limbah organik yang dihasilkan dari proses pengolahan buah kelapa, terutama bagian mesokarp (sabut). Indonesia sebagai salah satu negara penghasil kelapa terbesar di dunia menghasilkan limbah serat kelapa dalam jumlah besar setiap tahunnya (Badan Pusat Statistik, 2022). Serat ini memiliki komposisi kimia yang unik, terdiri dari lignin (40–45%), selulosa (32–43%), dan hemiselulosa dalam jumlah kecil (Leonard *et al.*, 2013). Komponen-komponen tersebut memberi kekuatan tarik tinggi, fleksibilitas, dan porositas yang sesuai dengan karakteristik material akustik ideal. Sabut kelapa merupakan limbah organik yang melimpah dan umumnya diolah melalui dua metode utama, yaitu perendaman biologis (*retting*) dan penggilingan mekanis (*millng*). Dari proses ini dihasilkan tiga produk utama, yaitu serat panjang (*coir fiber*), serat halus atau pendek (*bristle fiber*), serta debu sabut atau *cocopeat* (Syamsuddin, 2020).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa serat kelapa dapat dimanfaatkan sebagai pengisi dalam material komposit untuk aplikasi akustik dan insulasi termal. Karakteristik serat yang berpori memungkinkan gelombang suara masuk dan terdifusi ke dalam struktur internal material serta sekaligus merefleksikan sebagian gelombang suara (Sastika & Febriana, 2022). Hal tersebut, menjadikan energi gelombang

dapat dikonversi menjadi panas melalui gesekan molekuler (Kumar *et al.*, 2020). Selain itu, struktur alami serat kelapa yang acak turut berkontribusi dalam menghamburkan gelombang pantul, menjadikannya cocok untuk aplikasi penyerapan suara difus (Pratama *et al.*, 2021).

Material komposit serat kelapa biasanya dibuat dengan menggabungkan serat sebagai bahan penguat dan resin sebagai matriks pengikat. Salah satu metode manufaktur yang banyak digunakan adalah metode *hand lay-up*. Teknik hand lay-up menjadi salah satu metode yang paling umum digunakan karena kesederhanaannya dalam proses manufaktur (Wijaya *et al.*, 2022). Teknik ini tidak hanya mudah diterapkan, tetapi juga memberikan fleksibilitas dalam mengatur rasio antara matriks dan pengisi, yang sangat berguna untuk menyesuaikan sifat mekanik maupun akustik dari material yang dihasilkan (Rahayu, *et al.*, 2020). Metode ini memungkinkan penyesuaian komposisi dan ketebalan material secara presisi sesuai kebutuhan fungsional. Ketebalan merupakan salah satu parameter utama yang memengaruhi performa akustik komposit. Semakin tebal suatu material, semakin besar ruang yang tersedia untuk meredam gelombang suara, terutama pada frekuensi rendah (Ibrahim *et al.*, 1978).

Dalam pengukuran performa akustik, salah satu alat yang umum digunakan adalah tabung impedansi dua mikrofon yang bekerja berdasarkan prinsip transfer fungsi, sebagaimana diatur dalam standar ISO 10534-2. Metode ini memanfaatkan dua mikrofon yang ditempatkan pada posisi tertentu dalam tabung untuk menangkap gelombang datang dan pantul dari sampel material yang diuji. Dari data tersebut, dapat dihitung nilai koefisien refleksi dan selanjutnya diperoleh nilai koefisien absorpsi bunyi (Ikhsan, 2016).

Penelitian ini secara khusus mengkaji pengaruh ketebalan komposit serat kelapa terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi menggunakan tabung impedansi dua mikrofon. Variasi ketebalan yang digunakan adalah 1 cm dan 2 cm, dengan rentang frekuensi pengujian 400 Hz, 450 Hz, dan 500 Hz. Frekuensi tersebut dipilih karena mewakili rentang frekuensi rendah yang sering menjadi sumber gangguan utama di lingkungan binaan. Penentuan hanya pada dua ketebalan ini dilakukan untuk mempersempit ruang lingkup dan mendapatkan gambaran lebih fokus mengenai pengaruh ketebalan terhadap performa akustik dalam rentang frekuensi rendah.

Penggunaan perangkat lunak LabVIEW dan MATLAB dalam proses akuisisi dan pengolahan data memberikan tingkat akurasi dan reproduktifitas yang tinggi. Dengan hanya memfokuskan pada dua ketebalan dan tiga titik frekuensi, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran spesifik tentang efektivitas material komposit serat kelapa dalam meredam kebisingan pada kondisi yang paling umum dijumpai, khususnya di lingkungan perkotaan dan industri ringan.

Penelitian ini penting tidak hanya untuk memperkuat pemahaman ilmiah terkait karakteristik akustik serat kelapa, tetapi juga sebagai kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi material berkelanjutan. Selain sebagai solusi teknis dalam pengendalian kebisingan, penggunaan limbah organik seperti serat kelapa mendukung prinsip ekonomi sirkular dan pengurangan ketergantungan terhadap bahan sintetis yang merusak lingkungan (Ulfah, 2007). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mendorong inovasi dalam bidang material akustik yang tidak hanya efektif, tetapi juga ramah lingkungan dan berdaya guna tinggi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Jenis dan Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental yang bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi ketebalan komposit serat kelapa terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi. Penelitian metode eksperimen merupakan jenis penelitian yang bertujuan

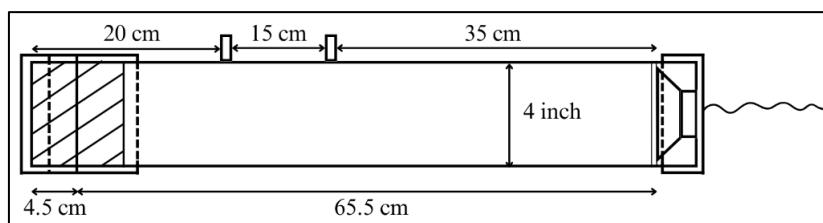
membuktikan pengaruh suatu perlakuan terhadap akibat dari perlakuan tersebut (Arib *et al.*, 2024).

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari beberapa tahapan, yaitu proses pembuatan material komposit, proses perancangan dan perakitan alat uji tabung impedansi, proses pengujian koefisien absorpsi bunyi, serta proses analisis pengolahan data.

Proses pembuatan material komposit disusun dengan menggunakan serat kelapa sebagai penguat dan resin *polyester* sebagai matriks. Proses pembuatan menggunakan metode *hand lay-up*. Metode *hand lay-up* yakni teknik manufaktur terbuka yang dilakukan secara manual. Serat kelapa terlebih dahulu dipilah-pilah untuk memastikan homogenitas strukturalnya. Hal ini penting karena variasi dalam struktur dapat memengaruhi hasil pengujian akustik (Widodo, et al., 2022). Serat kelapa yang telah dipilah kemudian di cuci hingga bersih dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 48 jam untuk mengurangi kadar air. Serat kelapa yang sudah kering lalu dipotong-potong sekitar 1-2 cm. Serat kelapa disusun dalam cetakan berbentuk silinder berdiameter 10 cm serta tinggi 1 cm dan 2 cm. Komposit dengan ketebalan 1 cm terdiri dari 15 gr serat kelapa dan 30 ml resin serta 1 ml katalis. Sedangkan, komposit dengan ketebalan 2 cm terdiri dari 17,5 gr serat kelapa dan 45 ml resin serta 1,5 ml katalis. Resin *polyester* yang digunakan yaitu resin polyester tak jenuh yang kemudian dicampur katalis, lalu dituangkan kedalam cetakan yang telah diisi serat kelapa dan diratakan menggunakan rol untuk memastikan tidak ada gelembung udara di dalam struktur komposit (Rahayu *et al.*, 2020). Setelah proses pengerasan selesai, sampel dilepas dari cetakan dan dibiarkan dalam suhu ruang selama 24 jam. Setelah mengeras, komposit dapat dilepaskan dari cetakan dengan menggunakan pisau kape secara hati-hati. Pembuatan komposit selanjutnya dilakukan kembali dengan menyesuaikan pada ketebalan komposit yang telah ditentukan.

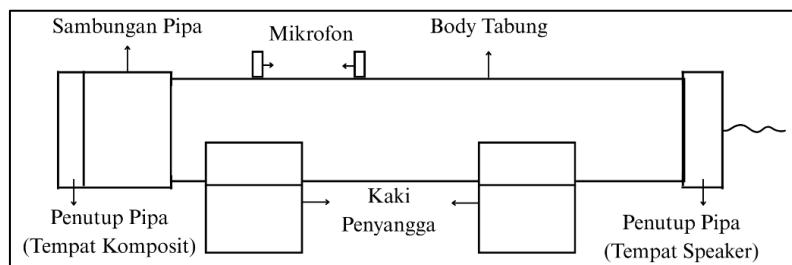
Tahapan selanjutnya adalah perancangan dan perakitan alat uji tabung impedansi dua mikrofon. Tabung impedansi dibuat dari pipa PVC dengan diameter dalam 10 cm dan panjang total 70 cm. Dua modified lavalier microphone omnidirectional dipasang sejajar pada permukaan tabung dengan jarak 35 cm dari sumber suara untuk mikrofon 1 dan jarak 50 cm dari sumber suara untuk mikrofon 2. Mikrofon dikalibrasi menggunakan sinyal referensi untuk menyamakan sensitivitas. Di salah satu ujung tabung dipasang sumber suara berupa speaker aktif, sedangkan ujung lainnya dipasang dudukan sampel (Ikhsan, 2016). Speaker yang digunakan memiliki spesifikasi ukuran 9 cm dan jenis input yaitu audio jack 3,5 mm. Seluruh sistem dirancang agar gelombang suara yang merambat dalam tabung tetap datar dan minim distorsi. Gambar 1 berikut merupakan desain tabung impedansi berdasarkan ISO 10534-2.



Gambar 1. Desain Tabung Impedansi
Sumber gambar: Dokumentasi Penelitian, 2025

Perakitan komponen tabung impedansi dapat dilihat pada gambar 2. Setelah alat uji dirakit dan komposit telah disimpan pada ujung penutup pipa maka dilakukan pengambilan data pengukuran. Sampel komposit diletakkan pada ujung tabung

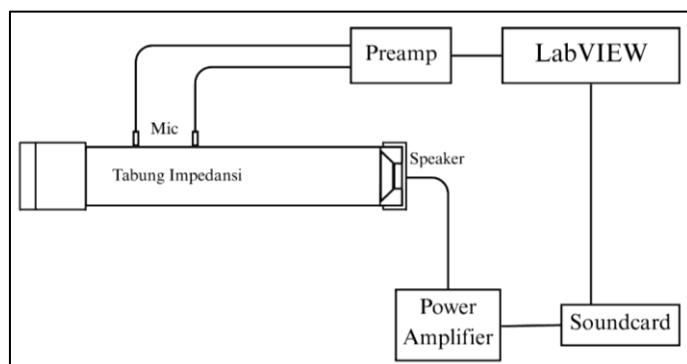
impedansi, kemudian sinyal bunyi dalam bentuk gelombang sinusoidal dengan frekuensi 400 Hz, 450 Hz, dan 500 Hz dihasilkan oleh generator sinyal yang dihubungkan ke speaker. Mikrofon menangkap tekanan suara yang terjadi akibat gelombang datang dan pantul, lalu sinyal tersebut dikirim ke perangkat lunak NI LabVIEW versi 24.8.0 untuk akuisisi dan MATLAB R2023b versi 23.2 untuk analisis data. *Transfer function* antara dua mikrofon dihitung, dan dari data tersebut diperoleh koefisien refleksi dan nilai koefisien absorpsi bunyi (α) menggunakan persamaan standar ISO 10534-2. Tiap sampel dilakukan pengulangan pengujian sebanyak 1 kali pada tiap frekuensi. Pengujian dilakukan pada ruangan yang sunyi dan suhu lingkungan sekitar 28°C.



Gambar 2. Skema Perakitan Komponen Tabung Impedansi

Sumber gambar: Dokumentasi Penelitian, 2025

Data hasil pengukuran kemudian dianalisis dan diinterpretasikan untuk mengetahui pengaruh ketebalan komposit terhadap kemampuan absorpsi bunyi pada masing-masing frekuensi. Pengujian dan pengambilan data untuk mendapatkan koefisien absorpsi bunyi dari material dilakukan dengan menggunakan tabung impedansi dan alat-alat pendukung lainnya. Skematis dan set up alat untuk pengujian koefisien absorpsi bunyi ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema Alat Uji Tabung Impedansi

Sumber gambar: Dokumentasi Penelitian, 2025

Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menunjukkan tren perubahan nilai koefisien absorpsi. Selanjutnya dilakukan perbandingan antar ketebalan serta frekuensi untuk menentukan efektivitas material pada masing-masing kondisi. Analisis juga mempertimbangkan faktor-faktor yang dapat memengaruhi hasil seperti struktur pori, densitas material, dan sensitivitas mikrofon (Kumar *et al.*, 2020; Mutia *et al.*, 2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan komposit serat kelapa terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi pada frekuensi rendah, yaitu 400 Hz, 450 Hz, dan 500 Hz. Sampel yang diuji terdiri dari dua ketebalan berbeda, yaitu 1 cm dan

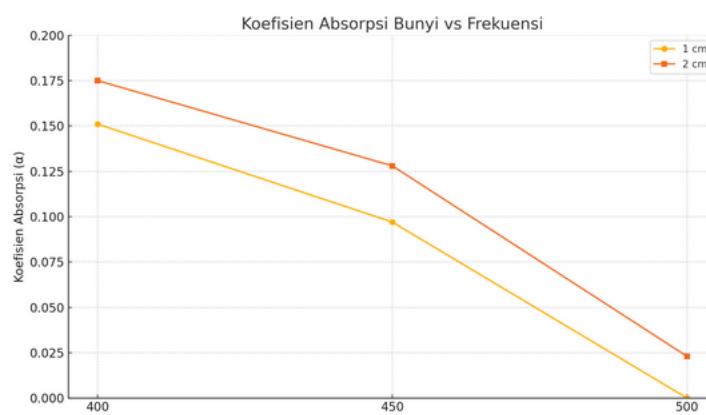
2 cm. Pengukuran dilakukan menggunakan tabung impedansi dua mikrofon berbasis ISO 10534-2. Data diperoleh dengan metode transfer fungsi dan diolah menggunakan perangkat lunak LabVIEW dan MATLAB, yang memungkinkan akuisisi data tekanan suara secara real-time serta analisis numerik terhadap sinyal gelombang datang dan pantul. Data hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan nilai koefisien absorpsi antara dua ketebalan material pada ketiga frekuensi yang diuji. Nilai koefisien absorpsi bunyi yang diperoleh disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Koefisien Absorpsi Bunyi

Ketebalan (cm)	Frekuensi (Hz)	Koefisien Absorpsi (α)
1	400	0.151
1	450	0.097
1	500	0.000
2	400	0.175
2	450	0.128
2	500	0.023

Pada frekuensi 400 Hz, komposit dengan ketebalan 2 cm menunjukkan koefisien absorpsi sebesar 0.175, lebih tinggi dibandingkan 1 cm yang hanya sebesar 0.151. Selisih ini menunjukkan bahwa penambahan ketebalan sebesar 1 cm mampu meningkatkan kemampuan material dalam menyerap gelombang suara sebesar 15.9%. Pada frekuensi 450 Hz, pola yang sama juga terlihat, di mana nilai absorpsi pada ketebalan 2 cm (0.128) lebih tinggi dari ketebalan 1 cm (0.097), dengan peningkatan sebesar 31.9%. Sementara pada frekuensi 500 Hz, nilai absorpsi untuk ketebalan 1 cm adalah 0.000, yang berarti tidak terjadi penyerapan, sedangkan pada ketebalan 2 cm masih terdapat sedikit penyerapan sebesar 0.023.

Peningkatan nilai absorpsi pada material yang lebih tebal dapat dijelaskan melalui prinsip propagasi gelombang dalam medium berpori. Dalam material berpori seperti komposit serat kelapa, gelombang suara yang masuk akan mengalami hamburan dan gesekan internal yang mengubah energi gelombang menjadi energi panas (Kumar *et al.*, 2020). Semakin tebal material, semakin panjang jalur propagasi suara di dalam pori-pori, sehingga energi bunyi yang diserap juga semakin besar. Hal ini selaras dengan temuan dari Ibrahim *et al.* (1978) bahwa ketebalan merupakan parameter penting dalam menentukan efektivitas material penyerap bunyi, terutama pada frekuensi rendah.



Gambar 4. Grafik Koefisien Absorpsi Bunyi terhadap Frekuensi
Sumber gambar: Dokumentasi Penelitian, 2025

Pada gambar 4 di atas terlihat bahwa secara umum, semua kurva mengalami penurunan nilai absorpsi seiring peningkatan frekuensi. Penurunan ini menunjukkan bahwa komposit serat kelapa lebih efektif dalam menyerap gelombang bunyi pada

frekuensi rendah, terutama di bawah 500 Hz. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang pada frekuensi rendah yang lebih besar, sehingga lebih mudah masuk dan berinteraksi dengan struktur pori dalam material (Mutia *et al.*, 2019). Sebaliknya, gelombang dengan frekuensi lebih tinggi memiliki panjang gelombang lebih pendek dan lebih cenderung dipantulkan daripada diserap, terutama jika ukuran pori dan ketebalan material tidak mencukupi.

Pada frekuensi 500 Hz, material dengan ketebalan 1 cm tidak mampu menyerap suara sama sekali, sebagaimana dibuktikan oleh nilai $\alpha = 0$. Ini menunjukkan bahwa pada ketebalan minimum, struktur komposit tidak cukup dalam untuk mengakomodasi disipasi energi bunyi. Di sisi lain, meskipun nilai absorpsi pada ketebalan 2 cm tetap rendah ($\alpha = 0.023$), setidaknya masih terdapat sebagian energi gelombang yang berhasil diserap oleh material. Hal ini menandakan bahwa penambahan ketebalan sedikit saja memberikan dampak yang cukup signifikan dalam meningkatkan kemampuan absorpsi suara pada frekuensi menengah-rendah.

Efektivitas serat kelapa sebagai material menyerap suara juga dipengaruhi oleh komposisi kimianya. Kandungan lignin dan selulosa dalam serat kelapa memberikan struktur mikro yang berpori, lentur, dan tahan lama. Pori-pori tersebut berfungsi sebagai perangkap gelombang suara, di mana terjadi pelemahan amplitudo melalui gesekan viskoelastik (Leonard *et al.*, 2013). Selulosa adalah polimer alami yang bersifat kaku dan membentuk kerangka utama dinding sel, memberikan kekuatan mekanik dan struktur berpori yang relatif stabil. Struktur selulosa ini bersifat hidrofilik, sehingga berpotensi meningkatkan area permukaan spesifik dan porositas ketika digunakan dalam bentuk komposit atau material insulasi (Sgriccia *et al.*, 2008). Sementara itu, lignin yang merupakan polimer aromatik kompleks dan bersifat hidrofobik, berfungsi sebagai perekat alami antar serat sekaligus memberikan kekakuan dan ketahanan terhadap degradasi biologis. Struktur inilah yang membentuk pori-pori internal tak beraturan di dalam material, yang efektif dalam menjebak gelombang suara dan mengonversinya menjadi panas melalui mekanisme gesekan viskoelastik dan konversi energi mekanik (John & Thomas, 2008; Liu *et al.*, 2017). Struktur pori yang dihasilkan dari kombinasi komposisi kimia ini bersifat kompleks dan saling terhubung (*interconnected pores*), sehingga memungkinkan gelombang suara masuk ke dalam material, mengalami hamburan (*scattering*) serta disipasi energi. Semakin besar volume pori dan semakin kompleks jalur pori tersebut, semakin efektif material dalam menyerap energi akustik, terutama pada frekuensi rendah hingga menengah (Asdrubali *et al.*, 2017).

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah proses pembuatan komposit. Pada penelitian ini, metode *hand lay-up* digunakan untuk menyusun serat kelapa dan resin poliester ke dalam bentuk silinder padat. Ketepatan dalam pengadukan resin dan pemadatan serat sangat memengaruhi distribusi pori dan kepadatan material. Komposit yang terlalu padat akan mengurangi ruang udara di antara serat, sehingga menurunkan kemampuan menyerap suara. Sebaliknya, jika terlalu longgar, kekuatan mekanik menurun dan dapat menyebabkan kebocoran suara. Oleh karena itu, teknik fabrikasi yang konsisten sangat penting untuk menghasilkan material dengan performa akustik optimal (Rahayu *et al.*, 2020). Selain faktor ketebalan, ukuran dan orientasi serat dalam komposit juga dapat memengaruhi hasil pengujian. Namun, dalam penelitian ini, parameter tersebut dibuat tetap (konstan) untuk mengisolasi pengaruh ketebalan terhadap nilai koefisien absorpsi. Studi lanjutan dapat memperluas variabel uji, seperti menambahkan variasi panjang serat, orientasi serat horizontal atau vertikal, serta perbandingan rasio serat dan resin.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan komposit serat kelapa dalam menyerap suara pada frekuensi rendah memang belum sebaik beberapa penelitian sebelumnya. Misalnya, penelitian oleh Akbaro (2023) berhasil membuat komposit serat kelapa dengan ketebalan 10 mm yang dapat meredam suara cukup efektif pada frekuensi 125 Hz. Begitu pula penelitian Goo D (2020) menunjukkan bahwa dengan susunan bahan pengisi tertentu, material peredam bisa menyerap suara dengan sangat baik di frekuensi 2000 Hz. Bahkan, Putri (2020) berhasil meningkatkan kemampuan serap suara hampir sempurna (0,956) pada frekuensi 2000 Hz dengan menambahkan serat kelapa ke dalam campuran beton ringan. Namun, perlu diingat bahwa sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada frekuensi menengah hingga tinggi, yang memang lebih mudah diredam. Sementara itu, penelitian ini justru menguji kemampuan serat kelapa pada frekuensi rendah, yang dikenal lebih sulit diredam oleh material apapun. Walau hasilnya masih rendah, penelitian ini tetap penting untuk mengetahui potensi serat kelapa sebagai peredam suara ramah lingkungan di lingkungan yang banyak memiliki suara berfrekuensi rendah, seperti di sekitar pabrik atau pinggir jalan raya.

Dari hasil penelitian ini, terlihat bahwa walaupun nilai koefisien absorpsi bunyi yang diperoleh belum mencapai kategori material penyerap tinggi ($\alpha > 0.5$), performa komposit serat kelapa pada ketebalan 2 cm masih cukup menjanjikan untuk aplikasi peredam suara pada lingkungan yang memiliki dominasi frekuensi rendah. Aplikasi ini bisa meliputi ruang genset, panel rumah di dekat jalan raya, atau pabrik ringan dengan sumber kebisingan berfrekuensi rendah. Temuan ini juga mendukung arah kebijakan global dalam mengurangi penggunaan material sintetis dan beralih ke bahan-bahan alami dan terbarukan. Serat kelapa yang merupakan limbah pertanian memiliki nilai tambah tinggi jika diolah menjadi material fungsional, salah satunya sebagai peredam suara. Pendekatan ini tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru dalam pengelolaan limbah organik dan produk turunan kelapa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian eksperimental yang telah dilakukan untuk mengkaji pengaruh ketebalan komposit serat kelapa terhadap koefisien absorpsi bunyi menggunakan tabung impedansi dua mikrofon, dapat disimpulkan bahwa peningkatan ketebalan material memberikan kontribusi positif terhadap kemampuan material dalam menyerap gelombang suara, khususnya pada frekuensi rendah. Dua variasi ketebalan yang diuji, yaitu 1 cm dan 2 cm, menunjukkan bahwa nilai koefisien absorpsi bunyi pada ketebalan 2 cm selalu lebih tinggi dibandingkan 1 cm di seluruh frekuensi pengujian. Nilai koefisien tertinggi dicapai oleh komposit 2 cm pada frekuensi 400 Hz sebesar 0,175, sedangkan nilai terendah terjadi pada komposit 1 cm pada frekuensi 500 Hz sebesar 0,000, menandakan tidak terjadi penyerapan sama sekali. Perbedaan signifikan ini menunjukkan bahwa struktur material yang lebih tebal memberikan ruang lebih besar bagi gelombang suara untuk mengalami disipasi energi melalui mekanisme hamburan dan gesekan internal dalam pori-pori material. Selain itu, hasil menunjukkan bahwa efektivitas penyerapan bunyi cenderung menurun seiring dengan meningkatnya frekuensi. Dengan demikian, komposit serat kelapa memiliki performa yang optimal untuk digunakan sebagai material peredam suara pada lingkungan dengan karakter kebisingan frekuensi rendah. Temuan ini memperkuat potensi serat kelapa sebagai material alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis, serta mendukung penerapan teknologi material berkelanjutan dalam bidang akustik bangunan dan lingkungan.

REFERENCES

- Arib, M. F., Rahayu, M. S., Sidorj, R. A., & Afgani, M. W. (2024). Experimental Research dalam Penelitian Pendidikan. *Journal Of Social Science Research*. 4(1): 5497-5511.
- Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2017). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 12, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2017.06.002>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Produksi Kelapa di Indonesia 2021*. <https://www.bps.go.id>
- Doelle, L. L. (1986). *Environmental Acoustics*. McGraw-Hill.
- Ibrahim, A., Cavanaugh, D., & Clark, A. (1978). *Acoustic behavior of porous materials*. Journal of the Acoustical Society of America, 64(1), 243–248.
- Ikhsan, M. (2016). *Pengukuran Parameter Akustik Menggunakan Tabung Impedansi*. Jurnal Akustik, 4(1), 45–53.
- John, M. J., & Thomas, S. (2008). Biofibres and biocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 71(3), 343–364. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.040>
- Kumar, S., Hiremath, S., & Shastri, A. (2020). *Natural Fiber Composites for Sound Absorption Applications*. Journal of Natural Fibers, 17(2), 189–204.
- Leonard, K., Sukamto, R., & Yusuf, M. (2013). *Komposisi Kimia Serat Kelapa dan Potensinya sebagai Material Komposit*. Jurnal Rekayasa Material, 12(3), 223–230.
- Liu, K., Chen, Y., Wang, Q., & Zhang, X. (2017). Acoustic and thermal properties of coir fiber reinforced composites. *Journal of Materials Science*, 52(3), 1686–1697. <https://doi.org/10.1007/s10853-016-0467-9>
- Mutia, R., Wahyudi, E., & Prasetyo, R. (2019). *Analisis Nilai Koefisien Absorpsi Bunyi Berbasis Material Alami*. Jurnal Teknik Akustik, 6(2), 56–62.
- Pratama, R. D., Suryanto, B., & Hadi, M. (2021). *Eco-friendly acoustic panels made from coconut fiber composites*. Applied Acoustics, 172, 107609.
- Rahayu, W., Hamid, M., & Andika, T. (2020). *Metode Hand Lay-Up pada Pembuatan Komposit Berbasis Serat Alam*. Jurnal Teknologi Rekayasa, 5(1), 18–25.
- Sastika, A., & Febrina, S. E.. (2022). *Efektifitas Pemakaian Material Akustik pada Gereja Bethel Indonesia (GBI) Musi Palem Indah Palembang*. Archvisual: Jurnal Arsitektur dan Perencanaan. 2(1): 7-16.
- Sgriccia, N., Hawley, M. C., & Misra, M. (2008). Characterization of natural fiber surfaces and natural fiber composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39(10), 1632–1637. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2008.07.007>
- Smith, J., Brown, T., & Lee, D. (2018). *Environmental impact of synthetic sound absorbers and alternatives*. Materials Today, 21(7), 422–430.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Syamsuddin, A. (2020). Analisis Sistem Konversi Energi Biomassa Sabut Kelapa Menggunakan Siklus Rankine. (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Negeri Syarif Kasim Riau Pekanbaru).
- Ulfa, M. (2007). *Pemanfaatan Serat Kelapa Sebagai Material Alternatif Akustik dan Isolasi Termal*. Jurnal Rekayasa, 3(1), 9–15.
- Widodo, E., Lestari, K., & Arifin, M. (2022). *Eksplorasi Material Ramah Lingkungan untuk Peredaman Kebisingan*. Green Materials Journal. 15(1), 67-72.
- Wijaya, D., Hidayat, S., & Kunci, K. (2022). *Pengaruh Fraksi Volume Serat pada Komposit Hibrid Serat Tebu dan Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik*. 13–14.