

Karakteristik Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik dari Serat Alam Menggunakan Metode Tabung

Palmasi Syahputra, Elvaswer*

Laboratorium Fisika Material, Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 4 Mei 2023
Direvisi: 7 Agustus 2023
Diterima: 15 September 2023

Kata kunci:

frekuensi
impedansi akustik
koefisien absorpsi
metode tabung
serat alam

Keywords:

frequency
acoustic impedance
absorption coefficient
tube method
natural fibers

Penulis Korespondensi:

Elvaswer
Email: elvaswer@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang koefisien absorpsi bunyi dan impedansi berbagai panel akustik dari serat alam. Metode yang digunakan yaitu metode tabung impedansi pada komposit berbahan dasar serat alam dengan matrik lem. Sampel material akustik terbuat dari berbagai serat alam yaitu kelapa sawit, pinang, jerami padi, pelepah pisang, dan eceng gondok. Frekuensi bunyi yang digunakan pada penelitian ini adalah frekuensi oktaf yaitu 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, dan 8000 Hz. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa nilai koefisien absorpsi bunyi tertinggi pada sampel kelapa sawit dengan frekuensi 8000 Hz yaitu 0,87 dan nilai koefisien absorpsi terendah pada frekuensi 1000 Hz yaitu 0,44 dengan sampel eceng gondok. Nilai impedansi akustik tertinggi terjadi pada frekuensi 2000 Hz dan pada frekuensi 8000 Hz yaitu 1,35 dyne.s/cm⁵ dengan sampel kelapa sawit. Berdasarkan nilai koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik maka serat alam dapat digunakan sebagai bahan penyerap bunyi.

Research about sound absorption coefficients and impedance on various natural fibre acoustic panels has been conducted. The impedance tube method is used on composites made from natural fibres with a glue matrix. Acoustic material samples were made from various natural fibres: oil palm, areca nut, rice straw, banana fronds, and water hyacinth. The sound frequencies used in this study are octave frequencies, namely 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz and 8000 Hz. The study results showed that the highest sound absorption coefficient was in the oil palm sample with a frequency of 8000 Hz, namely 0.87, and the lowest absorption coefficient value was in the 1000 Hz frequency, which was 0.44 in the water hyacinth sample. The highest acoustic impedance value occurs at a frequency of 2000 Hz and a frequency of 8000 Hz, namely 1.35 dyne.s/cm⁵ with oil palm samples. Based on the value of the sound absorption coefficient and acoustic impedance, natural fibre can be used as a sound-absorbing material.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu kesehatan dan kenyamanan. Kebisingan dapat berasal dari kendaraan bermotor, bandara, pusat pembelanjaan, tempat pertunjukan musik, industri, bioskop, dan perkantoran. Salah satu cara mengatasi kebisingan adalah dengan mengabsorpsi sebagian besar dari gelombang bunyi tersebut dengan berbagai material akustik. Pemilihan material tidak hanya memperhatikan ketahanan bahan saja tetapi juga perlu memperhatikan pengaturan akustik (Putri & Mahyudin, 2019). Material akustik sebagian besar masih diimpor seperti karpet, plafon, panel akustik, dan keramik. Mengatasi hal itu, material akustik dapat dibuat dengan material komposit sederhana yang mudah didapatkan dari bahan alam (Leonard & Ratnawati 2015; Kurniawan & Abraha, 2017).

Komposit merupakan suatu campuran bahan dimana salah satunya dapat menggunakan serat sebagai material dasarnya (Anita dkk., 2013). Serat alam pada umumnya memiliki kemampuan untuk menyerap bunyi yang cukup baik disamping memiliki sifat sebagai material dasar penguat pada komposit (Putri & Mahyudin, 2019). Apabila gelombang mengenai suatu material maka gelombang tersebut dapat diteruskan, dipantulkan, dan diabsorpsi (Andari, 2017). Kemampuan struktur komposit untuk mengabsorpsi bunyi tersebut dapat digunakan untuk mengurangi tingkat kebisingan (Ferrante dkk., 2015).

Berbagai macam material yang berhubungan dengan akustik banyak yang tidak mempunyai spesifikasi akustik sebagai pertimbangan bagi pengguna (Aziza & Elvaswer, 2022). Jika spesifikasi akustik seperti koefisien absorpsi dan impedansi bisa ditentukan akan sangat membantu dalam perencanaan dan merancang ruang.

Variabel akustik sudah menjadi prioritas utama dalam memasarkan produk akustik terutama di negara maju seperti koefisien absorpsi, koefisien refleksi, koefisien transmisi, dan impedansi akustik (Berardi & Iannace, 2017). Untuk mengetahui sifat-sifat akustik suatu material diperlukan pengujian seperti absorpsi, refleksi, transmisi bunyi dan impedansi (Kurniawan & Abraha, 2017). Metode pengujian akustik ini dapat dibedakan berdasarkan tempat pengujiannya menjadi dua yaitu pengujian di dalam tabung dan pengujian dalam ruang dengung atau disebut metode Sabine. Kelebihan dari metode Sabine adalah lebih mendekati nilai yang sebenarnya. Penentuan koefisien penyerapan bunyi dengan menggunakan metoda tabung dipilih karena sederhana, praktis dan sampel yang dibutuhkan sedikit. Kelemahannya adalah perlu perhitungan lagi jika panel akustik tersebut dipasang dalam ruangan. Penelitian sebelumnya mengenai serat kelapa sawit hanya digunakan sebagai panel akustik (Dewi, 2021; Zulfadhli dan Muhammad, 2022).

Ikhsan, dkk. (2016) melakukan penelitian tentang karakteristik koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik material berongga plafon PVC menggunakan metode tabung impedansi. Penelitian ini menggunakan berongga plafon PVC bermerek Shunda Plafon dengan sisi tampang lintang yaitu: 5, 6, 7, 8, dan 9 mm. Hasil yang diperoleh menunjukkan material Shunda Plafon dengan sisi tampang lintang rongga 5-9 mm dapat dikategorikan sebagai bahan penyerap bunyi yang cukup baik karena memiliki nilai koefisien absorpsi bunyi terendah lebih besar dari 0,15.

Manfaat penelitian ini adalah untuk mengembangkan material komposit, dengan bahan dasar limbah serat alam sebagai material penyerap bunyi dalam penelitian ini menggunakan limbah serat kelapa sawit, serat pinang, serat pelepah pisang, serat eceng gondok, dan serat jerami padi (Setia Putra, 2020). Material penyerap bunyi yang ada di pasaran banyak menggunakan material yang berasal dari serat sintesis yang tidak ramah lingkungan dan juga harganya relatif mahal. Perlu dikembangkan material absorpsi alternatif yang mempunyai kemampuan yang setara dalam hal menyerap bunyi (Nawati, 2018). Material akustik dari serat alam selain harganya relatif murah, ketersediaan material serat tersebut melimpah (Zulhiyah dkk., 2022). Manfaat selanjutnya adalah tersedianya metode yang sederhana seperti metode tabung dalam pengujian sifat-sifat akustik yang kebanyakan hanya pengujian sifat-sifat mekanik (Voss-Gerling, 1975).

II. METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material, Departemen Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Andalas. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah tabung impedansi, mikrofon, *amplifier*, osiloskop, sinyal generator, catu daya, *loudspeaker*, dan *hotpress*. Bahan yang digunakan

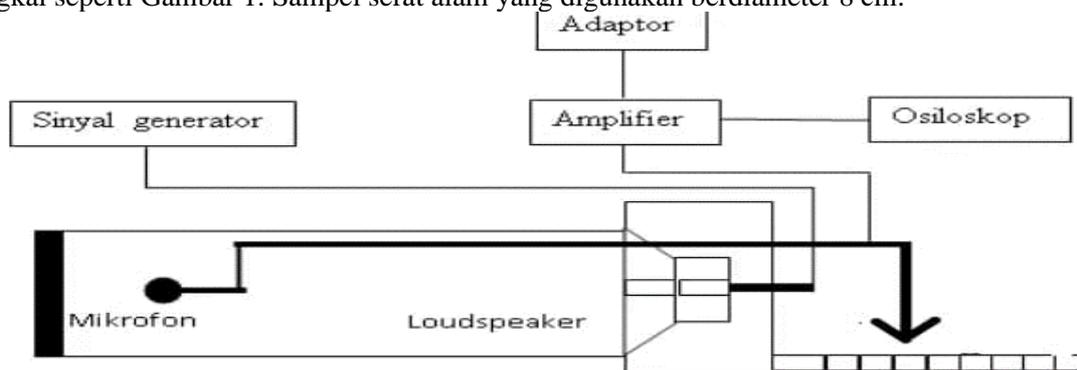
adalah serat kelapa sawit, serat pinang, serat eceng gondok, serat pelepah pisang, serat jerami padi dan lem kayu

2.1 Pembuatan Komposit Serat Alam dengan Lem Kayu

Serat alam yang digunakan pada penelitian ini adalah serat kelapa sawit, serat eceng gondok, serat pelepah pisang, serat jerami padi, serat pinang, dan matriks yang digunakan adalah lem kayu. Massa serat alam dan massa lem kayu yang digunakan masing-masing sebanyak 40 dan 7,5 g. Mula-mula serat alam dibersihkan terlebih dahulu dengan air lalu dicampur dengan lem kayu, selanjutnya campuran serat alam dan lem kayu tersebut dimasukkan ke dalam cetakan dan ditekan menggunakan *hot press*. Pemberian tekanan ini bertujuan untuk mendapatkan kekakuan yang lebih besar dan daya rekat antar serat yang lebih kuat. Hasilnya didiamkan dalam cetakan selama 1 hari. Setelah itu, baru dilepaskan dari cetakan dengan memastikan lem telah kering dan merekat dengan baik.

2.2 Pengujian Koefisien Absorpsi dan Impedansi Akustik dengan Menggunakan Tabung Impedansi

Pengujian koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik dilakukan dengan menggunakan tabung impedansi yang berguna untuk mengetahui kemampuan material bahan serat alam dalam pengendalian kebisingan. Tabung impedansi yang digunakan terbuat dari besi yang berdiameter 8 cm dan dirangkai seperti Gambar 1. Sampel serat alam yang digunakan berdiameter 8 cm.



Gambar 1 Skema rangkaian tabung impedansi

Prinsip kerja tabung impedansi adalah *loudspeaker* dan sinyal generator dihubungkan sebagai penghasil keluaran berupa bunyi yang memiliki frekuensi tertentu. Pada salah satu ujung tabung diletakkan sampel yang akan diuji nilai koefisien absorpsinya. Mikrofon diletakkan di tengah-tengah diameter tabung menghadap ke sampel tersebut. Mikrofon dipasang pada ujung sebuah kawat besi sehingga dapat digeser untuk menentukan kedudukan amplitudo tekanan maksimum dan amplitudo tekanan minimumnya. Mikrofon diperkuat dengan menggunakan *amplifier* dan dihubungkan ke osiloskop untuk menampilkan bentuk gelombang. Frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah frekuensi pada oktaf-band, yaitu 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, dan 8000 Hz.

2.3 Pengambilan Data

1. Mikrofon digeser menjauhi sampel sehingga pada osiloskop menunjukkan amplitudo tekanan minimum (A-B), pada posisi tersebut merupakan minimum pertama dari permukaan sampel (d_1) yang di ukur pada skala.
2. Mikrofon digeser sehingga tampilan osiloskop menunjukkan amplitudo tekanan maksimum (A+B) dan dilakukan pengukuran.
3. Mikrofon digeser sehingga osiloskop menampilkan amplitudo tekanan minimum kedua dan lakukan pengukuran jarak dari minimum pertama ke minimum kedua (d_2) yang diukur pada skala.
4. Pengambilan data pada sampel pertama telah selesai. Langkah 1 sampai 3 diulangi untuk sampel yang berbeda. Pengukuran koefisien absorpsi dan impedansi akustik material untuk masing-masing frekuensi dilakukan 5 kali.

2.4 Pengolahan Data

Pada metode tabung impedansi nilai koefisien absorpsi bunyi dapat ditentukan dengan menghitung perbandingan amplitudo tekanan maksimum dan amplitudo tekanan minimum. Perbandingan amplitudo tekanan ini disebut dengan rasio gelombang tegak (*Standing Wave Ratio*, *SWR*). Secara matematis rasio gelombang tegak dapat dinyatakan dengan Persamaan 1:

$$SWR = \frac{A + B}{A - B} \quad (1)$$

dengan *SWR* adalah rasio gelombang tegak, $(A+B)$ adalah amplitudo tekanan maksimum, dan $(A-B)$ adalah amplitudo tekanan minimum. Koefisien absorpsi bunyi (α) dapat ditentukan dengan Persamaan 2 (Doelle, 1986).

$$\alpha = 1 - |R|^2 = 1 - \left(\frac{SWR - 1}{SWR + 1} \right)^2 \quad (2)$$

Impedansi akustik dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3

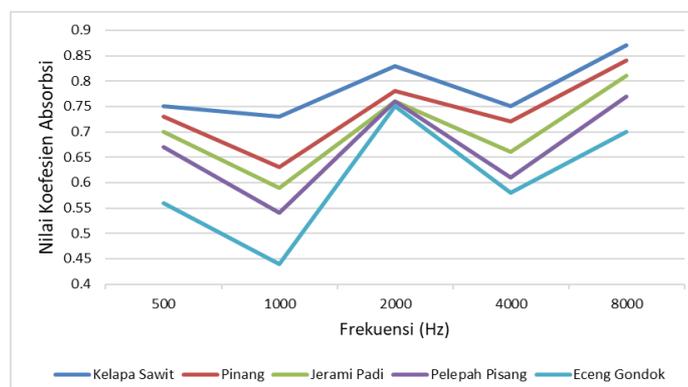
$$Z_s = \coth(\psi_1 + i\psi_2)\rho c \quad (3)$$

dengan z_s adalah impedansi akustik (dyne.s/cm^5), ρ merupakan kerapatan udara (kg/m^3), dan c ialah kecepatan bunyi di udara (m/s). Perkalian ρc merupakan impedansi karakteristik udara. ψ_1 dan ψ_2 adalah besaran kompleks saat kondisi refleksi sampel uji panel akustik limbah serat.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Koefisien Absorpsi Bunyi

Dari pengujian material akustik serat alam diperoleh hasil pengujian dengan menggunakan metode tabung impedansi menunjukkan adanya perubahan kemampuan penyerapan suara yang disebabkan oleh variasi yang diperoleh dari nilai amplitudo tekanan maksimum dan amplitudo tekanan minimum dengan frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz dan 8000 Hz. Dengan frekuensi uji yang bervariasi didapatkan koefisien absorpsi bunyi berbeda-beda. Koefisien absorpsi bunyi meningkat disebabkan oleh bertambahnya ketebalan sampel. Grafik koefisien absorpsi terhadap frekuensi dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Hubungan koefisien absorpsi bunyi (α) pada material serat alam terhadap frekuensi (Hz).

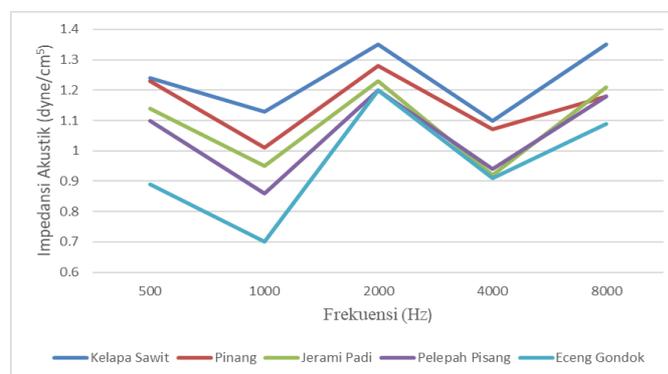
Gambar 2 memperlihatkan bahwa koefisien absorpsi bunyi yang paling tinggi berada pada frekuensi 500 Hz sampai 8000 Hz yang dimiliki oleh bahan serat alam dari kelapa sawit. Karakteristik ini dapat dijelaskan karena porositas internal serat kelapa sawit lebih banyak dibandingkan dengan serat

alam pinang, jerami padi, pelepah pisang dan enceng gondok. Akibatnya kehilangan energi banyak terjadi pada poros molekuler, rangka skalaton ruang poros maupun vibrasi skalaton (Andari, 2017).

Koefisien serapan tertinggi terdapat pada sampel kelapa sawit yaitu 0,87 pada frekuensi 8000 Hz. Hal ini disebabkan bahan tergolong keras (*hardboard*) seperti sampel panel serat kelapa sawit ini. Koefisien absorpsi memang kecil pada frekuensi rendah kemudian meningkat pada frekuensi tertentu dan kemudian apabila frekuensi ditingkatkan maka koefisien absorpsi menurun. Sebaliknya terjadi pada bahan yang tergolong lembut (*softboard*).

3.2 Impedansi Akustik

Nilai impedansi akustik (Z) pada material akustik serat alam dapat ditentukan setelah diperoleh nilai *standing wave ratio* (SWR), jarak minimum pertama (d_1), dan jarak minimum kedua (d_2) dari material dengan frekuensi yang digunakan adalah 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz dan 8000 Hz. Nilai impedansi akustik material serat alam dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Hubungan impedansi akustik material limbah kulit durian terhadap frekuensi (Hz)

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai impedansi akustik tertinggi terdapat pada sampel kelapa sawit yaitu 1,35 dyne.sec/cm³ pada frekuensi 2000 Hz dan frekuensi 8000 Hz. Hal ini disebabkan karena sampel kelapa sawit memiliki komposisi serat yang paling keras sehingga gelombang bunyi yang datang diserap dengan baik (Andari, 2017).

Sedikitnya gelombang bunyi yang dipantulkan mengakibatkan nilai koefisien absorpsi bunyi menjadi lebih tinggi, dan hambatan yang diberikan pada bahan juga semakin besar sehingga nilai impedansi akustik juga akan lebih tinggi. Gelombang bunyi yang datang pada material akustik tidak dapat diserap dengan baik pada beberapa frekuensi, sehingga menyebabkan nilai impedansi akustiknya menjadi kecil karena gelombang bunyi yang dipantulkan lebih besar dan hambatan yang diberikan pada bahan menjadi kecil. Komposisi serat pada setiap bahan juga akan mempengaruhi nilai impedansi akustik. Hubungan koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik yang didapatkan pada penelitian ini yaitu berbanding lurus, dilihat juga dari rumus nilai koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik ditentukan setelah diperoleh nilai *standing wave ratio* (SWR).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik paling tinggi terdapat pada sampel kelapa sawit pada frekuensi 8000 Hz masing-masing sebesar 0,87 dan 1,35 dyne.s/cm⁵. Koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik meningkat jika bahannya tergolong keras, kecuali ada di beberapa frekuensi dan ketebalan tertentu yang perlu penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Andari, R. (2017). Pengujian Karakteristik Absorpsi dan Impedansi Material Akustik Serat Alam Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 6(2), 154–162. <https://doi.org/10.21063/jte.2017.3133621>

- Aziza, Y., & Elvaswer, E. (2022). Pengaruh Ketebalan Panel Akustik dari Limbah Kulit Durian terhadap Koefisien Absorpsi dan Impedansi Akustik. *Jurnal Fisika Unand*, 11(2), 208–213. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.2.208-213.2022>
- Berardi, U., & Iannace, G. (2017). Predicting the sound absorption of natural materials: Best-fit inverse laws for the acoustic impedance and the propagation constant. *Applied Acoustics*, 115, 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.08.012>
- Dewi, sherina M. (2021). Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Daun Pinang-Epoksi terhadap Sifat Komposit.
- Ferrante, L., Tirillò, J., Sarasini, F., Touchard, F., Ecault, R., Vidal Urriza, M. A., Chocinski-Arnault, L., & Mellier, D. (2015). Behaviour of woven hybrid basalt-carbon/epoxy composites subjected to laser shock wave testing: Preliminary results. *Composites Part B: Engineering*, 78, 162–173. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.03.084>
- Ikhsan, K., Elvaswer, E., & Harmadi, H. (2016). Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik dari Material Berongga Plafon PVC Menggunakan Metode Tabung Impedansi. *Ilmu Fisika*, 8(2), 64–69.
- Kurniawan, W. B., & Abraha, D. K. (2017). Pengukuran nilai dielektrik material calcium copper titanat (cacu3ti4o12) menggunakan spektroskopi impedansi terkomputerisasi measurement of the dielectric constant for calcium copper titanate (cacu3ti4o12) materials using computerized impedance spectroscopy. *J. Sains Dasar*, 6(1), 26–30.
- Leonard, J., & Ratnawati. (2015). Application of Epoxy Resin Composite With Fiber Imperata. *Jurnal Mekanikal*, 6(2), 602–607.
- Nawati, P. D. (2018). Serat eceng gondok sebagai filler komposit peredam suara. *Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta., filler, composites*, 34.
- Putri, L. D., & Mahyudin, A. (2019). Analisis Pengaruh Persentase Volume Serat Eceng Gondok dan Serat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi Komposit Hibrid Matrik Epoksi. *Jurnal Fisika Unand*, 8(3), 288–294. <https://doi.org/10.25077/jfu.8.3.288-294.2019>
- Setia Putra, A. (2020). Penentuan Koefisien Serap Bunyi Papan Partikel Dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Surya Teknika*, 7(2), 182–185. <https://doi.org/10.37859/jst.v7i2.2386>
- Voss-Gerling, W. (1975). *Algérie, Sahara*. 78.
- Zulhiyah, F., Sholeh, M., Subagiyo, L., Fisika, P. P., Ulu, S., Samarinda, K., & Timur, K. (2022). Analisis Perbandingan Nilai Efektivitas Koefisien Absorpsi pada Pelepah Pisang dan Eceng Gondok. *Kappa Journal*, 6(2), 119–129.
- Zulisma Anita, Fauzi Akbar, & Hamidah Harahap. (2013). Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2), 37–41. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i2.1437>