

Karakterisasi Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik Dari Panel Sekam Padi

Muhammad Defrizal, Elvaswer*

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

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 11 Mei 2021
Direvisi: 27 Agustus 2021
Diterima: 15 September 2021

Kata kunci:

koefisien absorpsi bunyi
impedansi akustik
sekam padi
metodetabung impedansi

Keywords:

sound absorption coefficient
acoustic impedance
rice husk
impedance tube method

Penulis Korespondensi:

Elvaswer
Email: elvaswer@sci.unand.id

ABSTRAK

Penelitian ini menentukan koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik dari panel sekam padi menggunakan metode tabung impedansi. Sampel panel akustik divariasikan densitasnya dari $0,4 \text{ g/cm}^3$; $0,5 \text{ g/cm}^3$; $0,6 \text{ g/cm}^3$ dan $0,7 \text{ g/cm}^3$. Pengukuran dilakukan pada frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz dan 8000 Hz. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai koefisien absorpsi bunyi paling tinggi adalah 0,99 pada frekuensi 4000 Hz untuk densitas $0,4 \text{ g/cm}^3$. Koefisien absorpsi cenderung meningkat seiring penurunan densitas karena material dengan densitas rendah memiliki porositas banyak sehingga gelombang bunyi mudah masuk dan diserap oleh material akustik yang kemudian dirubah menjadi energi panas. Sampel dengan densitas $0,6 \text{ g/cm}^3$ pada frekuensi 8000 Hz nilai koefisien absorpsinya mengalami kenaikan. Hal ini kemungkinan disebabkan variabel akustik lainnya yaitu bahan padat yang absorpsinya efisien pada frekuensi tinggi kemudian jika ditingkatkan frekuensinya akan turun lagi. Secara teori nilai ini terlalu tinggi, hal ini disebabkan oleh anomali dimana terdapat celah dipinggiran sampel dengan tabung. Nilai tertinggi yang sesuai adalah 0,86 dengan densitas $0,5 \text{ g/cm}^3$ pada frekuensi 2000 Hz. Nilai impedansi akustik tertinggi 1,84 dyne.s/cm^5 pada frekuensi 4000 Hz dengan densitas $0,5 \text{ g/cm}^3$.

This study uses the impedance tube method to determine the sound absorption coefficient and the acoustic impedance of rice husk panels. The acoustic panel samples were varied in density from 0.4 g/cm^3 ; 0.5 g/cm^3 ; 0.6 g/cm^3 and 0.7 g/cm^3 . Measurements were made at frequencies of 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, and 8000 Hz. The results showed that the highest sound absorption coefficient value was 0.99 at a frequency of 4000 Hz for a density of 0.4 g/cm^3 . The absorption coefficient tends to increase as the density decreases because low-density materials have much porosity so that sound waves can easily enter and be absorbed by acoustic materials, which are then converted into heat energy. Samples with a density of 0.6 g/cm^3 at a frequency of 8000 Hz have an increase in the absorption coefficient value, which is probably due to other acoustic variables. These namely solid materials absorb efficiently at high frequencies, and then if the frequency is increased, the frequency will decrease again. Theoretically, this value is too high, caused by an anomaly in the gap of the periphery sample with the tube. The highest corresponding value is 0.86 with a density of 0.5 g/cm^3 at a frequency of 2000 Hz. The highest acoustic impedance value is 1.84 dyne.s/cm^5 at a frequency of 4000 Hz with a density of 0.5 g/cm^3 .

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini jumlah penduduk di Indonesia semakin bertambah. Pertambahan jumlah penduduk menyebabkan tingginya tingkat kebisingan. Kebisingan merupakan penyelubung sumber bunyi oleh pantulan yang berlebihan sehingga vokal bunyi menjadi tidak jelas. Kebisingan dapat mengganggu komunikasi serta mempengaruhi kualitas kehidupan dan kesehatan seseorang. Sehingga dibutuhkan upaya untuk mengendalikan kebisingan.

Pengendalian kebisingan dapat dilakukan dengan meredam sumber bising, menggunakan pembatas, serta menyerap bunyi menggunakan material akustik. Material akustik merupakan bahan yang dapat menyerap gelombang bunyi dengan daya serap yang berbeda-beda. Kemampuan material akustik dalam menyerap bunyi dicirikan oleh koefisien absorpsi bunyi. Koefisien absorpsi bunyi adalah tingkat penyerapan gelombang bunyi oleh material akustik. Koefisien absorpsi bunyi ditentukan oleh ukuran serat, lubang, porositas, dan rongga (Yuliantika & Elvaswer, 2019).

Menyerap bunyi menggunakan material akustik lebih efektif dan mudah dilakukan dalam mengendalikan kebisingan. Karena bahan-bahan serta limbah yang ada di alam dapat dimanfaatkan sebagai material akustik. Bahan alam pada umumnya memiliki kemampuan untuk menyerap bunyi yang cukup baik (Rezita et al., 2019). Salah satu yang dapat dimanfaatkan yaitu sekam padi. Sekam padi sangat mudah ditemukan, tersedia dalam jumlah yang melimpah serta memiliki bulir yang dapat membentuk pola sebagai bahan penyerap bunyi.

Beberapa penelitian telah melakukan pengujian nilai koefisien absorpsi bunyi menggunakan serat alam sebagai material akustik. Jika diteliti lebih dalam, banyak bahan-bahan serta limbah yang kurang berguna dapat dimanfaatkan sebagai bahan peredam bunyi. Hayat dkk. (2013) melakukan penelitian yang berjudul pengaruh kerapatan terhadap koefisien absorpsi bunyi papan partikel serat daun nenas menggunakan metode tabung impedansi dan sound level meter. Pada penelitian ini digunakan variasi densitas dengan nilai 0,2 g/cm³; 0,3 g/cm³; 0,4 g/cm³; 0,5 g/cm³ dan 0,6 g/cm³. Penelitian ini mendapatkan nilai koefisien absorpsi bunyi tertinggi sebesar 0,83 pada frekuensi 1600 Hz dengan densitas 0,2 g/cm³. Koefisien absorpsi bunyi terendah yaitu 0,09 pada frekuensi 600 Hz dengan densitas 0,6 g/cm³. Semakin besar densitas papan serat daun nenas maka semakin rendah nilai koefisien absorpsi bunyi nya.

Isran dkk. (2018) membuat material akustik menggunakan limbah kertas dan abu sekam padi. Metode yang digunakan adalah metode tabung impedansi. Penelitian menghasilkan nilai koefisien serap suara tertinggi sebesar 0,48 pada frekuensi 800 Hz. Ketidakhomogenan bahan komposit menyebabkan munculnya celah atau ruang kosong yang menjadi faktor penyebab tinggi atau rendahnya koefisien penyerapan bunyi.

Yuliantika dan Elvaswer (2019) telah melakukan penelitian menggunakan limbah serat kayu meranti merah sebagai material peredam bunyi. Penelitian dilakukan dengan metode tabung impedansi. Penelitian ini menegaskan ukuran panjang mempengaruhi nilai koefisien absorpsi bunyi. Nilai koefisien absorpsi bunyi serat kayu meranti merah pada frekuensi 500-2500 Hz didapatkan besar dari 0,6 yang berpotensi sebagai bahan penyerap bunyi.

Andari (2019) meneliti koefisien absorpsi komposit serbuk gergaji sebagai material pengendali kebisingan. Penelitian mengukur nilai koefisien absorpsi yang cukup tinggi dari serbuk gergaji. Pada frekuensi tinggi 400-1200 Hz nilai koefisien absorpsi material uji berada pada nilai lebih dari 0,5. Gelombang bunyi yang datang akan diserap lebih banyak oleh material yang banyak mengandung pori.

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran koefisien absorpsi bunyi dengan variasi densitas pada sampel sekam padi. Dikarenakan koefisien absorpsi bunyi pada material dapat ditingkatkan dengan densitas yang berbeda. Metode yang digunakan adalah metode tabung impedansi satu mikrofon.

II. METODE

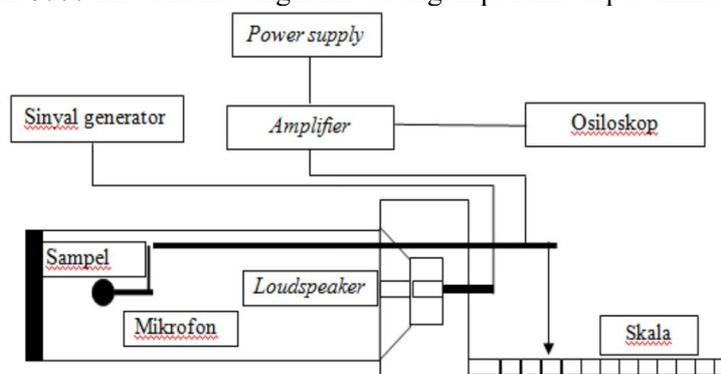
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung impedansi, *amplifier*, osiloskop, *loudspeaker*, generator sinyal, mikrofon, neraca digital dan cetakan sampel. Bahan yang digunakan adalah sekam padi, tepung tapioka dan *aluminium foil*.

2.1 Persiapan Sampel

Sekam padi dikeringkan dengan bantuan sinar matahari selama 1 hari kemudian digiling menggunakan mesin penggiling hingga menjadi bubuk. Sampel dibuat dengan mencampurkan sekam padi dan tepung tapioka dengan perbandingan massa 70% : 30%, lalu diaduk hingga rata kemudian dimasukkan kedalam cetakan yang telah dilapisi *aluminium foil* dan ditekan menggunakan alat cetakan selama 30 menit pada suhu 150°C. Cetakan sampel berdiameter 8 cm dengan ketebalan 0,5 cm. Densitas pada penelitian ini berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu 0,4 g/cm³; 0,5 g/cm³; 0,6 g/cm³; 0,7 g/cm³.

2.2 Pengujian dengan Metode Tabung Impedansi

Prinsip kerja pada metode tabung impedansi ini adalah generator sinyal yang dihubungkan dengan *loudspeaker* menghasilkan keluaran berupa bunyi yang memiliki frekuensi tertentu sehingga bisa diatur pada generator sinyal. Ujung tabung diletakkan *loudspeaker* dan ujung tabung yang lain diletakkan sampel yang akan diuji nilai koefisien absorpsinya. Mikrofon diletakkan ditengah-tengah diameter tabung ke arah sampel material akustik. Ujung sebuah kawat diletakkan mikrofon sehingga dapat digeser untuk menentukan amplitudo tekanan maksimum dan amplitudo tekanan minimum. Mikrofon diperkuat dengan *amplifier* dan dihubungkan ke osiloskop untuk menampilkan bentuk gelombang. Frekuensi yang digunakan adalah frekuensi pada oktaf-band, yaitu 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz dan 8000 Hz. Skema rangkaian tabung impedansi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema rangkaian tabung impedansi

2.3 Pengambilan Data

Mikrofon digeser menjauhi sampel sehingga osiloskop menunjukkan amplitudo tekanan maksimum (A+B), kemudian digeser lagi sehingga tampilan osiloskop menunjukkan amplitudo tekanan minimum (A-B) dan dilakukan pengukuran. Mikrofon digeser dari sampel hingga menunjukkan jarak amplitudo minimum pertama dari sampel (d_1), kemudian digeser lagi sehingga menunjukkan jarak amplitudo minimum ke dua dari sampel (d_2) yang diukur pada skala jarak.

2.4 Pengolahan Data

Nilai yang akan dihitung adalah nilai koefisien absorpsi bunyi. Koefisien absorpsi bunyi (α) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 (Russell, 2004)

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

dengan *SWR* adalah Standing Wave Ratio. *SWR* merupakan perbandingan amplitudo tekanan maksimum (A+B) dengan amplitudo tekanan minimum (A-B), secara matematis ditunjukkan oleh Persamaan 2

$$SWR = \frac{A+B}{A-B} \quad (2)$$

Impedansi akustik (Z_s) dihitung menggunakan persamaan 3

$$Z_s = \frac{P(x)}{U(x)} \quad (3)$$

untuk menghitung impedansi akustik terlebih dahulu harus ditentukan nilai φ_1 dan φ_2 yang ditunjukkan oleh Persamaan 4 dan Persamaan 5.

$$\varphi_1 = \coth^{-1}[\log_{10} - 1(SWR/20)] \quad (4)$$

$$\varphi_2 = \left[\frac{1}{2} - \frac{d_1}{d_2} \right] \quad (5)$$

φ_1 dan φ_2 adalah bilangan kompleks, d_1 adalah jarak amplitudo minimum pertama (cm) dan d_2 adalah jarak amplitudo dari minimum pertama ke minimum kedua (cm).

III. HASIL DAN DISKUSI

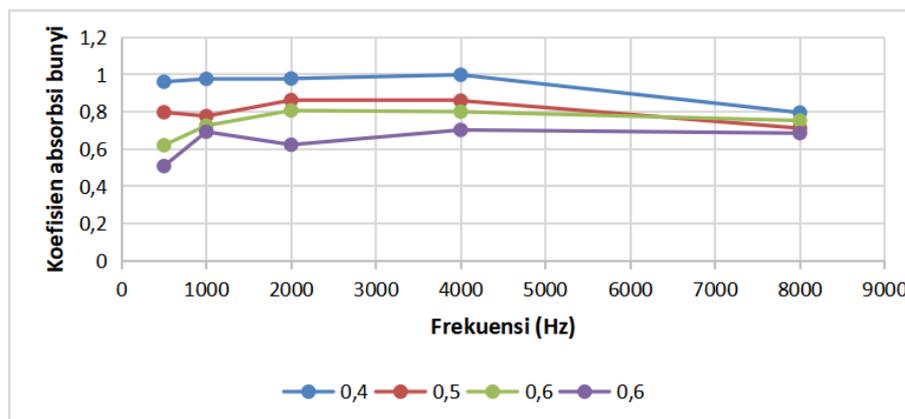
3.1 Hubungan Frekuensi terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi

Tabel 1 memperlihatkan bahwa nilai koefisien absorpsi bunyi pada variasi sampel 1 sampai sampel 4 memiliki nilai koefisien absorpsi bunyi tiap frekuensi yang berbeda-beda. Koefisien absorpsi meningkat dengan penurunan densitas karena material dengan densitas rendah memiliki porositas banyak sehingga gelombang bunyi mudah masuk dan diserap dalam material akustik merubahnya menjadi energi panas, kecuali sampel dengan densitas $0,6 \text{ g/cm}^3$ pada frekuensi 8000 Hz. Mengalami kenaikan hal ini disebabkan kemungkinan disebabkan variabel akustik lainnya yaitu bahan padat yang absorpsinya efisien pada frekuensi tinggi kemudian jika di tingkatkan frekuensinya akan turun.

Tabel 1 Nilai koefisien absorpsi bunyi material akustik sekam padi terhadap frekuensi

Frekuensi (Hz)	Koefisien Absorpsi Bunyi (α)			
	Rata-rata Material Akustik dari Panel Sekam Padi			
	Sampel 1 ($0,4 \text{ g/cm}^3$)	Sampel 2 ($0,5 \text{ g/cm}^3$)	Sampel 3 ($0,6 \text{ g/cm}^3$)	Sampel 4 ($0,7 \text{ g/cm}^3$)
500	0,96	0,79	0,62	0,63
1000	0,97	0,77	0,72	0,69
2000	0,97	0,86	0,80	0,63
4000	0,99	0,85	0,80	0,70
8000	0,79	0,71	0,75	0,68

Gambar 2 menunjukkan hubungan koefisien absorpsi bunyi pada sekam padi terhadap frekuensi. Secara umum karakteristik koefisien absorpsi bunyi versus frekuensi panel sekam padi memiliki tren yang sama kecuali dibeberapa frekuensi. Karakteristik koefisien absorpsi panel sekam padi versus frekuensi dengan densitas $0,4 \text{ g/cm}^3$ hampir sama dengan sampel dengan densitas $0,6 \text{ g/cm}^3$ yaitu kenaikan koefisien absorpsi dari frekuensi 500 Hz sampai frekuensi 4000 Hz kemudian menurun pada frekuensi 8000 Hz. Karakteristik ini menunjukkan bahwa panel akustik ini efisien mengabsorpsi bunyi sampai frekuensi 4000 Hz setelah itu tidak efisien lagi. Karakteristik ini biasa dimiliki oleh bahan yang densitasnya relatif tinggi dibandingkan dengan bahan akustik yang mempunyai densitas relatif rendah seperti karpet dan gorden (Yuliantika & Elvaswer, 2019). Sedangkan pada sampel dengan densitas $0,5 \text{ g/cm}^3$ terjadi pengecualian pada frekuensi 1000 Hz dimana tren seharusnya naik tetapi koefisien absorpsinya menurun. Hal ini mungkin disebabkan ketidak homogenan sampel sehingga jika frekuensi dinaikkan pada nilai tertentu maka koefisien absorpsi menurun karena ada bagian sampel kerapatannya lebih tinggi dibandingkan dengan densitas keseluruhan sampel. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh disaat eksperimen sampel ini kurang kuat menempel pada ujung tabung sehingga memungkinkan ada lapisan udara yang terperangkap dibelakangnya. Kontribusi koefisien absorpsi oleh udara dibelakang sampel adalah dibawah 1000 Hz sehingga pada 1000Hz koefisien absorpsi menurun. Hal yang sama terjadi pada sampel dengan densitas $0,7 \text{ g/cm}^3$ pada frekuensi 2000 Hz. Koefisien absorpsi bunyi yang paling tinggi yaitu 0,99 pada frekuensi 4000 Hz untuk sampel dengan densitas $0,4 \text{ g/cm}^3$. Hal ini disebabkan karena semakin kecil nilai densitas maka semakin banyak porositas sampel maka semakin banyak gelombang bunyi yang akan diserap sampel, mengubahnya kedalam bentuk energi panas. Sehingga amplitudo gelombang pantul kecil. Amplitudo gelombang pantul kecil maka nilai koefisien absorpsi bunyi menjadi besar (Rezita et al., 2019).



Gambar 2 Hubungan koefisien absorpsi bunyi pada panel sekam padi terhadap frekuensi untuk beberapa densitas

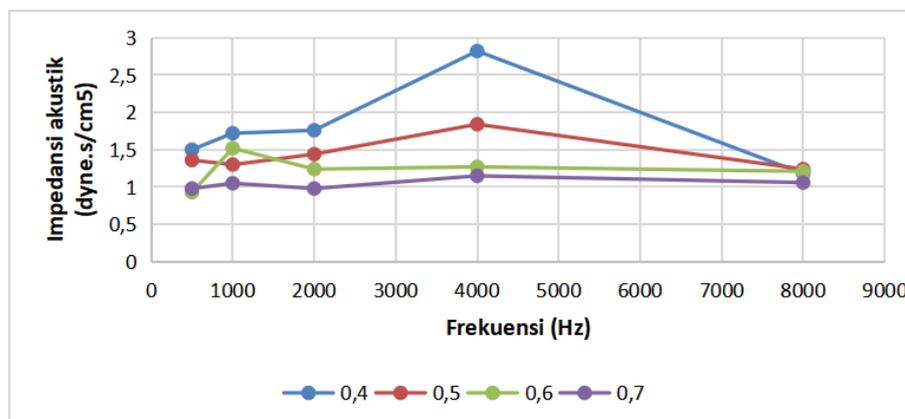
Koefisien absorpsi bunyi paling rendah adalah 0,62 pada frekuensi 2000 Hz untuk sampel dengan densitas $0,7 \text{ g/cm}^3$. Hal ini dikarenakan semakin besar nilai densitas maka porositas semakin sedikit pada sampel maka semakin kurang pula gelombang bunyi yang diserap. Oleh karena itu amplitudo gelombang pantul pada densitas $0,7 \text{ g/cm}^3$ lebih besar dibandingkan amplitudo gelombang pantul pada sampel dengan densitas yang lebih kecil.

Koefisien absorpsi bunyi panel sekam padi cenderung meningkat dari frekuensi 500 Hz hingga frekuensi 4000 Hz. Hal ini dikarenakan adanya disipasi dari energi bunyi menjadi energi panas. Ketika gelombang bunyi memasuki material menyebabkan molekul-molekul udara didalam pori-pori kecil material ikut bergetar. Getaran ini menyebabkan adanya gesekan-gesekan, sehingga akan terjadi perubahan energi dari gelombang bunyi. Hilangnya energi gelombang bunyi mengakibatkan amplitudo gelombang pantul melemah, melemahnya amplitudo gelombang pantul mengakibatkan nilai koefisien absorpsi meningkat (Isran et al., 2018)

Koefisien absorpsi bunyi pada panel sekam padi pada semua sampel menurun pada frekuensi 8000 Hz. Hal ini disebabkan karena panjang gelombang bunyi lebih pendek tentu saja mempunyai energi yang lebih besar yang mengakibatkan lebih mudah terpantulkan untuk bahan material akustik yang memiliki densitas relatif tinggi dibandingkan dengan bahan dengan densitas relatif rendah seperti karpet dan gorden (Yuliantika & Elvaswer, 2019). Besarnya amplitudo gelombang pantul mengakibatkan bunyi yang dipantulkan lebih tinggi dari pada bunyi yang diserap, sehingga nilai koefisien absorpsi bunyi menurun.

3.2 Hubungan Impedansi Akustik terhadap Frekuensi

Nilai impedansi akustik (Z_s) pada masing-masing material dapat dihitung menggunakan nilai *standing wave ratio* (SWR), jarak minimum pertama (d_1), dan jarak minimum kedua (d_2) pada sampel uji material akustik tersebut. Secara umum nilai impedansi akustik yang didapatkan tidak beraturan atau acak. Nilai impedansi akustik panel sekam padi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Hubungan impedansi terhadap frekuensi

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa secara umum nilai impedansi akustik pada frekuensi 500 Hz sampai 4000 Hz mengalami kenaikan pada setiap sampel dan pada 800 Hz mengalami penurunan. Nilai impedansi yang tertinggi terdapat pada sampel dengan densitas $0,4 \text{ g/cm}^3$ pada frekuensi 4000 Hz yaitu $2,82 \text{ dyne.s/cm}^5$. Hal ini disebabkan karena hambatan panel sekam padi dengan densitas $0,4 \text{ g/cm}^3$ lebih besar dibandingkan dengan lainnya sehingga mengakibatkan nilai impedansi akustiknya tinggi (Andari, 2019).

Nilai impedansi akustik yang paling rendah yaitu $0,93 \text{ dyne.s/cm}^5$ pada frekuensi 500 Hz dengan densitas sampel $0,6 \text{ g/cm}^3$. Hal ini disebabkan karena hambatan panel sekam padi dengan densitas $0,6 \text{ g/cm}^3$ paling kecil dibandingkan dengan lainnya, sehingga mengakibatkan impedansi akustik paling rendah (Andari, 2019). Nilai impedansi akustik panel sekam padi dengan densitas $0,4 \text{ g/cm}^3$ lebih tinggi dibandingkan panel sekam padi dengan densitas $0,5 \text{ g/cm}^3$. Hal ini disebabkan panel sekam padi dengan densitas $0,4 \text{ g/cm}^3$ memiliki jarak antar muka yang banyak, disebabkan semakin sedikit massa sampel maka semakin besar nilai koefisien absorpsi bunyi, sehingga gelombang bunyi lebih banyak diserap, banyaknya bunyi yang diserap, mengakibatkan nilai hambatan material tinggi, tingginya nilai hambatan material mengakibatkan nilai impedansi akustik yang tinggi (Bell & Bell, 2017).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari empat variasi densitas yang dapat digunakan untuk material akustik adalah densitas $0,5 \text{ g/cm}^3$ dengan nilai koefisien absorpsi bunyi $0,86$ pada frekuensi 2000 Hz. Nilai impedansi akustik yang dapat digunakan pada densitas $0,5 \text{ g/cm}^3$ yaitu $1,84 \text{ dyne.s/cm}^5$ pada frekuensi 400 Hz. Material akustik sekam padi dapat digunakan sebagai salah satu material pengendali kebisingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andari, R. (2019). Pengukuran Koefisien Absorpsi Komposit Serbuk Gergaji Sebagai Material Pengendali Kebisingan. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(2), 129–133.
- Bell, L. H., & Bell, D. H. (2017). *Industrial noise control: Fundamentals and applications*. CRC Press.
- Hayat, W., & Darvina, Y. (2013). Pengaruh kerapatan terhadap koefisien absorpsi bunyi papan partikel serat daun nenas (*Ananas comosus* L Merr)(Effect of density on sound absorption coefficient of pineapple leaf fiber particle board (*Ananas comosus* L Merr)). *Pillar of Physics*, 1(1).
- Isran, I., Kadir, A., & Hasanudin, L. (n.d.). PEMBUATAN MATERIAL KOMPOSIT RESIN POLIESTER YANG DIPADUKAN LIMBAH KERTAS DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI PEREDAM AKUSTIK. *ENTHALPY*, 3(2).
- Rezita, Y., Elvaswer, E., & Rasyid, R. (2019). Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik dari Ampas Singkong (*Manihot esculenta*) dengan Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Fisika Unand*, 8(2), 146–150.
- Russell, D. A. (2004). Absorption coefficients and impedance. *Science and Mathematics Department, Kettering University, Flint, MI, 48504*, 97981Z.
- Yuliantika, S., & Elvaswer, E. (2019). Karakterisasi Koefisien Absorpsi Bunyi Dan Impedansi Akustik Dari Limbah Serat Kayu Meranti Merah (*Shorea Pinanga*) Dengan Menggunakan Metode Tabung. *JURNAL ILMU FISIKA | UNIVERSITAS ANDALAS*, 10(1), 28–37.