

## Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (*Ananas Comosus*) Untuk Panel Akustik Sebagai Absorpsi Kebisingan

Nurul Hafifah, 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: 26 Juli 2022  
Direvisi: 12 Agustus 2022  
Diterima: 26 Agustus 2022

#### Kata kunci:

Frekuensi  
Impedansi akustik  
Koefisien absorpsi  
Metode tabung impedansi  
Resin epoksi  
Serat daun nanas

#### Keywords:

Frequency  
Acoustic impedance  
Absorption coefficient  
Tube method  
Epoxy resin  
Pineapple leaf fiber

#### Penulis Korespondensi:

Elvaswer  
Email: [elvaswer@sci.unand.ac.id](mailto:elvaswer@sci.unand.ac.id)

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk menentukan nilai koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik dengan menggunakan metode tabung. Material Akustik dibuat dari serat daun nanas dan matriks resin epoksi dengan memvariasikan komposisi massa dari serat daun nanas dan volume resin epoksi pada setiap sampel. Variasi komposisi antara serat daun nanas dengan resin epoksi berturut-turut adalah 17,5 g : 6,41 ml, 18,12 g : 5,87 ml, 18,75 g : 5,34 ml, 19,37 g : 4,8 ml, dan 20 g : 4,27 ml. Range frekuensi kebisingan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, dan 8000 Hz. Nilai koefisien absorpsi dan impedansi akustik tertinggi terdapat pada frekuensi 8000 Hz pada sampel 5, dengan nilai koefisien absorpsi sebesar 0,87 dan nilai impedansi akustik sebesar 1,35 dyne.sec/cm<sup>5</sup>. Semakin tinggi massa serat daun nanas (semakin rendah volume resin epoksi) maka nilai koefisien absorpsi dan impedansi akustik yang diperoleh akan semakin tinggi.

*Research has been carried out to determine the value of the sound absorption coefficient and acoustic impedance using the tube method. Acoustic material is made from pineapple leaf fiber and epoxy resin matrix by varying the mass composition of pineapple leaf fiber and the volume of epoxy resin in each sample. Variations in composition between pineapple leaf fiber and epoxy resin were 17.5 g : 6.41 ml, 18.12 g : 5.87 ml, 18.75 g : 5.34 ml, 19.37 g : 4, 8 ml, and 20 g : 4.27 ml. The noise frequency ranges used in this study are 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, and 8000 Hz. The absorption coefficient and the highest acoustic impedance are found at a frequency of 8000 Hz in sample 5, with an absorption coefficient value of 0.87 and an acoustic impedance value of 1.35 dyne.sec/cm<sup>5</sup>. The higher the mass of pineapple leaf fiber and the lower the volume of the epoxy resin, the higher the absorption coefficient and acoustic impedance obtained.*

## I. PENDAHULUAN

Kebisingan adalah sumber bunyi atau suara yang tidak diinginkan yang merupakan salah satu masalah lingkungan. Kebisingan dapat menyebabkan gangguan kesehatan, menurunkan produktivitas kerja, serta kerusakan pada sistem pendengaran. Kebisingan dapat dikurangi dengan mengabsorpsi kebisingan menggunakan material akustik. Usaha yang dapat dilakukan adalah dengan perencanaan akustik, pemilihan material akustik, dan orientasi ruangan. Material akustik yang beredar di pasaran umumnya belum mempunyai spesifikasi akustik yang memadai seperti daya tahan atau keawetan yang masih rendah, tingkat tahanan udara rendah, dan harga yang relatif mahal (Oktavia & Elvaswer, 2014).

Material akustik banyak dikembangkan dari bahan utama berupa serat sintetis dan serat alam. Bahan yang berasal dari serat sintetis pada umumnya dibuat secara kimiawi dan tidak ramah lingkungan, sedangkan bahan dari serat alam mempunyai keunggulan yang ramah lingkungan dan harga lebih terjangkau. Serat alam pada umumnya memiliki kemampuan menyerap suara untuk mengurangi kebisingan (Ridhola & Elvaswer, 2015). Biasanya dalam pembuatan material akustik digunakan serat alam yang mengandung segneselulosa sebagai bahan dasar dalam pembuatan peredam bunyi (Hayat et al., 2013). Material yang mengandung segneselulosa mempunyai daya serap yang tinggi terhadap bunyi (Permatasari & Masturi, 2014). Salah satu serat alam yang mengandung segneselulosa adalah serat daun nanas (*ananas comosus*), yaitu sekitar 69,5-71,5% (Eriningsih et al., 2014).

Beberapa peneliti telah melakukan pengujian nilai koefisien absorpsi bunyi menggunakan serat alam sebagai material akustik. Nisa', 2018, melakukan penelitian tentang pembuatan komposit material peredam akustik berbahan dasar serat sabut kelapa, pelepah pisang, lidah mertua, dan *epoxy* resin dengan memvariasikan matriks dan *filler*. Metode yang digunakan adalah metode tabung impedansi. Nilai koefisien absorpsi tertinggi yang didapatkan yaitu 0,49 pada frekuensi 9500 Hz pada sampel material akustik dengan perbandingan matriks dan *filler* 1 : 3 (matriks 4 g dan *filler* 12 g dengan 3 g serat sabut kelapa, 3 g serat pelepah pisang, dan 6 g serat lidah mertua).

Pawestri et al., 2018 melakukan penelitian mengenai studi karakteristik komposit sabut kelapa dan serat daun nanas sebagai peredam bunyi dengan memvariasi fraksi volume serat daun nanas dan serat sabut kelapa dengan resin polyester. Metode yang digunakan adalah metode tabung impedansi. Hasil yang diperoleh yaitu koefisien absorpsi bunyi tertinggi terdapat pada sampel material akustik dengan persentase serat nanas dan serabut kelapa 20% : 80% sebesar 0,67 pada frekuensi 1600 Hz.

Arwanda & Sani, 2020, meneliti tentang koefisien absorpsi bunyi pada bahan beton komposit serat daun nanas. Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode tabung impedansi. Nilai koefisien absorpsi tertinggi diperoleh pada sampel beton dengan serat nanas 0,8 gram pada frekuensi 2000 Hz sebesar 0,59. Koefisien absorpsi terendah terdapat pada sampel beton dengan serat nanas 0,2 gram pada frekuensi 200 Hz sebesar 0,24. Pada frekuensi ini, beton serat nanas tidak cocok dijadikan sebagai bahan penyerap bunyi karena nilai koefisien absorpsinya masih rendah.

Dari beberapa penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini dikembangkan sebuah material akustik dari bahan baku serat daun nanas dan matriks resin epoksi dengan memvariasikan komposisi dari keduanya. Serat daun nanas dipilih karena memiliki karakteristik kandungan selulosa yang tinggi, mempunyai permukaan lembut dan juga berdaya simpan tinggi, sehingga serat ini memenuhi syarat sebagai bahan akustik untuk penyerapan bunyi (Arwanda & Sani, 2020). Resin epoksi berbentuk cairan kental yang berfungsi mengikat serat yang satu dengan yang lain dan termasuk ke dalam golongan perekat *thermosetting* (Daulay et al., 2014). Resin epoksi dipilih karena memiliki keunggulan yaitu rekatan yang bagus, tahan bahan kimia, dan tahan korosi (Fielman & Hartomo, 1995). Dibandingkan dengan resin-resin jenis lain, resin epoksi merupakan jenis resin yang memiliki kualitas paling bagus karena memiliki elastisitas dan kekuatan yang lebih baik sehingga material yang terbentuk tidak mudah pecah (Hadiyawarman et al., 2008). Selanjutnya pada material akustik dihitung nilai koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik menggunakan metode tabung impedansi. Metode ini dipilih karena lebih sederhana dibandingkan dengan metode ruang dengung. Kualitas dari suatu material akustik ditunjukkan dengan koefisien absorpsi bunyi. Semakin tinggi nilai koefisien absorpsi suatu material, maka semakin bagus material tersebut sebagai material akustik.

## II. METODE

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah tabung impedansi, mikrofon, *amplifier*, osiloskop, sinyal generator, *loudspeaker*, neraca digital, *hotpress*, cetakan sampel dan wadah. Bahan yang digunakan adalah serat daun nanas, resin epoksi, NaOH dan *aluminium foil*.

### 2.1 Pembuatan Komposit Serat Daun Nanas dengan Resin Epoksi

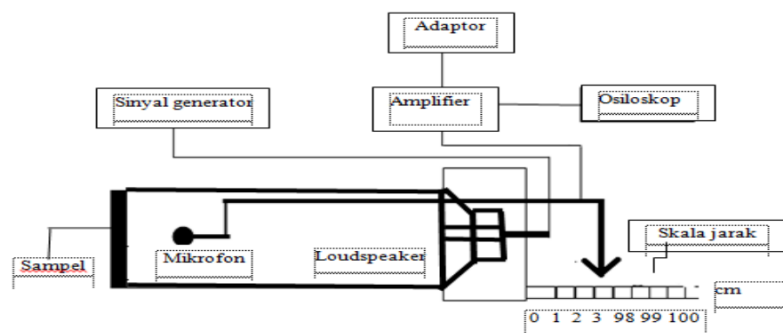
Material komposit dibuat dari serat daun nanas dan resin epoksi dengan variasi komposisi yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1. Langkah pertama dalam pembuatan komposit yaitu dengan merendam serat daun nanas kedalam larutan NaOH selama 2 jam, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Serat yang telah kering dipotong-potong dengan ukuran  $\pm 1$  cm dan dicampurkan dengan resin epoksi di dalam wadah sesuai dengan variasi komposisi dari masing-masing sampel. Komposit yang telah diaduk merata dimasukkan ke dalam cetakan bulat dengan diameter 8 cm yang sudah dilapisi dengan *aluminium foil*. Langkah selanjutnya adalah memasukkan komposit ke dalam cetakan sambil ditekan secara perlahan hingga merata dan memenuhi seluruh ruang pada cetakan. Pada tahap akhir, cetakan yang telah berisi komposit diletakkan pada *hotpress* dengan beban  $25 \text{ kg/cm}^2$  selama 7 menit dengan suhu  $65^\circ \text{ C}$ . Adapun variasi komposisi serat daun nanas dengan resin epoksi adalah sebagai berikut :

**Tabel 1** Variasi komposisi serat daun nanas dan resin epoksi

Massa Total(g)	Serat Daun Nanas (%)	Resin Epoksi (%)	Serat Daun Nanas (g)	Resin Epoksi (ml)
25	70,00	30,00	17,50	6,41
25	72,50	27,50	18,12	5,87
25	75,00	25,00	18,75	5,34
25	77,50	22,50	19,37	4,80
25	80,00	20,00	20,00	4,27

### 2.2 Pengujian Koefisien Absorpsi dan Impedansi Akustik dengan Menggunakan Metode Tabung Impedansi

Untuk mengetahui kemampuan komposit serat daun nanas sebagai bahan panel akustik dilakukan pengujian koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik dilakukan dengan menggunakan tabung impedansi. Tabung impedansi yang digunakan terbuat dari besi berdiameter 8 cm dan dirangkai seperti Gambar 1. Sampel serat daun nanas yang digunakan sesuai dengan ukuran tabung impedansi.



**Gambar 1** Skema rangkaian tabung impedansi

Prinsip kerja dari tabung impedansi adalah generator sinyal yang dihubungkan dengan *loudspeaker* menghasilkan keluaran berupa bunyi dengan frekuensi tertentu. Pada salah satu ujung tabung diletakkan sampel yang diuji nilai koefisien absorpsinya. Mikrofon diletakkan di tengah-tengah diameter tabung menghadap ke sampel material akustik serat daun nanas. Mikrofon dipasang pada ujung sebuah kawat sehingga dapat digeser untuk menentukan kedudukan amplitudo tekanan

maksimum dan amplitudo tekanan minimum. Mikrofon diperkuat dengan menggunakan *amplifier* dan dihubungkan ke osiloskop untuk menampilkan bentuk keluaran berupa gelombang. Frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, dan 8000 Hz.

### 2.3 Pengambilan Data

Mikrofon digeser menjauhi sampel sehingga pada osiloskop menunjukkan tampilan amplitudo tekanan maksimum ( $A + B$ ). Mikrofon digeser kembali sehingga tampilan pada osiloskop menunjukkan amplitudo tekanan minimum ( $A - B$ ) dan dilakukan pengukuran. Mikrofon digeser dari sampel hingga menunjukkan jarak amplitudo minimum pertama ( $d_1$ ) yaitu dengan cara melihat nilai amplitudo minimum pada osiloskop dan mengamati nilai yang ditunjukkan pada meteran yang ada di dekat tabung impedansi, maka nilai yang ditunjukkan oleh meteran merupakan jarak amplitudo minimum pertama ( $d_1$ ). Kemudian digeser lagi sehingga pada osiloskop menunjukkan jarak amplitudo minimum kedua ( $d_2$ ) yang diukur pada skala jarak.

### 2.4 Pengolahan Data

Nilai koefisien absorpsi bunyi dapat ditentukan dengan menghitung perbandingan amplitudo tekanan maksimum dan amplitudo tekanan minimum. Perbandingan dari amplitudo tekanan ini disebut dengan rasio gelombang tegak (*standing wave ratio, SWR*), yang dapat dinyatakan dengan Persamaan 1.

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

dengan  $(A + B)$  adalah tekanan amplitudo maksimum, dan  $(A - B)$  adalah tekanan amplitudo minimum. Koefisien absorpsi bunyi dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2 (Doelle, 1986).

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

Impedansi akustik dapat ditentukan dengan Persamaan 3.

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

dengan  $Z_s$  merupakan impedansi akustik ( $\text{dyne}\cdot\text{sec}/\text{cm}^2$ ),  $\rho$  ialah kerapatan udara ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), dan  $c$  adalah kecepatan bunyi di udara ( $\text{m}/\text{s}$ ). Untuk menentukan impedansi akustik sampel uji serat daun nanas terlebih dahulu harus ditentukan  $\psi_1$  dan  $\psi_2$  yang merupakan besaran kompleks saat kondisi refleksi sampel uji serat daun nanas.  $\psi_1$  dan  $\psi_2$  dapat dinyatakan pada Persamaan 4 dan Persamaan 5 (Baranek, 1993).

$$\psi_1 = \coth^{-1} \left[ \log \left( \frac{SWR}{20} \right) \right] \quad (4)$$

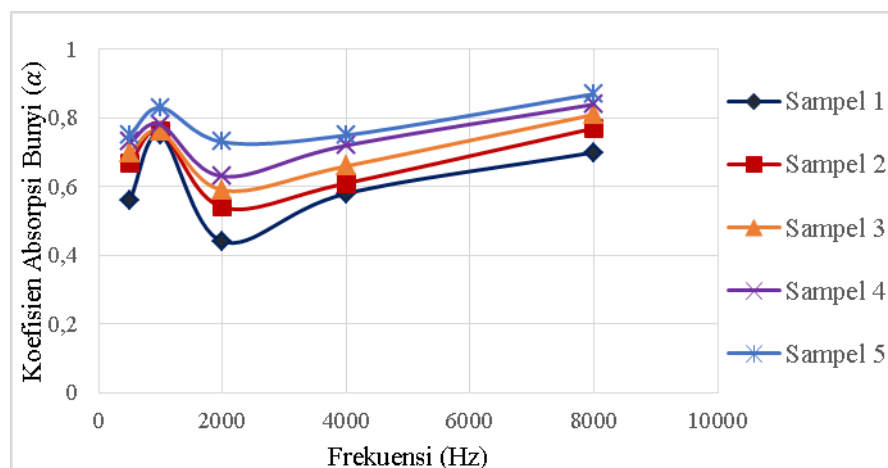
$$\psi_2 = \pi \left( \frac{1}{2} - \frac{d_1}{d_2} \right) \quad (5)$$

$d_1$  adalah jarak amplitudo minimum pertama (cm),  $d_2$  adalah jarak amplitudo minimum kedua (cm). dan  $\pi$  merupakan rasio diameter lingkaran panel akustik serat daun nanas yaitu 3,14.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Koefisien Absorpsi Bunyi

Nilai koefisien absorpsi bunyi material akustik serat daun nanas yang didapatkan dari hasil pengujian menggunakan metode tabung impedansi menunjukkan bahwa terjadi perubahan kemampuan penyerapan bunyi yang disebabkan karena adanya variasi komposisi pada setiap sampel. Koefisien absorpsi akan meningkat jika komposisi serat daun nanas juga bertambah banyak. Nilai koefisien absorpsi bunyi pada tiap sampel ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2** Hubungan koefisien absorpsi bunyi ( $\alpha$ ) pada material akustik serat daun nanas terhadap frekuensi (Hz)

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai koefisien absorpsi paling tinggi didapatkan pada sampel 5 yaitu 0,87 pada frekuensi 8000 Hz. Hal ini disebabkan oleh komposisi serat yang paling tinggi pada sampel 5, sehingga mengakibatkan sampel memiliki porositas yang lebih banyak sehingga gelombang mudah masuk dan diserap oleh sampel. Koefisien absorpsi paling rendah didapatkan pada sampel 1 yaitu 0,44 pada frekuensi 2000 Hz. Hal ini bisa disebabkan oleh komposisi serat yang sedikit pada sampel 1, sehingga mengakibatkan sampel menjadi padat dan memiliki sedikit porositas yang mengakibatkan gelombang bunyi susah untuk masuk ke sampel.

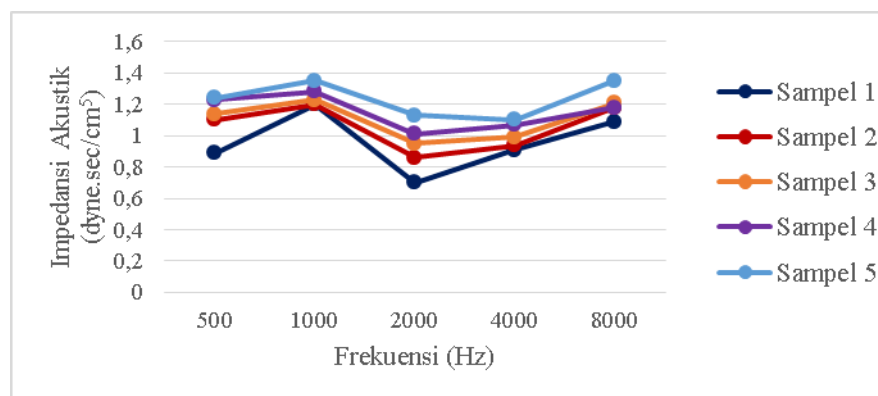
Material akustik serat daun nanas menghasilkan nilai koefisien absorpsi yang meningkat dari frekuensi 500 Hz hingga 1000 Hz, lalu menurun sangat signifikan pada frekuensi 2000 Hz, dan meningkat kembali hingga frekuensi 8000 Hz. Karakteristik serupa juga ditemukan pada penelitian Sahara, 2021. Peningkatan pada nilai koefisien absorpsi material akustik serat daun nanas dapat disebabkan oleh material berpori. Material berpori tersebut memiliki resonansi yang mendekati frekuensi sumber, sehingga akan menghasilkan getaran yang maksimal dan sebagian besar energinya diubah menjadi energi panas yang menyebabkan gelombang yang dipantulkan menjadi lebih kecil. Sedangkan penurunan nilai koefisien absorpsi material akustik serat daun nanas disebabkan karena material berpori ini frekuensi resonansinya jauh berbeda dengan frekuensi sumber, sehingga material kurang bergetar dan sebagian besar gelombang dipantulkan kembali.

Menurut standar ISO 11654, suatu material dapat dikategorikan sebagai bahan pengendali kebisingan apabila material akustik tersebut memiliki koefisien absorpsi bunyi minimum yaitu 0,15. Material Akustik dengan serat daun nanas memiliki nilai koefisien absorpsi besar dari 0,15. Hal ini menyebabkan material akustik dengan bahan dasar serat daun nanas ini dapat dijadikan sebagai pengabsorpsi kebisingan.

### 3.2 Impedansi Akustik

Nilai impedansi akustik ( $Z$ ) pada material akustik serat daun nanas dapat ditentukan setelah diperoleh nilai SWR, jarak minimum pertama ( $d_1$ ), dan jarak minimum kedua ( $d_2$ ) dari material akustik. Nilai tersebut dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 5 sehingga diperoleh nilai impedansi akustik. Secara umum nilai impedansi akustik yang diperoleh berbeda-beda pada setiap sampel. Grafik hubungan antara impedansi akustik dengan frekuensi pada material akustik serat daun nanas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai impedansi akustik tertinggi terdapat pada sampel 5 yaitu 1,35 dyne.sec/cm<sup>5</sup> pada frekuensi 8000 Hz. Hal ini disebabkan karena sampel 5 memiliki komposisi serat yang paling banyak sehingga gelombang bunyi yang datang diserap dengan baik dan mengakibatkan nilai impedansi akustik menjadi tinggi. Nilai impedansi terendah terdapat pada sampel 1 yaitu 0,70 dyne.sec/cm<sup>5</sup> pada frekuensi 2000 Hz. Hal ini disebabkan karena sampel 1 memiliki komposisi serat yang paling sedikit sehingga gelombang bunyi yang datang tidak diserap dengan baik dan gelombang bunyi yang dipantulkan menjadi lebih besar yang mengakibatkan nilai impedansi akustik menjadi rendah.



**Gambar 3** Hubungan impedansi akustik ( $Z$ ) pada material akustik serat daun nanas terhadap frekuensi (Hz)

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai impedansi akustik pada material akustik serat daun nanas meningkat seiring bertambah besarnya frekuensi kecuali pada frekuensi 2000 Hz. Nilai impedansi akustik meningkat disebabkan karena ketika gelombang bunyi masuk kedalam material akustik maka akan terjadi perubahan energi bunyi menjadi energi panas. Besarnya perubahan energi bunyi akan mengakibatkan gelombang bunyi kehilangan energi sehingga penyerapan oleh material akustik menjadi lebih besar, dan energi gelombang bunyi yang dipantulkan akan sedikit (Doelle, 1986). 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. Sedangkan penurunan nilai impedansi akustik disebabkan karena 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 yang berbeda pada setiap sampel juga akan mempengaruhi nilai impedansi akustik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik tertinggi terdapat pada sampel 5 dengan frekuensi 8000 Hz, yaitu sebesar 0,87 dan 1,35 dyne.sec/cm<sup>5</sup>. Secara umum semakin banyak komposisi serat yang diberikan pada material akustik maka koefisien absorpsi bunyi dan impedansi akustik juga akan semakin meningkat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arwanda, R., dan Sani, R.A., (2020), 'Koefisien Absorpsi Bunyi Pada Bahan Beton Komposit Serat Daun Nanas dengan Menggunakan Metode Tabung Impedansi', *Jurnal Einstein*, vol. 8, no. 1, pp. 21–24.
- Baranek, L., (1993), *Acoustic Measurement*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Daulay, S.A., Wirathama, F., dan Halimatuddahlia, 2014, 'Pengaruh Ukuran Partikel Dan Komposisi Terhadap Sifat Kekuatan Bentur Komposit Epoksi Berpengisi Serat Daun Nanas'. *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 3, no. 3, pp. 13–17.
- Doelle, E., 1986, *Akustik Lingkungan*, Erlangga, Jakarta.
- Eriningsih, R., Widodo, M., dan Marlina, R., 2014, 'Pembuatan Dan Karakterisasi Peredam Suara Dari Bahan Baku Serat Alam', *Arena Tekstil*, vol. 29, no. 1, pp. 1–8.
- Fielman, D., dan Hartomo, A.J., 1995, *Bahan Polimer Kontruksi Bangunan*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hadiyawardan, Rijar, A., Nuryadin, B.W., Abdullah, M., dan Khairurrijal, 2008, 'Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing', *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, vol. 1, no. 1, pp 14–21.

- Hayat, W., Syakbaniah, dan Darvina, Y., 2013, 'Pengaruh Kerapatan terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi Papan Partikel Serat Daun Nenas (*Ananas Comosus* L Merr) ', *Jurnal Pillar of Physycs*, vol. 1, pp. 44–51.
- Nisa', U., 2018, Pembuatan Komposit Material Peredam Akustik Berbahan Dasar Dari Serat Sabut Kelapa, Pelepah Pisang, Lidah Mertua dan Epoxy Resin, *Skripsi*, Pendidikan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang.
- Oktavia, A., & Elvaswer, 2014, 'Pengaruh Celah Permukaan Bahan Kayu Lapis ( Plywood ) Terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik', *Jurnal Fisika Unand*, vol. 3, no. 3, pp. 135–139.
- Pawestri, A. K. R., Hasanah, W., dan Murphy, A., 2018, 'Studi Karakteristik Komposit Sabut Kelapa dan Serat Daun Nanas sebagai Peredam Bunyi', *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, vol. 2, no. 2, pp. 112–117.
- Permatasari, O.I., dan Masturi, 2014, 'Penentuan Koefisien Serap Bunyi Papan Partikel Dari Limbah Tongkol Jagung', *Jurnal Fisika Unnes*, vol. 4, no. 2, pp. 11-16.
- Ridhola, F., dan Elvaswer, 2015, 'Pengukuran Koefisien Absorpsi Material Akustik dari Serat Alam Ampas Tebu Sebagai Pengendali Kebisingan', *Jurnal Ilmu Fisika*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6.
- Sahara, 2021, 'Pengembangan Komposit Panel Akustik Berbahan Dasar Biji dan Kulit Kapuk Randu untuk Meningkatkan Koefisien Absorpsi Bahan', *Jurnal Teknosains*, vol. 15, no. 2, pp. 234-244.