



**MATERIAL BIOKOMPOSIT SERAT LIMBAH KULIT KOPI DENGAN  
MATRIKS LATEKS SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN PEREDAM BUNYI**

**Silvia Mustika Dewi, Sulthon Adil Latif Al-Jadidy**

**Ajeng Widya Roslia, Nadia Mutiara Ayu.**

*MAN 1 Lampung Tengah*

*Jl. Lintas Sumatera No.74, Kelurahan Terbanggi Besar, Kecamatan Terbanggi Besar,*

*Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung*

[silviaaaa58@gmail.com](mailto:silviaaaa58@gmail.com)

**Abstrak**

Telah dikarakterisasi sifat akustik( $\alpha$ ) dari material biokomposit dengan *filler* serat alam limbah kulit kopi dan matriks lateks (getah karet alam) menggunakan metode tabung pada frekuensi 1000Hz, 1500Hz, dan 2500Hz. Pada sampel dilakukan variasi komposisi antara *filler* dan matriks, yaitu 70:30 (sampel 1), 60:40 (sampel 2), dan 50:50 (sampel 3), pada ketebalan 1 cm. Hasil penelitian menunjukkan variasi komposisi mempengaruhi nilai  $\alpha$ . Pada variasi komposisi, Sampel 1 (70:30) dengan kandungan serat terbanyak (70%) memiliki nilai  $\alpha$  terbaik (pada ketebalan sama). Penurunan nilai  $\alpha$  sebanding dengan pengurangan komposisi serat pada sampel. Hal ini diperkuat dengan pengujian Spektroskopi FTIR yang menunjukkan penurunan kemampuan ikatan O-H intramolekuler dan intermolekuler dari selulosa(serat) seiring peningkatan komposisi matriks. Densitas bahan berpengaruh dan nilainya berbanding terbalik terhadap nilai  $\alpha$  yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai densitas bahan (porositas rendah) menghasilkan nilai  $\alpha$  yang semakin rendah. Sampel 1 dengan densitas terendah ( $0.88 \text{ gr/cm}^3$ ) memiliki porositas tertinggi dan menghasilkan nilai  $\alpha$  terbaik. Secara keseluruhan nilai  $\alpha$  yang dihasilkan berada diatas 0.15 pada tiap frekuensi yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa material layak digunakan sebagai alternatif material akustik sesuai standar(ISO11654).

**Kata kunci:** koefisien absorpsi bunyi, serat kulit kopi, lateks, material akustik, metode tabung

**Pendahuluan**

Dewasa ini, seiring pesatnya era digital *society* 5.0, perkembangan teknologi dan informasi tidak dapat dihindari dan akan terus meningkat setiap waktunya. Berkaitan dengan hal tersebut, peningkatan teknologi terutama dalam segi infrastruktur dan transportasi tentu menimbulkan sistem mobilitas yang cukup tinggi dari berbagai bidang. Tingginya mobilisasi transportasi merupakan salah satu contoh aspek bidang yang nantinya tidak berhenti untuk selalu beroperasi. Contoh lain dari majunya aspek transportasi adalah kemudahan manusia menggunakan kendaraan bermotor yang memberikan dampak signifikan dalam efisiensi waktu dan tenaga. Namun, tanpa disadari pesatnya perkembangan teknologi juga

memberikan dampak terhadap lingkungan sekitar, salah satunya seperti polusi suara (kebisingan) yang cukup mengganggu pendengaran. Kebisingan dengan intensitas yang tinggi akibat aktivitas kendaraan maupun pengolahan industry dapat mengganggu lingkungan permukiman, perkantoran terutama pendidikan, yang dapat berakibat pada gangguan Kesehatan (Hendrawan, 2020). Besarnya intensitas bunyi yang dihasilkan dari mesin kendaraan berada pada kisaran 60-100 dB, sedangkan batas kenyamanan pendengaran manusia adalah 40-50 dB (Widjanarko, 2020). dengan batas ambang 80 dB (Rossalia, 2019). Hal ini kerap mengganggu kenyamanan pendengaran sehingga perlu dicarikan suatu solusi alternatif.

Penggunaan material peredam bunyi adalah Langkah solutif dalam mengurangi tingkat kebisingan. Namun, kebutuhan akan bahan peredam ini juga semakin meningkat dan relatif mahal. Penggunaan bahan sintetis akan memberikan efek negatif pada lingkungan. Oleh karena itu diperlukan penanganan alternatif yang ramah lingkungan, seperti pemanfaatan limbah hasil pertanian. Material alami menjadi alternatif karena berpotensi untuk diperbaharui dan dapat terdegradasi secara alami setelah habis masa pakainya. Material alami juga lebih mudah didapatkan dan efeknya terhadap lingkungan tidak berbahaya (Dong, 2017).

Lampung adalah produsen kopi terbesar kedua di Indonesia dengan luas lahan 156.460 hektar dan produksi 117.311 ton pada tahun 2020 (Fauzia, 2021). Pemrosesan kopi menghasilkan limbah kulit kopi yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Di mana limbah kulit kopi memiliki kandungan unsur hara, baik yang kering maupun basah sehingga dapat digunakan sebagai pupuk kompos (Novita, 2018). Selain itu limbah kulit kopi yang dihasilkan sebanyak 38,1% dari pengolahan biji mengandung 65,2% serat (Safitra, 2020). Kandungan serat pada kulit kopi berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pengisi (*filler*) komposit material akustik.

Salah satu karakteristik dari material akustik adalah meredam bunyi dengan baik yang ditunjukkan oleh sifat akustiknya (koefisien absorpsi bunyi/  $\alpha$ ). Nilai  $\alpha$  dipengaruhi oleh sifat bahan, frekuensi bunyi, dan sudut datang gelombang bunyi (Julianto, 2017). Pengukuran akustik menggunakan metode ruang dengung dan tabung impedansi. Penelitian ini digunakan metode tabung karena prosesnya yang tidak sukar dan material yang digunakan relatif sedikit.

Keikutsertaan peneliti di KREASI tahun 2023 merupakan bentuk kontribusi untuk turut berinovasi mencari alternatif solusi dari kebisingan yang terjadi dengan memanfaatkan serat dari limbah pertanian di Lampung, yaitu limbah kulit kopi sebagai alternatif material akustik dengan matriks lateks. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang memanfaatkan serat dari limbah serbuk kayu (Laksono, 2019) (Hamsa, 2016), pelepah pisang (Lathiiifah, 2021), daun nanas (Bahri, 2016), ampas singkong (Rezita Y. E., 2019), serabut kelapa (Simanjutak, 2018), Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) (Siahaan, 2020), kulit singkong (Kartikasari, 2022), dan lidah mertua (Sari, 2021). Oleh karena itu, peneliti memilih judul penelitian berikut “Material Biokomposit Serat Limbah Kulit Kopi Dengan Matriks Lateks sebagai Alternatif Bahan Peredam Bunyi”.

## Kajian Teori dan Tinjauan Pustaka

### Kajian Teori

#### 1. Material Akustik

Material akustik terbagi tiga, yaitu penyerap (*absorbing*), penghalang (*barrier*), dan peredam (*damping*) (Lewis, 1994). Fungsi utama material akustik adalah menyerap suara yang diukur dengan koefisien penyerapan bunyi ( $\alpha$ ) dalam rentang 0 hingga 1. Nilai  $\alpha$  yang lebih besar menunjukkan penyerapan suara lebih baik. Nilai  $\alpha$  nol menandakan bunyi yang terserap tidak ada, nilai  $\alpha$  satu menandakan material menyerap bunyi dengan sempurna. Nilai koefisien absorpsi berkaitan erat dengan karakteristik sifat akustik suatu material. Pada material dari bahan serat alam, kandungan selulosa pada serat alam diketahui dapat meredam suara dengan baik.

Penyerapan bunyi adalah proses pengurangan intensitas bunyi dengan memindahkannya ke lokasi tertentu, menurunkan tekanan bunyi. Ini mengurangi energi di udara saat mengenai media berpori. Bunyi yang masuk ke materi bertabrakan dengan materi, yang kemudian dipantulkan kembali ke partikel lain, berulang, dan seterusnya, dimana mengurangi bunyi. Ketika gelombang bunyi dipantulkan dan energi diserap, material dikatakan memiliki koefisien peredaman bunyi. Nilai koefisien penyerapan akustik bervariasi tergantung jenis bahan, frekuensi bunyi, dan sudut datang gelombang bunyi (Julianto, 2017). Nilai ini meningkat jika material tipis. Pada material berpori, gelombang bunyi menembus dan mudah diserap, sedangkan nilai serapan bunyi material pada bahan yang tebal dapat berkurang karena material lebih rapat sehingga menyulitkan gelombang bunyi untuk menembus dan menyerap (Istikhomah, 2021).

Standar kelayakan suatu bahan/material untuk dapat digunakan sebagai material akustik mengikuti standar ISO 11654 sesuai pada tabel berikut. Jika nilai koefisien absorpsi memenuhi nilai minimal 0.15, maka bahan layak digunakan sebagai material akustik.

Tabel 1. Klasifikasi koefisien peredam bunyi menurut Standar ISO 11654 (Australia Patent No. ISO 11654, 1997)

No	Nilai Koefisien peredam bunyi	$\alpha$
1.	A	0,90 ; 0,95 ; 1,00
2.	B	0,80 ; 0,85
3.	C	0,60 ; 0,65 ; 0,70 ; 0,75
4.	D	0,30 ; 0,35 ; 0,40 ; 0,45 ; 0,50
5.	E	0,25 ; 0,20 ; 0,15
6.	Tidak terklarifikasi	0,10 ; 0,05 ; 0,00

#### 1.1 Komposit

Komposit merupakan material yang tersusun atas beberapa unsur utama yang berbeda (logam, organik, maupun anorganik). Umumnya komposit tersusun atas

serat(*fiber*) sebagai pengisi(*filler*) dan pengikat serat(*matriks*) (Schwartz, 1984). Komposit yang memanfaatkan serat alam sebagai pengisi disebut biokomposit. Komposit dibentuk untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan yang merupakan hubungan kerja dari unsur-unsur penyusun material (Groover, 1996).

### 1.2 Kulit Kopi

Limbah kulit dan daging buah kopi mencakup 44,6% dari berat kopi kering. Komposisi serat kasarnya mencapai 18,69%, ditambah nutrisi lainnya dan metabolit sekunder (Nafisah, 2019; Dewi, 2021).

### 1.3 Lateks (Getah Karet)

Lateks adalah getah dari pohon karet/*Hevea brasiliensis*, yang mengandung poliisoprena, air, dan bahan lainnya. Karet alam, polimer biosintesis dengan sifat mekanis dan dinamis yang baik, memiliki struktur *cis*-1,4-polyisoprene (Nasruddin, 2018). Keunggulan karet alam dibanding karet sintetis adalah elastisitas, kekuatan, dan ketahanan terhadap benturan (Masyrukan, 2013; Nasruddin, 2018; Susilawati N.R., 2019; Susilawati N.N., 2021; Vachlepi, 2018).

## Tinjauan Pustaka

Penelitian terdahulu yang Relevan:

1. Imban dkk. (2014) melakukan penelitian tentang koefisien penyerapan suara chipboard (campuran serbuk gergaji, kayu Nyatox, dan pati biji-bijian dengan variasi komposisi). Hasilnya menunjukkan bahwa chipboard dengan massa jenis  $0,62 \times 10^3 \text{kg/m}^3$  memiliki  $\alpha$  sebesar  $0,15 \text{ cm}^{-1}$  dan efisiensi penyerapan sebesar 29,42%. Chipboard terbaik adalah yang terbuat dari campuran 1:1 serbuk gergaji Nyatox dan pati, menunjukkan intensitas serapan sebesar 29,45 dB dan intensitas pantul sebesar 1,5 dB (Imban, 2014).
2. Nurmin N dan Zelvani S (2020) meneliti pengaruh ketebalan terhadap koefisien penyerapan suara panel akustik jagung dan sabut dengan resin poliester. Mereka membuat panel dari potongan halus dan kasar dengan variasi  $x = 0,7 \text{cm}, 1,0 \text{cm}, 1,5 \text{cm}$  diuji pada frekuensi 200Hz hingga 4000Hz. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin tebal panel, koefisien penyerapannya cenderung lebih rendah. Panel dengan ketebalan penuh pada 200Hz, 250Hz, dan 500Hz menunjukkan tingkat penyerapan suara yang baik baik dalam bentuk halus maupun kasar, sesuai dengan standar ISO 11654 untuk material peredam suara (Nurmin, 2020).
3. Susilawati N dan rekan (2021) mempelajari penggunaan serabut : KS(kelapa sawit) dan K(kelapa) dengan perekat karet alam (KA) sebagai material komposit akustik. Mereka memvariasikan komposisi dengan A1(75% K : 25% KA), A2 (50% K : KA 50%), A3 (25% K : KA 75%), B1 (75% KS : 25% KA), B2 (50% KS : 50% KA), dan B3 (25% KS : 75% KA). Hasilnya menunjukkan efisiensi pengurangan kebisingan sekitar  $12,69 \pm 15,12\%$ , tanpa perbedaan signifikan antara serabut KS dan serabut K. Perlakuan terbaik adalah pada serabut kelapa dengan rasio 75% K : 25% KA (Susilawati N. N., 2021).
4. Sahara S. dan Kusmiran A. (2021) mengkaji potensi cangkang dan biji Ceiba pentandra sebagai bahan akustik dari limbah. Mereka menggunakan biji sebagai pengisi dalam proses hand lay-up dengan matriks polimer polyester dan sekam. Panel akustik dikeringkan selama 10 jam untuk mencapai kekencangan optimal. Pengukuran

menunjukkan bahwa panel akustik dari cangkang dan butiran Ceiba pentandra, dengan dan tanpa aluminium foil, menunjukkan peningkatan koefisien penyerapan akustik setelah penambahan aluminium foil (Sahara, 2021).

## **Metode Penelitian**

### **Metode yang Digunakan**

Penelitian ini menggunakan jenis pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen, menggunakan serat kulit kopi Lampung sebagai pengisi (*filler/reinforcement*) dan lateks (getah karet) sebagai matriks komposit.

### **Subjek Penelitian (Populasi dan Sampel)**

Serat dari kulit kopi sebagai *filler* dan lateks sebagai matriks penyusun komposit material akustik yang menjadi subjek penelitian.

### **Teknik dan Alat Pengumpul Data**

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap, yang diawali dengan persiapan material, pembuatan komposit, pengujian dan analisis data.

#### **1. Persiapan material**

Penelitian diawali dengan menyiapkan bahan yang akan digunakan seperti limbah kulit kopi, dan matriks berupa lateks. Kulit kopi dipisahkan dengan biji kopi, kemudian diekstrak dengan metode perendaman dinamis. Setelah itu kulit kopi dikeringkan dibawah sinar matahari kemudian dihaluskan menggunakan *mechanical milling* untuk memperoleh serat. Selanjutnya dilakukan pengayakan 20 mesh. Selanjutnya serat halus dan lateks ditimbang sesuai variable yang ditentukan. Perbandingan fraksi massa filler dan matriks yang akan digunakan adalah 70:30, 60:40, dan 50:50.

#### **a. Pembuatan biokomposit material akustik**

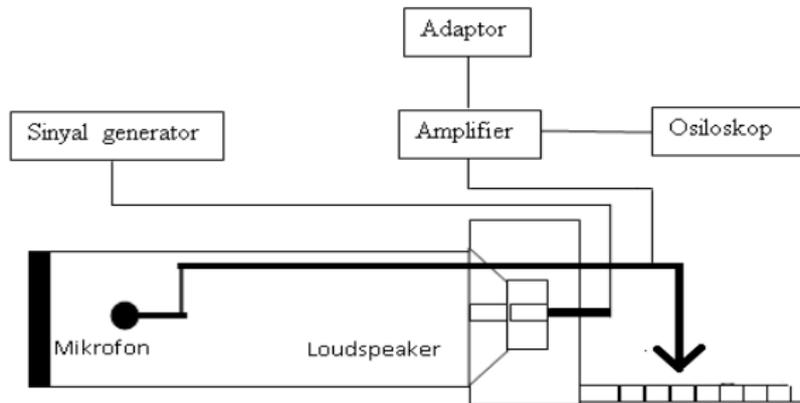
Serat halus kulit kopi dicampur dengan lateks dalam wadah, diaduk, dan dicetak menjadi tabung dengan ketebalan 1 cm. Kemudian, campuran dikeringkan pada suhu ruang dan divulkanisasi ( $T=100^{\circ}\text{C}$ ,  $t=1$  jam). Penekanan sampel pada  $60\text{ kg/cm}^2$  (suhu  $70^{\circ}\text{C}$ , 15 menit). Densitas (massa jenis) dihitung dengan mengukur volume sampel ( $\pi r^2 h$ ) dan menimbang massanya setelah proses selesai.

#### **b. Pengujian Ikatan Gugus Fungsi Material Akustik**

Untuk menentukan gugus fungsi dari sampel biokomposit dan kemungkinan interaksi antara komponen penyusunnya maka dilakukan pengukuran spektroskopi FTIR. Pengujian sampel komposit serat kulit kopi menggunakan metode KBr yang higroskopis. Sampel tidak mengandung air dan asam kuat.

#### **c. Pengujian tabung impedansi**

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi tingkat peredaman bunyi kulit kopi. Komponen-komponen alat dipasang dan dihubungkan. Variasi frekuensi yang digunakan adalah 500Hz, 1000Hz, 1500Hz, 2000Hz, dan 2500Hz pada setiap sampel yang diuji.



Gambar 1. Rangkaian pengukuran tabung impedansi (Rezita Y. S., 2019)

d. Pengolahan data

Data hasil pengukuran, yaitu intensitas sebelum dan sesudah melewati bahan, kemudian diolah untuk menentukan koefisien peredaman bunyi dari material komposit serat kopi. Pengukuran nilai koefisien peredaman bunyi dihitung dengan persamaan :

$$\alpha = \frac{\ln I_0 - \ln I}{x}$$

Dimana:

$I_0$  = Intensitas awal (dB)

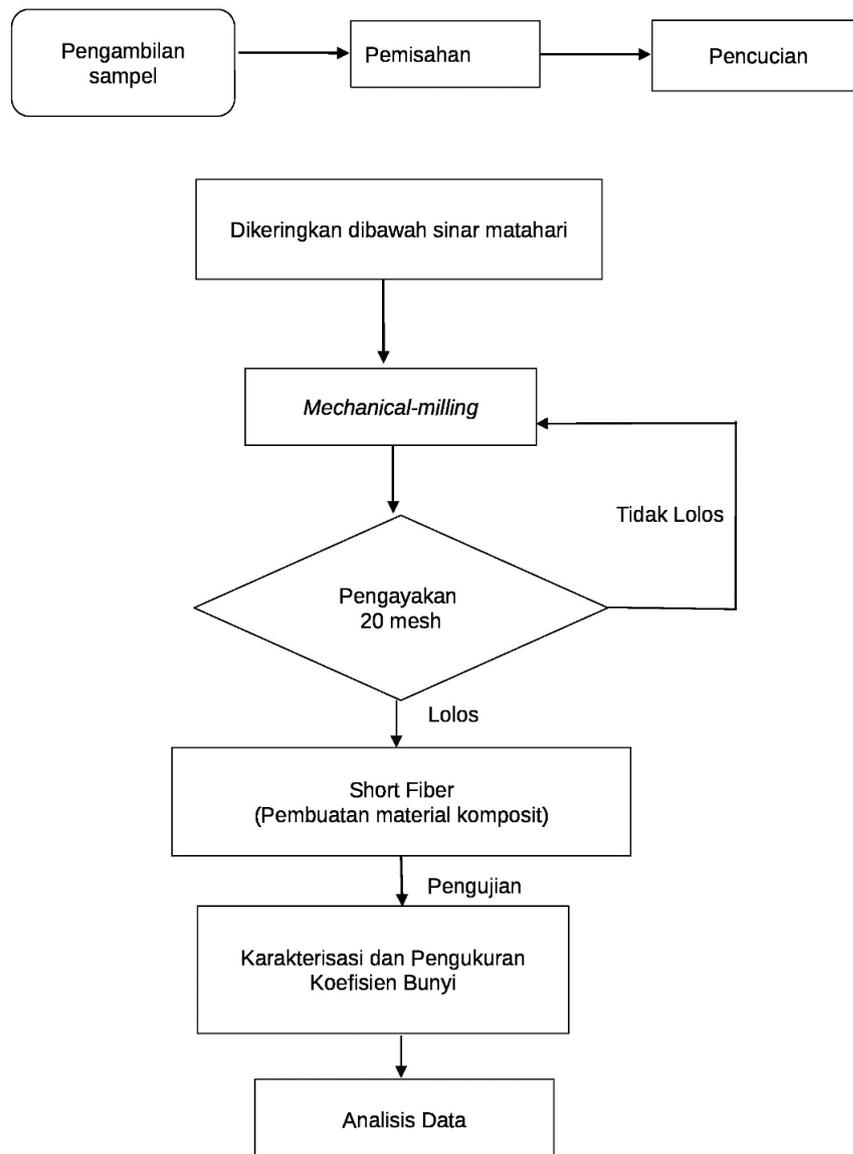
$I$  = Intensitas transmisi/ setelah melewati sampel (dB)

$x$  = Tebal sampel (cm)

**Rencana Analisis Data**

Data dianalisis untuk menjawab rumusan penelitian dan dapat menganalisis potensi serat kulit kopi sebagai alternatif filler dan lateks sebagai matriks biokomposit material peredam akustik berdasarkan sifat akustiknya. Data divalidasi dengan perulangan melalui prosedur laboratorium

Diagram alir penelitian



## Hasil Dan Pembahasan

### Hasil Penelitian

Penelitian ini melibatkan variasi campuran antara serat dan matriks seperti pada tabel 4.1. Sampel diuji menggunakan sound level meter (SLM) pada rentang sensitifitas intensitas 60-120 dB , Panjang tabung yang digunakan adalah 100 cm (paralon 4 inch) dan sumber suara (input) digunakan frekuensi 1000 Hz, 1500 Hz, dan 2500 Hz. Pengujian spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infra-Red) pada ketiga jenis sampel juga dilakukan untuk mengetahui ikatan gugus fungsi senyawa selulosa (serat) dan lateks (getah karet), dan kemungkinan reaksi antara yang terbentuk diantara keduanya.

## Hasil Sampel



Gambar 2 Sampel 1 (70:30) : 70% Serat dan 30% Lateks



Gambar 3 Sampel 2 (60:40) : 70% Serat dan 30% Lateks



Gambar 4 Sampel 3 (50:50) : 70% Serat dan 30% Lateks

## Hasil Pengukuran Intensitas menggunakan Tabung Impedansi

Tabel 2 Data intensitas dan nilai koefisien absorpsi bunyi sampel

Frekuensi 1000 Hz				
Jenis Sampel	I <sub>0</sub> (dB)	I (dB)	X (cm)	$\alpha$
Sampel-1	112,4	80,17	1	0,34
Sampel-2	112,4	82,18	1	0,31
Sampel-3	112,4	83,15	1	0,30
Frekuensi 1500 Hz				
Jenis Sampel	I <sub>0</sub> (dB)	I (dB)	X (cm)	$\alpha$
Sampel-1	101,3	67,80	1	0,40

Sampel-2	101,3	69,37	1	0,38
Sampel-3	101,3	72,88	1	0,33
<b>Frekuensi 2500 Hz</b>				
<b>Jenis Sampel</b>	<b>I0 (dB)</b>	<b>I (dB)</b>	<b>X (cm)</b>	<b><math>\alpha</math></b>
Sampel-1	104,9	74,27	1	0,35
Sampel-2	104,9	75,40	1	0,33
Sampel-3	104,9	76,30	1	0,32

Tabel 3 Nilai Koefisien Absorpsi bunyi ketiga jenis sampel terhadap variasi frekuensi

Frekuensi (Hz)	Koefisien Absorpsi		
	Sampel-1(70:30)	Sampel-2(60:40)	Sampel-3(50:50)
1000	0,34	0,31	0,30
1500	0,40	0,38	0,33
2500	0,35	0,33	0,32

### Hasil Pengukuran Kerapatan / Densitas Sampel

Tabel 4 Hasil Pengukuran Kerapatan (Densitas) ketiga Sampel

Jenis Sampel	Massa (gr)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )
Sampel-1	69,45	78,57	0,88
Sampel-2	82,91	78,57	1,06
Sampel-3	84,17	78,57	1,07

### Hasil Pengujian menggunakan Spektroskopi FTIR

Tabel 5 Hasil analisis uji spektroskopi FTIR ketiga sampel

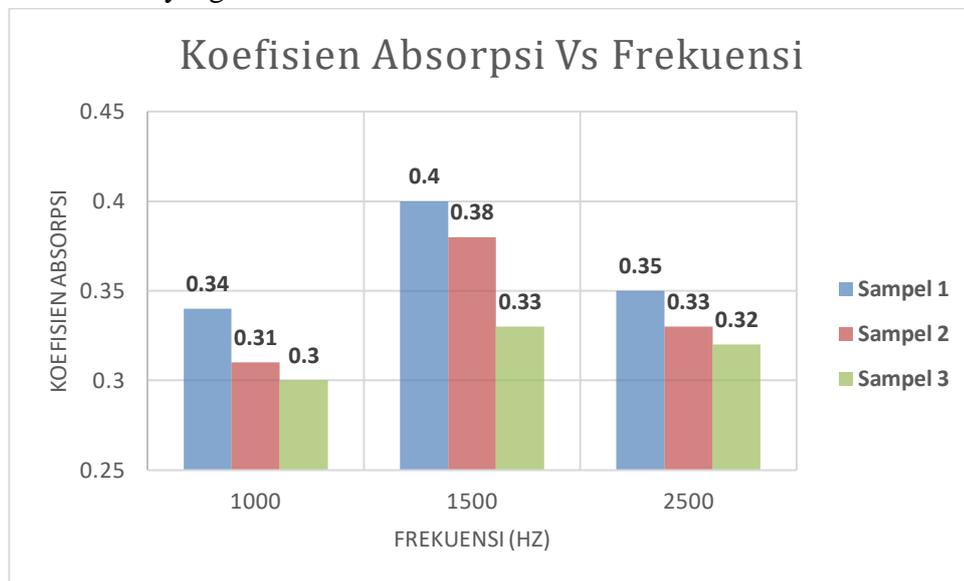
Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Selulosa	Karet Alam
1021-1032	Holoseulosa, lignin C-O stretching	
1066	C-O-C stretching	
1227-1244	Polisakarida, C-O stretch dan O-H in plane	
1312-1319	Selulosa, C-H <sub>2</sub> wagging	
1371		Bending C-H
1444		Bending C-H
1444-1488	Selulosa C-H bending, O-H in plane bending	
1602	Aromatic ring	
1662		C=C stretching vibration

2922	Selulosa, simetrik metil dan metilena <i>stretching</i>	CH <i>Stretching</i>
2960		C-H <i>bending</i>
3280	Selulosa, OH intramolekular dan intermolekular <i>stretching</i>	

**Pembahasan**

Koefisien absorpsi bunyi ( $\alpha$ ) adalah indikator tanpa satuan yang menunjukkan seberapa baik sebuah material menyerap energi bunyi daripada memantulkannya ( $\alpha = 0-1$ ). Material dengan  $\alpha$  mendekati 1 dianggap sangat efektif sebagai peredam bunyi sesuai standar ISO 11654.

Berdasarkan hasil analisis dari pengukuran menggunakan tabung impedansi sesuai yang tertera pada tabel 4.1, diperoleh  $\alpha$  yang bervariasi pada tiap sampel. Pada gambar 4.4(tabel 4.2), ditunjukkan nilai  $\alpha$  tiap sampel sesuai frekuensi input yang digunakan. Sampel 1 (70:30) menghasilkan nilai  $\alpha$  pada frekuensi input 1000Hz, 1500Hz, dan 2500Hz, yaitu 0.34, 0.40, dan 0.35. Sampel 2 (60:40) menghasilkan nilai  $\alpha$  pada frekuensi input 1000Hz, 1500Hz, dan 2500Hz, yaitu 0.31, 0.38, dan 0.33. Sampel 3 (50:50) menghasilkan nilai  $\alpha$  pada frekuensi input 1000Hz, 1500Hz, dan 2500Hz, yaitu 0.30, 0.33, 0.32. Pada ketiga jenis sampel, diperoleh nilai koefisien absorpsi yang berada diatas 0.15 (standar ISO 11645). Hal ini menunjukkan bahwa material yang digunakan layak digunakan sebagai material peredam bunyi sesuai standar yang ada.



Gambar 5 Nilai koefisien absorpsi sampel terhadap frekuensi input

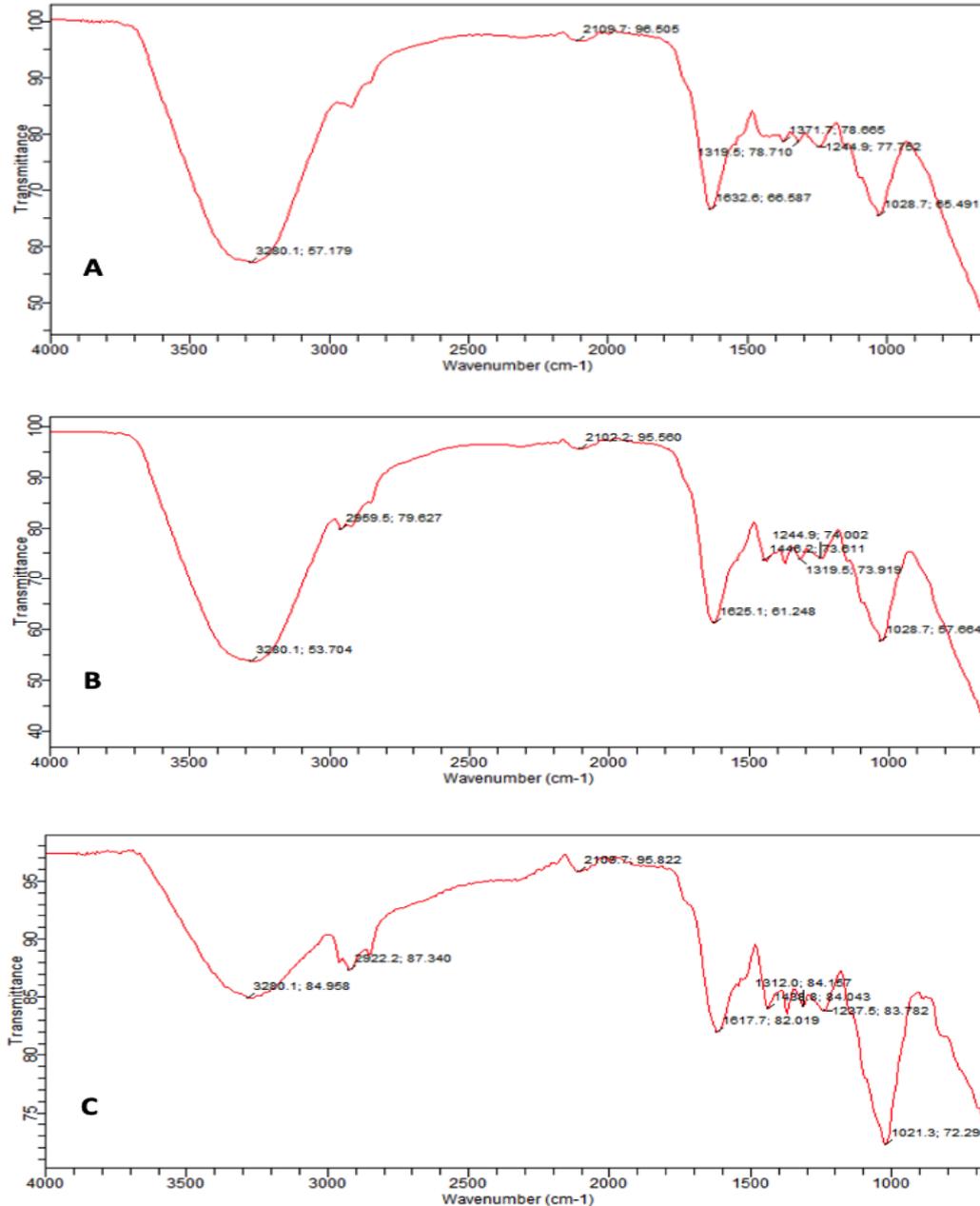
Nilai koefisien absorpsi terbaik dari ketiga sampel adalah pada sampel 1 (70:30) pada masing-masing frekuensi. Selanjutnya adalah sampel 2 (60:40), lalu sampel 3 (50:50). Hal ini menunjukkan bahwa variasi komposisi antara filler (serat) dan matriks (lateks) menghasilkan nilai serapan yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh sampel 1 (70:30), yaitu dengan komposisi massa serat 70% dan lateks 30%, yang menghasilkan nilai serapan terbaik. Hal ini dibuktikan dengan nilai koefisien absorpsi

sampel 1 yang menghasilkan nilai tertinggi pada tiap frekuensi input. Selanjutnya diikuti oleh sampel 2 dan sampel 3. Hal ini menunjukkan bahwa variasi komposisi sampel mempengaruhi nilai serapan yang dihasilkan. Berdasarkan Tabel 4.2 pada masing-masing frekuensi input (1000Hz, 1500Hz, dan 2500Hz) terjadi penurunan nilai koefisien absorpsi seiring berkurangnya presentase serat yang digunakan. Pada sampel 2 terjadi penurunan nilai koefisien absorpsi jika dibandingkan dengan sampel 1, dan begitu pula pada sampel 3 yang semakin menurun. Hal ini karena semakin sedikitnya komposisi serat. Serat alam (selulosa) diketahui memiliki fungsi sebagai peredam bunyi yang baik pada material akustik. Hal ini selaras dengan penelitian Zalukhu dkk. (2017) dan Susilawati N dkk.(2021) bahwa penambahan persentase serat pada material akustik akan meningkatkan kemampuan material dalam menyerap bunyi, dan besar nilai serapan material dengan penggunaan serat alam yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang signifikan (Zalukhu, 2017) (Susilawati N, 2021).

Kemampuan daya serap bunyi suatu material juga tergantung pada kerapatannya. Kerapatan atau densitas merupakan ukuran massa suatu benda per satuan volume. Besarnya nilai densitas menunjukkan material memiliki kerapatan yang tinggi, atau porositas yang rendah. Porositas suatu permukaan material dibutuhkan untuk meningkatkan penyerapan energi bunyi yang mengenai permukaan sampel. Berdasarkan Tabel 4.3, sampel-1 memiliki densitas paling rendah, diikuti sampel-2 dan sampel-3. Sampel 1 dengan densitas (kerapatan) yang paling rendah  $0,88 \text{ gr/cm}^3$  menghasilkan nilai serapan paling tinggi. Kemudian diikuti sampel 2 dengan densitas  $1,06 \text{ gr/cm}^3$  dan sampel 3 dengan densitas  $1,07 \text{ gr/cm}^3$ . Hal ini sesuai, bahwa porositas yang tinggi dari suatu benda menunjukkan kerapatan yang semakin rendah, sehingga semakin baik digunakan sebagai peredam bunyi. Benda berongga (berpori) akan banyak menyerap gelombang bunyi dibandingkan benda dengan porositas rendah (kerapatan tinggi) (Hayat, 2013 ; Doelle, 1993). Hal itu disebabkan oleh kemampuan material berpori (porositas tinggi) untuk menyerap gelombang bunyi, sehingga lebih banyak energi bunyi diserap daripada dipantulkan (Yuliantika, 2015). Komposisi karet alam dengan persentase rendah lebih baik dalam menyerap bunyi karena porositas tinggi memungkinkan penyerapan lebih banyak gelombang bunyi daripada pemantulan. Sebaliknya, komposisi karet alam yang tinggi memiliki daya serap bunyi lebih rendah karena porositas rendah, sehingga lebih banyak gelombang bunyi dipantulkan (Rizal, 2015). Semakin tinggi densitas, susunan partikel menjadi lebih rapat, sehingga gelombang bunyi sulit menembusnya karena kecepatan gelombang bunyi lebih rendah saat melewati sampel yang padat (Hayat, 2013).

Hasil pengujian nilai koefisien absorpsi bunyi menggunakan tabung impedansi pada penelitian ini diperkuat dengan hasil pengujian menggunakan spektroskopi FTIR yang disajikan dalam bentuk grafik spektrum transmisi terhadap bilangan gelombang (Gambar 4.3, tabel 4.4). Pada gambar 4.3, terlihat dua kelompok besar puncak-puncak, yaitu wilayah I ( $4000-2500 \text{ cm}^{-1}$ ) dan wilayah II ( $1800-650 \text{ cm}^{-1}$ ). Puncak-puncak penanda selulosa wilayah II ditunjukkan pada lima tempat  $1602 \text{ cm}^{-1}$  (*aromatic ring*);  $1444-1448 \text{ cm}^{-1}$  (Selulosa, C-H dan O-H *in plane bending*);  $1312-1319 \text{ cm}^{-1}$  (C-H<sub>2</sub> *wagging*);  $1227-1244 \text{ cm}^{-1}$  (Polisakarida, peregangan C-O dan pembengkokan bidang O-H) dan  $1021-1032$  (lignin, *C-O stretching*), sedangkan penanda pada wilayah I ditunjukkan dua tempat yaitu  $2922 \text{ cm}^{-1}$  (*symmetric methyl* dan *methylene stretching*);  $3280 \text{ cm}^{-1}$  (O-H intramolekular dan intermolekular). Kemudian wilayah II juga menunjukkan puncak penanda lateks secara jelas

pada satu tempat yaitu  $1371\text{ cm}^{-1}$  (*C-H bending*). Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa material yang dibuat menjadi komposit tidak bereaksi dan tetap berada dalam molekul aslinya. Selain itu juga tidak terjadi reaksi antara yang membentuk senyawa baru. Kemampuan ikatan O-H intramolekuler dan intermolekuler dari selulosa berkurang seiring dengan meningkatnya komposisi lateks dan ini menyebabkan penurunan pada kemampuan dan sifat akustik komposit (nilai koefisien absorpsi). Oleh sebab itu, sampel dengan komposisi lateks yang lebih besar cenderung memiliki nilai  $\alpha$  yang lebih rendah.



Gambar 6 Grafik hasil pengujian ikatan gugus fungsi menggunakan spektroskopi FTIR: A(Sampel-1), B(Sampel-2), C(Sampel-3)

## **Simpulan dan Saran**

### **Kesimpulan**

Hasil analisis dan pembahasan data diatas, disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh variasi komposisi penyusun biokomposit, yaitu filler (serat halus kulit kopi) dan matriks (lateks), adalah peningkatan presentase filler yang digunakan maka nilai  $\alpha$  semakin meningkat. Dan peningkatan presentase matriks, maka nilai  $\alpha$  semakin menurun. Sampel A (70:30) dengan kandungan serat terbanyak dan lateks paling sedikit menghasilkan nilai koefisien absorpsi terbaik (pada masing-masing frekuensi). Hasil pengujian spektroskopi FTIR menunjukkan penurunan kemampuan ikatan O-H intramolekuler dan intermolekuler dari selulosa (serat) seiring peningkatan komposisi matriks.
2. Nilai koefisien absorpsi bunyi berbanding terbalik dengan densitas (kerapatan) material. Semakin rendah kerapatan bahan maka semakin tinggi porositasnya. Semakin tingginya porositas bahan yang digunakan menghasilkan nilai serapan yang semakin baik. Hal ini menunjukkan kemampuan bahan yang semakin baik dalam meredam bunyi, begitu pula sebaliknya. Pada penelitian ini sampel dengan densitas paling rendah (porositas paling tinggi), yaitu Sampel 1, memiliki kemampuan peredaman bunyi terbaik. Hal ini dibuktikan dengan nilai  $\alpha$  tertinggi pada masing-masing frekuensi input.
3. Material biokomposit dari serat kulit kopi dan matriks lateks (sampel 1, 2, dan 3) menghasilkan nilai serapan bunyi yang baik menurut standar ISO 11654. Hal ini menunjukkan bahwa serat kulit kopi dengan perekat lateks (karet alam) dapat dimanfaatkan sebagai material peredam bunyi.

### **Saran**

Penggunaan matriks (lateks) dalam pembuatan material komposit peredam bunyi sebaiknya tidak terlalu banyak karena dapat mempengaruhi penurunan nilai serapan bunyi suatu material. Dalam pengukuran sifat akustik suatu material menggunakan tabung impedansi rakitan sebaiknya dilakukan dalam satu waktu bersamaan karena pengukuran dalam waktu yang berbeda akan mempengaruhi kebisingan dari lingkungan yang berbeda. Pengukuran dalam waktu berbeda dapat dilakukan dengan pengukuran ulang intensitas awal sebelum menggunakan sampel.

### **Terima Kasih**

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya dalam menyelesaikan laporan hasil penelitian KREASI 2023. Terima kasih juga disampaikan kepada almamater tercinta, MAN 1 Lampung Tengah, dan kepada Bapak H. Wiratno S.Pd., M.Pd.I. dari madrasah yang telah memberikan dukungan dan pendanaan. Penghargaan juga diberikan kepada Ibu Ajeng Widya Roslia, S.Si., M.Si., dan Ibu Nadia Mutiara Ayu, S.Pd., sebagai pembimbing yang telah memberikan motivasi dan saran yang berharga. Terima kasih kepada orang tua dan semua pihak yang telah mendukung penelitian ini

## Daftar Pustaka

- Bahri, S. M. (2016). Pengukuran Sifat Akustik Material Dengan Metode Tabung Impedansi Berbasis Platform Arduino. *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 13, No. 2, 148-154.
- Dewi., R. P. (2021). Studi Potensi Limbah Kulit Kopi Sebagai Sumber Energi Terbarukan Di Wilayah Jawa Tengah. *Journal of Mechanical Engineering*, 5(1), 41-45.
- Dong, C. D. (2017). Mechanical properties of Macadamia nutshell powder and PLA bio-composites. *Australian Journal of Mechanical Engineering*, 15(3), 150-156.
- Fauzia, M. (2021, 12 08). 7 Daerah Produsen Kopi Terbesar di Indonesia, Mana Saja? Retrieved Mei 2023, from Kompas: <https://money.kompas.com/read/2021/12/08/181731226/7-daerah-produsen-kopi-terbesar-di-indonesia-mana-saja?page=all>
- Groover, M. P. (1996). *Fundamental of Modern Manufacturing : Materials, Processes, And System*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Hamsa, L. J. (2016). Analisa Redaman Suara Komposit Resin Polyester Yang Berpenguat Serbuk Kayu Jati. *ENTHALPHY*, Vol. 1, No. 01, 1-8.
- Hayat, W. S. (2013). Pengaruh Kerapatan terhadap Koeffisien Absorpsi Bunyi Papan Partikel, Serat Daun Nanas (*Ananas comosus* L Merr). *Pillar of Physics*, 1, 44-51.
- Hendrawan, A. (2020). Analisa Tingkat Kebisingan Kamar Mesin Pada Kapal. *Prosiding Seminar Nasional Universitas Wijaya Kusuma*, e.Issn: 2715-7547, pp. 10-15.
- Imban. (2014). Pengukuran Koefisien Absorpsi Bunyi pada Serbuk Gergaji Kayu Nyatoh (*Palaquium species*) sebagai Bahan Peredam. *Jurnal MIPA*, 3(1), 16-19.
- Istikhomah, S. S. (2021, Juni). Analisis Koefisien Serapan (Absorpsi) Kebisingan Pada Bahan Kayu (Triplek, Papan Kayu, dan Kasiboard). *Progressive Physics Journal*, 2, No 1(ISSN2722-7707), 19-28.
- Julianto, H. (2017). *Disertasi : Pengembangan Bahan Akustik dan Insulasi Termal Berbasis Komposit Silicone Rubber Berpenguat Nanoselulosa Dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Muffler*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kartikasari, F. Y. (2022). Potensi Limbah Kulit Singkong sebagai Alternatif Material Akustik Ramah Lingkungan. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika*, Vol. 3 , No.2, 130-137.
- Laksono, A. D. (2019). Pengaruh Fraksi Volume Komposit Polyester Berpenguat Limbah Serbuk Kayu Bangkirai Terhadap Sifat Material Akustik. *Rekayasa Mesin*, Vol 10, No 3(eISSN 2477-6041), 277-285.
- Lathiifah, A. (2021). Kemampuan Material Akustik Dari Pelepah Pisang Dan Sabut Kelapa Sebagai Peredam Kebisingan. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JFIP)*, Vol. 5, No.1, 14-18.

- Lewis, H. B. (1994). *Industrial Noise Control : Fundamentals and Applications (Second Edition)*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Masyrukan. (2013). Karakterisasi Bahan Karet Untuk Keperluan Gasket Kendaraan Terhadap Pengaruh Kandungan Sulfur. *Simposium Nasional RAPI XII - 2013 FT UMS*, 87-94.
- Nafisah, D. &. (2019). Kajian metode pengeringan dan rasio penyeduhan shantypada proses pembuatan teh cascara kopi arabika (*Coffea arabika L.*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 6(3).
- Nasruddin. (2018). Sifat Mekanik Rubber Waves dari Komposit Karet Alam dan Karet Sintesis Menggunakan Multi Filler. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 29(1), 35-45.
- Novita, E. F. (2018). Pemanfaatan kompos blok limbah kulit kopi sebagai media tanam. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 2(2), 61-72.
- Nurmin, N. Z. (2020). Studi Analisis Koefisien Absorpsi Papan Akustik Pada Ketebalan Bervariasi Berbahan Dasar Limbah Kulit Jagung Dan Sabut Kelapa (Solusi Alternatif Ramah Lingkungan). *JFT : Jurnal Fisika dan Terapannya*, 7(1), 24-32.
- Rezita, Y. E. (2019). Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik dari Ampas Singkong (*Manihot esculenta*) dengan Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 8, No.2, 146-150.
- Rezita, Y. S. (2019). Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik dari Ampas Ampas Singkong (*Manihot esculenta*) dengan Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Fisika Unand*, 8(2), 146-150.
- Rizal, A. E. (2015). Karakteristik Absorpsi dan Impedansi Material Akustik Serat Alam Ampas Tahu (*Glycine Max*) Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Ilmu Fisika*, Vol 7 No 1, 14-18.
- Rossalia, D. (2019). Perubahan Respon Pendengaran Karena Pemakaian Earphone. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 21(1), 20-31.
- Safitra, E. &. (2020). Pembuatan film plastik biodegradable dari limbah kulit kopi dengan penambahan kitosan/glisierol. *Journal of Science and Applicative Technology*, 4(1), 38-42.
- Sahara, S. &. (2021). Pengembangan Komposit Panel Akustik Berbahan Dasar Biji Dan Kulit Kapuk Randu Untuk Meningkatkan Koefisien Absorpsi Bahan. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 15(2), 234-244.
- Sari, K. A. (2021). Sifat Fisis dan Akustik Komposit Serat Daun Lidah Mertua dengan Serbuk Gergaji sebagai Peredam Bunyi. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 16, No. 3, 409-416.

- Siahaan, M. Y. (2020). Karakteristik Koefisien Serap Suara Material Concrete Foam Dicampur Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Metode Impedance Tube. *Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy (JMEMME)*, Vol. 4, No. 01, 85-93.
- Simanjutak, L. M. (2018). Pemanfaatan Serat Serabut Kelapa Sebagai Dinding Akustik Partisi. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, Vol. 2, No. 1, 12-19.
- Susilawati, N. N. (2021). KOMPOSIT LIMBAH SERABUT KELAPA DAN KARET ALAM SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN PEREDAM SUARA. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 32 (2), 102-109.
- Susilawati, N. R. (2019). Pengaruh Komposit SBR dan Karet Alam Dengan Karbon Hitam Terhadap Fisik dan Ketahanan Usang Vulkanisat. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 30(2), 108-116.
- TM, A. S. (1997). *Australia Patent No. ISO 11654*.
- Vachlepi, A. P. (2018). Pengaruh Pengenceran Lateks Terhadap Karakteristik dan Mutu Teknis Karet Alam. *Prosiding Seminar Nasional I Hasil Litbangyasa Industri*. Palembang.
- Widjanarko, T. K. (2020). *Disertasi : Analisis Pengaruh Intensitas Random Intermittent Pink Noise dan Tipe Kepribadian terhadap Performa Kerja*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Widjanarko, T. K. (2020). *Disertasi : Analisis Pengaruh Intensitas Random Intermittent Pink Noise dan Tipe Kepribadian terhadap Performa Kerja*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Rossalia, D. (2019). Perubahan Respon Pendengaran Karena Pemakaian Earphone. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 21(1), 20-31.
- Dong, C. D. (2017). Mechanical properties of Macadamia nutshell powder and PLA bio-composites. *Australian Journal of Mechanical Engineering*, 15(3), 150-156.
- Fauzia, M. (2021, 12 08). *7 Daerah Produsen Kopi Terbesar di Indonesia, Mana Saja?* Retrieved Mei 2023, from Kompas: <https://money.kompas.com/read/2021/12/08/181731226/7-daerah-produsen-kopi-terbesar-di-indonesia-mana-saja?page=all>
- Novita, E. F. (2018). Pemanfaatan kompos blok limbah kulit kopi sebagai media tanam. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 2(2), 61-72.
- Safitra, E. &. (2020). Pembuatan film plastik biodegradable dari limbah kulit kopi dengan penambahan kitosan/gliseryl. *Journal of Science and Applicative Technology*, 4(1), 38-42.

- Julianto, H. (2017). *Disertasi : Pengembangan Bahan Akustik dan Insulasi Termal Berbasis Komposit Silicone Rubber Berpenguat Nanoselulosa Dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Muffler*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lewis, H. B. (1994). *Industrial Noise Control : Fundamentals and Applications (Second Edition)*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- TM, A. S. (1997). *Australia Patent No. ISO 11654*.
- Groover, M. P. (1996). *Fundamental of Modern Manufacturing : Materials, Processes, And System*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Dewi., R. P. (2021). Studi Potensi Limbah Kulit Kopi Sebagai Sumber Energi Terbarukan Di Wilayah Jawa Tengah. *Journal of Mechanical Engineering*, 5(1), 41-45.
- Nafisah, D. &. (2019). Kajian metode pengeringan dan rasio penyeduhan shantypada proses pembuatan teh cascara kopi arabika (*Coffea arabika L.*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 6(3).
- Laksono, A. D. (2019). Pengaruh Fraksi Volume Komposit Polyester Berpenguat Limbah Serbuk Kayu Bangkirai Terhadap Sifat Material Akustik. *Rekayasa Mesin, Vol 10, No 3*(eISSN 2477-6041), 277-285.
- Hamsa, L. J. (2016). Analisa Redaman Suara Komposit Resin Polyester Yang Berpenguat Serbuk Kayu Jati. *ENTHALPHY, Vol. 1, No. 01*, 1-8.
- Lathiiifah, A. (2021). Kemampuan Material Akustik Dari Pelepah Pisang Dan Sabut Kelapa Sebagai Peredam Kebisingan. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JFIP), Vol. 5, No.1*, 14-18.
- Bahri, S. M. (2016). Pengukuran Sifat Akustik Material Dengan Metode Tabung Impedansi Berbasis Platform Arduino. *Jurnal Fisika FLUX, Vol. 13, No. 2*, 148-154.
- Rezita, Y. E. (2019). Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik dari Ampas Singkong (*Manihot esculenta*) dengan Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Fisika Unand, Vol. 8, No.2*, 146-150.
- Simanjutak, L. M. (2018). Pemanfaatan Serat Serabut Kelapa Sebagai Dinding Akustik Partisi. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation, Vol. 2, No. 1*, 12-19.
- Siahaan, M. Y. (2020). Karakteristik Koefisien Serap Suara Material Concrete Foam Dicampur Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Metode Impedance Tube. *Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy (JMEMME), Vol. 4, No. 01*, 85-93.
- Kartikasari, F. Y. (2022). Potensi Limbah Kulit Singkong sebagai Alternatif Material Akustik Ramah Lingkungan. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika, Vol. 3 , No.2*, 130-137.

- Sari, K. A. (2021). Sifat Fisis dan Akustik Komposit Serat Daun Lidah Mertua dengan Serbuk Gergaji sebagai Peredam Bunyi. *Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 16, No. 3*, 409-416.
- Istikhomah, S. S. (2021, Juni). Analisis Koefisien Serapan (Absorpsi) Kebisingan Pada Bahan Kayu (Triplek, Papan Kayu, dan Kasiboard). *Progressive Physics Journal, 2, No 1*(ISSN2722-7707), 19-28.
- Imban. (2014). Pengukuran Koefisien Absorpsi Bunyi pada Serbuk Gergaji Kayu Nyatoh (Palaquium species) sebagai Bahan Peredam. *Jurnal MIPA, 3(1)*, 16-19.
- Nurmin, N. Z. (2020). Studi Analisis Koefisien Absorpsi Papan Akustik Pada Ketebalan Bervariasi Berbahan Dasar Limbah Kulit Jagung Dan Sabut Kelapa (Solusi Alternatif Ramah Lingkungan). *JFT : Jurnal Fisika dan Terapannya, 7(1)*, 24-32.
- Sahara, S. &. (2021). Pengembangan Komposit Panel Akustik Berbahan Dasar Biji Dan Kulit Kapuk Randu Untuk Meningkatkan Koefisien Absorpsi Bahan. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi, 15(2)*, 234-244.
- Rezita, Y. S. (2019). Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik dari Ampas Ampas Singkong (Manihot esculenta) dengan Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Fisika Unand, 8(2)*, 146-150.
- Hendrawan, A. (2020). Analisa Tingkat Kebisingan Kamar Mesin Pada Kapal. *Prosiding Seminar Nasional Universitas Wijaya Kusuma, e.Issn: 2715-7547*, pp. 10-15.
- Vachlepi, A. P. (2018). Pengaruh Pengenceran Lateks Terhadap Karakteristik dan Mutu Teknis Karet Alam. *Prosiding Seminar Nasional I Hasil Litbangyasa Industri. Palembang*.
- Susilawati, N. R. (2019). Pengaruh Komposit SBR dan Karet Alam Dengan Karbon Hitam Terhadap Fisik dan Ketahanan Usang Vulkanisat. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri, 30(2)*, 108-116.
- Nasruddin. (2018). Sifat Mekanik Rubber Waves dari Komposit Karet Alam dan Karet Sintesis Menggunakan Multi Filler. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri, 29(1)*, 35-45.
- Masyrukan. (2013). Karakterisasi Bahan Karet Untuk Keperluan Gasket Kendaraan Terhadap Pengaruh Kandungan Sulfur. *Simposium Nasional RAPI XII - 2013 FT UMS*, 87-94.
- Susilawati, N. N. (2021). KOMPOSIT LIMBAH SERABUT KELAPA DAN KARET ALAM SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN PEREDAM SUARA. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri, 32 (2)*, 102-109.
- Yuliantika, S. .. (2015). Penentuan Koefisien Absorpsi Dan Impedansi Material Akustik Resonator Panel Kayu Lapis (Plywood) Berlubang Dengan Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF), Vol. 7, No. 2*, 56-62.

- Zalukhu, P. I. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Cocofiber) terhadap Campuran Beton sebagai Peredam Suara Effect of Addition of Coco Fiber (Cocofiber) to Concrete Mixture as Sound Damper. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation, Vol 1(1)*, 27-36.
- Susilawati N, C. N. (2021). Komposit Limbah Serabut Kelapa Dan Karet Alam Sebagai Alternatif Bahan Peredam Suara. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri, Vol 32 No 2*, 102-109.
- Rizal, A. E. (2015). Karakteristik Absorpsi dan Impedansi Material Akustik Serat Alam Ampas Tahu (Glycine Max) Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Ilmu Fisika, Vol 7 No 1*, 14-18.
- Hayat, W. S. (2013). Pengaruh Kerapatan terhadap Koeffisien Absorpsi Bunyi Papan Partikel, Serat Daun Nanas (*Ananas comosus L Merr*). *Pillar of Physics, 1*, 44-51.