

Pemanfaatan Limbah Pertanian sebagai Material Akustik Ramah Lingkungan

Dady Sulaiman^{(1,a)*} dan Siti Maria Ulva^(1,b)

⁽¹⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Kaltara

Email: ^(a*)dady@fmipa.unikaltar.ac.id, ^(b)mariaulva339@gmail.com

Diterima (19 April 2024), Direvisi (01 Desember 2024)

Abstract. Indonesia is an agricultural country, where agriculture as a national income source. Therefore, Indonesia produces a large amount of agricultural waste, that is still underutilised. Agricultural waste can be used in various ways, one of which is as an acoustic material. Acoustic materials can absorb sound and reduce noise pollution. This study aims to determine the factors that affect the sound absorption coefficient of acoustic materials. This study uses the literature review method by taking literature sources from different scientific journals. The literature sources used in this study consist of national and international journals from the last five years (2019–2023). This study refers to previous research data explores natural materials that have the potential to become acoustic materials. Based on the literature review, the natural materials that have the potential to become acoustic materials are sawdust, sugarcane, cassava, and rice husk. These materials can be considered for further research by changing independent variables such as density, thickness, and type of adhesive. In Addition, further research can also combine different materials with other natural fibres.

Keywords: natural fibers, waste utilization, agro-waste, acoustic material, sound absorption coefficient.

Abstrak. Indonesia merupakan negara agraris, dengan pertanian sebagai sumber pendapatan nasional. Oleh karena itu, Indonesia menghasilkan limbah pertanian dalam jumlah besar, namun masih kurang dimanfaatkan. Limbah pertanian dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara, salah satunya sebagai material akustik. Bahan akustik dapat menyerap suara dan mengurangi polusi suara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien serapan bunyi material akustik. Penelitian ini menggunakan metode tinjauan pustaka dengan mengambil sumber literatur dari berbagai jurnal ilmiah. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari jurnal nasional dan internasional lima tahun terakhir (2019–2023). Penelitian ini mengacu pada data penelitian sebelumnya yang mengeksplorasi material alam yang berpotensi menjadi material akustik. Berdasarkan studi literatur, bahan alami yang berpotensi sebagai bahan akustik adalah serbuk kayu, tebu, singkong dan sekam padi. Bahan-bahan tersebut dapat dipertimbangkan untuk penelitian lebih lanjut dengan mengubah variabel independen seperti kepadatan, ketebalan, dan jenis perekat. Selain itu penelitian selanjutnya juga dapat menggabungkan beberapa bahan dengan bahan alami lainnya.

Kata kunci: bahan alami, pemanfaatan limbah, limbah pertanian, material akustik, koefisien serapan bunyi.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil berbagai jenis pangan. Bidang pertanian merupakan salah satu mata pencaharian mayoritas di Indonesia yang didukung oleh iklim dan keanekaragaman hayati [1]. Ada banyak jenis pangan yang ditanam di Indonesia seperti padi, jagung, kelapa, pisang, tebu dan lainnya [2]–[4]. Sehingga Indonesia disebut juga sebagai negara agraris [1], [2], [5]. Namun, hal ini juga memberikan dampak negatif seperti peningkatan jumlah limbah pertanian sertakurang optimalnya pemanfaatan limbah pertanian [6]. Peningkatan limbah ini dapat mengakibatkan berbagai masalah lingkungan [3], [7]–[11]. Oleh karena itu diperlukan solusi dalam memanfaatkan limbah menjadi produk yang dapat bermanfaat bagi masyarakat sekitar [7], [12].

Limbah pertanian dapat dijadikan berbagai produk yang bermanfaat. Beberapa penelitian mengolah limbah pertanian menjadi sumber energi biomassa [13]–[15]. Sementara ada juga penelitian yang memanfaatkan limbah sebagai produk bangunan seperti material akustik untuk mengatasi kebisingan atau peredam bunyi [10], [16]. Hasil penelitian ini kemudian diterapkan untuk menyelesaikan beberapa masalah seperti sumber energi fosil yang kian menipis [14], [17] dan polusi suara yang dapat menjadi masalah lingkungan [18].

Material akustik merupakan salah satu inovasi dengan memanfaatkan limbah pertanian. Material akustik berperan penting dalam mengatasi polusi suara atau kebisingan. Hal ini dikarenakan material ini dapat memantulkan atau menyerap bunyi yang dihasilkan oleh sekitarnya [19], [20]. Material akustik memiliki hubungan yang erat dengan frekuensi yang didengar, gelombang, serta getaran yang dihasilkan oleh rambatan bunyi [21]. Penyerapan bunyi ini dapat mengatasi kebisingan atau polusi suara yang

disebabkan oleh berbagai alat – alat elektronik [18]. Umumnya material ini digunakan di ruangan yang membutuhkan kedap suara seperti auditorium, studio, dan ruangan yang membutuhkan suasana yang tenang [22], [23]. Bahan utama dalam pembuatan material ini bisa menggunakan serat sintetis maupun serat alami [16], [18]. Beberapa bahan sintetis seperti *glaswool* dan *rockwool* dapat mengganggu kesehatan dalam jangka waktu lama serta memerlukan biaya yang lumayan besar [16], [24], [25]. Sementara bahan serat alami lebih aman bagi kesehatan, ramah lingkungan dan mudah didapatkan [25]–[29]. Penelitian Haghghat (2023) menyatakan daya serap bunyi serat alami (ampas tebu) lebih baik dari serat sintetis [3].

Telah dilakukan beberapa penelitian mengenai material akustik berbahan limbah pertanian. Seperti penelitian Sari dan Elvaswer (2020) yang menggunakan ampas tebu sebagai serat alami dengan memvariasikan massa jenis sampel [30] atau penelitian Laksono, et al yang menjadikan serbuk kayu sebagai bahan serat alami dengan variasi fraksi filler [31]. Ada banyak limbah pertanian yang dapat digunakan sebagai material akustik seperti pisang [12], [20], [27], [32], [33], eceng gondok [27], [34], [35], sekam padi [36], [37], singkong [7], [38], daun nanas [18], [39], wool [25] dan lainnya.

Penelitian sebelumnya masih kurang membahas koefisien serap bunyi. Penelitian Fajriyyah dkk.[40], merupakan salah satu penelitian yang memanfaatkan perhitungan National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) untuk mencari tingkat kebisingan di depo. Penelitian lainnya juga hanya mencari tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh suatu sumber suara setelah melewati material tertentu [41]. Hal ini menyebabkan kurangnya kajian lanjutan dari beberapa bahan serat alami yang memiliki potensi sebagai material akustik

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi limbah - limbah pertanian sebagai material akustik dengan membandingkan koefisien serap bunyi menggunakan standar ISO-354 (1985). Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya sehingga tercipta material akustik berbahan limbah pertanian yang berkualitas, ramah lingkungan, dan ekonomis. **METODE PENELITIAN**

Tabel 1. Klasifikasi Koefisien Serap Bunyi

Kategori	Koefisien serap bunyi (α)
A	0.95 – 1.00
B	0.80 – 0.94
C	0.60 – 0.79
D	0.30 – 0.59
E	0.15 – 0.29
Tidak Tergolong	<0.15

Sumber: Laksono (2019) [31]

Penelitian ini menggunakan metode *literature review* dengan mencari literatur dari beberapa jurnal ilmiah. Sumber literature yang digunakan pada penelitian ini merupakan jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional dalam rentang 5 tahun terakhir (2019-2023). kajian ini menggunakan data

penelitian sebelumnya yang membahas bahan – bahan alami yang memiliki potensi sebagai material akustik ramah lingkungan. Data tersebut kemudian dianalisis untuk kemudian dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya. Adapun data yang diambil pada penelitian ini meliputi jenis limbah pertanian yang digunakan, frekuensi uji, perekat yang digunakan, nilai koefisien serap bunyi, serta komposisinya. Nilai koefisien serap bunyi diklasifikasikan dalam 5 golongan sesuai ISO 11654 seperti pada **Tabel 1**

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serat bahan alami baik dari limbah industri dan pertanian dapat digunakan sebagai material aksutik yang dapat menyerap suara. Berdasarkan hasil kajian pustaka dalam rentang 5 tahun terakhir, ada beberapa bahan alami yang memiliki dapat dijadikan material akustik dengan nilai koefisien yang tinggi. Adapun limbah yang dimaksud meliputi serbuk kayu, daun nanas, pisang, tebu, eceng gondok, singkong, ampas teh, sekam padi, buah lontar dan serabut kelapa. Beberapa variabel yang digunakan pada penelitian sebelumnya dapat di lihat pada **Tabel 2**

Tabel 2. Potensi Limbah Pertanian sebagai Material Akustik

No	Bahan	Frekuensi Uji	Perekat	Bahan : Perekat	α	Kategori	Ref.
1	Serbuk Kayu	200-1200	Lem PVAc	3 : 2	0.967	A	[42]
2		125-2000	Resin Polyester	Fraksi Filler 60 %	0.51	D	[31]
3	Daun Nanas	500-8000	Resin Epoksi	80% : 20%	0.87	B	[18]
4		200-2000	Campuran Beton	Serat Daun Nanas 0.8 g	0.59	D	[39]
5	Pisang	250-4000	Gypsum	3 : 7	0.52	D	[20]
6		125-2000	Resin Polyester	-	0.255	E	[43]
7		150-7000	Latex Polymer Karet	81% : 19%	0.78	C	[44]
8	Tebu	500-3000	Lem PVAc	-	0.101	-	[45]
9		500-8000	Resin Epoksi	70% : 30%	0.98	A	[30]
10		100-4000	Plaster	4.61% : 95.39%	0.6	C	[46]
11	Eceng Gondok	100-8000	Resin	40% : 60%	0.343	D	[34]
12	Singkong	500-2500	Lem PVC	-	0.98	A	[38]
13	Ampas Teh	600	Lem PVAc	25% : 75%	0.075	-	[47]

No	Bahan	Frekuensi Uji	Perekat	Bahan : Perekat	α	Kategori	Ref.
14	Sekam Padi	500-8000	Tepung Tapioka	70% : 30%	0.99	A	[36]
15	Buah Lontar	125-4000	Resin Polyester	-	0.024	-	[48]
16	Serabut Kelapa	250-4000	Campuran Beton	15% : 85%	0.89	B	[49]

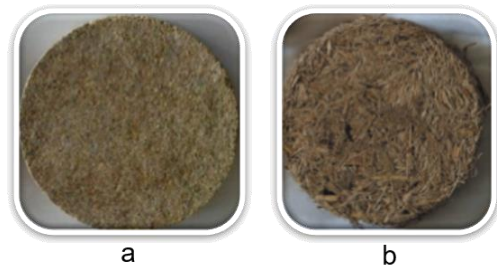
Potensi Limbah Pertanian

1. Serbuk kayu: Kayu merupakan material yang sering kita jumpai disekitar kita. Kayu dapat diolah dalam berbagai produk seperti kusen rumah dan *furniture* [31], [50]. Proses produksi ini menghasilkan banyak sekali limbah berbentuk serbuk kayu [51], [52]. Limbah ini biasanya hanya digunakan sebagai pupuk [50]. Namun hasil penelitian Andari (2019) menunjukkan bahwa serbuk kayu juga dapat digunakan sebagai material akustik berbahan serat alami dengan koefisien serap bunyi 0.97 [42]. Penelitian Laksono (2019) juga menunjukkan koefisien serap bunyi yang cukup tinggi yakni 0.52 dimana angka ini lebih baik dari bahan *glaswool* yang sering dipasarkan [31]. Sampel material akustik berbahan serbuk kayu dapat dilihat di **Gambar 1.a**

2. Tebu: Tebu merupakan hasil pertanian yang diolah menjadi gula. Indonesia memiliki banyak sekali kebun tebu yang kemudian menghasilkan limbah berbentuk ampas tebu ketika mengalami proses pengolahan [53]. Ampas tebu biasanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak, pupuk dan bahan bakar [53]. Sementara ampas tebu ini memiliki banyak manfaat lainnya diantaranya sebagai material akustik **Gambar 1b** [30]. Hal ini dibuktikan dalam penelitian Sari & Elvaswer (2020) yang menunjukkan nilai koefisien serap bunyi tertinggi adalah 0.98 dengan nilai densitas 0.44 g/cm^3 . Ampas tebu mengandung karbon yang berperan penting dalam menyerap bunyi

[30], [45]. Penelitian Bimara (2021) menunjukkan hasil koefisien dibawah standar yang ditentukan. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa kendala meliputi sampel yang masih basah dan celah pada kotak akustik yang menyebabkan data menjadi bias. Sementara penelitian Romeri (2023) juga menunjukkan hasil yang baik di kelas C dengan ketebalan 6 mm [46]. Sampel dapat dilihat di Gambar 1b

3. Singkong: Singkong merupakan tanaman yang mudah sekali dijumpai khususnya di Indonesia. Tanaman ini memiliki karbohidrat tinggi dan biasanya digunakan sebagai bahan baku makanan [54]. Limbah dari singkong adalah kulit dan ampasnya. Limbah ini masih sangat kurang dimanfaatkan [7]. Oleh karena itu dilakukan penelitian material akustik menggunakan bahan kulit [7] dan ampasnya [38]. Hasil dari kedua penelitian ini membuktikan bahwa limbah singkong dapat dijadikan serat alami material akustik [7], [38].



Gambar 1. Material akustik serat alami berbahan (a) serbuk kayu dan (b) ampas tebu

4. Sekam Padi: beberapa penelitian sebelumnya menemukan bahwa sekam padi

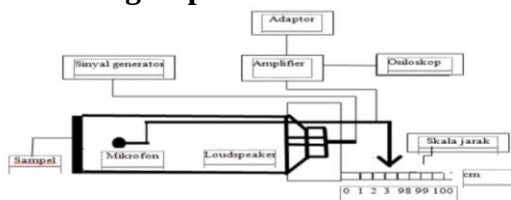
dapat menyerap bunyi. Penelitian Defrizal & Elvaswer (2021) menggunakan variasi massa jenis sampel dan menyatakan bahwa sekam padi memiliki potensi sebagai material akustik. Defrizal juga menemukan material akustik memiliki jarak antar muka yang banyak yang menyebabkan peningkatan koefisien serap bunyi berbanding terbalik terhadap peningkatan massa sampel [37].

5. **Bahan Lainnya:** Selain empat bahan yang telah dijelaskan di atas masih banyak lagi serat alami yang dapat dimanfaatkan sebagai material akustik. Seperti pelepah pisang [27], [32], [33], [43], [55], daun nanas [18], [39], eceng gondok [27], [34], [35], serabut kelapa [56] dan masih banyak bahan lainnya. Pelepah pisang merupakan bahan serat alami yang memiliki jaringan berpori dan saling berhubungan [32], [57]. Karakteristik ini dapat meningkatkan daya serap bunyi suatu material akustik [27]. Selain pisang, beberapa bahan lainnya dipilih karena memiliki ketahanannya seperti sabut kelapa yang kuat, ringan dan tidak mudah rusak [56]. Ada juga eceng gondok yang memiliki kemampuan adaptif terhadap lingkungan [34].

Metode Pengambilan Data

Pengambilan data koefisien serap bunyi menggunakan beberapa skema, alat serta persamaan yang berbeda – beda.

1. Tabung Impedansi



Gambar 2. Skema Pengujian Menggunakan Tabung Impedansi [28]

Mayoritas penelitian sebelumnya menguji sampel menggunakan metode ini.

Mekanisme tabung ini dapat dilihat di **Gambar 2**. Tabung impedansi merupakan metode yang sederhana dan praktis [28], [29]. Metode ini memiliki sinyal generator yang dapat memudahkan dalam mengatur frekuensi yang diinginkan [37], [38]. Data yang dihasilkan adalah amplitudo yang kemudian akan dianalisis menggunakan **Persamaan 1 dan 2** [24], [28].

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

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

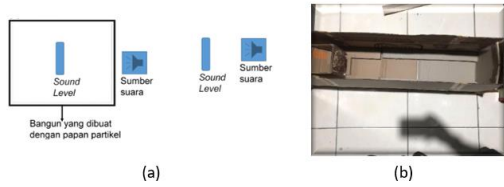
2. Ruang Sampel

Secara umum skema pengujian sampel dapat dilihat di **Gambar 3**. Ada dua alat yang digunakan pada metode ini yaitu speaker dan *sound level meter* [43], [48], [58]. Pada metode ini sampel disusun menjadi sebuah ruangan dan sumber suara atau speaker diletakkan di dalamnya. Selanjutnya *sound level* diletakkan di luar ruang sampel untuk melihat intensitas bunyi yang dihasilkan. Berbeda dengan metode impedansi, data yang dikumpulkan adalah intensitas bunyi yang kemudian dianalisis menggunakan **Persamaan 3** [7], [21], [33], [34], [45], [59].

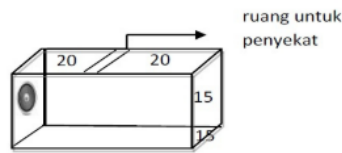
$$\alpha = \frac{\ln I_0 - \ln I}{x} \quad (3)$$

3. Resonator Space

Proses pengujian sampel menggunakan metode *resonator space* seperti pada **Gambar 4**. Pada metode ini sampel diletakkan diantara sumber bunyi dan *sound level meter* di dalam sebuah ruangan yang kedap [41]. Data dianalisis menggunakan persamaan 3 seperti metode ruang sampel [56].



Gambar 3. Skema Pengujian Sampel menggunakan metode Ruang sampel



Gambar 4. Skema Pengujian Sampel menggunakan metode *Resonator Space*

Variabel Penelitian

Berdasarkan hasil kajian pada penelitian sebelumnya, ada beberapa hal yang dapat dijadikan variabel penelitian untuk meningkatkan nilai koefisien serap bunyi. Adapun faktor tersebut meliputi:

1. Massa jenis

Massa jenis atau kerapatan merupakan besaran yang menyatakan massa persatuan volume. Massa jenis sampel suatu material akustik dapat mempengaruhi nilai daya serap bunyi material tersebut [10], [26], [60]. Berdasarkan rumus massa jenis yaitu massa per volume, dapat diambil kesimpulan semakin tinggi massa jenis maka rongga pori yang dimiliki suatu material semakin rendah [61]. Oleh karena itu nilai massa jenis dan koefisien absorpsi berbanding terbalik. Hal ini dibuktikan dalam penelitian Sari & Elvaswer (2020) dimana material dengan nilai massa jenis 0.57 g/cm^3 memiliki koefisien serap bunyi yang lebih tinggi dibandingkan dengan material bermassa jenis 0.62 g/cm^3 [30].

2. Tebal Sampel

Beberapa penelitian meneliti pengaruh tingkat ketebalan terhadap nilai daya serap bunyi suatu sampel. Nabila &

Mahyudin (2020) menggunakan bahan pelepah pisang dan menyatakan koefisien daya serap bunyi sampel dengan ketebalan 2 cm lebih baik dari sampel dengan ketebalan 0.5 cm [32]. Rohim (2021) semakin tebal sampel maka semakin besar daya serapnya [36], [47]. Hal ini dikarenakan sampel yang tebal memiliki pori yang lebih banyak [32], [47], [57].

3. Jenis perekat (matrik)

Berdasarkan hasil kajian, ada beberapa perekat yang digunakan sebagai matrik atau bahan pengikat serat seperti Lem PVAc, Lem PVC, Resin, Plaster, Gypsum, Latex Polymer, Tepung Tapioka, dan Campuran Beton. Perbandingan matrik dan bahan perekat mempengaruhi massa jenis dari sampel [48], [61], [62]. Semakin sedikit persentase matrik yang digunakan semakin tinggi nilai koefisien daya serap suatu material [61].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian dari artikel dalam rentang 2019 – 2023, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Material akustik dapat menggunakan bahan – bahan yang berpotensi sebagai material akustik seperti serbuk kayu, tebu, singkong dan sekam padi untuk menghasilkan material dengan daya serap bunyi yang baik
2. Bahan – bahan yang memiliki kualitas yang kurang baik seperti tebu daun pandan, kulit mangga, dan limbah jagung atau dapat dikaji lebih dalam baik dari segi variasi campuran maupun metode penelitian sehingga dapat menambah variasi baru dalam bidang material akustik.
3. Menggunakan metode dan analisis data yang tepat sehingga dapat menghasilkan material akustik yang berkualitas

4. Pada setiap penelitian material akustik dapat menggunakan perekat alami seperti tepung tapioka serta menggunakan variabel uji massa jenis sebagai variabel utama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Setyaningsih, A. Widad, S. Mulyati, and W. D. Ridwani, "Pelatihan Mengolah Limbah Sapi menjadi Pupuk di Desa Nagasari, Kecamatan Serang Baru, Kabupaten Bekasi," *J. Komunitas J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 78–86, 2019, doi: <https://doi.org/10.31334/jks.v2i2.477.g293>.
- [2] Legiso, U. Kalsum, and M. Wulandari, "Uji Perbandingan Efektivitas Proses Adsorpsi Terhadap Penurunan Kadar Cod Dan Bod Dalam Limbah Cair Industri Songket," *Distilasi*, vol. 5, no. 1, pp. 9–13, 2020, doi: <https://doi.org/10.32502/jd.v5i1.3024>.
- [3] M. Haghighat *et al.*, "The Impact of Fiber Size on the Sound Absorption Behavior of Composites Made from Sugarcane Bagasse Wastes Fibers," *J. Nat. Fibers*, vol. 20, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2175760>.
- [4] R. Nurjanah and M. Aznury, "Review Artikel VARIASI PRODUKSI BIOETANOL DARI AMPAS TEBU," *J. Kinet.*, vol. 12, no. 02, pp. 64–67, 2021.
- [5] A. Arifin, I. Thamrin, A. S. Mohruni, J. D.N, and M. Yunus, "Pemanfaatan Briket Berbahan Campuran Daun Kering dan Sabut Kelapa sebagai Sumber Pemanas Alat Pengering Ikan kepada Masyarakat sekitar Kampus Universitas Sriwijaya Di Kelurahan Timbangan Kec. Inderalaya, Kabupaten Ogan Ilir," in *Seminar Nasional AVoER*, 2019, pp. 23–24.
- [6] I. Kholiq, "Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi bbm," *J. IPTEK*, vol. 19, no. 2, pp. 75–91, 2015, doi: [10.1016/S1877-3435\(12\)00021-8](https://doi.org/10.1016/S1877-3435(12)00021-8).
- [7] F. Y. Kartikasari, M. F. Erlangga, N. E. Widiyanti, A. Nuryadin, L. Subagiyo, and H. Santoso, "Potensi Limbah Kulit Singkong sebagai Alternatif Material Akustik Ramah Lingkungan," *J. Literasi Pendidik. Fis.*, vol. 3, no. 2, pp. 130–137, 2022, doi: <https://doi.org/10.30872/jlpf.v3i2.1125>.
- [8] F. Amus, K. L. Arofah, F. K. Widyastuti, A. Chandra, and K. Fitri, "Perbandingan Proses SHF & SSF dalam Produksi Bioetanol dari Bonggol Pisang Kepok," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN)*, 2020, vol. 3, p. C9.1-C9.4.
- [9] H. Zuhry, M. I. Wahyudi, and A. Gani, "Pemanfaatan Maltodextrin sebagai Perekat untuk Meningkatkan Kualitas Briket Dari Sampah Daun Kering," *Inov. Ramah Lingkung.*, vol. 1, no. 2, pp. 5–10, 2018.
- [10] A. E. Kurniasari, N. Swastikirana, O. S. Pabinti, and P. P. Noviandri, "Pengolahan Limbah Plastik Sebagai Material Alternatif Akustik Ruang," *SMART (Seminar Archit. Res. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 19–30, 2019, [Online]. Available: <https://smartfad.ukdw.ac.id/index.php/smart/article/view/95/77>.
- [11] P. Chattaviriya, D. Supawantanakul, R. Sangsirimongkolying, and G. Sua-

- Iam, "Banana Fibers as a Sustainable Acoustic Absorbing Materials: A Review," *Trends Sci.*, vol. 19, no. 11, 2022, doi: 10.48048/tis.2022.4498.
- [12] P. Chattaviriya, D. Supawantanakul, R. Sangsirimongkolying, and G. Sua-Iam, "Thai Cultivated Banana Fibers as The Sustainable Sound and Heat Insulation Materials," *J. Ind. Technol.*, vol. 18, no. 1, pp. 63–74, 2022, doi: <https://doi.org/10.14416/j.ind.tech.2022.03.003>.
- [13] D. Sulaiman, S. Syahdan, and S. M. Ulva, "Analisis uji karakteristik bioetanol dari pisang hutan terhadap variasi massa ragi," *J. Kumparan Fis.*, vol. 4, no. 3, pp. 169–176, 2021.
- [14] A. P. T. Ruing and D. Sulaiman, "Analisis karakteristik briket berbahan cangkang kelapa sawit dan sekam padi menggunakan perekat tapioka," *J. Sains Benuanta*, vol. 1, no. 1, pp. 15–24, 2022, doi: <https://doi.org/10.61323/jsb.v1i1.9>.
- [15] D. Sulaiman, W. Romadhoni, and Arlina, "Analisis Karakteristik Kelistrikan Campuran Belimbing Wuluh dan Jeruk Lemon Sebagai Sumber Listrik," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 8, no. 2, pp. 63–68, 2020.
- [16] M. H. Beheshti *et al.*, "Improving the Sound Absorption of Natural Waste Material-based Sound Absorbers Using Micro-perforated Plates," *J. Nat. Fibers*, vol. 19, no. 13, pp. 5199–5210, 2022, doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1875364>.
- [17] D. Sulaiman, S. Syahdan, and S. M. Ulva, "Characteristics of Bioethanol from Musa Salaccensis ZOLL," *Int. J. Sci. Soc.*, vol. 3, no. 4, pp. 16–23, 2021.
- [18] N. Hafifah and E. Elvaswer, "Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (Ananas Comosus) Untuk Panel Akustik Sebagai Absorpsi Kebisingan," *J. Fis. Unand*, vol. 11, no. 4, pp. 467–473, 2022, doi: <https://doi.org/10.25077/jfu.11.4.467-473.2022>.
- [19] P. D. Y. Pramana, C. I. P. K. Kencanawati, and I. K. G. Sugita, "Pengaruh Perbandingan Fraksi Volume Getah Pinus Dan Epoxy Terhadap Biodegradasi Material Akustik," *J. METTEK*, vol. 8, no. 2, p. 131, 2022, doi: <https://doi.org/10.24843/mettek.2022.v08.i02.p07>.
- [20] P. Chattaviriya, D. Supawantanakul, R. Sangsirimongkolying, and G. Sua-iam, "The Development of Sound Absorber from Banana Fiber," *RMUTSV Res. J.*, vol. 14, no. 3, pp. 743–754, 2021, [Online]. Available: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/article/view/249141>.
- [21] F. Alvionita, M. I. Nasution, and Z. A. Daulay, "Pemanfaatan Bahan Kardus Sebagai Material Penyerap Suara," *J. Fis. Unand*, vol. 12, no. 2, pp. 334–340, 2023, doi: <https://doi.org/10.25077/jfu.12.2.334-340.2023>.
- [22] E. Subianto, "Pengaplikasian Panel Akustik berbahan dasar Bulu Ayam sebagai Material penyerapan suara pada Ruang Gema," *J. Lingkung. Binaan Indones.*, vol. 8, no. 4, pp. 155–162, 2019, doi: <https://doi.org/10.32315/jlbi.v9i4.139>.
- [23] O. P. U. Gumay, F. Lestari, and M. Triyanti, "Sosialisasi Pemanfaatan Pelepah Pisang Sebagai Material Dinding Kedap Suara Di Desa Kebon

- Kolim Kabupaten Musi Rawas,” *Community Dev. J. J. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 3, pp. 292–295, 2020, doi: 10.31004/cdj.v1i3.995.
- [24] N. Fitriani and E. Elvaswer, “Pengaruh Desain Permukaan Serat Bambu terhadap Koefisien Absorpsi dan Impedansi Akustik,” *J. Fis. Unand*, vol. 12, no. 1, pp. 29–34, 2022, doi: 10.25077/jfu.12.1.29-34.2023.
- [25] M. H. Beheshti, A. Firoozi, M. Jafarizaveh, and A. Tabrizi, “Acoustical and Thermal Characterization of Insulating Materials Made from Wool and Sugarcane Bagasse,” *J. Nat. Fibers*, vol. 20, no. 2, 2023, doi: <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2237675>.
- [26] A. N. M. Haryadi, Y. Z. Isnen, N. Khusaenah, K. F. Adira, H. Sa’adah, and K. Sari, “Sifat Fisis dan Akustik Komposit Serat Daun Lidah Mertua dengan Serbuk Gergaji sebagai Peredam Bunyi,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 3, p. 409, 2021, doi: 10.32497/jrm.v16i3.3057.
- [27] F. Zulhiyah, M. Sholeh, R. Woro, L. Subagiyo, and A. Nuryadin, “Analisis Perbandingan Nilai Efektivitas Koefisien Absorpsi pada Pelepah Pisang dan Eceng Gondok,” *Kappa J.*, vol. 6, no. 2, pp. 119–129, 2022, doi: <https://doi.org/10.29408/kpj.v6i2.5881>.
- [28] Y. Risma and Elvaswer, “Optimasi Koefisien Absorpsi dan Impedansi Akustik Komposit Berbahan Dasar Serat Lumut (Moss) dengan Metode Tabung,” *J. Fis. Unand*, vol. 9, no. 2, pp. 196–201, 2020, doi: <https://doi.org/10.25077/jfu.9.2.196-201.2020> Open.
- [29] P. G. C. Buot, R. M. Cueto, A. A. Esguerra, R. I. C. Pascua, E. S. S. Magon, and M. J. J. Gumasing, “Design and development of sound absorbing panels using biomass materials,” in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2020, vol. 59, pp. 2140–2147, doi: <https://doi.org/10.1007/s12649-022-01699-9>.
- [30] T. P. Sari and E. Elvaswer, “Pengaruh Densitas Panel Serat Ampas Tebu terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik,” *J. Fis. Unand*, vol. 9, no. 3, pp. 304–310, 2020, doi: <https://doi.org/10.25077/jfu.9.3.304-310.2020>.
- [31] A. D. Laksono, L. Ernawati, and D. Maryanti, “Pengaruh Fraksi Volume Komposit Polyester Berpenguat Limbah Serbuk Kayu Bangkirai terhadap Sifat Material Akustik,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 277–285, 2019, doi: 10.21776/ub.jrm.2019.010.03.8.
- [32] N. Nabila and A. Mahyudin, “Pengaruh Ketebalan Pelepah Pisang terhadap Koefisien Absorpsi Material Akustik,” *J. Fis. Unand*, vol. 9, no. 2, pp. 244–249, 2020, doi: <https://doi.org/10.25077/jfu.9.2.244-249.2020>.
- [33] S. Wahyuni, M. I. Nasution, and Z. A. Daulay, “Pemanfaatan Pelepah Pisang Sebagai Treatment Akustik Pada Ruang Masjid Al Ikhlas Jalan Timor Medan,” *J. Fis. Unand*, vol. 12, no. 1, pp. 101–107, 2022, doi: 10.25077/jfu.12.1.101-107.2023.
- [34] G. A. Achmad *et al.*, “Variasi Volume Eceng Gondok Serat Komposit Dalam

- Peredam Suara,” *Saintech*, vol. 33, no. 1, pp. 86–94, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/saintech/article/view/1657>.
- [35] N. O. Ongwen and A. B. Alruqi, “Acoustics of Compressed Earth Blocks Bound Using Sugarcane Bagasse Ash and Water Hyacinth Ash,” *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 14, pp. 1–11, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/app13148223>.
- [36] A. M. Rohim, F. Fianti, and U. Nurbaiti, “Potensi Sekam Padi dan Jerami sebagai Alternatif Material Akustik,” *Phys. Educ. Res. J.*, vol. 2, no. 1, p. 35, 2020, doi: <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.1.4883>.
- [37] M. Defrizal and E. Elvaswer, “Karakterisasi Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik Dari Sekam Padi,” *J. Fis. Unand*, vol. 10, no. 3, pp. 351–356, 2021, doi: <https://doi.org/10.25077/jfu.10.3.351-356.2021>.
- [38] Y. Rezita, E. Elvaswer, and R. Rasyid, “Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik dari Ampas Singkong (Manihot esculenta) dengan Menggunakan Metode Tabung,” *J. Fis. Unand*, vol. 8, no. 2, pp. 146–150, 2019, doi: <https://doi.org/10.25077/jfu.8.2.146-150.2019>.
- [39] R. Arwanda and R. A. Sani, “Koefisien Absorpsi Bunyi Pada Bahan Beton Komposit Serat Daun Nanas Dengan Menggunakan Metode Tabung Impedansi,” *EINSTEIN (e-Journal)*, vol. 7, no. 3, pp. 52–55, 2019.
- [40] U. N. Fajriyyah, D. Paramita, and N. P. Adi, “Analisis Tingkat Kebisingan di Depo Kayu Desa Tanjunganom, Kaliwiro, Wonosobo,” *J. Pendidik. dan Sains*, vol. 3, no. 5, pp. 918–925, 2023.
- [41] M. F. Datuela, W. Saputra, N. Mutmainnah, and Syafriani, “Perbandingan material akustik dalam menyerap bunyi,” *JAMBURA J. Archit.*, vol. 5, no. 1, pp. 92–97, 2023, doi: <https://doi.org/10.37905/jjoa.v5i1.19773>.
- [42] R. Andari, “Pengukuran Koefisien Absorpsi Komposit Serbuk Gergaji Sebagai Material Pengendali Kebisingan,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 8, no. 2, pp. 129–133, 2019, doi: [10.21063/jte.2019.3133822](https://doi.org/10.21063/jte.2019.3133822).
- [43] N. Suherman, Ihsan, and Rahmaniah, “Koefisien Penyerapan Bunyi Bahan Akustik Dari Pelelepah Pisang Dengan Variasi Ukuran Serat,” *J. Fis. dan Ter.*, vol. 7, no. 2, pp. 114–118, 2020, doi: <https://doi.org/10.24252/jft.v7i2.13801>.
- [44] M. Jayakumari and R. Divya, “To analyse the sound absorption characteristics of banana mat,” *Int. J. Acad. Res. Dev.*, vol. 4, no. 2, pp. 90–96, 2019, [Online]. Available: <https://multidisciplinaryjournal.in/archives/2019/vol4/issue2/4-2-35>.
- [45] B. C. Bimara, A. R. Azizah, T. A. Wulansari, U. Nurbaiti, and Fianti, “Analisis Material Serat Alam Tebu Sebagai Bahan Peredam Suara,” *Fis. Sains dan Apl.*, vol. 6, no. 2, pp. 2657–1900, 2021, doi: <https://doi.org/10.35508/fisa.v6i2.6839>.
- [46] V. P. Romero, J. S. A. Chuquin, and S.

- Is. M. Chucaiza, "Characterization and Simulation of Acoustic Properties of Sugarcane Bagasse-Based Composite Using Artificial Neural Network Model," *Fibers*, vol. 11, no. 18, pp. 1–19, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/fib11020018>.
- [47] U. M. Munifatuazzahroh, I. Yulianti, and F. Fianti, "Potensi Limbah Ampas Teh sebagai Alternatif Material Akustik Ramah Lingkungan," *Phys. Educ. Res. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 113–120, 2021, doi: <https://doi.org/10.21580/perj.2021.3.2.8390>.
- [48] R. Mufidah, Hernawati, N. Fuadi, and Rahmaniah, "Pengujian Sifat Fisis Papan Akustik Berbahan Dasar Serat Buah Lontar," *Teknosains Media Inf. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 3, pp. 414–422, 2022, doi: [10.24252/teknosains.v16i3.31603](https://doi.org/10.24252/teknosains.v16i3.31603).
- [49] M. Ardan, N. Siregar, and N. Mahda, "Pembuatan Dinding Beton Ringan Akustik dengan Pemanfaatan Limbah Serat Serabut Kelapa (Cocofiber)," *J. Tek. Sipil ITP*, vol. 7, no. 2, pp. 73–77, 2020, doi: [10.21063/jts.2020.v702.04](https://doi.org/10.21063/jts.2020.v702.04).
- [50] A. Nurwidayati, P. A. Sulastri, D. Ardiyati, and A. Aktawan, "Gasifikasi Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Mahoni (*Swietenia Mahagoni*) untuk Menghasilkan Bahan Bakar Gas sebagai Sumber Energi Terbarukan," *Chem. J. Tek. Kim.*, vol. 5, no. 2, p. 67, 2019, doi: [10.26555/chemica.v5i2.13046](https://doi.org/10.26555/chemica.v5i2.13046).
- [51] S. M. Ridjayanti, R. A. Bazenet, W. Hidayat, I. S. Banuwa, and M. Riniarti, "Pengaruh Variasi Kadar Perekat Tapioka Terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Sengon (*Falcataria moluccana*)," *Perennial*, vol. 17, no. 1, pp. 5–11, 2021.
- [52] S. Alawiyah, S. M. Ulva, R. D. Christyanti, and D. Sulaiman, "Pemanfaatan Limbah Produksi Kayu dan Pertanian Sebagai Sumber Energi Alternatif Desa Salimbatu," *J. Apl. Dan Inov. Ipteks SOLIDITAS*, vol. 5, no. 1, pp. 58–67, 2022.
- [53] W. Angreni, Mursal, Irhamni, and Maulida, "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu (*Saccharum Offinarum*) dengan Campuran Semen Terhadap Penyerapan Bunyi Panel Akustik," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, pp. 6139–6144, 2023, doi: <https://doi.org/10.32672/jse.v8i3.6110>.
- [54] S. Alawiyah, S. M. Ulva, D. Sulaiman, S. Syahdan, and S. Aisyah, "Penggunaan Perekat Briket Berbahan Singkong Gajah (*Manihot Esculenta Crantz*) Sebagai Sumber Energi Alternatif Desa Salimbatu," *J. Benuanta*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2023.
- [55] A. M. K. Astuti, D. Hidayat, V. F. Gedalya, and P. P. Noviadri, "Pelepah Pisang Sebagai Alternatif Mterial Dalam Mengurangi Suara," in *SMART (Seminar on Architecture Research & Technology)*, 2019, vol. 4, no. 1, pp. 31–40, doi: [10.21460/smart.v4i1](https://doi.org/10.21460/smart.v4i1).
- [56] A. Lathiifah, "Kemampuan Material Akustik dari Pelepah Pisang dan Sabut Kelapa sebagai Peredam Kebisingan," *J. Ilmu Fis. dan Pembelajarannya*, vol. 5, no. 1, pp. 14–18, 2021, doi: <https://doi.org/10.19109/jifp.v5i1.7316>.
- [57] X. Li, Y. Peng, Y. He, C. Zhang, D. Zhang, and Y. Liu, "Research Progress on Sound Absorption of Electrospun Fibrous Composite

- Materials,” *Nanomaterials*, vol. 12, no. 7, 2022, doi: 10.3390/nano12071123.
- [58] E. Yuliza and R. Ekawita, “Studi Awal Pengembangan Papan Komposit Berbasis Limbah Pelepah Sawit Sebagai Material Akustik,” *J. Online Phys.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–5, 2019, doi: <https://doi.org/10.22437/jop.v5i1.8254>.
- [59] I. V. Aristawati, A. Yulianto, and U. Nurbaiti, “Aplikasi Rockwool sebagai Material Absorben Gelombang Bunyi,” *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, p. 41, 2022, doi: <https://doi.org/10.30595/jrst.v6i1.10895>.
- [60] S. Sahara and A. Kusmiran, “Pengembangan Komposit Panel Akustik Berbahan Dasar Biji Dan Kulit Kapuk Randu Untuk Meningkatkan Koefisien Absorpsi Bahan,” *Teknosains Media Inf. Sains Dan Teknol.*, vol. 15, no. 2, p. 234, 2021, doi: 10.24252/teknosains.v15i2.20176.
- [61] P. Mutia, N. Ngatijo, and H. D. Fahyuan, “Pengaruh Jenis Serat Alam Terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi Sebagai Peredam Kebisingan,” *J. Ilmu Fis. dan Pembelajarannya*, vol. 3, no. 1, pp. 18–23, 2019, doi: 10.19109/jifp.v3i1.3175.
- [62] A. S. Putra, “Penentuan Koefisien \Serap Bunyi Papan Partikel Dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit,” *J. Surya Tek.*, vol. 7, no. 2, pp. 182–185, 2020, doi: 10.37859/jst.v7i2.2386.