GRAVITASI
Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains
Vol (9) No (01) Edisi Juni Tahun 2026

https://ejurnalunsam.id/index.php/JPFS

Analisis Komposit Wol, Cangkang Telur, dan Egg Tray sebagai Peredam Bunyi Ramah Lingkungan

Dhea Febriani[1], Mawarni Saputri[1], Tuti Chairati[1], Armida Yanti[1]

[1]Departemen Pendidikan Fisika FKIP Universitas Syiah Kuala
Jalan Tgk. Hasan Krueng Kalee, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia
E-mail korespondensi: mawarni_saputri@usk.ac.id

ABSTRAK

Kebisingan merupakan tantangan yang signifikan dalam kehidupan masyarakat modern karena dapat mengganggu kenyamanan serta berdampak negatif terhadap kesehatan fisik dan mental. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan penyerapan suara pada komposit yang dibuat dari benang wol dan bahan pendukung, yaitu cangkang telur dan egg tray. Komposit dibuat dengan menghancurkan bahan, mencampurkannya dengan lem, lalu dilapisi secara berulang dengan benang wol. Variasi ketebalan yang diuji adalah 1 cm dan 2 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit benang wol-egg tray memiliki koefisien penyerapan suara tertinggi sebesar 0,280 pada frekuensi 1200 Hz, lebih tinggi dibandingkan komposit benang wol-cangkang telur. Hal ini disebabkan oleh struktur pori egg tray yang lebih kompleks, sehingga lebih efektif menyerap energi suara.

Kata Kunci: Kebisingan, penyerapan suara, komposit, koefisien penyerapan suara, frekuensi.

ABSTRACT

*Noise poses a significant challenge in modern society, as it can disrupt comfort and adversely affect both physical and mental health. This study aims to analyze the sound absorption capabilities of composites made from wool yarn and supporting materials, namely eggshells and egg trays. The composites were produced by crushing the materials, mixing them with adhesive, and layering them with wool yarn. Two thickness variations were tested: 1 cm and 2 cm. The results indicated that the wool yarn–*egg tray *composite exhibited the highest sound absorption coefficient of 0.280 at a frequency of 1200 Hz, outperforming the wool yarn–*eggshell *composite. This enhanced performance is attributed to the more complex pore structure of the* egg tray*, which allows for more effective sound energy absorption.*

Keywords: Noise, sound absorption, composite, absorption coefficient, frequency.

A. PENDAHULUAN

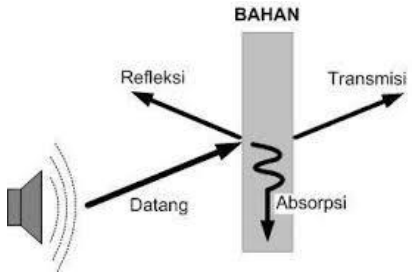
Di era modern ini, kebisingan menjadi salah satu tantangan utama yang dihadapi masyarakat. Kebisingan adalah suara yang timbul akibat gelombang akustik dengan intensitas dan frekuensi yang bervariasi (Alimus et al., 2024). Selain mengganggu kenyamanan, kebisingan juga berdampak buruk terhadap kesehatan fisik dan mental seseorang. Oleh karena itu, solusi untuk mereduksi kebisingan menjadi sangat penting, salah satunya melalui pemanfaatan material akustik. Material akustik, seperti kain penyerap suara dan busa akustik, dirancang untuk meningkatkan penyerapan gelombang suara dalam ruangan. Material ini menyerap gelombang suara, mengurangi pantulan, dan mengendalikan resonansi, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih nyaman secara akustik.

Berbagai penelitian telah mengembangkan inovasi material peredam suara. Misalnya, penggunaan *rockwool* sebagai penyerap gelombang bunyi (Ariswati et al., 2022), bahan akustik dari batang talas (Wulansari, 2017), serta penggunaan karton dan papan komposit (Aldania & Suparno, 2024; Farawansya, H 2023). Penyerapan bunyi dari pelepah batang pisang juga telah diteliti sebagai alternatif material ramah lingkungan (Suherman et al., 2020).

Penyerapan bunyi adalah fenomena fisika dimana sebagian energi gelombang suara yang memasuki suatu material berkurang karena interaksi dengan struktur material internal. Efektivitas penyerapan bunyi ini diukur melalui nilai koefisien penyerapan bunyi (α), yang bernilai antara nol (tidak menyerap) hingga 1 (menyerap sempurna) (Mutia & Dwi Fahyuan, 2019).

Nisa et al (2022) menyatakan bahwa semakin tinggi nilai α, maka semakin baik kinerja suatu material dalam menyerap bunyi. Menurut Mutia dan Dwi Fahyuan (2019), mencatat bahwa pada frekuensi 500 Hz, material dengan koefisien 0,65 menyerap 65% energi suara dan memantulkan 35 % sisanya.

Suara yang timbul dari getaran partikel udara, dapat merambat melalui zat padat, cair, maupun gas. Ketika gelombang suara mengenai permukaan material, ia dapat diserap, dipantulkan, atau diteruskan. Material keras seperti beton dan bata hanya menyerap kurang dari 5% energi suara dan memantulkan sisanya (Mutia & Dwi Fahyuan, 2019). Adapun rentang frekuensi suara yang dapat didengar manusia berkisar antara 20 Hz hingga 20 kHz, yang dikenal *audible range* (Nasution dkk., 2018a). Ilustrasi fenomena suara yang diserap, dipantulkan, dan diteruskan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Fenomena suara yang diserap, dipantulkan, dan diteruskan (FTI ITB, 2010)

Berdasarkan permasalahan di atas, penggunaan peredam bunyi dari bahan alami yang mudah diperoleh, seperti benang wol, menjadi alternatif yang ramah lingkungan. Benang wol berasal dari serat hewan domba yang memiliki struktur kasar dengan lapisan sisik di permukaannya, sehingga memiliki potensi menyerap gelombang suara (Nasution dkk., 2018b). Selain itu, limbah cangkang telur dan *egg tray* juga berpotensi sebagai bahan peredam bunyi. Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia, produksi telur pada tahun 2024 mencapai 6,34 miliar ton per tahun, dan sekitar 10% diantaranya merupakan limbah cangkang telur. Cangkang ini mengandung sekitar 98% $CaC0_3$ dan memiliki ribuan pori, sehingga mampu menyerap suara (Nurlaili et al., 2017). Di sisi lain, *egg tray* merupakan limbah rumah tangga berbahan dasar bubur kertas yang bersifat padat, berpori, dan reologis, sehingga efektif dalam meredam suara (Kaamin et al., 2020; Nurdin et al., 2021). Penelitian sebelumnya oleh Kahar et al., (2022) material berbahan *egg tray* mampu mereduksi kebisingan hingga 38,9 dB.

Urgensi penelitian ini terletak pada upaya mengoptimalkan kinerja akustik *egg tray* melalui teknik komposit. Benang wol, yang memiliki struktur kasar dengan lapisan sisik unik, secara teoretis dapat meningkatkan luas permukaan penyerapan gelombang suara di dalam pori *egg tray*.

Kebaruan penelitian ini difokuskan pada penggabungan struktur pori makro dari limbah telur (cangkang dan *egg tray*) dengan struktur serat mikro dari benang wol untuk menciptakan material hibrida. Sinergi antara kalsium karbonat (*CaC03)* berpori pada cangkang telur (Nurlaili et al., 2017) dan sifat reologis *egg tray* diharapkan menghasilkan koefisien serap yang lebih tinggi dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas komposit benang wol–cangkang telur dan benang wol–egg tray dalam meningkatkan koefisien penyerapan bunyi. Melalui pendekatan ini, diharapkan tercipta solusi peredam bunyi yang tidak hanya berperforma tinggi pada berbagai rentang frekuensi, tetapi juga bersifat ekonomis dan ramah lingkungan.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2025 di Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah

metode eksperimen. Alat dan material yang digunakan pada penelitian ini yaitu kardus dengan ukuran 18 x 10 cm, *egg tray*, cangkang telur, lem fox, blender, aplikasi *frequency* pada hp sebagai sumber bunyi, dan gunting. Proses pembuatannya dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan, lalu memotong *egg tray* menjadi bagian-bagian kecil dan hancurkan cangkang telur menjadi bagian - bagian kecil.

Setelah itu, masukkan egg tray ke dalam blender dan tambahkan air ke dalamnya. Kemudian, haluskan hingga mencapai konsistensi seperti bubur. Selanjutnya, campur *egg tray* dengan lem fox kemudian diaplikasikan pada kardus, tahap pertama aplikasikan komposit pada kardus kemudian layerkan dengan benang wol, kemudian komposit lagi hingga mencapai ketebalan dengan ukuran 1 cm dan 2 cm. Lakukan juga hal yang sama pada cangkang telur. Keringkan di bawah sinar matahari terik selama 3 hari atau hingga komposit benar-benar kering. Komposit benang wol – cangkang telur dan komposit benang wol – *egg tray* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Komposit benang wol – cangkang telur dan komposit benang wol – *egg tray*
(Sumber : dokumentasi pribadi)

Hasil suara diukur menggunakan *Sound Level Meter* seperti pada gambar 3.



Gambar 3. *Sound Level Meter*
(Sumber : dokumen pribadi)

Pada medium peredam suara, pengujian dilakukan dengan cara mengukur tingkat kebisingan dengan menggunakan sumber suara dari aplikasi frekuensi pada ponsel. Proses pengukuran ini dilakukan di dalam ruangan yang dilapisi tebal agar intensitas suara yang diukur tidak dipengaruhi oleh suara luar. Selanjutnya, masukkan peredam suara, yaitu komposit benang wol dan cangkang telur serta komposit benang wol dengan baki telur, serta letakkan *speaker* di dalam peredam suara dan hitung intensitas suara setelah penerapan peredam. Untuk mengetahui nilai koefisien penyerapan suara, dapat diterapkan rumus sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{\ln I0 - \ln I}{x} \qquad (1)$$

Dengan,
α = koefisien serap bunyi
I0 = Intensitas bunyi sebelum melewati peredam suara (dB)
I = Intensitas bunyi setelah melewati peredam suara (dB)
x = Ketebalan medium penyerap (cm)

Untuk mengevaluasi kemampuan penyerapan suara berdasarkan tiga jenis medium yang diterapkan. Koefisien penyerapan suara yang dianggap baik berkisar antara 0 hingga 1. Angka 0 menandakan bahwa tidak satu pun energi suara diserap, sementara angka 1 menunjukkan bahwa penyerapan suara terjadi secara penuh. Jika terdapat nilai koefisien penyerapan suara yang sama dengan 0 atau kurang, maka medium tersebut tidak bisa disebut sebagai peredam suara (Nisa Ritonga dkk., 2022). Proses pengambilan data dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Proses pengambilan data

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil uji koefisien serap bunyi pada komposit benang wol dan cangkang telur serta komposit benang wol dan egg tray yang menggunakan lem fox sebagai perekat menunjukkan variasi nilai koefisien serap (α) berdasarkan frekuensi dan ketebalan material. Jenis media dan ketebalan material peredam adalah salah satu faktor yang berdampak pada pengurangan tingkat kebisingan (Gunawan et al., 2023). Pada ketebalan 1 cm, komposit benang wol dan cangkang telur memiliki nilai α sebesar 0,0208 pada frekuensi 400 Hz yang meningkat hingga 0,2771 pada frekuensi 1200 Hz.

Pada ketebalan 2 cm, nilai α menurun di semua frekuensi, dengan nilai terkecil 0,0170 pada 400 Hz dan tertinggi 0,1126 pada 1200 Hz. Sementara itu, komposit benang wol dan egg tray pada ketebalan 1 cm menunjukkan nilai α yang lebih tinggi, yaitu 0,0529 pada 400 Hz sampai 0,2804 pada 1200 Hz, dan mengalami penurunan pada ketebalan 2 cm, dengan nilai α antara 0,0319 hingga 0,1600. Penurunan ini diduga kuat terjadi karena meningkatnya densitas material yang menyebabkan penyempitan porositas. Selama observasi, proses fabrikasi pada ketebalan 2 cm membuat struktur serat wol dan limbah telur menjadi terlalu rapat (*over-compacted*). Hal ini menutup akses pori-pori mikro yang seharusnya memerangkap gelombang suara. Akibatnya, permukaan material menjadi lebih masif sehingga gelombang bunyi lebih banyak dipantulkan daripada diserap ke dalam struktur internal komposit.

Dalam penelitian yang dilakukan Gunawan et al., (2023) menyatakan bahwa perbedaan ketebalan busa dakron dan egg tray yang diterapkan dalam desain perangkat peredam suara dapat mengurangi tingkat kebisingan. Rata-rata penurunan yang dicapai berkisar antara 87,45 dBA hingga 78,18 dBA dengan persentase penurunan antara 5,27% dan 15,38%. Hasil uji koefisien serap bunyi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji koefisien serap bunyi

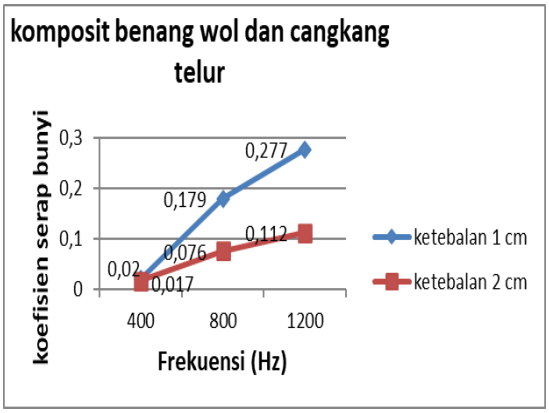
No	Sampel	Frekuensi (Hz)	I_0 (dB)	X (cm)	I (dB)	α
1	Komposit benang wol dan cangkang telur	400	77,6	1	76	0,020834
		800	74,4	1	62,2	0,179100
		1200	81,8	1	62	0,277142
2	Komposit benang wol dan cangkang telur	400	77,6	2	75	0,017041
		800	74,4	2	63,8	0,076851
		1200	81,8	2	65,3	0,112642
3	Komposit benang wol dan *egg tray*	400	77,6	1	73,6	0,052922
		800	74,4	1	63,8	0,153702
		1200	81,8	1	61,8	0,280373
4	Komposit benang wol dan *egg tray*	400	77,6	2	72,8	0,031925
		800	74,4	2	59,2	0,114267
		1200	81,8	2	59,4	0,159991

Tabel 1. menunjukkan hasil dari koefisien serap bunyi pada kedua sampel dengan ketebalan yang berbeda-beda. Dari kedua sampel terdapat perbedaan koefisien serap bunyi pada masing-masing koefisiennya. Koefisien yang tertinggi dan terendah pada sampel komposit benang wol - cangkang telur sebesar 0,2771428585663 pada frekuensi 1200 Hz dengan ketebalan sampel sebesar 1 cm dan 0,017041208828 pada frekuensi 400 Hz dengan ketebalan sampel sebesar 2 cm.

Pada koefisien serap bunyi yang tertinggi dan terendah pada sampel komposit benang wol - *egg tray* sebesar 0,280373879145 pada frekuensi 1200 Hz dengan ketebalan sampel 1 cm dan 0,031925735993 pada frekuensi 400 Hz dengan ketebalan sampel 2 cm. Koefisien penyerapan suara yang paling efektif untuk suatu sampel hanya dapat ditemukan pada frekuensi tertentu, hal ini dikarenakan distribusi serat dalam sampel tersebut.

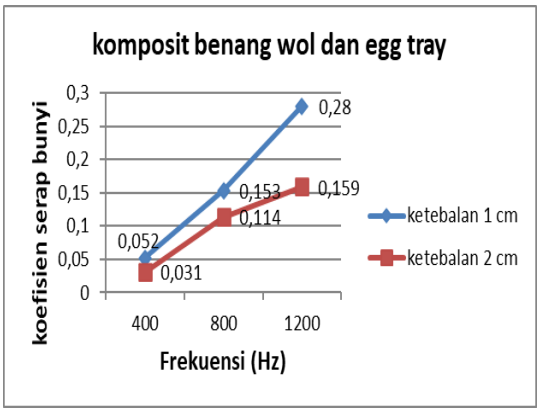
Pada frekuensi 800 Hz yang tergolong rendah, gelombang suara yang bergerak di dalam pipa memiliki panjang gelombang yang lebih panjang sehingga gelombang yang terpantul lebih dominan daripada gelombang yang diterima oleh material tersebut (Pawestri et al., 2018).

Hubungan koefisien serap bunyi dan frekuensi pada komposit benang wol–cangkang telur dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan frekuensi dan koefisien serap bunyi pada komposit benang wol - cangkang telur

Gambar 5 menunjukkan bahwa koefisien penyerapan bunyi cenderung meningkat seiring dengan peningkatan frekuensi. Pada frekuensi yang lebih rendah, seperti pada frekuensi 400 Hz koefisien penyerapan bunyi relatif lebih rendah. Sebaliknya pada frekuensi yang lebih tinggi, seperti pada frekuensi 1200 Hz koefisien penyerapan bunyi menunjukkan nilai yang lebih tinggi. Hal ini menandakan bahwa komposit benang wol – cangkang telur lebih efektif menyerap bunyi pada frekuensi tinggi dibandingkan pada frekuensi rendah. Besar kecilnya nilai koefisien penyerapan suara ditentukan oleh sifat-sifat material yang menjadi penghalang serta sudut datangnya gelombang suara (Khotimah et al., 2015). Hubungan koefisien serap bunyi dan frekuensi pada komposit benang wol – *egg tray* dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hubungan frekuensi dan koefisien serap bunyi pada komposit benang wol - *egg tray*

Gambar 6 juga menunjukkan bahwa koefisien penyerapan bunyi cenderung meningkat seiring dengan peningkatan frekuensi. Pada frekuensi yang lebih rendah, pada frekuensi 400 Hz koefisien penyerapan bunyi relatif lebih rendah. Sebaliknya pada frekuensi yang lebih tinggi, pada frekuensi 1200 Hz koefisien penyerapan bunyi menunjukkan nilai yang lebih tinggi. Hal ini menandakan bahwa komposit benang wol – egg tray lebih efektif menyerap bunyi pada frekuensi tinggi dibandingkan pada frekuensi rendah.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit benang wol - *egg tray* memiliki kemampuan untuk meredam bunyi lebih baik dibandingkan dengan komposit benang wol - cangkang telur pada frekuensi 1200 Hz dengan koefisien serap bunyi sebesar 0,280373879145. Hal ini disebabkan oleh benang wol yang memiliki struktur serat yang rapat dan saling bertautan sehingga dapat menyerap bunyi, selain benang wol, *egg tray* juga mempunyai karakteristik berpori dan berongga, sehingga ketika gelombang suara mengenai permukaan *egg tray* sebagian besar energi suara akan diserap dan diubah menjadi energi panas oleh gesekan udara di dalam rongga-rongga tersebut.

Pada umumnya material yang memiliki pori-pori cenderung menyerap lebih banyak energi suara dibandingkan dengan jenis material lainnya. Hal ini disebabkan oleh keberadaan pori-pori yang memungkinkan gelombang suara untuk memasuki material tersebut (Gunawan et al., 2023). Bahan lain yang bisa menyerap suara dan memiliki sifat resonan, seperti papan kayu tipis, mampu mengurangi energi suara dengan mengubah energi yang masuk menjadi getaran.

Getaran tersebut kemudian diubah menjadi energi gesekan oleh bahan berpori yang ada di dalamnya (Muhammad et al., 2018). Cangkang telur saat melalui proses penghancuran dan pengayakan akan menghasilkan partikel yang lebih konsisten dan tidak berpori sehingga serbuk dapat menjadi pengisi pori yang baik (Adediran et al., 2021). Keuntungan dari desain berpori

adalah memberikan kemudahan bagi elektrolit untuk masuk, mendukung difusi ion, pemindahan muatan, dan meningkatkan kapasitansi (Balasubramanian et al., 2019). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Rangga et al., (2023) menyatakan bahwa penambahan serbuk cangkang telur menjadikan spesimen mengalami perpatahan getas atau glanural dengan ciri permukaan patahan yang hampir rata dan memantulkan cahaya.

Sedangkan cangkang telur memiliki struktur kristal kalsium karbonat yang keras dan berpori. Pori-pori pada cangkang telur lebih kecil dan lebih teratur dibandingkan dengan *egg tray*. Gelombang bunyi akan merambat melalui pori-pori dalam komposit (Sandi et al., 2020). Temuan ini sejalan dengan riset yang menunjukkan bahwa penambahan egg tray bisa meningkatkan kapasitas penyerapan suara pada koefisien serapan suara yang dihasilkan. Dalam pembuatan sampel selain benang wol, *egg tray* dan cangkang telur, penting untuk mempertimbangkan jumlah lem yang digunakan. Banyaknya lem yang digunakan akan memengaruhi kepadatan sampel papan partikel tersebut.

Penelitian yang dilaksanakan oleh pratiwi et al (2019) menunjukkan bahwa tingkat suara pada papan serat akustik dipengaruhi oleh panjang serat; semakin pendek seratnya, semakin rendah tingkat suara yang terukur. Berdasarkan studi Dharmantya (2010), tingkat penyerapan suara dari setiap sampel berbeda-beda dan bergantung pada densitas serta keberadaan pori-pori udara dalam sampel tersebut. Densitas yang lebih tinggi akan menyulitkan energi suara untuk melewati material karena kurangnya porositas, sehingga kecepatan partikel suara berkurang dan impedansinya meningkat, mengakibatkan lebih banyak suara dipantulkan daripada diserap.

Standar ISO 11654 menetapkan bahwa suatu material dianggap memiliki kemampuan penyerapan suara yang baik jika nilai koefisien penyerapan suara lebih dari 0,15 (Ola et al., 2020). Jika ditinjau dalam konteks frekuensi sumber yang diuji, kedua material yang terdapat dalam penelitian ini dikategorikan sebagai bahan berpori, yang lebih efisien digunakan untuk frekuensi menengah ke atas dibandingkan dengan frekuensi rendah. Ketebalan sampel juga berperan dalam menentukan nilai koefisien penyerapan akustik; semakin tebal materialnya, maka koefisien penyerapan suara akan meningkat (Harahap et al., 2023).

Kemampuan material peredam suara dalam menyerap bunyi ternyata tidak sama, tergantung pada ketebalannya (Satoto, 2018). Semakin tebal material, semakin sedikit suara yang dapat menembusnya (Syech et al., 2015). Dapat dilihat pada hasil penelitian komposit benang wol - cangkang telur pada frekuensi 400 Hz dengan ketebalan yang berbeda 1 cm dan 2 cm meredam suara berturut – turut sebesar 1,6 dB dan 2,6 dB sedangkan pada komposit benang wol - egg tray pada frekuensi 400 Hz dengan ketebalan yang berbeda 1 cm dan 2 cm meredam suara berturut – turut sebesar 4 dB dan 4,8 dB. Semakin tebal material semakin besar pula intensitas kebisingan yang diredam. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu oleh Pratiwi et al., (2019) yang menunjukkan bahwa berdasarkan variasi panjang serat yaitu 1 cm, 2 cm, dan 3 cm, diketahui bahwa komposit dengan panjang serat terpendek, yaitu 1 cm, dapat secara efektif menurunkan nilai intensitas suara pada semua frekuensi yang diuji.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nabila et al., (2020) bahwa semakin tebal bahan peredam maka nilai serapan suaranya semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah partikel dalam bahan peredam yang mengakibatkan penurunan koefisien serapan. Bahan dengan ketebalan yang lebih rendah cenderung memiliki porositas yang lebih besar dibandingkan dengan bahan yang lebih tebal, sehingga suara lebih mudah diserap oleh bahan tersebut. Penelitian yang dilakukan Syahrir & Natalisanto (2021) juga menegaskan hal ini, dimana secara umum koefisien absorpsi

bunyi akan mencapai nilai optimal dan cenderung lebih tinggi ketika menerima suara dengan frekuensi yang lebih rendah. Sebaliknya, koefisien absorpsi bunyi akan lebih rendah ketika menerima suara dengan frekuensi yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini, terdapat variasi ketebalan sampel yang juga berpengaruh dalam menentukan koefisien penyerapan bunyi.

D. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa material akustik berbasis komposit benang wol - cangkang telur dan benang wol - egg *tray* dapat dimanfaatkan sebagai peredam suara. Jenis bahan dan ketebalan berpengaruh terhadap efektivitas penyerapan bunyi. Komposit benang wol - cangkang telur pada ketebalan 1 cm memiliki efektivitas penyerapan terbaik pada frekuensi dan koefisien serap bunyi berturut- turut **400 Hz:** 0,020834086902, **800 Hz:** 0,179100942093, **1200 Hz:** 0,2771428585663. Sedangkan komposit benang wol - *egg tray* menunjukkan nilai koefisien penyerapan yang lebih tinggi terutama pada frekuensi tinggi, yaitu **400 Hz:** 0,052922401454, **800 Hz:** 0,153702751488, **1200 Hz:** 0,280373879145. Dengan demikian, komposit benang wol - *egg tray* dinilai lebih efektif pada frekuensi tinggi dan cocok digunakan sebagai peredam bunyi di lingkungan seperti kantor, sekolah, dan ruang tertutup lainnya. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan melakukan optimasi rasio komposisi guna menjaga porositas pada material yang lebih tebal, serta melakukan uji ketahanan fisik seperti uji api dan kelembapan untuk standarisasi material bangunan.

E. DAFTAR PUSTAKA

Adediran, A. A., Akinwande, A. A., Balogun, O. A., Adesina, O. S., Aliyu, S. J., Erinle, T. J., Nyika, J., & Olayanju, A. (2021). Selected properties of waste wig, eggshell and waste paper hybrid composites as potential material for wall partitioning. *Materials Today: Proceedings*, *44*, 2828–2836.

Aldania, R. (2024). Penentuan absorpsi suara dan absoprsi air oleh papan komposit berbahan kardus telur. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *10*(4), 1801–1808.

Alimus, N. A. I., Mallapiang, F., Haerana, B. T., & Jusriani, R. (2023). Limbah pelepah batang pisang dan rak telur sebagai inovasi K3 dalam meredam kebisingan. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, *9*(2), 103–107.

Aristawati, I. V., Yulianto, A., & Nurbaiti, U. (2022). Aplikasi rockwool sebagai material absorben gelombang bunyi. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, *6*(1), 41–45.

Balasubramanian, V., Daniel, T., Henry, J., Sivakumar, G., & Mohanraj, K. (2019). Electrochemical performances of activated carbon prepared using eggshell waste. *SN Applied Sciences*, *2*(127).

Gunawan, S., & Karmini, M. (2023). Rancang bangun alat peredam kebisingan berbasis variasi ketebalan busa dakron dan egg tray terhadap penurunan intensitas kebisingan di industri farmasi tahun 2023. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, *5*(2), 118–125.

Harahap, S. R., Nasution, M. I., & Nasution, N. (2023). Penerapan egg tray untuk mereduksi tingkat kebisingan pada ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau. *Indonesian Physics Communication*, *20*(2), 159–164.

Kaamin, M., Abdullah, N. H., Idris, N. A., Razali, S. N. M., Jamal, N. A. Z. A., Zainil, H., Hashim, A. M. M., & Fulazzaky, M. A. (2020). A study on sound-absorbing acoustic panels from egg trays with recycled materials (paper & plastic). *International Journal of Nanoelectronics & Materials*, *13*, 411–420.

Kahar, K., Iqbal, M., & Kamaludin, A. (2022). Serbuk gergaji dan papan telur sebagai alternatif noise barrier dalam ruangan. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, *8*(2), 114–120.

Khairatul, I. (2016). *Karakteristik koefisien absorbsi bunyi dan impedansi akustik dari material berongga plafon PVC menggunakan metode tabung impedansi* [Doctoral dissertation, Universitas Andalas].

Khotimah, K., & Soeprianto, H. (2015). Sifat penyerapan bunyi pada komposit serat batang pisang (SBP)–Polyester. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *1(1).*

Muhammad, A. A., Salim, A., & Marasabessy, F. (2017). The application of acoustic material egg tray as noise absorbers in the interior of elementary school classroom. *MITRA: Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, *1*(1), 18–31.

Mutia, P., & Fahyuan, H. D. (2021). Pengaruh jenis serat alam terhadap koefisien absorpsi bunyi sebagai peredam kebisingan. *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, *3*(1), 18–23.

Nabila, N., & Mahyudin, A. (2020). Pengaruh ketebalan pelepah pisang terhadap koefisien absorpsi material akustik. *Jurnal Fisika Unand*, *9*(2), 244–249.

Nasution, A., Wahab, A., & Nuari, D. (2018). Analisis pengaruh benang wol dan limbah batang pisang dalam rancangan produk komposit peredam bunyi ruang akustik. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, *20*(2), 53–62.

Nurdin, Nurhapsah, & Halimah, A. S. (2021). Financial feasibility of egg tray making in Sidrap Regency. *Jurnal Agribisnis*, *23*(2), 293–300.

Nurlaili, T., & Kurniasari, L. (2017). Pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai adsorben zat warna methyl orange dalam larutan. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, *2*(2), 11–14.

Ola, F. B., Prasetya, M. C., Renwarin, M. R. P., Kitti, C., & Purwanto, F. (2020). Identifikasi tingkat kebisingan serta indikasi dampak desain barrier hunian di tepi jalan raya. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur*, *5*(1), 81–92.

Pawestri, A. K. R., Hasanah, W., & Murphy, A. (2018). Studi karakteristik komposit sabut kelapa dan serat daun nanas sebagai peredam bunyi. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, *2*(2), 112–117.

Pratiwi, P., Fahmi, H., & Saputra, G. (2019). Pengaruh panjang serat terhadap sifat akustik komposit berpenguat serat kulit buah pinang dengan matrik epoxy. *Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang*, *9*(1), 34–40.

Rangga, D. P., Hartono, P., & Basjir, M. (2023). Analisis pengaruh serbuk cangkang telur dan serat ampas tebu sebagai komposit terhadap sifat mekanis. *Jurnal Teknik Mesin*, *18*(5), 56–63.

Ritonga, K. N., Yulianti, M., Nurianti, T., Mustika, D., & Putri, M. D. (2022). Pemanfaatan egg tray, kertas koran dan kardus sebagai peredam suara. *GRAVITASI: Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, *5*(1), 7–10.

Sandi, S., Kumalasari, K., Akbar, J., Sari, R., & Afriani, F. (2020). Pengukuran koefisien serapan bunyi spons dan styrofoam dengan menggunakan smartphone. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, *1*(1), 13–16.

Satoto, H. F. (2018). Analisis kebisingan akibat aktifitas transportasi pada kawasan pemukiman Jalan Sutorejo-Mulyorejo Surabaya. *Heuristic: Jurnal Teknik Industri*, *15*(1), 49–62.

Syahrir, S., & Natalisanto, A. I. (2021). Analisis koefisien serapan (absorbsi) kebisingan pada bahan kayu (triplek, papan kayu dan kalsiboard). *Progressive Physics Journal*, *2*(1), 19–28.

Syech, R., & Stefan, A. (2015). Desain peredam suara tabung kaca dengan sampel campuran serbuk kayu meranti dan papan telur untuk mengukur koefisien absorbsi bunyi. *Indonesian Physics Communication*, *12*(10), 666–672.

Wulansari, R. S. (2018). *Uji kinerja penyerapan bunyi bahan akustik dari batang talas dengan variasi bentuk dan ketebalan sampel menggunakan tabung resonansi* [Doctoral dissertation, IAIN Palangka Raya].