



PENGEMBANGAN PANEL AKUSTIK BERBASIS GABUS KELAPA DENGAN MATRIKS *STYROFOAM* DAUR ULANG TERHADAP ABSORPSI BUNYI

Sonia Claudya Stepani Simanjuntak^{1*}, R Hari Setyanto²

¹Program Studi Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Indonesia

²Program Studi Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Indonesia

*Penulis Korespondensi: soniastepani4@student.uns.ac.id

Abstract. *The increasing level of noise caused by industrial activities, transportation, and urbanization has encouraged the development of environmentally friendly acoustic materials. This study aimed to analyze the effects of panel thickness and compaction level on the sound absorption performance of biocomposite acoustic panels made from coconut coir dust (cocopeat) and recycled styrofoam. An experimental method with a 2×2 factorial design was employed using thickness variations of 20 mm and 30 mm and compaction ratios of 4:4 and 4:5. Each treatment combination was replicated three times. Sound absorption testing was conducted using a two-microphone impedance tube according to ASTM E1050-98 at frequencies of 200 Hz, 400 Hz, 800 Hz, and 1600 Hz. The obtained sound absorption coefficients were converted into Noise Reduction Coefficient (NRC) values and subsequently transformed into decibel drop values. Data were analyzed using Two-Way ANOVA. The results indicated that thickness, compaction level, and their interaction significantly affected decibel drop values ($p < 0.05$). Panels with a thickness of 30 mm exhibited higher sound absorption performance than panels with a thickness of 20 mm. The 4:4 compaction ratio produced higher decibel drop values compared to the 4:5 ratio. The best performance was achieved by the 30 mm panel with a 4:4 compaction ratio, producing an average decibel drop value of 2.270 dB. These findings demonstrate that increasing panel thickness improves sound absorption capability, while the effect of compaction depends on the structural characteristics of the biocomposite panel.*

Keywords *acoustic panel; biocomposite; cocopeat; recycled styrofoam; sound absorption.*

Abstrak. Peningkatan kebisingan akibat perkembangan industri, transportasi, dan urbanisasi mendorong perlunya pengembangan material akustik yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh ketebalan dan tingkat kompaksi terhadap kemampuan absorpsi bunyi panel biokomposit berbasis gabus kelapa (*cocopeat*) dengan matriks *styrofoam* daur ulang. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan rancangan faktorial 2×2 yang terdiri atas variasi ketebalan 20 mm dan 30 mm serta kompaksi 4:4 dan 4:5. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali replikasi. Pengujian absorpsi bunyi dilakukan menggunakan tabung impedansi dua mikrofon berdasarkan standar ASTM E1050-98 pada frekuensi 200 Hz, 400 Hz, 800 Hz, dan 1600 Hz. Nilai koefisien absorpsi bunyi dikonversi menjadi *Noise Reduction Coefficient* (NRC) dan selanjutnya dihitung menjadi nilai *decibel drop*. Analisis data dilakukan menggunakan Two-Way ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan, kompaksi, dan interaksi keduanya berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop* ($p < 0,05$). Ketebalan 30 mm menghasilkan kemampuan absorpsi bunyi yang lebih baik dibandingkan ketebalan 20 mm. Kompaksi 4:4 menghasilkan nilai *decibel drop* lebih tinggi dibandingkan kompaksi 4:5. Kombinasi perlakuan terbaik diperoleh pada panel dengan ketebalan 30 mm dan kompaksi 4:4 yang menghasilkan nilai *decibel drop* rata-rata sebesar 2,270 dB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan panel mampu meningkatkan kemampuan absorpsi bunyi, sedangkan pengaruh kompaksi bergantung pada kombinasi perlakuan yang digunakan.

Kata kunci: absorpsi bunyi; biokomposit; gabus kelapa; panel akustik; *styrofoam* daur ulang.

1. LATAR BELAKANG

Kebisingan merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang terus meningkat seiring perkembangan industri, transportasi, dan urbanisasi. Paparan kebisingan yang berlebihan tidak hanya berdampak pada kesehatan pendengaran, tetapi juga dapat memengaruhi kondisi fisiologis dan psikologis manusia. Oleh karena itu, diperlukan material akustik yang mampu menyerap energi bunyi secara efektif.

Material penyerap bunyi konvensional seperti *glass wool* dan *rock wool* memiliki performa yang baik, namun penggunaannya menimbulkan isu lingkungan karena sulit terurai. Kondisi tersebut mendorong pengembangan material akustik berbasis sumber daya alam dan limbah yang lebih ramah lingkungan. Gabus kelapa (*cocopeat*) memiliki struktur berpori dan massa jenis rendah yang berpotensi digunakan sebagai material penyerap bunyi. Di sisi lain, limbah *styrofoam* merupakan salah satu jenis limbah plastik yang sulit terurai sehingga pemanfaatannya sebagai matriks komposit dapat menjadi solusi pengurangan limbah.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penggunaan serat kelapa maupun *styrofoam* sebagai material komposit. Namun penelitian mengenai pengaruh ketebalan dan tingkat kompaksi pada panel biokomposit berbasis gabus kelapa dengan matriks *styrofoam* daur ulang masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh kedua faktor tersebut terhadap kemampuan absorpsi bunyi panel biokomposit.

2. KAJIAN TEORITIS

Panel akustik merupakan material yang dirancang untuk mengurangi energi bunyi melalui mekanisme absorpsi. Kemampuan material dalam menyerap bunyi umumnya dinyatakan dengan koefisien absorpsi bunyi (α) yang berkisar antara 0 hingga 1.

Gabus kelapa atau *cocopeat* merupakan limbah hasil pengolahan sabut kelapa yang memiliki struktur berpori sehingga mampu meningkatkan penyerapan gelombang bunyi. *Styrofoam* daur ulang digunakan sebagai matriks untuk mengikat partikel gabus kelapa dan membentuk struktur panel yang stabil.

Performa panel akustik dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya ketebalan material dan tingkat kompaksi. Ketebalan yang lebih besar dapat meningkatkan lintasan rambat gelombang bunyi di dalam material sehingga energi bunyi yang terserap menjadi lebih besar. Sementara itu, tingkat kompaksi memengaruhi distribusi rongga dan kepadatan material yang berperan dalam proses absorpsi bunyi.

3. METODE PENELITIAN

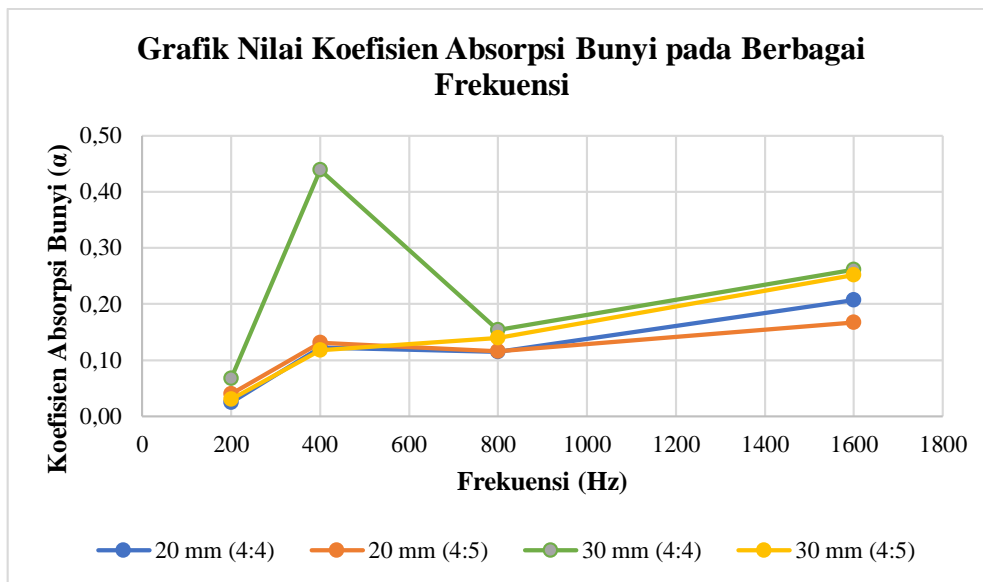
Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan rancangan faktorial 2×2 . Faktor pertama adalah ketebalan panel biokomposit yang terdiri atas 20 mm dan 30 mm. Faktor kedua adalah tingkat kompaksi dengan perbandingan 4:4 dan 4:5. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali replikasi sehingga diperoleh 12 data pengamatan.

Panel biokomposit dibuat menggunakan gabus kelapa sebagai filler dan *styrofoam* daur ulang sebagai matriks. Gabus kelapa terlebih dahulu direndam dalam larutan NaOH 5% selama 3 jam, dicuci, dan dikeringkan. *Styrofoam* dilarutkan menggunakan *thinner* polyurethane dan *thinner* B untuk membentuk matriks. Campuran kemudian dicetak menggunakan metode *hot compression molding*.

Pengujian absorpsi bunyi dilakukan menggunakan tabung impedansi dua mikrofon berdasarkan standar ASTM E1050-98 pada frekuensi 200 Hz, 400 Hz, 800 Hz, dan 1600 Hz. Nilai koefisien absorpsi bunyi dihitung menjadi *Noise Reduction Coefficient* (NRC) dan selanjutnya dikonversi menjadi nilai *decibel drop*. Analisis statistik dilakukan menggunakan *Two-Way ANOVA* pada taraf signifikansi 5%.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai koefisien absorpsi bunyi berbeda pada setiap variasi ketebalan dan kompaksi. Nilai koefisien absorpsi tertinggi diperoleh pada spesimen dengan ketebalan 30 mm dan kompaksi 4:4 sebesar 0,439 pada frekuensi 400 Hz.



Gambar 1. Grafik Nilai Koefisien Absorpsi Bunyi pada Berbagai Frekuensi

Perhitungan NRC menunjukkan bahwa panel dengan ketebalan 30 mm dan kompaksi 4:4 menghasilkan nilai NRC tertinggi sebesar 0,230. Sementara itu, kombinasi ketebalan 20 mm dan kompaksi 4:5 menghasilkan NRC terendah sebesar 0,113.

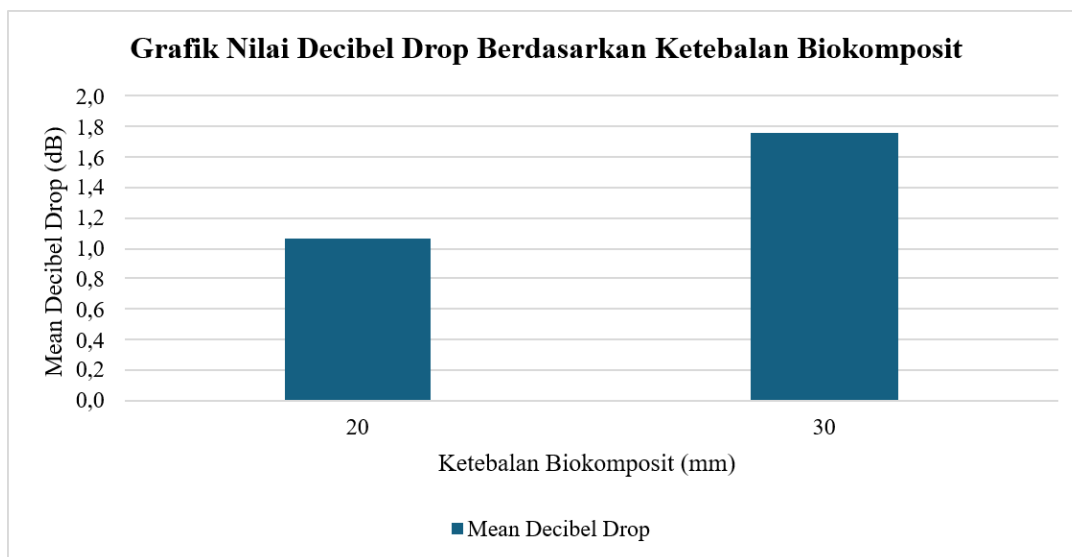
Tabel 1. Hasil Perhitungan *Noise Reduction Coefficient* (NRC)

Ketebalan Spesimen	Kompaksi	NRC		
		1	2	3
2 cm	4:4	0,117	0,115	0,120
	4:5	0,113	0,111	0,116
3 cm	4:4	0,230	0,227	0,234
	4:5	0,135	0,215	0,222

Hasil konversi NRC menjadi *decibel drop* menunjukkan bahwa panel dengan ketebalan 30 mm dan kompaksi 4:4 menghasilkan nilai *decibel drop* rata-rata tertinggi sebesar 2,270 dB. Sebaliknya, nilai terendah diperoleh pada panel dengan ketebalan 20 mm dan kompaksi 4:5 sebesar 1,043 dB.

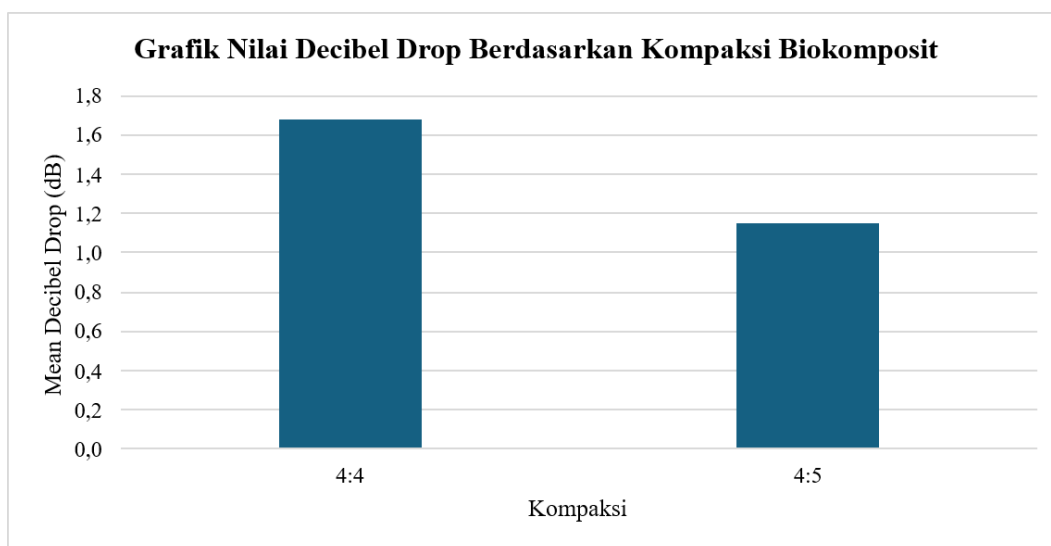
Tabel 2. Hasil Perhitungan *Decibel drop*

Ketebalan Spesimen	Kompaksi	<i>Decibel Drop</i>			Rata-Rata	Standar Deviasi
		1	2	3		
2 cm	4:4	1,084	1,062	1,106	1,084	0,018
	4:5	1,045	1,021	1,068	1,045	0,019
3 cm	4:4	2,270	2,241	2,286	2,266	0,019
	4:5	2,831	2,650	2,845	2,775	0,089



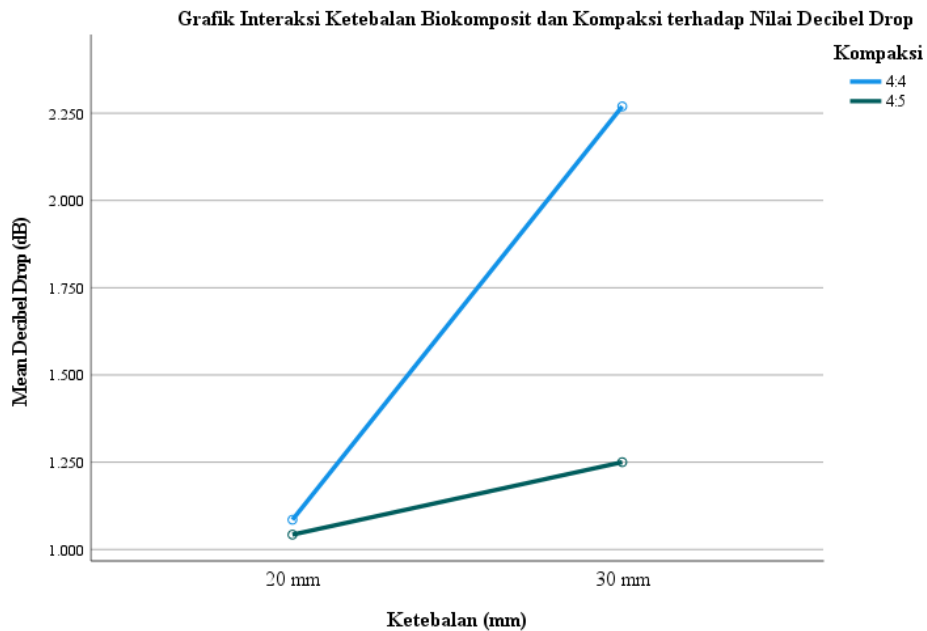
Gambar 2. Grafik Nilai *Decibel drop* Berdasarkan Ketebalan Biokomposit

Pengujian ANOVA menunjukkan bahwa ketebalan panel berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop* ($p < 0,05$). Nilai rata-rata *decibel drop* meningkat dari 1,064 dB pada ketebalan 20 mm menjadi 1,760 dB pada ketebalan 30 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan panel memperpanjang lintasan rambat gelombang bunyi sehingga meningkatkan kemampuan absorpsi.



Gambar 3. Grafik Nilai *Decibel drop* Berdasarkan Kompaksi

Faktor kompaksi juga menunjukkan pengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop* ($p < 0,05$). Kompaksi 4:4 menghasilkan nilai rata-rata *decibel drop* sebesar 1,677 dB, lebih tinggi dibandingkan kompaksi 4:5 sebesar 1,147 dB. Struktur material yang terbentuk pada kompaksi 4:4 diduga menghasilkan distribusi rongga yang lebih efektif dalam menyerap energi bunyi.



Gambar 4. Grafik Interaksi Ketebalan Biokomposit dan Kompaksi terhadap Nilai *Decibel drop*

Selain itu, interaksi antara ketebalan dan kompaksi juga berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*. Temuan ini menunjukkan bahwa pengaruh kompaksi terhadap kemampuan absorpsi bunyi bergantung pada ketebalan panel yang digunakan. Sebelum dilakukan pengujian ANOVA, data telah memenuhi asumsi normalitas, homogenitas, dan independensi. Hasil pengujian ANOVA disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji ANOVA *Decibel drop*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Decibel_Drop

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.015 ^a	3	1.005	4459.378	<,001
Intercept	23.925	1	23.925	106175.716	<,001
Ketebalan	1.453	1	1.453	6449.325	<,001
Kompaksi	.846	1	.846	3753.919	<,001
Ketebalan * Kompaksi	.715	1	.715	3174.889	<,001
Error	.002	8	.000		
Total	26.941	12			
Corrected Total	3.016	11			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Ketebalan panel biokomposit berbasis gabus kelapa dan matriks *styrofoam* daur ulang berpengaruh signifikan terhadap kemampuan absorpsi bunyi. Ketebalan 30 mm menghasilkan nilai *decibel drop* yang lebih tinggi dibandingkan ketebalan 20 mm. Tingkat kompaksi juga berpengaruh signifikan, dimana kompaksi 4:4 menghasilkan kemampuan peredaman bunyi yang lebih baik dibandingkan kompaksi 4:5. Selain itu, terdapat interaksi signifikan antara ketebalan dan kompaksi terhadap nilai *decibel drop*. Kombinasi perlakuan terbaik diperoleh pada ketebalan 30 mm dan kompaksi 4:4 dengan nilai *decibel drop* rata-rata sebesar 2,270 dB. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan pengujian sifat mekanik dan ketahanan material untuk mengevaluasi kelayakan aplikasi panel secara lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Dr. Ir. R. Hari Setyanto, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, serta bimbingan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan spesimen, pelaksanaan pengujian, dan penyelesaian penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR REFERENSI

- Arjunan, A., Baroutaji, A., Robinson, J., Vance, A., & Arafat, A. (2024). Acoustic metamaterials for sound absorption and insulation in buildings. *Building and Environment*.
- ASTM International. (1998). *ASTM E1050-98: Standard test method for impedance and absorption of acoustical materials using a tube, two microphones and a digital frequency analysis system*. ASTM International.
- Bimara, B. C., Azizah, A. R., Wulansari, T. A., Nurbaiti, U., & Fianti, F. (2021). Analisis material serat alam tebu sebagai bahan peredam suara. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*.
- Eriningsih, R., Widodo, M., & Marlina, R. (2014). Pembuatan dan karakterisasi peredam suara dari bahan baku serat alam.
- Jojon, J. (2022). *Analisis produksi dan potensi pendapatan usaha cocopeat sebagai media tumbuh tanaman* (Doctoral dissertation, Universitas Sulawesi Barat).

- Khairunisa, Z., & Elvaswer. (2024). Karakteristik koefisien absorpsi bunyi dan impedansi panel akustik dari *styrofoam* menggunakan metode tabung. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 13(4), 518–524.
- Khuriati, A., Komaruddin, E., & Nur, M. (2006). Disain peredam suara berbahan dasar sabut kelapa dan pengukuran koefisien penyerapan bunyinya. *Berkala Fisika*, 9(1).
- Lee, Y., & Joo, C. (2003). Sound absorption properties of recycled polyester fibrous assembly absorbers. *AUTEX Research Journal*, 3(2), 78–84.
- Mukhlis, M., Seng, A., Tjiroso, B., Harbullah, M. M., & Umar, K. (2025). Perlakuan serat sabut kelapa dengan asap cair sebagai bahan penguat komposit penyerap suara. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 3(1), 1–7.
- Munir, M. (2015). Pemanfaatan fluk pada *styrofoam* sebagai bahan dasar peredam suara dengan metode tabung impedansi. *Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3).
- Napitupulu, R., Zakaria, Z., & Pranandita, N. (2024). Uji koefisien absorpsi suara serat resam dengan matrik polyester sebagai bahan alternatif peredam suara. *Manutech Jurnal Teknologi Manufaktur*, 16.
- Nurhajati, D. W., & Indrajati, I. N. (2011). Kualitas komposit serbuk sabut kelapa dengan matrik sampah *styrofoam* pada berbagai jenis kompatibilizer. *Jurnal Riset Industri Online*, 5(2).
- Pangalila, K. A. W., Sudjarwo, P., & Buntoro, J. (2013). Dinding peredam suara berbahan damen dan serabut kelapa. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 2(1).
- Prastianto, B. K. A., Rubiono, G., & Qiram, I. (2023). Pengaruh komposisi partikel *styrofoam* dan resin epoksi pada komposit peredam suara. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*.
- Putri, N. A. (2020). *Pengaruh ketebalan beton ringan akustik sabut kelapa terhadap kedap suara*.
- Waryati, W., Fritami, L. T., & Sarwono. (2017). Pemanfaatan serabut kelapa (coco fiber) dan lem kanji (cassava starch) menjadi papan serat komposit sebagai material pengendali kebisingan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(1).
- Wicaksono, A. B. (2023). *Inovasi pemanfaatan material komposit sebagai material penyerap suara dengan berbagai variasi limbah* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).