

PENGARUH FAKTOR KETEBALAN SKIN RESONATOR, DIAMETER LEHER RESONATOR, DAN VOLUME ISIAN RESONATOR (ACOUSTIC FILL) PADA KINERJA PENYERAPAN SUARA PANEL PEREDAM BERBASIS SERAT SABUT KELAPA

I Gusti Ayu Ratu Putri Maharani¹⁾, R. Hari Setyanto²⁾, Susy Susmartini³⁾

Program Studi Teknik Industri Universitas Sebelas Maret

e-mail: ¹⁾ayuratuputrimaha@student.uns.ac.id, ²⁾setyanto@staff.uns.ac.id,

³⁾susy_susmartini2015@staff.uns.ac.id

ABSTRAK

Kebisingan merupakan paparan suara secara berulang yang berlebihan yang dapat menyebabkan kerusakan pada manusia atau makhluk hidup lainnya. Paparan kebisingan yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti gangguan tidur, pendengaran, gangguan stres, dan menurunnya produktivitas kerja. Cara untuk mengendalikan kebisingan adalah dengan mendesai alat peredam suara. Material yang digunakan dalam perancangan alat peredam suara berupa serat alam yaitu serat sabut kelapa. Serat sabut kelapa memiliki porositas dan struktur serat yang memungkinkan penyerapan suara yang efektif. Bentuk fisik dari alat peredam suara pun mempengaruhi kemampuan dalam penyerapan suara. Pada penelitian ini digunakan tiga faktor untuk melihat kemampuan penyerapan suara pada alat peredam yaitu faktor ketebalan skin resonator, diameter leher resonator, dan volume isian resonator (acoustic fill). Variasi faktor ketebalan skin yaitu 6 mm dan 9 mm, diameter leher resonator yaitu 6 mm dan 8 mm, dan volume isian resonator (acoustic fill) yaitu 8% dan 9%. Hasil penelitian mendapatkan spesimen dengan variasi ketebalan skin resonator 6 mm, diameter leher resonator 6 mm, dan volume isian resonator (acoustic fill) 9% yang optimal dalam penyerapan suara dengan nilai decibel drop sebesar 3,939 Db.

Kata kunci: Kebisingan, alat peredam suara, serat sabut kelapa, penyerapan suara.

ABSTRACT

Noise is an excessive repeated exposure to sound that can cause damage to humans or other living things. Continuous exposure to noise can cause health problems such as sleep disorders, hearing loss, stress disorders, and decreased work productivity. The way to control noise is by designing a sound absorber panel. The material used in the design of sound absorber panel is natural fiber. Coconut coir fiber has porosity and fiber structure that allows effective sound absorption. The physical shape of the sound absorber panel also affects the ability to absorb sound. In this research, three factors are used to see the sound absorption ability of the sound absorber panel, resonator skin thickness, diameter of resonator neck, and the acoustic fill. Variation of skin thickness are 6 mm and 9 mm, resonator neck diameter are 6 mm and 8 mm, and the acoustic fill are 8% and 9%. The result showed that the specimen with the variation of resonator skin thickness of 6 mm, resonator nec diameter of 6 mm, and acoustic fill of 9% was optimal in sound absorption with a decibel drop value of 3,939 dB.

Keywords: Noise, sound absorber, coconut coir fiber, sound absorption.

PENDAHULUAN

Polusi suara atau kebisingan merupakan paparan secara berulang yang berlebihan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada manusia dan makhluk hidup lainnya [1]. Paparan secara terus menerus dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti gangguan tidur, gangguan pendengaran, menurunnya produktivitas kerja, dan gangguan stress. Salah satu cara untuk mengendalikan kebisingan yaitu dengan mendesain alat peredam suara. Alat peredam suara merupakan bahan atau struktur yang dirancang untuk menyerap atau mengurangi suara [2]. Material yang digunakan sebagai bahan peredam suara pada umumnya menggunakan serat sintetis. Namun dikarenakan bahan sintetis memiliki proses produksi dan tidak ramah di lingkungan, digunakanlah serat alam sebagai gantinya. Keberadaan buah kelapa di Indonesia berjumlah 15,5 miliar butir per tahun atau setara dengan 1,8 juta ton serat sabut kelapa. Serat sabut kelapa memiliki kelebihan antara lain

yaitu tahan terhadap jamur, memberikan insulasi yang baik terhadap suhu dan udara, serta memiliki porositas dan struktur serat yang memungkinkan penyerapan suara yang efektif sehingga dapat digunakan sebagai bahan peredam suara alami [3]. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa serat alam, termasuk serat sabut kelapa dapat memberikan kinerja akustik yang sebanding dengan bahan peredam konvensional sekaligus menawarkan solusi yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan [4].

Faktor penting yang mempengaruhi kinerja resonator adalah ketebalan *skin* resonator. Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan *skin* resonator dapat mengubah sifat akustik dari material sehingga mempengaruhi kemampuan panel dalam penyerapan suara [5]. Penambahan diameter lubang (*cavity*) pada peredam suara juga dapat meningkatkan kemampuan dalam penyerapan suara [6]. Struktur ini mampu mengoptimalkan interaksi gelombang suara dengan panel, sehingga dapat meningkatkan penyerapan suara pada berbagai frekuensi. Sandito A.R. [7] telah melakukan perancangan alat peredam suara dengan menggunakan *cavity* sebesar 4 mm, 6 mm, dan 8 mm. Dari penelitian yang dilakukan, ketiga variasi *cavity* memiliki rata-rata nilai koefisien serap bising yang optimal pada rentang frekuensi tertentu yaitu 150 – 1200 Hz sebesar 3,96 dB. Dari penelitian yang dilakukan, penambahan diameter lubang (*cavity*) memungkinkan gelombang suara untuk terperangkap dan teredam lebih efisien di dalam ruangan tersebut sehingga meningkatkan kapasitas penyerapan suara. Selain dengan penambahan *cavity*, upaya untuk meningkatkan kemampuan dalam penyerapan suara juga dapat dilakukan dengan melakukan penambahan volume isian (*acoustic fill*) pada panel peredam [8].

Yudhanto [8] melakukan penambahan bahan penyerap dari bahan serat alam yaitu kapas, serat agave, dan serat sabut kelapa sebesar 10% dari luas volume peredam suara dan menghasilkan nilai koefisien serap bising (NAC) sebesar 0,98 dB pada frekuensi 600 Hz. Hal ini sejalan dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa volume isian (*acoustic fill*) yang lebih besar dapat meningkatkan interaksi gelombang suara dengan material penyerap, sehingga memperbesar area permukaan yang dapat menyerap suara dan mengurangi energi suara yang dipantulkan [9]. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan perancangan alat peredam suara dengan menggunakan serat sabut kelapa sebagai *acoustic fill*. Adapun beberapa faktor yang digunakan untuk menentukan pengaruh kemampuan penyerapan suara pada spesimen uji yaitu ketebalan *skin*, diameter leher, dan volume *filler* berupa serat sabut kelapa. Variasi yang digunakan antara lain pada ketebalan *skin* yaitu sebesar 6 mm dan 9 mm. Diameter leher sebesar 6 mm dan 8 mm. Volume *filler* yaitu sebesar 8% dan 9% dari volume resonator. Dengan mempertimbangkan variasi faktor tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak dari faktor yang digunakan terhadap kemampuan penyerapan suara dari panel, sehingga dapat memberikan solusi yang lebih optimal untuk aplikasi dalam lingkungan bising.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen faktorial. Eksperimen faktorial digunakan untuk meneliti interaksi antara tiga variabel independen berbeda [10]. Terdapat tiga faktor yang digunakan sebagai variabel independen dalam penelitian ini, yaitu ketebalan *skin* resonator, diameter leher resonator, dan volume isian resonator (*acoustic fill*). Variabel dependen dalam studi ini adalah nilai *decibel drop*. Pada penelitian ini dilakukan replikasi sebanyak 5 kali, *layout* eksperimen ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Layout Eksperimen

Spesimen	Faktor Ketebalan Skin Resonator (A)	Faktor Diameter Leher Resonator (B)	Faktor Volume Isian Resonator (C)	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Replikasi 5
A1B1C1	6 mm	6 mm	8%	X1111	X1112	X1113	X1114	X1115
A1B1C2	6 mm	6 mm	9%	X1121	X1122	X1123	X1124	X1125
A1B2C1	6 mm	8 mm	8%	X1211	X1212	X1213	X1214	X1215
A1B2C2	6 mm	8 mm	9%	X1221	X1222	X1223	X1224	X1225
A2B1C1	9 mm	6 mm	8%	X2111	X2112	X2113	X2114	X2115
A2B1C2	9 mm	6 mm	9%	X2121	X2122	X2123	X2124	X2125
A2B2C1	9 mm	9 mm	8%	X2211	X2212	X2213	X2214	X2215
A2B2C2	9 mm	9 mm	9%	X2221	X2222	X2223	X2224	X2225

Keterangan: X1111 merupakan spesimen pengujian untuk ketebalan *skin resonator* 6 mm, diameter leher resonator 6 mm, dan volume *filler* 8% pada pengulangan (replikasi) pertama.

Perumusan Hipotesis

Pada tahap ini dilakukan penentuan terhadap hipotesis eksperimen yang digunakan. Hipotesis eksperimen ditunjukkan sebagai berikut.

- a. H_{0A} : Perbedaan ketebalan *skin resonator* tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
 H_{1A} : Perbedaan ketebalan *skin resonator* berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
- b. H_{0B} : Perbedaan diameter leher resonator tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
 H_{1B} : Perbedaan diameter leher resonator berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
- c. H_{0C} : Perbedaan volume *filler* resonator tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
 H_{1C} : Perbedaan volume *filler* resonator berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
- d. H_{0AB} : Perbedaan ketebalan *skin resonator* dan diameter leher resonator tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
 H_{1AB} : Perbedaan ketebalan *skin resonator* dan diameter leher resonator berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
- e. H_{0AC} : Perbedaan ketebalan *skin resonator* dan volume *filler* resonator tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
 H_{1AC} : Perbedaan ketebalan *skin resonator* dan volume *filler* resonator berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
- f. H_{0BC} : Perbedaan diameter leher resonator dan volume *filler* resonator tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
 H_{1BC} : Perbedaan diameter leher resonator dan volume *filler* resonator berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
- g. H_{0ABC} : Perbedaan ketebalan *skin resonator*, diameter leher resonator, dan volume *filler* resonator tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.
 H_{1ABC} : Perbedaan ketebalan *skin resonator*, diameter leher resonator, dan volume *filler* resonator berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.

Pembuatan Spesimen Uji

Pada pembuatan spesimen uji diperlukan bahan-bahan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

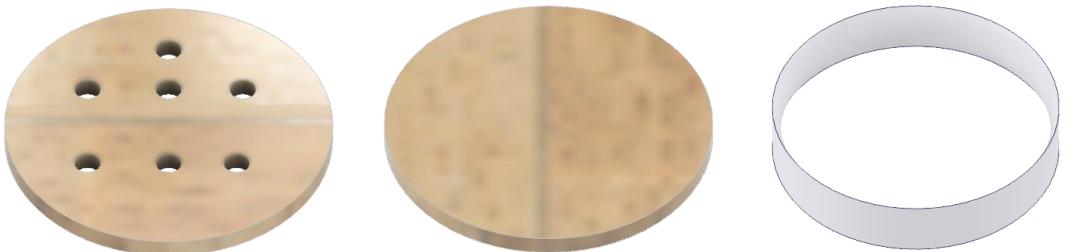
Tabel 2. Alat dan Bahan Pembuatan Spesimen Uji

No.	Alat dan Bahan
1.	Timbangan digital
2.	Tabung Impedansi 2 mikrofon
3.	<i>Hand drill</i>
4.	Gerinda
5.	Serat sabut kelapa
6.	Triplek berbentuk lingkaran berdiameter 10 cm dengan ketebalan 6 mm dan 9 mm
7.	Plastik mika
8.	Lem tembak

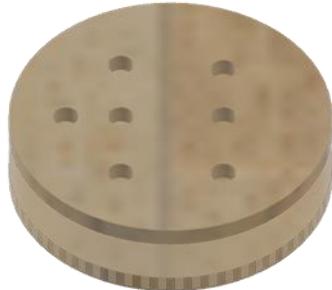
Langkah-langkah pembuatan spesimen uji dengan spesifikasi ketebalan *skin* resonator 6 mm, diameter leher resonator 6 mm, dan volume isian resonator 8%.

1. Ukur kebutuhan serat sabut kelapa untuk *filler* pada pembuatan spesimen menggunakan timbangan (volume isian sebesar 8%, ketebalan rongga resonator sebesar 20 mm, diameter spesimen sebesar 10 cm, dan densitas serat sabut kelapa sebesar 1,15 gr/cm³, maka didapatkan kebutuhan serat sabut kelapa sebagai isian resonator sebesar 5,2 gr).
2. Mengamblas bagian *skin* berupa triplek yang sudah berbentuk lingkaran dengan ketebalan 6 mm menggunakan gerinda sehingga menjadi ukuran yang sesua dengan tabung impedansi yang digunakan yaitu 10 cm.
3. Membuat pola *binary random* pada *skin* resonator bagian atas secara manual menggunakan pensil.
4. Melubangi pola yang sudah dibuat dengan *handdrill* berdiameter 6 mm.
5. Membuat sekat rongga resonator dengan ketebalan 20 mm menggunakan plastik mika dengan alat gunting.
6. Menyatukan 2 bagian yaitu *skin* resonator bagian bawah dan sekat rongga resonator menggunakan lem tembak dan *double tape*.
7. Memasukkan *filler* serat sabut kelapa ke dalam bagian sekat rongga resonator.
8. Menyatukan bagian *skin* resonator bagian atas dan bawah yang sudah diberi sekat dan *filler* sehingga menjadi spesimen uji serap bunyi

Desain 2D Spesimen Uji Serap Bunyi



(a) *Skin* Bagian Depan (b) *Skin* Bagian Belakang (c) Sekat Rongga Resonator
Gambar 1. Bagian Spesimen Uji Panel Akustik



Gambar 2. Assembly Spesimen Uji Panel Akustik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3. Hasil Pengukuran Penyerapan Bunyi

Ketebalan Skin Resonator		6 mm				9 mm				
Diameter Leher Resonator		6 mm		8 mm		6 mm		8 mm		
Volume Filler Resonator		8%	9%	8%	9%	8%	9%	8%	9%	
Replikasi Spesimen	1	200 Hz	0,065	0,038	0,049	0,021	0,046	0,046	0,015	0,068
		400 Hz	0,687	0,245	0,176	0,152	0,292	0,307	0,289	0,226
		800 Hz	0,213	0,948	0,925	0,955	0,832	0,607	0,190	0,674
		1600 Hz	0,093	0,215	0,143	0,160	0,163	0,198	0,123	0,169
	2	200 Hz	0,066	0,051	0,048	0,027	0,041	0,042	0,020	0,070
		400 Hz	0,685	0,244	0,180	0,148	0,290	0,309	0,282	0,229
		800 Hz	0,214	0,955	0,928	0,960	0,828	0,611	0,191	0,671
		1600 Hz	0,089	0,220	0,142	0,158	0,162	0,195	0,119	0,172
	3	200 Hz	0,059	0,046	0,050	0,024	0,046	0,040	0,018	0,065
		400 Hz	0,649	0,243	0,172	0,155	0,295	0,304	0,283	0,232
		800 Hz	0,210	0,954	0,926	0,958	0,835	0,600	0,193	0,680
		1600 Hz	0,095	0,209	0,142	0,161	0,161	0,200	0,125	0,161
	4	200 Hz	0,068	0,048	0,045	0,025	0,045	0,050	0,012	0,073
		400 Hz	0,659	0,249	0,176	0,158	0,288	0,307	0,284	0,234
		800 Hz	0,211	0,954	0,921	0,953	0,831	0,605	0,184	0,668
		1600 Hz	0,094	0,212	0,147	0,162	0,164	0,197	0,130	0,173
	5	200 Hz	0,064	0,041	0,053	0,020	0,042	0,052	0,010	0,065
		400 Hz	0,662	0,247	0,177	0,154	0,293	0,308	0,289	0,234
		800 Hz	0,215	0,951	0,927	0,952	0,833	0,612	0,185	0,675
		1600 Hz	0,092	0,218	0,145	0,161	0,167	0,194	0,122	0,170

Tabel hasil pengukuran penyerapan bunyi dilakukan replikasi sebanyak 5 kali. Rentang frekuensi yang digunakan dalam uji penyerapan suara ini adalah 200 Hz hingga 1600 Hz. Frekuensi tersebut dipilih karena mewakili frekuensi rendah hingga tinggi. Setelah didapatkan nilai hasil penyerapan, nilai tersebut diubah menjadi koefisien penyerapan bunyi (NRC) seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai NRC

Spesimen	Replikasi	NRC
A1B1C1	1	0,265
	2	0,264
	3	0,253
	4	0,258
	5	0,258
A1B1C2	1	0,362
	2	0,368
	3	0,363
	4	0,366
	5	0,364
A1B2C1	1	0,323
	2	0,325
	3	0,323
	4	0,322
	5	0,326
A1B2C2	1	0,322
	2	0,323
	3	0,325
	4	0,325
	5	0,322
A2B1C1	1	0,333
	2	0,330
	3	0,334
	4	0,332
	5	0,334
A2B1C2	1	0,290
	2	0,289
	3	0,286
	4	0,290
	5	0,292

Lanjutan Tabel 4. Nilai NRC

Spesimen	Replikasi	NRC
A2B2C1	1	0,154
	2	0,153
	3	0,155
	4	0,153
	5	0,152
A2B2C2	1	0,284
	2	0,286
	3	0,285
	4	0,287
	5	0,286

Setelah mendapatkan nilai NRC, langkah selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *decibel drop* guna melanjutkan langkah perhitungan uji normalitas, uji homogenitas, uji anova, dan uji pembanding ganda.

Tabel 5. Nilai Decibel Drop

Spesimen	Replikasi	dB
A1B1C1	1	2,674
	2	2,662
	3	2,534
	4	2,592
	5	2,592
A1B1C2	1	3,904
	2	3,986
	3	3,917
	4	3,958
	5	3,931
A1B2C1	1	3,388
	2	3,414
	3	3,388
	4	3,375
	5	3,427
A1B2C2	1	3,375
	2	3,388
	3	3,414
	4	3,414
	5	3,375
A2B1C1	1	3,517
	2	3,479
	3	3,531
	4	3,504
	5	3,531
A2B1C2	1	2,975
	2	2,963
	3	2,926
	4	2,975
	5	2,999
A2B2C1	1	1,453
	2	1,442
	3	1,463
	4	1,442
	5	1,432
A2B2C2	1	2,902
	2	2,926
	3	2,914
	4	2,938
	5	2,926

Setelah didapatkan nilai *decibel drop*, selanjutkan dilakukan uji normalitas, uji homogenitas, uji anova, dan uji pembanding ganda.

Uji Normalitas

Tabel 6. Uji Normalitas
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
A1B1C1	.226	5	.200*	.899	5	.403
A1B1C2	.198	5	.200*	.955	5	.772
A1B2C1	.169	5	.200*	.966	5	.851
A1B2C2	.254	5	.200*	.803	5	.086
A2B1C1	.203	5	.200*	.888	5	.350
A2B1C2	.232	5	.200*	.928	5	.586
A2B2C1	.244	5	.200*	.957	5	.788
A2B2C2	.237	5	.200*	.961	5	.814

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Hasil dari uji normalitas nilai *decibel drop* menggunakan *software SPSS* menunjukkan bahwa spesimen A1B1C1 memiliki nilai signifikan sebesar 0,403, spesimen A1B1C2 memiliki nilai signifikan sebesar 0,772, spesimen A1B2C1 memiliki nilai signifikan sebesar 0,851, spesimen A1B2C2 memiliki nilai signifikan sebesar 0,086, spesimen A2B1C1 memiliki nilai signifikan sebesar 0,350, spesimen A2B1C2 memiliki nilai signifikan sebesar 0,586, spesimen A2B2C1 memiliki nilai signifikan sebesar 0,788, spesimen A2B2C2 memiliki nilai signifikan 0,814. Seluruh spesimen memiliki nilai signifikan lebih dari 0,05, maka hipotesis null dapat diterima [10], yaitu nilai *decibel drop* berdistribusi normal.

Uji Homogenitas

Tabel 7. Uji Homogenitas
Test Results

Box's M	14.177
F	Approx. 1.863
	df1 7
	df2 1024.000
	Sig. .072

Tests null hypothesis of equal population covariance matrices.

Hasil uji homogenitas menggunakan metode *Bartlett* di atas menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,072. Karena nilai signifikan hasil uji homogenitas lebih besar dari signifikansi yang digunakan, yaitu 0,05 maka data dapat dikatakan homogen.

Uji Anova

Tabel 8. Hasil Uji Anova
Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Corrected Model	17.936 ^a	7	2.562	37.424	.000	
Intercept	365.360	1	365.360	5336.367	.000	
KETEBALAN_SKIN	3.853	1	3.853	56.271	.000	
DIAMETER_LEHER	1.716	1	1.716	25.070	.000	
VOLUME_ISIAN	1.913	1	1.913	27.944	.000	
KETEBALAN_SKIN * DIAMETER_LEHER	4.120	1	4.120	60.181	.000	
KETEBALAN_SKIN * VOLUME_ISIAN	.008	1	.008	.111	.741	
DIAMETER_LEHER * VOLUME_ISIAN	.662	1	.662	9.662	.004	
KETEBALAN_SKIN * DIAMETER_LEHER * VOLUME_ISIAN	5.664	1	5.664	82.728	.000	
Error	2.191	32	.068			
Total	385.487	40				
Corrected Total	20.127	39				

a. R Squared = .891 (Adjusted R Squared = .867)

Dari hasil uji anova di atas dapat dilihat bahwa interaksi faktor diameter leher resonator dan volume isian (*acoustic fill*) memiliki nilai signifikan $> 0,05$ yang dapat disimpulkan bahwa interaksi faktor tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *decibel drop*.

Uji Pembanding Ganda

Tabel 9. Hasil Uji Pembanding Ganda
Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Treatment	N	Mean	Grouping
A1B1C2	5	3.9392	A
A2B1C1	5	3.51240	B
A1B2C2	5	3.39320	C
A1B2C1	5	3.3884	C
A2B1C2	5	2.9676	D
A2B2C2	5	2.92120	D
A1B1C1	5	2.6096	E
A2B2C1	5	1.44640	F

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
A1B1C2 - A1B1C1	1.3296	0.0191	(1.2676, 1.3916)	69.46	0.000
A1B2C1 - A1B1C1	0.7788	0.0191	(0.7168, 0.8408)	40.68	0.000
A1B2C2 - A1B1C1	0.7836	0.0191	(0.7216, 0.8456)	40.94	0.000
A2B1C2 - A1B1C1	0.9028	0.0191	(0.8408, 0.9648)	47.16	0.000
A2B1C2 - A1B1C1	0.3580	0.0191	(0.2960, 0.4200)	18.70	0.000
A2B2C1 - A1B1C1	-1.1632	0.0191	(-1.2252, -1.1012)	-60.77	0.000
A2B2C2 - A1B1C1	0.3116	0.0191	(0.2496, 0.3736)	16.28	0.000
A1B2C1 - A1B1C2	-0.5508	0.0191	(-0.6128, -0.4888)	-28.77	0.000
A1B2C2 - A1B1C2	-0.5460	0.0191	(-0.6080, -0.4840)	-28.52	0.000
A2B1C1 - A1B1C2	-0.4268	0.0191	(-0.4888, -0.3648)	-22.30	0.000
A2B1C2 - A1B1C2	-0.9716	0.0191	(-1.0336, -0.9096)	-50.76	0.000
A2B2C1 - A1B1C2	-2.4928	0.0191	(-2.5548, -2.4308)	-130.22	0.000
A2B2C2 - A1B1C2	-1.0180	0.0191	(-1.0800, -0.9560)	-53.18	0.000
A1B2C2 - A1B2C1	0.0048	0.0191	(-0.0572, 0.0668)	0.25	1.000
A2B1C1 - A1B2C1	0.1240	0.0191	(0.0620, 0.1860)	6.48	0.000
A2B1C2 - A1B2C1	-0.4208	0.0191	(-0.4828, -0.3588)	-21.98	0.000
A2B2C1 - A1B2C1	-1.9420	0.0191	(-2.0040, -1.8800)	-101.45	0.000
A2B2C2 - A1B2C1	-0.4672	0.0191	(-0.5292, -0.4052)	-24.41	0.000
A2B1C1 - A1B2C2	0.1192	0.0191	(0.0572, 0.1812)	6.23	0.000
A2B1C2 - A1B2C2	-0.4256	0.0191	(-0.4876, -0.3636)	-22.23	0.000
A2B2C1 - A1B2C2	-1.9468	0.0191	(-2.0088, -1.8848)	-101.70	0.000
A2B2C2 - A1B2C2	-0.4720	0.0191	(-0.5340, -0.4100)	-24.66	0.000
A2B1C2 - A2B1C1	-0.5448	0.0191	(-0.6068, -0.4828)	-28.46	0.000
A2B2C1 - A2B1C1	-0.0660	0.0191	(-2.1280, -2.0040)	-107.93	0.000
A2B2C2 - A2B1C1	-0.5912	0.0191	(-0.6532, -0.5292)	-30.88	0.000
A2B2C1 - A2B1C2	-1.5212	0.0191	(-1.5832, -1.4592)	-79.47	0.000
A2B2C2 - A2B1C2	-0.0464	0.0191	(-0.1084, 0.0156)	-2.42	0.265
A2B2C2 - A2B2C1	1.4748	0.0191	(1.4128, 1.5368)	77.04	0.000

Individual confidence level = 99.72%

Normplot of Residuals for Decibel Drop

Hasil uji Tukey di atas disimpulkan bahwa faktor ketebalan *skin resonator*, diameter leher resonator, dan volume *filler* sebesar (6 mm, 8 mm, dan 9%) dengan (6 mm, 8 mm, dan 8%) serta ketebalan *skin resonator*, diameter leher resonator, dan volume *filler* sebesar (9 mm, 8 mm, dan 9%) dengan (9 mm, 6 mm, dan 9%) tidak terlihat memiliki pengaruh yang signifikan ditunjukkan pada nilai *P-Value* yang di bawah nilai 0,05. Analisis *post hoc* dengan metode Tukey menunjukkan bahwa ketebalan *skin resonator*, diameter leher resonator, dan volume *filler* sebesar (6 mm, 6 mm, 9%, $M = 3,9392$) secara signifikan lebih tinggi dibandingkan ketebalan *skin resonator*, diameter leher resonator, dan volume *filler* sebesar (9 mm, 6 mm, 8%, $M = 3,51240$), ketebalan *skin resonator*, diameter leher resonator, dan volume *filler* sebesar (6 mm, 8 mm, 9%, $M = 3,39320$), ketebalan *skin resonator*, diameter leher resonator, dan volume *filler* sebesar (6 mm, 8 mm, 8%, $M = 3,3884$), ketebalan *skin resonator*, diameter leher resonator, dan volume *filler* sebesar (9 mm, 6 mm, 9%, $M = 2,9676$), ketebalan *skin resonator*, diameter leher resonator, dan volume *filler* sebesar (9 mm, 8 mm, 9%, $M = 2,921920$), ketebalan *skin resonator*, diameter leher

resonator, dan volume *filler* sebesar (6 mm, 6 mm, 8%, $M = 2,6096$), serta ketebalan *skin* resonator, diameter leher resonator, dan volume *filler* sebesar (9 mm, 8 mm, 8%, $M = 1,44640$).

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa faktor ketebalan *skin* resonator sebesar 6 mm memiliki massa yang lebih kecil serta fleksibilitas yang lebih tinggi, sehingga memungkinkan penyerapan suara yang lebih efisien. Faktor diameter leher resonator sebesar 6 mm memiliki volume udara yang lebih kecil sehingga memungkinkan energi suara lebih mudah diserap. Faktor volume isian resonator sebesar 9% berpengaruh signifikan karena dengan semakin bertambahnya volume isian maka kemampuan penyerapan suara oleh spesimen lebih baik.

KESIMPULAN

Hasil pengujian serap bunyi dengan nilai *decibel drop* yang optimal dimiliki oleh spesimen uji A1B1C2 yaitu spesimen yang memiliki ketebalan *skin* resonator sebesar 6 mm, diameter leher resonator sebesar 6 mm, dan volume isian resonator sebesar 9%. Faktor ketebalan *skin* resonator sebesar 6 mm memiliki massa yang lebih kecil serta fleksibilitas yang lebih tinggi, sehingga memungkinkan penyerapan suara yang lebih efisien. Faktor diameter leher resonator sebesar 6 mm memiliki volume udara yang lebih kecil sehingga memungkinkan energi suara lebih mudah diserap. Faktor volume isian resonator sebesar 9% berpengaruh signifikan karena dengan semakin bertambahnya volume isian maka kemampuan penyerapan suara oleh spesimen lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. T.B. Karki, R.B. Manandhar, D. Neupane, D. Mahat, and P. Ban, "Critical Analysis of Noise Pollution and Its Effect on Human Health," *International Journal of Educational and Life Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 161–176, 2024. <https://doi.org/10.59890/ijels.v2i2.1372>
- [2]. M.P. Tasyania, R. Fariza, Qurtubi and D.K. Sari, "Analisis Lingkungan Kerja Fisik: Suhu dan Kebisingan terhadap Produktivitas pada Ruang Mesin 2 PT ABC," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 12, no. 2, pp. 111-116, 2022.
- [3]. T. Indahyani, "Pemanfaatan Limbah Sabut Kelapa pada Perencanaan Interior dan Furniture yang Berdampak pada Pemberdayaan Masyarakat Miskin," *HUMANIORA*, vol. 2, no. 1, pp. 15-23, 2011.
- [4]. S. Hastuti, H.S. Budiono, D.I. Ivadiyanto, and M.N. Nahar, "Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Serat Alam Limbah Sabut Kelapa (Cocofiber) yang Biodegradable," *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, vol. 6, no. 1, 30–37, 2021. <https://doi.org/10.33366/rekabua>
- [5]. J. Sargianis and J. Suhr, "Effect of Core Thickness on Wave Number and Damping Properties in Sandwich Composites," *Composites Science and Technology*, vol. 72, no. 6, pp. 724-730, 2012.
- [6]. A. Omer, N. Arafa, A. Mohany and M. Hassan, "The Effect of Upstream Edge Geometry on the Acoustic Resonance Excitation in Shallow Rectangular Cavities," *Sage Journals*, vol. 15, no. 3, pp. 253-275, 2016.
- [7]. A.R. Sandito, *Pemanfaatan Abu Sekam Padi dan Ampas Tebu sebagai Green Hibrid Komposit Panel Akustik*, Skripsi UNS Repository, 2023. <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/99067/>
- [8]. F. Yudhanto, "Kajian Kinerja Serapan Bising Sel Akustik dari Bahan Kayu Olahan (Engineering Wood)," In Prosiding Seminar Nasional Teknoin, p. E-85, 2012. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1636.5600>

- [9]. C. K.W. Tam, H. Ju, M.G. Jones, W.R. Watson and T.L. Parrott, “A Computational and Experimental Study of Resonators in Three Dimensions,” *Journal of Sound and Vibration*, vol. 329, no. 24, pp. 5164-5193, 2010.
- [10]. W. Kosasih, L.L. Salomon, Suhartono, M.A. Kartawidjaja and M. Mulyadi, “Optimization of Injection Molding Process Parameter Settings Using 3k General Factorial Design and Data Visualization,” *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 11, no. 1, pp. 21-32, 2023.