

## Pengaruh Ketebalan *Core* Komposit *Sandwich* Berpenguat Serat Pelepah Pisang-Kayu Jati untuk Aplikasi Partisi Peredam Suara pada Kamar Mesin Kapal

Rizal Indrawan<sup>1\*</sup>, Sasti Prasaja<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Desain & Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

\*Email: rizal11307@ppns.ac.id

### ABSTRACT

Natural fiber composites are one of the innovative materials in an effort to solve the waste problem. Banana midrib and sawdust are plantation and forestry wastes whose utilization is very minimal. This research was conducted to make sandwich composites reinforced with banana midrib fiber and sawdust which is intended to be able to replace glasswool to reduce noise in the engine control room. The use of glasswool is not good for health which if the particles are inhaled it causes respiratory problems. The thickness of the core in the sandwich composite was varied by 2, 4, and 6 mm. Sound absorption testing is carried out according to the ASTM E1050-19 standard. The hand lay up method and polyester resin were used to make natural fiber sandwich composites. The highest sound absorption coefficient on specimens 2-35 is 0.77. All specimens of sandwich composites produced in this study met the requirements for sound absorption installations in buildings ( $\alpha = 0.15$ ). Along with the addition of the volume fraction reinforced on the core gives a parabolic effect with the addition of 35% giving the best results at thicknesses of 2 and 6 mm. The thinner the core provides a better sound absorption coefficient than other thicknesses.

**Keywords:** Banana Midrib Fiber, Core Thickness, Sandwich Composite, Sound Absorbition, Volume Fraction, Wood Powder

### PENDAHULUAN

Industri perkapalan nasional mencapai beberapa kemajuan, di antaranya adalah peningkatan jumlah galangan kapal menjadi lebih dari 250 perusahaan dengan kapasitas produksi yang mencapai sekitar 1 juta DWT per tahun untuk bangunan baru dan hingga 12 juta DWT per tahun untuk reparasi kapal (Cahyanto, Kemenperin 2020). Semakin meningkatnya produktivitas pada bidang perkapalan ini harus dipertimbangkan saat pemilihan materialnya. Salah satu pengaplikasian pemilihan material digunakan pada bagian komponen kapal. Selain logam dan kayu, saat ini pemanfaatan komposit telah dikembangkan. Penggunaan komposit pada kapal dapat digunakan sebagai lambung kapal, pintu, partisi atau dinding, dan lain – lain [1-3].

Menurut Gibson (1994), komposit adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing- masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing – masing material penyusun. Terdapat berbagai jenis macam komposit salah satunya adalah komposit *sandwich*. Pada prinsipnya, komposit *sandwich* terdiri dari dua kulit permukaan (*skin*) yang dipisahkan oleh material inti (*core*). Dengan menggunakan bahan inti yang sangat ringan, dihasilkan komposit dengan sifat kuat, ringan dan kaku. Penggunaan komposit merupakan inovasi dalam ilmu material sebagai bahan bangunan non logam [4-6].

Saat ini kebisingan menjadi masalah yang dihadapi masyarakat akibat berbagai jenis aktivitas masyarakat. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dalam Hidayati (2007). Untuk meredam kebisingan diperlukan adanya peredam bunyi. Kebisingan sering terjadi di di kapal pada saat kapal beroperasi yang merupakan salah satu faktor yang menentukan kenyamanan untuk sekitarnya. Kebisingan yang melebihi ambang batas yang diperbolehkan selain dapat mempengaruhi atau bahkan membahayakan kesehatan awak kapal, juga dapat mempengaruhi konsentrasi awak kapal yang bertugas selama kapal dalam perjalanan sehingga membahayakan keselamatan awak kapal [7-9].

Permasalahan diatas dapat diatasi dengan memanfaatkan bahan komposit dari serat alami yang murah dan ramah lingkungan, salah satunya adalah serat yang berasal dari pelepah pisang. Serat pelepah pisang memiliki keunggulan yaitu berdaya simpan tinggi sehingga sangat potensial untuk di manfaatkan. Serbuk kayu merupakan limbah industri yang memiliki ketersediaan yang melimpah [10-13]. Kandungan kimia serbuk gergaji kayu jati adalah selulosa 60%, lignin 28% dan zat lain (termasuk zat gula) 12%. Keuntungan menggunakan bahan limbah adalah harga yang jauh lebih terjangkau dan dapat memberikan nilai tambah pada produknya. Oleh karena itu, pelepah pisang-serbuk gergaji kayu jati dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan partisi (*particle board*).

Berdasarkan uraian di atas, penulis ingin mengetahui pengaruh ketebalan *core* komposit *sandwich* berpenguat serta pelepah pisang-kayu jati untuk aplikasi partisi peredam suara pada kamar mesin kapal.

## METODE PENELITIAN

Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

### 1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, identifikasi masalah sebagai langkah awal untuk menentukan rumusan masalah penelitian harus spesifik dan memiliki batasan yang jelas.

### 2. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mencari referensi dan mempelajari teori – teori yang mampu menunjang penelitian yang dilakukan. Studi literatur diperoleh melalui studi pustaka yaitu mencari dan mempelajari informasi tentang komposit *sandwich* serta metode yang akan digunakan pada penelitian ini.

### 3. Persiapan Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang harus disiapkan sebelum melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

- Alat : neraca digital, sikatbesi, blender, *wire mesh*, gunting, baskom, *scraper*, kuas, cetakan, mur dan baut, gelasplastik, mistar, jangkasorong, amplas, dan alat uji absorpsi suara.
- Bahan : pelepah pisang, serbukgergajikayujati, PVA (*polyvinyl alcohol*), resin yukalac 157 BTQN-EX dan katalis.

### 4. Pembuatan Cetakan

Untuk cetakan spesimen uji koefisien absorpsi suara dibuat berbahan akrilik, diberikan dimensi  $D= 100$  mm dan  $T= 10$  mm.

### 5. Persiapan Serat dan Serbuk Kayu

Pada tahap ini dilakukan pengolahan serat pelepah pisang dan pengayakan serbuk kayu gergaji kayu yang akan digunakan sebagai penguat pada komposit *sandwich* untuk memperoleh ukuran yang dikehendaki.

### 6. Perhitungan Massa Jenis Metode Piknometer

Pengujian massa jenis dilakukan untuk mengetahui masa jenis serat pelepah pisang dan serbuk gergaji kayu yang digunakan. Pengujian massa jenis dilakukan dengan metode piknometer.

### 7. Pembuatan Komposit *Sandwich*

Pembuatan dan penggabungan komposit pada penelitian ini dilakukan dengan metode *Hand Lay Up*.

### 8. Pengujian Absorpsi Suara

Pada penelitian ini terdapat 9 varian spesimen yang akan di uji daya serap suaranya untuk mengetahui pengaruh komposit dari sifat peredam suara. Pengujian dilakukan dengan alat uji absorpsi suara menggunakan tabung impedansi dengan sesuai standar ASTM E1050-19. Alat uji absorpsi suara digunakan untuk mengetahui nilai koefisien absorpsi komposit *sandwich*. Alat yang digunakan milik Laboratorium Vibrasi dan Akustik jurusan Teknik Fisika ITS.

### Matriks Penelitian

Pada penelitian ini variabel yang digunakan peneliti adalah sebagai berikut:

Tabel 1: Matriks Penelitian

Komposisi Penguat pada Core (%)	Ukuran Ketebalan Core (mm)		
	2	4	6
25	2-25	4-25	6-25
35	2-35	4-35	6-45
45	2-45	4-45	6-45

Keterangan:

- 2-25 : Komposisi penguat bagian core 25% dengan ukuran ketebalan core 2 mm.
- 2-35 : Komposisi penguat bagian core 35% dengan ukuran ketebalan core 2 mm.
- 2-45 : Komposisi penguat bagian core 45% dengan ukuran ketebalan core 2 mm
- 4-25 : Komposisi penguat bagian core 25% dengan ukuran ketebalan core 4 mm.
- 4-35 : Komposisi penguat bagian core 35% dengan ukuran ketebalan core 4 mm.
- 4-45 : Komposisi penguat bagian core 45% dengan ukuran ketebalan core 4 mm.
- 6-25 : Komposisi penguat bagian core 25% dengan ukuran ketebalan core 6 mm.
- 6-35 : Komposisi penguat bagian core 35% dengan ukuran ketebalan core 6 mm.
- 6-45 : Komposisi penguat bagian core 45% dengan ukuran ketebalan core 6 mm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis pada penelitian ini menggunakan metode piknometer. Sampel serat pelepah pisang dan serbuk kayu yang digunakan untuk pengujian massa jenis berupa serbuk, selanjutnya serbuk di masukkan ke dalam piknometer dan di hitung massa piknometer kosong; piknometer dan serbuk; piknometer, serbuk dan minyak goreng. Pengujian massa jenis pada masing – masing serat dilakukan sebanyak 3 kali repetisi yang kemudian di rata – rata dan hasilnya ditetapkan sebagai nilai massa jenis serat yang dilakukan pengujian.

Berdasarkan hasil perhitungan pengujian massa jenis adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Massa Jenis

Serat	Uji Massa Jenis			Hasil Massa Jenis
	1	2	3	
Pelepah Pisang	1,25	1,25	1,26	1,25 g/ml
Serbuk Kayu	1,32	1,34	1,33	1,33 g/ml

Berdasarkan Tabel 2 di atas, hasil pengujian massa jenis serat pelepah pisang pertama dan kedua diperoleh sebesar 1,25 g/ml. Kemudian pada pengujian ketiga diperoleh sebesar 1,26 g/ml. Nilai rata – rata massa jenis dari ketiga pengujian tersebut diperoleh sebesar 1,25 g/ml. Dari data didapatkan juga hasil pengujian massa jenis serbuk kayu. Dengan hasil pengujian pertama diperoleh sebesar 1,32 g/ml, pengujian kedua diperoleh sebesar 1,34 g/ml, dan pengujian ketiga diperoleh sebesar 1,33 g/ml. Nilai rata – rata massa jenis dari ketiga pengujian tersebut diperoleh sebesar 1,33 g/ml. Karena adanya gelembung udara yang terperangkap dalam piknometer yang sampel serat dan minyak goreng, pembacaan pengujian massa jenis untuk setiap repetisi mungkin berbeda. Gelembung – gelembung ini dapat diminimalisir dengan menggunakan metode pengadukan yang baik.

### 1. Perhitungan Kebutuhan Serat dan Resin

Fraksi volume pada hal ini digunakan untuk penentuan perhitungan kebutuhan serat dan resin dalam pembuatan komposit. Pada penelitian ini, perhitungan kebutuhan serat dan resin dilakukan dimasing – masing *skin* dan *core* pada komposit *sandwich*.

Berikut merupakan perhitungan kebutuhan massa serat dan resin pada bagian *skin* komposit *sandwich* dengan menggunakan fraksi volume:

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Diameter cetakan (d)} &= 100 \text{ mm} \\ \text{Massa jenis serat } (\rho_s) &= 1,25 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Massa jenis resin } (\rho_r) &= 1,21 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Tebal cetakan (t)} &= 4 \text{ mm} \\ \text{Volume cetakan (V}_c) &= \pi \times r^2 \times t \\ V_c &= 3,14 \times 50^2 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \\ &= 31400 \text{ mm}^3 = 31,4 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan massa serat pelepah pisang dan resin yang dibutuhkan untuk pembuatan *skin* komposit *sandwich* dengan komposisi 10% : 90%.

$$\begin{aligned} \text{Massa serat} &= 10\% \times V_c \times \rho_s \\ &= \frac{10}{100} \times 31,4 \text{ cm}^3 \times 1,25 \text{ g/cm}^3 \\ &= 3,92 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa matriks} &= 90\% \times V_c \times \rho_r \\ &= \frac{90}{100} \times 31,4 \text{ cm}^3 \times 1,21 \text{ g/cm}^3 \\ &= 43,19 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa resin} &= 99\% \times \text{massa matriks} \\ &= \frac{99}{100} \times 43,19 \text{ g} \\ &= 42,76 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa katalis} &= 1\% \times \text{massa matriks} \\ &= \frac{1}{100} \times 43,19 \text{ g} \\ &= 0,43 \text{ g} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan serat dan resin pada bagian *skin* komposit *sandwich* dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kebutuhan Serat dan Resin Bagian *Skin*

No.	Tebal <i>Skin</i>	Massa Serat	Massa Resin	Massa Katalis
1	4 mm	3,92 g	42,76 g	0,43 g
2	3 mm	2,94 g	25,39 g	0,26 g
3	2 mm	1,97 g	16,93 g	0,17 g

Hasil perhitungan serat dan resin pada bagian *core* komposit *sandwich* dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kebutuhan Serat dan Resin Bagian *Core*

No.	Tebal <i>Core</i>	Fraksi Volume	Massa Serat (g)	Massa Resin (g)	Massa Katalis (g)
1	2 mm	25%	5,22	14,11	0,14
		35%	10,44	28,22	0,28
		45%	15,66	42,31	0,43
2	4 mm	25%	7,31	12,23	0,12
		35%	14,62	24,45	0,25
		45%	21,93	36,67	0,37
3	6 mm	25%	9,40	10,35	0,10
		35%	18,79	20,69	0,21

No.	Tebal Core	Fraksi Volume	Massa Serat (g)	Massa Resin (g)	Massa Katalis (g)
		45%	28,19	31,04	0,31

### Data Hasil Pengujian Absorpsi Suara

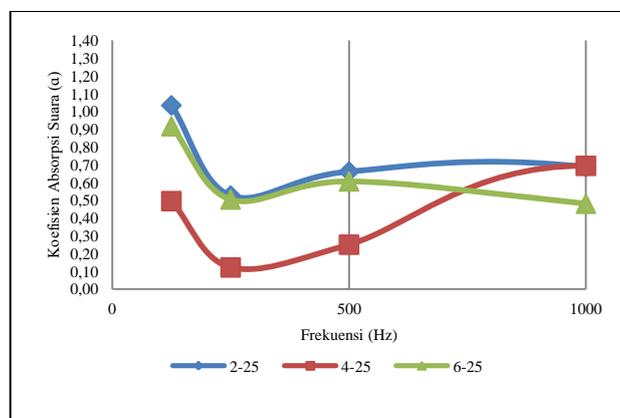
Pengujian absorpsi suara yang dilakukan pada penelitian ini merupakan pengujian menggunakan tabung impedansi. Pengujian ini dilakukan pada 9 variasi spesimen dengan variabel bebas yaitu fraksi volume pada core dan ukuran ketebalan pada core. Adapun variasi dari variabel ketebalan pada core antara lain dengan ukuran 2 mm, 4 mm, dan 6 mm dapat dilihat pada tabel 5 yang menunjukkan hasil pengujian absorpsi suara pada setiap variasi.

Tabel 5. Hasil Pengujian Absorpsi Suara

Spesimen	Frekuensi (Hz)	Tebal (cm)	I <sub>0</sub> (dB)	I <sub>T</sub> (dB)	$\alpha$
2-25	500	1,75	98,14	30,86	0,66
	1000	1,75	81,96	24,63	0,69
2-35	500	1,75	98,89	57,44	0,31
	1000	1,75	83,98	21,76	0,77
2-45	500	1,75	97,59	30,32	0,67
	1000	1,75	82,25	26,85	0,64
4-25	500	1,75	96,84	62,58	0,25
	1000	1,75	80,26	23,82	0,69
4-35	500	1,75	98,10	33,71	0,61
	1000	1,75	82,56	42,17	0,38
4-45	500	1,75	92,29	23,72	0,78
	1000	1,75	76,67	25,88	0,62
6-25	500	1,75	96,65	33,49	0,61
	1000	1,75	81,20	35,06	0,48
6-35	500	1,75	95,86	49,50	0,38
	1000	1,75	79,24	31,81	0,52
6-45	500	1,75	97,24	62,12	0,26
	1000	1,75	82,27	29,73	0,58

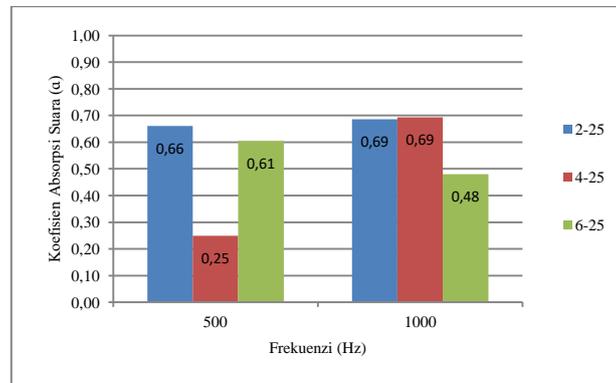
### Hubungan antara Koefisien Absorpsi Suara dengan Frekuensi terhadap Ketebalan Core

Grafik dibawah merupakan grafik masing – masing frekuensi pengujian absorpsi suara pada komposit sandwich dengan fraksi volume 25%, 35%, dan 45% dengan variasi ketebalan core 2 mm, 4 mm, dan 6 mm. Frekuensi dari main engine yang digunakan pada rentang sebesar 500 – 1000 Hz.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Nilai  $\alpha$  dengan Frekuensi terhadap Ketebalan Core dengan Fraksi Volume 25%

Grafik 2 dibawah merupakan grafik masing – masing frekuensi pengujian absorpsi suara pada komposit *sandwich* dengan fraksi volume 25%, 35%, dan 45% dengan variasi ketebalan *core* 2 mm, 4 mm, dan 6 mm. Frekuensi dari *main engine* yang digunakan pada rentang sebesar 500 – 1000 Hz.



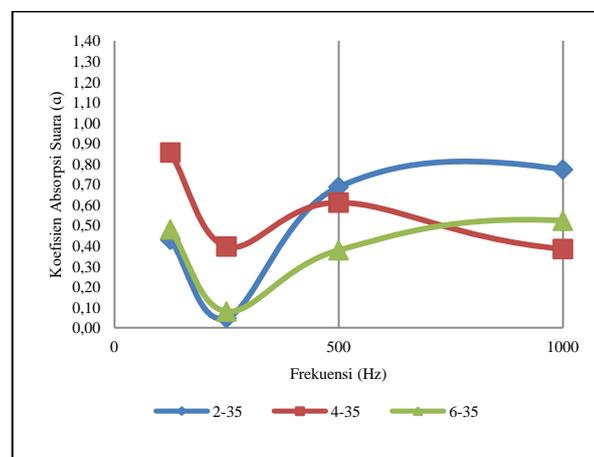
Gambar 2. Diagram Hubungan Antara Nilai  $\alpha$  dengan Frekuensi terhadap Ketebalan Core dengan Fraksi Volume 25%

Terlihat hasil dari Gambar 2 bahwa spesimen 2-25 pada rentang frekuensi 500 – 1000 Hz komposisi ini mempunyai penyerapan suara yang paling baik dibandingkan 2 variasi yang lain. Pada frekuensi 500 Hz nilai  $\alpha$  sebesar 0,66 dan nilai  $\alpha$  naik pada frekuensi 1000 Hz sebesar 0,69 yang termasuk kelas C.

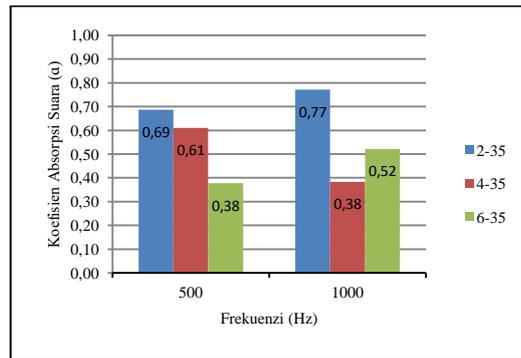
Hasil dari spesimen 4-25 terlihat bahwa pada rentang frekuensi 500 – 1000 Hz komposisi ini mempunyai penyerapan suara yang baik meskipun pada frekuensi 500 nilai  $\alpha$  kecil sebesar 0,25 tetapi nilai  $\alpha$  naik pada frekuensi 1000 sebesar 0,69 yang termasuk kelas C.

Hasil dari spesimen 6-45 terlihat bahwa bahwa pada rentang frekuensi 500 – 1000 Hz komposisi ini mempunyai nilai penyerapan suara yang kurang baik dibanding 2 variasi sebelumnya. Terlihat pada frekuensi 500 nilai  $\alpha$  sebesar 0,61 terjadi penurunan menjadi 0,48 pada frekuensi 1000 Hz karena pada variasi ini semakin besar fraksi volume *core* ikatan serat dan resin kurang baik. Melalui ikatan antar serat dan resin yang kurang baik maka muncul *void* yang menyebabkan suara tertransmisikan.

Namun pada variasi fraksi volume 25% dengan ketebalan core, semakin kecil nilai  $\alpha$  lebih kecil ketebalan core memiliki nilai  $\alpha$  yang lebih baik karena semakin banyak kandungan matrik maka semakin padat fisik suatu komposit, hal inilah yang menyebabkan kemampuan dalam menyerap suara akan menjadi lebih rendah. Pada hubungan nilai  $\alpha$  dengan frekuensi terhadap ketebalan pada variasi fraksi volume 25% yang direkomendasikan adalah spesimen 2-25.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Nilai  $\alpha$  dengan Frekuensi terhadap Ketebalan Core dengan Fraksi Volume 35%



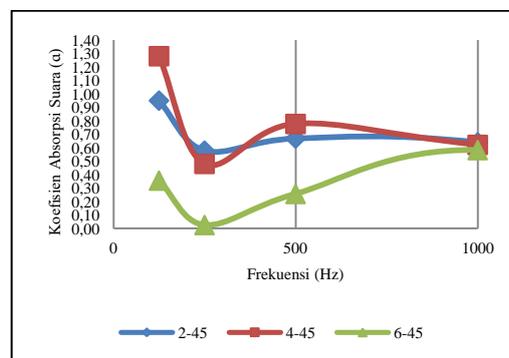
Gambar 4. Diagram Hubungan Antara Nilai  $\alpha$  dengan Frekuensi terhadap Ketebalan Core dengan Fraksi Volume 35%

Terlihat hasil dari Gambar 4 bahwa spesimen 2-25 pada rentang frekuensi 500 – 1000 Hz komposisi ini mempunyai penyerapan suara yang paling baik dibandingkan 2 variasi yang lain. Pada frekuensi 500 Hz nilai  $\alpha$  sebesar 0,69 dan nilai  $\alpha$  naik pada frekuensi 1000 Hz sebesar 0,77 yang termasuk kelas C.

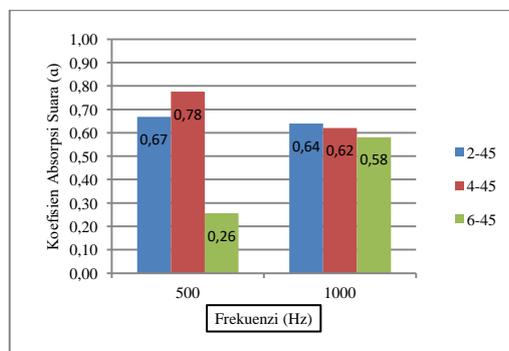
Hasil dari spesimen 4-35 terlihat bahwa pada rentang frekuensi 500 – 1000 Hz komposisi ini mempunyai penyerapan suara yang kurang baik pada frekuensi 500 Hz nilai  $\alpha$  sebesar 0,61 dan nilai  $\alpha$  turun pada frekuensi 1000 Hz sebesar 0,38.

Hasil dari spesimen 6-45 terlihat bahwa pada rentang frekuensi 500 – 1000 Hz komposisi ini mempunyai nilai penyerapan suara yang baik.. Terlihat pada frekuensi 500 Hz nilai  $\alpha$  sebesar 0,38 terjadi kenaikan menjadi 0,52 pada frekuensi 1000 Hz.

Pada hubungan nilai  $\alpha$  dengan frekuensi terhadap ketebalan pada variasi fraksi volume 35% yang direkomendasikan adalah spesimen 2-35.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Nilai  $\alpha$  dengan Frekuensi terhadap Ketebalan Core dengan Fraksi Volume 45%



Gambar 6. Diagram Hubungan Antara Nilai  $\alpha$  dengan Frekuensi terhadap Ketebalan Core dengan Fraksi Volume 45%

Terlihat hasil dari gambar 6 bahwa spesimen 2-45 pada rentang frekuensi 500 – 1000 Hz komposisi ini mempunyai penyerapan suara yang baik. Pada frekuensi 500 Hz nilai  $\alpha$  sebesar 0,78 tetapi nilai  $\alpha$  sedikit turun pada frekuensi 1000 Hz menjadi 0,64 yang termasuk kelas C.

Hasil dari spesimen 4-45 terlihat bahwa pada rentang frekuensi 500 – 1000 Hz komposisi ini mempunyai penyerapan suara yang baik. Pada frekuensi 500 Hz nilai  $\alpha$  sebesar 0,78 tetapi nilai  $\alpha$  sedikit turun pada frekuensi 1000 Hz menjadi 0,62. yang termasuk kelas C.

Hasil dari spesimen 6-45 terlihat bahwa pada rentang frekuensi 500 – 1000 Hz komposisi ini mempunyai nilai penyerapan suara yang kurang baik dibanding 2 variasi sebelumnya. Terlihat pada frekuensi 500 nilai  $\alpha$  sebesar 0,61 terjadi penurunan menjadi 0,48 pada frekuensi 1000 Hz.

Penurunan nilai  $\alpha$  pada variasi diatas karena pada variasi ini semakin tebal *core* semakin banyak juga komposisi serat yang menjadikan ikatan serat dan resin kurang baik. Melalui ikatan antar serat dan resin yang kurang baik [14-16] bisa muncul *void* yang menyebabkan suara tertransmisikan. Pada variasi ketebalan *core* setiap variasi fraksi volume *core* memiliki nilai  $\alpha$  yang semakin kecil apabila ketebalan *core* semakin tebal. Pada hubungan nilai  $\alpha$  dengan frekuensi terhadap ketebalan pada variasi fraksi volume 45% yang direkomendasikan adalah spesimen 2-45.

### KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien absorpsi suara terbaik didapatkan pada variasi ketebalan *core* 2 mm dengan penambahan *reinforced* 35% bernilai 0,77. Semakin tipis *core*, nilai koefisien absorpsi suara yang lebih baik daripada variasi ketebalan lainnya. Komposit *sandwich* yang dihasilkan dapat diaplikasikan sebagai partisi peredam suara kelas C.

### SARAN

Diharapkan serat yang akan digunakan sebaiknya melalui proses delignifikasi pada serat penguat sehingga didapatkan massa serat yang lebih ringan. Untuk meminimalisir timbulnya *void* diharapkan pembuatan komposit dilakukan pada waktu dan ruangan dengan temperatur konstan dan tidak terlalu terbuka agar tidak berangin. Agar mempermudah pembentukan serat penguat sesuai cetakan dan dapat mempertahankan ketebalan spesimen dengan lebih baik lag disarankan menggunakan metode *Press Mold Method* atau bisa juga dengan menggunakan metode *Vacuum Bag* untuk meminimalisir *void* yang terjadi.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardiyanto, P. Analisa Pengaruh Ketebalan Inti (Core) Polyurethane Terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich, Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.
- [2] ASTM Standard E1050-90. Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube. Two Mikrofon and a Digital Frequency Analysis System Annual Book of ASTM Standards, 904–909, 1998.
- [3] Gibson, R.F. Principles of Composite Material Mechanics (4th ed.). CRC Press. (2016). <https://doi.org/10.1201/b19626>
- [4] Hestiawan, H., & Jamasri, K. Pengaruh Penambahan Katalis Terhadap Sifat Mekanis Resin Poliester Tak Jenuh. Teknosia, 3(1), 1-7, 2017.
- [5] Hidayat, A., Yudo, H., & Manik, P. Analisa Teknis Komposit Sandwich Berpenguat Serat Daun Nanas Dengan Core Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak. Jurnal Teknik Perkapalan, 4(1), 2016.
- [6] Iksan, A. Delignifikasi Serbuk Kayu Jati Putih (Gmelina Arborea Roxb.) Menggunakan Fungi Phanerochaete Chrysosporium Yang Diradiasi Gamma, Bachelor's Thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. 2015.

- [7] ISO 11654 (1997). Acoustic –Sound Absorbers For Use In Building-Rating Of Sound Absorption.
- [8] Iwan, K. P., & Adi, W. H. *Analisa Model Getaran Main Engine Pada Kapal*. In Proceedings Conference on Marine Engineering and its Application Vol. 1, No. 1, pp. 31-36. 2018.
- [9] Barita, Eron Rudianto Silaban, Zainuddin, Eswanto, 2018, Pengaruh Kinerja Kompresor Pada Mesin Pendingin Dengan Penggunaan Variasi Bahan Refrigeran, Jurnal Ilmiah “MEKANIK” Teknik Mesin ITM, Vol. 4 No. 1, Mei 2018 : 48 - 55
- [10] Kencanawati, C. I. P. K., Sugita, I. K. G., & Priambadi, I. G. N. *Analisis Koefisien Absorpsi Bunyi Pada Komposit Penguat Serat Alam Dengan Menggunakan Alat Uji Tabung Impedansi 2 Microphone*. Jurnal Energi dan Manufaktur, Vol, 9(1), 105-108. 2016.
- [11] M. R. dan T. S. E Eswanto, “Mesin Perajang Singkong Bagi Pengrajin Keripik Singkong Sambal Desa Patumbak Kampung”, J. Ilm. “MEKANIK” Tek. Mesin ITM, vol 5, no 2, bll 73–79, 2019, [Online]. Available at: <https://jurnal.mesin.itm.ac.id/index.php/jm/article/view/93>.
- [12] Krisdianto, A., Wijianto, S. T., Eng, M., & Pramuko, I. P. Karakteristik Komposit Serbuk Kayu Jati dengan Fraksi Volume 25%, 30%, 35% Terhadap Uji Bending, Uji Tarik dan Daya Serap Bunyi untuk Dinding Peredam Suara, Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta. (2016).
- [13] Nugroho, G. Estu Karakteristik Komposit Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan NaOH dengan Fraksi Volume 4%, 6%, 8%, Skripsi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. (2017).
- [14] Sinarep, S., Catur, A. D., & Hafidzul, M. *Redaman Suara Pada Komposit Sandwich Polyester Berpenguat Serat Sisal Dengan Core Styrofoam*. Dinamika Teknik Mesin, 4(1), 30-37. (2014).
- [15] M.A. siregar, Riawansayah, “Simulasi perpindahan panas pada heater injection molding menggunakan software solidworks”. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, Vol. 1, No. 1, September 2018, 47-56
- [16] Suherman, N. Koefisien Penyerapan Bunyi Bahan Akustik dari Pelepeh Pisang dengan Variasi Ukuran Serat, Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar. 2020.