

# Perlakuan Serat Pandan Bali (Cordyline Australis) Sebagai Bahan Penguat Komposit Untuk Peredam Kebisingan Suara Dalam Ruang Gedung

<sup>1</sup>I Ketut Suarsana

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Badung, Indonesia  
suarsana@unud.ac.id

<sup>2</sup>IG Antha Kasmawan,

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana  
Badung, Indonesia  
anthakas67@unud.ac.id

**Abstract**—Teknologi pembuatan komposit perkembangannya sangat pesat dan berkaitan dengan peningkatan sifat fisik, mekanik serta karakterisasi sifat material yang baik, seperti aplikasi material yang ringan tetapi sangat kuat, mampu meredam suara, tahan panas atau rambatan api, tahan serapan udara, tahan aus dan sifat kekerasan. Ketersediaan material konvensional yang kuantitas dan kualitasnya terbatas, memunculkan pemikiran untuk pengembangan material terbaru melalui proses pembuatan material komposit dengan cara penambahan material penguat serat pandan bali (*cordyline australis*) dan wetting agen untuk memperkuat ikatan antar atom penyusun dengan matrik. Metode yang digunakan dalam pembuatan material komposit dengan matrik resin epoxy dan penguat serat pandan bali melalui proses tekan (*hand lay-up*). Cara ini dilakukan dengan mencampur matrik dan penguat lalu dilakukan pemadatan menjadi bentuk yang diinginkan sehingga serat dengan resin epoxy menyatu melalui mekanisme ikatan fasa padat. Parameter yang diteliti adalah campuran komposisi: 30% serat dan 70% matrik; 20% serat dan 80% matrik; 10% serat dan 90% matrik, dengan perlakuan kimia NaOH pada konsentrasi lingkungan 9%, lama perendaman serat pandan bali: 15, 30 dan 45 menit. Adapun keunggulan dari metode teknik *hand lay-up* ini adalah dapat menggabungkan berbagai sifat material yang memiliki karakteristik berbeda dalam fase yang berbeda pula. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan air tertinggi dari komposisi serat pandan bali (*cordyline australis*) sebagai penguat dengan resin epoxy sebagai matrik adalah pada komposisi III (30% : 70%) dan lama perendaman pada NaOH selama 45 menit sebesar 3,95%. Sedangkan kemampuan penyerapan suara tertinggi pada komposisi III (10% : 70%) dan lama perendaman 45 menit, dengan koefisien serap suara sebesar 0,78 pada frekuensi 500 Hz.

**Kata Kunci**—epoxy, resin, serat pandan Bali.

## I. PENDAHULUAN

Material komposit memiliki potensi tinggi di banyak aplikasi teknik karena memiliki sifat mekanis beragam dan mudah dibuat sesuai dengan kebutuhan perancangan [1]. Sifat mekanis material komposit polimer didapatkan dari berbagai pemilihan serat dan matriks hingga metode manufaktur yang digunakan. Industri manufaktur mulai menggunakan serat alam pada produknya untuk mengurangi pemakaian serat gelas yang merupakan produk dengan bahan sintetis. Keunggulan serat alam antara lain mudah diekstraksi, ringan, sumber daya alam yang dapat diperbaharui, dan terurai di lingkungan [2]. Serat alam memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan serat sintetis seperti modulus spesifik tinggi, biaya rendah, ringan, dapat didaur ulang, biodegradabilitas, tidak adanya

bahaya kesehatan dan sifat nonabrasif dan banyak ketersediaannya di alam misalnya serat goni, daun nanas, serat ijuk, serat sabut kelapa, dan lain-lain [3]. Oleh karena itu salah satu serat alam yang dapat dipertimbangkan adalah serat daun pandan bali, dikarenakan di Indonesia tanaman tersebut sudah banyak dibudidayakan, terutama di pulau Bali. Selama ini tanaman pandan bali hanya dimanfaatkan untuk kerajinan seni barong saja sebagai bulunya. Pemanfaatan serat daun pandan bali pada bahan komposit polimer merupakan alternatif dalam pembuatan komposit polimer, karena serat ini telah dikenal akan kekuatannya. Penelitian tentang penggunaan serat alam sebagai penguat dalam komposit matriks polimer untuk menggantikan serat sintetis telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti [4]. Kebutuhan komposit serat alam yang semakin meningkat, sehingga sangat diperlukan penelitian serat alam sebagai bahan penguat untuk digunakan pada berbagai aplikasi dan juga sebagai komposit hybrid. Serat alam dari tanaman yang diekstraksi umumnya tumbuh di daerah dan lingkungan yang bervariasi [5]. Kondisi tanah, iklim, umur, bagian tanaman seperti akar, batang, daun, buah, menentukan kandungan unsur kimia dan sifat penting lainnya dari serat [6].

Pengendalian kebisingan dapat memanfaatkan material komposit berserat alam, karena serat alam pada umumnya memiliki kemampuan menyerap suara khususnya dalam mengurangi kebisingan [7]. Permasalahan utama yang diangkat pada penelitian kali ini adalah bagaimana pengaruh penggunaan material komposit dengan matriks resin epoksi dan serat daun pandan bali sebagai penguatnya yang ramah lingkungan, mampu menyerap suara dan hubungannya dengan porositas. Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai komposit penyerapan suara dari serat bambu sebagai penguatnya dengan matriks yang berbeda seperti: [8] meneliti potensi serat dan pulp bambu sebagai penyerap suara dengan resin epoksi sebagai matriksnya, [9] meneliti tentang kekuatan tekan dan *flexural* pada komposit serat bambu epoksi. Penelitian yang dilakukan memiliki perbedaan yaitu pada serat yang digunakan dan pengujiannya dengan menggunakan serat daun pandan bali sebagai bahan penguatnya pada komposit yang ramah lingkungan (*Green composite*).

Dengan demikian pengaruh fraksi volume pada penggunaan serat daun pandan bali sebagai penguat dalam *green composite* untuk pengendalian kebisingan (peredam suara) adalah subjek penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi masalah kebisingan ruangan dalam gedung yang biasa digunakan dalam pertemuan ilmiah maupun dalam pertunjukan kesenian yang disebabkan oleh suara yang bergema atau pantulan suara yang timbul. Dengan memvariasikan fraksi volume dari serat diharapkan agar mendapatkan komposisi terbaik dari kombinasi material komposit yang akan menyerap suara dengan baik. Komposit dibuat menggunakan serat pandan bali ditambahkan pada Resin epoxy. Metode pembuatan dilakukan dengan proses press tekan (*hand lay-up*), selanjutnya di uji nilai penyerapan suara dan rambatan api. Hasil Penelitian diharapkan akan menghasilkan cara baru untuk mengurangi kebisingan dan menjaga kesehatan lingkungan dalam ruangan.

## II. METODE DAN PROSEDUR

### A. Serat Pandan bali (*cordyline australis*)

Serat Pandan bali (*cordyline australis*) merupakan tumbuhan endemik dari asal mula Selandia Baru [10]. Tumbuhan ini memiliki satu batang inti dan cabang-cabang yang gemuk. Tumbuhan ini memiliki daun yang panjang berkisar antara 30-100 cm. Daun-daun ini yang digunakan dan diekrak menjadi serat yang digunakan sebagai penguat komposit. Di Indonesia khususnya di Bali tanaman pandan bali digunakan sebagai tanaman hias dan banyak ditanam di pinggir jalan maupun di dekat pantai. Serat pandan bali juga banyak digunakan sebagai kerajinan seperti, bulu barong, rambut ogoh-ogoh dan lain sebagainya.

### B. Natrium hidroksida (*NaOH*)

Natrium hidroksida merupakan larutan alkali atau basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna [11]. Natrium hidroksida bersifat lembab cair dan dapat menyerap karbon dioksida dari udara bebas secara spontan, saat dilarutkan dengan etanol dan metanol dapat melepaskan panas, dan panas yang dihasilkan dapat membakar benda yang mudah terbakar. Perlakuan NaOH terhadap pandan bali (*cordyline australis*) untuk meningkatkan sifat adhesi pada komposit dikarenakan serat alam memiliki lapisan lilin, lignin, dan hemiselulosa sehingga dilakukan perlakuan NaOH agar serat menjadi lebih kasar. Permukaan yang lebih kasar pada serat yang akan mengikat matriks lebih kuat [12]. Selain itu ikatan adhesi yang kuat akan mengurangi terjadinya *delamination* yaitu robeknya lapisan pada saat di bebani.

### C. Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan pemilihan bahan hybrid komposit yang terdiri dari Resin epoxy, serat pandan bali (*cordyline australis*) dan wetting agen. Perendaman spesimen serat pandan bali (*cordyline australis*) dilakukan sebagai berikut:

- Rendam serat pandan bali (*cordyline australis*) kedalam larutan NaOH dengan lama perendaman serat pandan bali: 15,30 dan 45 menit.
- Keringkan serat menggunakan oven
- Pengolesan cetakan dengan wax mirroglas agar mudah lepas cetakan dengan hasil spesimen uji.
- Pencampuran resin epoxy dengan serat pandan bali ditambah katalis untuk dapat terjadi katan yang lebih kuat.
- Penuangan campuran komposit pada cetakan sesuai dengan standar ASTM D 635-03.
- Kemudian Pengeringan komposit pada tempratur ruangan sekitar 25°C
- Pelepasan komposit spesimen uji dari cetakan.

Masing-masing bahan komposit diteliti sesuai dengan komposisi I, II dan III, kemudian dimasukan dalam cetakan dengan metode tekan tekan (*hand lay-up*). Rancangan penelitian adalah variabel-variabel yang diamati pada penelitian ini ada tiga jenis variabel yaitu variabel terikat, variabel bebas, dan kontrol. Adapun variabel bebas yang ditentukan dalam penelitian ini adalah: nilai uji penyerapan suara dan penyerapan air. Sedangkan variabel bebas yang ditentukan dalam penelitian ini adalah: komposisi matrik dan serat meliputi komposisi I (90%:10%); komposisi II (80% : 20%); komposisi III (70% : 30%). Lama perendaman serat dengan larutan NaOH: 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Variabel kontrol yang ditentukan dalam penelitian ini adalah: perlakuan NaOH kosentrasi 9% dan proses pencetakan terbuka.

#### D. Uji Serap Suara (*Sound Adsorbtion Test*)

Uji penyerapan suara bertujuan untuk mengetahui efektivitas material komposit dalam penyerapan suara. Penelitian ini menguji penyerapan suara dari komposit yang terdiri dari dua komponen yaitu resin epoksi sebagai matriks dan serat daun pandan bali sebagai penguatnya dengan menggunakan metode tabung impedansi yang sesuai dengan standar ASTM E 1050-98.

#### E. Koefisien Serap Suara

Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut disebut sebagai koefisien serap suara (absorpsi =  $\alpha$ ). Koefisien serap suara memiliki nilai diantara 0-1. Nilai koefisien absorpsi 0 menyatakan material tidak menyerap bunyi dan nilai koefisien serapan 1 menyatakan material menyerap bunyi dengan sempurna [13]. Koefisien penyerapan suara bervariasi dari satu material ke material lainnya. Koefisien serapan suatu bahan pun akan berubah jika bahan tersebut diberikan perlakuan yang berbeda [14]. Koefisien serap suara suatu bahan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara energi suara yang diserap oleh bahan dengan energi suara yang datang ke arah bahan, atau:

$$\alpha = \left[ \frac{w_i}{w_b} \right]. \quad (1)$$

Keterangan:

- $\alpha$  = Koefisien Serap Suara
- $w_i$  = Energi Suara yang diserap (J)
- $w_b$  = Energi Suara yang datang (J)

#### F. Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air dalam biokomposit merupakan kemampuan biokomposit dalam menyerap air dalam waktu tertentu. Daya serap air (*water absorption*) padabiokomposit serat daun nanas merupakan uji fisik untuk mengetahui kemampuan biokomposit serat daun pandan bali menyerap air. Pengujian disini dilakukan dengan cara mengukur selisih berat sebelum dan sesudah perendaman di dalam air selama 2 minggu dan ditimbang setiap 24 jam. Daya serap air (*water absorption*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sesuai standar ASTM D570-98 sebagai berikut:

$$W_{abs} = (W_a - W_o) / W_o \times 100 \% \quad (2)$$

Keterangan:

Wabs = Daya serap air (%)

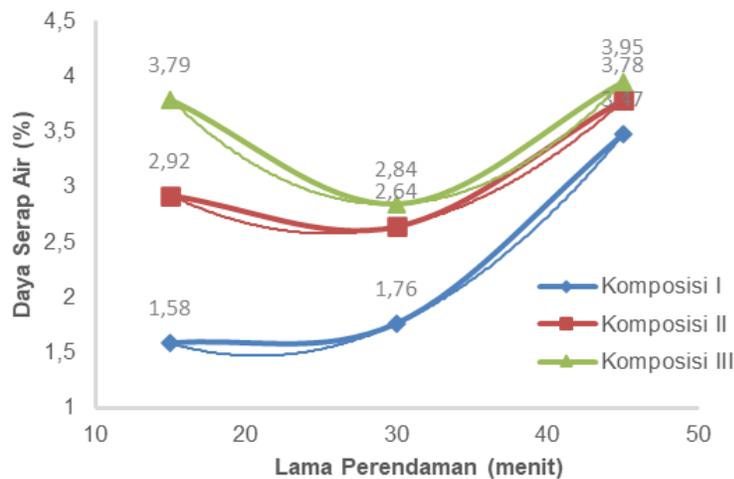
Wa = Massa basah spesimen (gr)

Wo = Massa kering spesimen (gr)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Uji Daya Serap Air

Pengujian daya serap air (*water absorption*) dilakukan untuk melihat seberapa besar spesimen bisa menyerap air dalam kurun waktu 24 Jam. Pengujian dilakukan dengan cara merendam spesimen selama 24 jam dengan aquades dan menimbang massa sebelum dan sesudah di rendam. Pengujian ini memakai 3 spesimen pada setiap variasi massa.

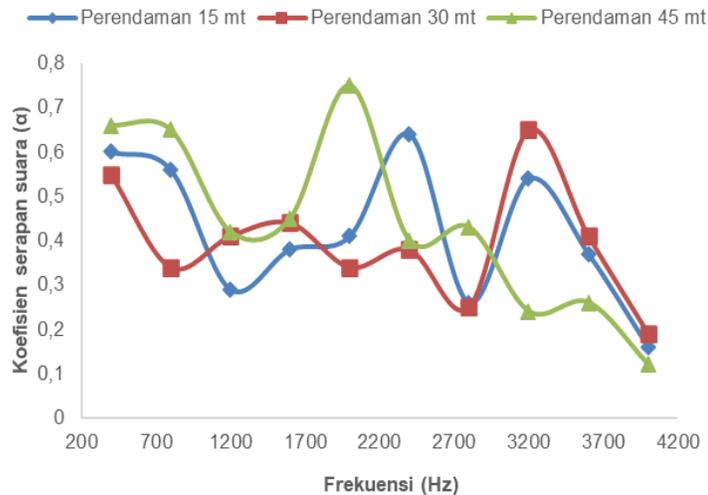


Gambar 1. Pengujian daya serap air

Berdasarkan grafik pada gambar 1, komposit serat pandan bali dengan fraksi volume (10% : 90%) memiliki rata-rata daya serap air 2,27 %. Untuk fraksi volume (20% : 80%) memiliki rata-rata daya serap air 3,11 %. Untuk fraksi volume (30% : 70%) memiliki rata-rata daya serap air 3,53 %. Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa pada hybrid komposit dengan fraksi volume 30% : 70% memiliki nilai rata-rata penyerapan air tertinggi. Nilai daya serap air dipengaruhi oleh banyaknya serat pada matriks, semakin banyak serat semakin banyak air yang dapat terserap oleh spesimen. Sebaliknya semakin sedikit serat pada matriks mengisi rongga yang mengakibatkan tingkat kerapatannya semakin tinggi, semakin tinggi kerapatannya semakin sulit air bisa teresap ke dalam spesimen.

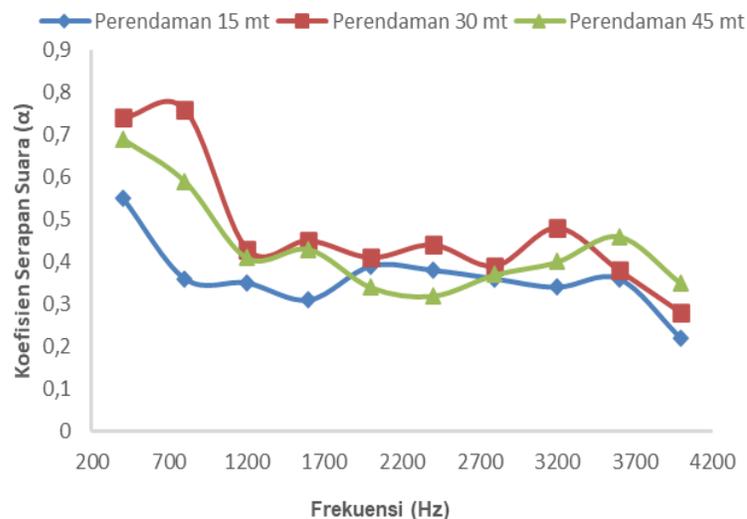
#### B. Pengujian Serap Suara

Dalam pengujian serap suara, alat yang digunakan adalah tabung impedansi dua mikrofon. Komponen pada tabung impedansi yang digunakan meliputi satu *speaker* yang berfungsi untuk memancarkan frekuensi gelombang suara dengan satuan (Hz), sedangkan dua mikrofon masing-masing berfungsi untuk menangkap gelombang suara yang datang dan dipantulkan. Laptop pertama yang terhubung pada *speaker* berisi aplikasi *NCH Tone Generator* sebagai aplikasi yang menjadi sumber frekuensi gelombang suara. Laptop kedua dan ketiga masing-masing berisi aplikasi *Audacity* yang berfungsi untuk merekam suara yang masuk dari mic 1 dan mic 2.



Gambar 2. Pengujian daya serap suara pada komposisi III dengan fraksi volume (30%:70%)

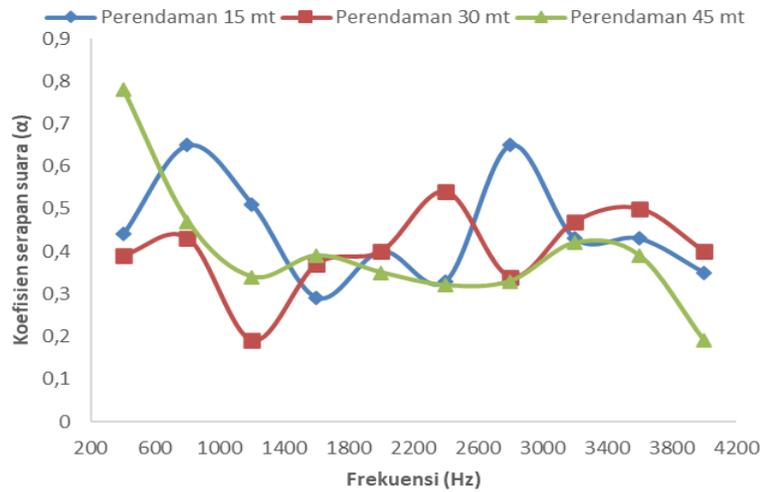
Pada gambar 2 grafik hubungan frekuensi dan koefisien serap suara memiliki satu perbedaan mencolok apabila dibandingkan dengan dua spesimen lainnya yakni pada rentang frekuensi 1200 Hz hingga 3200 Hz memiliki kemampuan tingkat penyerapan suara yang stabil. Kemampuan penyerapan suara yang stabil berhubungan dengan sifat gelombang, material berserat menyerap energi suara melalui rambatan suatu media yaitu distribusi antar serat. Hal ini menunjukkan perambatan suara dalam suatu medium pada satu dimensi [15].



Gambar 3. Pengujian daya serap suara pada komposisi II dengan fraksi volume (20%:80%)

Gambar 3 menampilkan data grafik hubungan frekuensi dan koefisien serap suara, spesimen dengan fraksi volume serat 20% ini memiliki tren penurunan yang sama apabila dibandingkan dengan spesimen sebelumnya, yakni memiliki titik terendah pada frekuensi 4000 Hz sebesar  $\alpha = 0,22$ . Walaupun penurunan pada frekuensi tertentu dapat dikatakan cukup rendah tetapi nilai koefisien pada material penyerap suara masih dapat dikategorikan penyerap suara yang baik dikarenakan nilainya masih memenuhi standar ISO 11654 [16]. Penurunan tingkat koefisien serap paling drastis terlihat pada perendaman 45 menit frekuensi 4000 Hz dan serupa dengan spesimen dengan perendaman yang 15 dan 30 menit, hal ini disebabkan oleh sifat material akustik yang cenderung resesif dimana spesimen mengalami penurunan koefisien penyerapan suara pada frekuensi tertentu seperti pada frekuensi 4000 Hz yang merupakan nilai

optimum, pada nilai tersebut terjadi pembuangan energi oleh spesimen yang mengakibatkan terjadinya penurunan koefisien absorpsi bunyi [17].



Gambar 4. Pengujian daya serap suara pada komposisi I dengan fraksi volume (10%:90%)

Pada grafik hubungan frekuensi dan serapan suara yang ditunjukkan pada gambar 4, bahwa setiap perlakuan perendaman serat variasi serat dengan komposisi matrik pada spesimen tidak memiliki dampak signifikan terhadap kemampuan spesimen dalam penyerapan suara, terbukti pada grafik diatas spesimen dengan fraksi volume serat 10% serta perlakuan peredaman serat 45 menit, memiliki penyerapan suara lebih baik apabila dibandingkan dengan perendaman serat 15 menit. Namun, penambahan serat pada spesimen berpengaruh terhadap tingkat kestabilan dalam penyerapan suara dibuktikan dengan grafik yang melandai pada fraksi volume serat 10% rentang frekuensi 1200 Hz hingga 3600 Hz. Pada pengujian serap suara, spesimen dengan fraksi volume serat 10% memiliki rata-rata tingkat penyerapan suara paling tinggi, tepatnya pada frekuensi yaitu 400 Hz dengan  $\alpha = 0,78$ . Sedangkan spesimen uji dengan rata-rata tingkat penyerapan suara paling rendah yaitu spesimen pada volume serat 10% pada frekuensi 4000 Hz. Hasil ini memenuhi standar akustik ISO 11654 yang menyebutkan bahwa penyerapan dari sampel yang dibuat, dikategorikan sebagai penyerap suara yang baik ketika nilai  $\alpha > 0,15$ . Sesuai dengan penelitian sebelumnya, kemampuan spesimen yang baik dalam menyerap suara pada frekuensi rendah dikarenakan jenis material yang digunakan adalah material penyerap *resonant*. Bahan spesimen tersebut memiliki kemiripan seperti panel kayu yang bahannya terbuat dari alam, dimana mampu menyerap energi suara dengan cara mengubah energi suara yang datang menjadi getaran, yang kemudian diubah menjadi energi gesek oleh material berpori yang ada di dalamnya misal oleh udara, atau material berpori [18].

Penurunan jumlah serat pada komposisi III (30%:70%) sampai komposisi I fraksi volume (10%:90%) menunjukkan tidak adanya perubahan yang signifikan apabila dibanding dengan dua variasi spesimen uji lainnya yaitu penyerapan tertinggi pada 400 Hz dan terendah yaitu 4000 Hz.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien serapan air tertinggi pada komposisi III sebesar 3,95%, Serapan suara tertinggi pada komposisi III, peredaman NaOH selama 45 menit, dalam frekuensi 500 Hz sebesar  $\alpha = 0,78\%$ . Serapan suara tertinggi pada komposisi II, peredaman 45 menit dengan NaOH, dalam frekuensi 800 Hz sebesar  $\alpha = 0,76\%$ . Serapan suara tertinggi pada komposisi I, peredaman 45 menit dengan NaOH, dalam frekuensi 2000 Hz sebesar 0,75%. Jadi dapat disimpulkan bahwa perlakuan perendaman dan variasi komposisi serat dapat memberikan pengaruh terhadap serapan air dan serapan udara secara bersamaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Nugroho dan M. S. R. R. Wantogia, "Proses Fabrikasi dan Sifat Mekanik Komposit Polimer dengan Metode Bladder Compression Moulding," *J. Mech. Des. Test.*, vol. 1, no. 2, hal. 95, 2019.
- [2] I. P. Lokantara dan N. P. G. Suardana, "Biokomposit Limbah Plastik Polypropylene Berpenguat Serat Lidah Mertua: Proses Ekstraksi dan Kekuatan Mekanis," *J. METTEK*, vol. 5, no. 2, hal. 128, 2019.
- [3] S. Habibie dkk., "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan, Suatu Kajian Pustaka," *J. Inov. dan Teknologi Mater.*, vol. 2, no. 2, 2021.
- [4] P. Sentharamaikkannan, S. S. Saravanakumar, V. P. Arthanarieswaran, dan P. Sugumaran, "Physico-chemical properties of new cellulosic fibers from the bark of *Acacia planifrons*," *Int. J. Polym. Anal. Charact.*, vol. 21, no. 3, hal. 207–213, Apr 2016.
- [5] T. Pujilestari, "Review: Sumber dan Pemanfaatan Zat Warna Alam untuk Keperluan Industri," *Din. Kerajinan dan Batik Maj. Ilm.*, vol. 32, no. 2, hal. 93, 2016.
- [6] C. E. Maepa, J. Jayaramudu, J. O. Okonkwo, S. S. Ray, E. R. Sadiku, dan J. Ramontja, "Extraction and Characterization of Natural Cellulose Fibers from Maize Tassel," *Int. J. Polym. Anal. Charact.*, vol. 20, no. 2, hal. 99–109, Feb 2015.
- [7] R. Eriningsih, M. Widodo, dan R. Marlina, "Pembuatan Dan Karakterisasi Peredam Suara Dari Bahan Baku Serat Alami," *Arena Tekst.*, vol. 29, no. 1, hal. 1–8, 2014.
- [8] T. Mutia, S. Sugesty, H. Hardiani, T. Kardiansyah, dan H. Risdianto, "Potensi Serat Dan Pulp Bambu Untuk Komposit Peredam Suara," *J. Selulosa*, vol. 4, no. 01, 2016.
- [9] A. Purna Irawan dan dan I. Wayan Sukania, "Kekuatan Tekan dan Flexural Material Komposit Serat Bambu Epoksi," *J. Tek. Mesin*, vol. 14, no. 2, hal. 59–63, 2013.
- [10] T. Arif Sutrisno, Ik. D. krisma arta Arta, I. K. Astana Widi, dan R. Febritasari, "Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Matrik Resin Epoxy Berpenguat Serat Praksok Dengan Perlakuan Alkalisasi NaOH," *Pros. SENIATI*, vol. 6, no. 4, hal. 817–823, 2022.
- [11] R. Ginting dan Maulida, "Pengaruh Komposisi Pengisi Serta Tekanan Hot Press Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Poliester Berpengisi Nano Partikel Zinc Oxide (ZnO)," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 8, no. 1, hal. 32–36, 2019.
- [12] I. Astika, I. Lokantara, dan I. Gatot Karohika, "Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 6, no. 2, 2013.
- [13] A. E. Prakoso, A. Farachniamala, P. Andayani, O. M. Effendi, M. Yunianto, dan M. Sabrina, "Pembuatan Alat Impedance Tube dan Simulasi Pengukuran Koefisien Serap Menggunakan Software MATLAB R2013A," *Positron*, vol. 7, no. 1, hal. 8–11, 2017.
- [14] E. Rusmawati, "Penentuan Koefisien Absorpsi dengan Metode Dua Mikrofon pada Tabung Impedansi," Institut Teknologi Sepuluh November, 2010.
- [15] D. M. Howard dan A. S. Angus, *Acoustics and Psychoacoustics 4th Edition*. Oxford United Kingdom : Focal press is an imprint of Elsevier, 2009.
- [16] A. Setia Putra, "Penentuan Koefisien Serap Bunyi Papan Partikel Dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit," *J. Surya Tek.*, vol. 7, no. 2, hal. 182–185, 2020.
- [17] F. Ridhola dan E. Elvaswer, "Pengukuran Koefisien Absorpsi Material Akustik dari Serat Alam Ampas Tebu Sebagai Pengendali Kebisingan," *J. Ilmu Fis. / Univ. Andalas*, vol. 7, no. 1, hal. 1–6, 2015.
- [18] A. Pambudi, M. Farid, dan H. Nurdiansah, "Analisis Morfologi dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) Hasil Proses Alkalisasi Sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara," vol. 6, no. 2, hal. 441–444, 2017.